

An die

Vorsitzende des Hauptausschusses

über

den Präsidenten des Abgeordnetenhauses von Berlin

über

Senatskanzlei - G Sen -

3262 C

Elektromobilität in der Straßenlandschaft: Bedarfsabschätzung über 2025 hinaus

Anlage: Studie Elektromobilität Berlin 2025+

66. Sitzung des Hauptausschusses am 29. November 2019,
Sammelvorlage SenUVK – Z F 1-Fe – vom 19. November 2019, Bericht 5, rote Nr. 2614

84. Sitzung des Hauptausschusses vom 20. Januar 2021,
Bericht SenUVK - IV A 1 - vom 26. November 2020, rote Nr. 3044 A

85. Sitzung des Hauptausschusses am 17. Februar 2021,
Bericht SenUVK – IV A 1 – vom 29. Oktober 2020, rote Nr. 3262

88. Sitzung des Hauptausschusses am 14. April 2021,
Bericht SenUVK- IV A 1 vom 24. März 2021, rote Nr. 3262 A

Kapitel 0730 – Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz – Verkehr –
Titel 54059 – Leistungen zur Errichtung und den Betrieb von Infrastruktur für die
Elektromobilität –

Ansatz 2020:	2.410.000,00 €
Ansatz 2021:	1.710.000,00 €
Ist 2020:	2.074.117,47 €
Verfügungsbeschränkungen:	0 €
Aktuelles Ist (Stand 14.07.21):	805.546,80 €

Der Hauptausschuss hat in seiner oben bezeichneten Sitzung Folgendes beschlossen:

„SenUVK

wird gebeten, dem Hauptausschuss die Bedarfsabschätzung über das Jahr 2025 hinaus des Reiner Lemoine Instituts (RLI) aufzuliefern, sobald diese vorliegt. Ein Zwischenbericht soll rechtzeitig zur Sitzung am 14.04.2021 vorgelegt werden.“

Im zur Sitzung am 14.04.2021 vorgelegten Zwischenbericht, dem gem. Konsensliste zugestimmt wurde, wurde der abschließende Bericht nach Abschluss der beauftragten Arbeiten zur Sitzung am 11.08.2021 angekündigt.

Beschlussempfehlung

Der Hauptausschuss nimmt den Bericht zur Kenntnis.

Hierzu wird berichtet:

Die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenUVK) hat in einer Studie durch das Reiner Lemoine Institut wichtige Grundlagen für die Weiterentwicklung der städtischen Ladeinfrastruktur erarbeiten lassen. Gegenstand der Studie sind u.a. Szenarien zur verkehrlichen Entwicklung als Basis für die Entwicklungspotenziale der abgeleiteten Ladebedarfe für die Elektromobilität, Hochlaufkurven für die Elektromobilität im Straßenverkehr in Abhängigkeit von den zu Grunde gelegten Szenarien, Nutzungsverhalten und bevorzugte (Lade-)Use-Cases entsprechend der Nutzungsgruppen von Elektrofahrzeugen sowie daraus abgeleitet der Ladeinfrastrukturbedarf differenziert nach Raum, Art und Menge.

Mit Abschluss der Studie im Juni 2021 werden die zentralen Erkenntnisse sowie die schriftliche Abfassung der Studie dem Hauptausschuss nun zur Kenntnis gebracht.

Endergebnisse:

Infrastrukturseitig werden in der Studie die sieben (Lade-)Use-Cases der durch Mitwirkung der SenUVK in 2019/2020 erarbeiteten DIN SPEC 91433 „Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung“ unterschieden:

Annahmen zur Verteilung auf die Use Cases

Use Cases	@home		@work	@public			
	#1 - privat	#2 - privat	#3 - privat	#4 - öffentlich	#5 - öffentlich	#6 - öffentlich	#7 - öffentlich
	Garage bzw. Stellplatz beim Eigenheim 	Parkplätze/ Tiefgarage an Wohnanlagen 	Firmenparkplätze auf dem eigenen Gelände 	Straßenrand, öffentliche Parkplätze 	Kundenparkplätze bzw. Parkhäuser (z.B. Einzelhandel, Einkaufszentrum) 	Ladehub/ Tankstelle innerorts 	Autohof, Raststätte, Autobahnparkplätze 
Maximale Ladeleistung	AC bis 11 kW	AC bis 11 kW	AC bis 22 kW	AC bis 22 kW	DC bis 50 kW	DC bis 150 kW	DC bis 350 kW
Minimale Energiemenge	BEV	2 kWh	2 kWh	11 kWh	11 kWh	11 kWh	20 kWh
	PHEV	2 kWh	2 kWh	6 kWh	6 kWh	6 kWh	6 kWh
Verzögerungsfaktoren*	2025	0,75	0,33	0,5	Für diese Use Cases wird kein Verzögerungsfaktor angenommen, da Ziel der Betrachtung ist, den nachfrageseitigen Ladebedarf unabhängig von äußeren Faktoren zu ermitteln.		
	2040	0,99	0,75	0,9			

* Der „Verzögerungsfaktor“ beschreibt wie der Ausbau der Ladeinfrastruktur im privaten Raum bedingt durch notwendige technische Aufrüstungen, rechtliche Rahmenbedingungen oder bürokratische Hürden verzögert wird.

Über erste Erkenntnisse, die aus den laufenden Arbeiten gewonnen werden konnten, hat die SenUVK mit Bericht über den Ladeinfrastrukturbedarf bei Vollelektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs (84. Sitzung des Hauptausschusses vom 20.01.2021, rote Nummer 3044 A) informiert.

Die finalen Berechnungen zeigen, dass der gesamtstädtische Bedarf an Ladepunkten (nicht Ladeeinrichtungen) im Verkehrswendeszenario der Studie im Jahr 2040 und bei hierfür unterstellter nahezu vollständig erreichter Elektrifizierung mit reinen batterieelektrischen Fahrzeugen im motorisierten Individualverkehr zwischen rund 440.000 (untere Variante) und gut 700.000 Ladepunkten (obere Variante) liegt. Diese Bedarfe schließen neben dem öffentlichen Raum auch den privaten Raum mit ein.

Davon entfallen rund 420.000 (untere Variante) und gut 620.000 (obere Variante) auf Ladepunkte, die nicht öffentlich-zugänglich an Stellplätzen beim Eigenheim oder auf Wohnanlagen sowie Firmenparkplätzen errichtet werden. Der Bedarf an öffentlich-zugänglichen

Ladepunkten (in der Abbildung Use Cases 4 - 7) wird mit zwischen 19.000 (untere Variante) und gut 77.000 (obere Variante) abgeschätzt.

Für den öffentlichen Raum ergibt sich hieraus im Verkehrswendeszenario eine Bandbreite zwischen 14.000 und 37.000 Ladepunkten.

Ungeachtet der Verteilung, dass sich zwischen 90 und 95 % der Ladepunkte im privaten Raum befinden, kommen die Simulationen zu dem Ergebnis, dass in den verschiedenen Varianten zwischen 49 und 56 % der Energiemenge über öffentlich-zugängliche Ladepunkte verladen werden. Neben dem öffentlichen Raum finden diese Ladevorgänge auf Kundinnen- und Kundenparkplätzen, innerstädtischen Ladehubs oder Autohöfen statt. Dabei stellt, durch den hohen Ladedurchsatz, die Einrichtung innerstädtischer Ladehubs z.B. auf Tankstellenarealen einen wichtigen Hebel dar, den Bedarf zur Schaffung von Ladeeinrichtungen in den anderen Use Cases signifikant zu verringern.

Weiterhin bleibt festzuhalten, dass dort, wo dies möglich ist, eine Schaffung von Ladeinfrastruktur, welche im Sinne höherer Ladeleistungen vom dargestellten Standardfall abweicht, insbesondere aber die gemeinsame Nutzung von Ladepunkten sowie deren bessere Auslastung zu einem geringeren Ausbaubedarf führen.

Die Einbindung von Akteurinnen und Akteuren aus allen dargestellten Use Cases hat offengelegt, dass es oftmals an nötigem Handlungswissen fehlt, um eine Umsetzung im jeweiligen Use Case voranzutreiben. Durch die an der Studie teilnehmenden Akteurinnen und Akteure wurden jedoch bereits intensivere Folgeaktivitäten für die einzelnen Use Cases ausgelöst. Eine noch intensivere Abstimmung zwischen den verwaltungsseitigen Kernakteurinnen und -akteuren im Land Berlin (SenUVK, Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe, Bezirke) sowie der Berliner Agentur für Elektromobilität (eMO) konnte bereits umgesetzt werden.

Da die Bedarfsableitung auf Basis der 448 LOR (Lebensweltlich orientierte Räume) Planungsräume erfolgte, stehen neben dem breit gefächerten Mengengerüst für die Gesamtstadt insbesondere Informationen zur Nachfrageintensität im Vergleich zu anderen Planungsräumen zur Verfügung, was, unter Einbeziehung der Berliner Bezirke, eine bedarfsgerechte Schwerpunktsetzung beim Ladeinfrastrukturaufbau bzw. dessen Förderung, nicht nur für den öffentlichen Raum, ermöglicht.

Da es sich bei der Elektromobilität um ein Planungsfeld handelt, welches sowohl regulatorisch als auch technisch einer rasanten Entwicklung unterliegt, können Änderungen bei Ladetechnik, Ladeverhalten aber auch alternative Antriebe zur batterieelektrischen Mobilität den Bedarf an Ladepunkten stark beeinflussen, weshalb die hier dargestellten Werte mittelfristig zu überprüfen bzw. zu präzisieren sind.

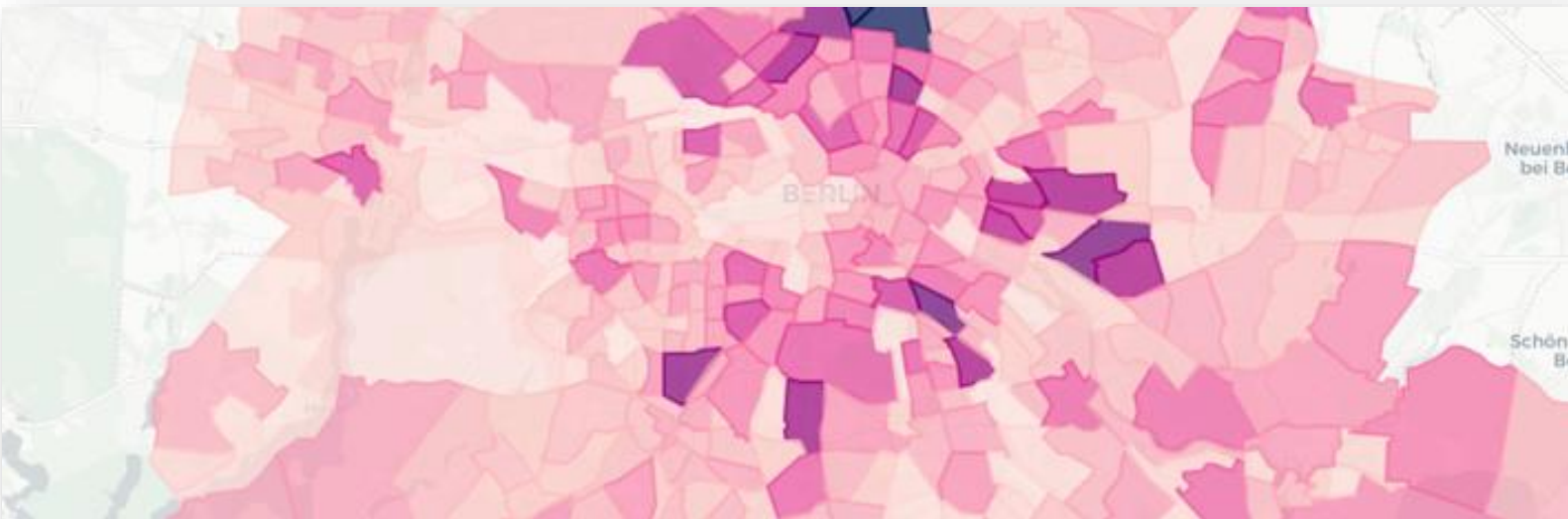
Die wichtigste Einflussgröße auf den zukünftigen Bedarf stellen nach wie vor die im Privat- und Wirtschaftsverkehr mit Pkw erbrachte Verkehrsleistung sowie der Pkw-Fahrzeugbestand dar. Die Simulationen in den Szenarien haben ergeben, dass neben der Antriebswende eine Umsetzung der Mobilitätswende, welche vor allem die Verlagerung des Verkehrs auf den Umweltverbund sowie eine Stagnation bzw. eine Verringerung des Pkw-Bestandes befördert, den Bedarf an Ladeinfrastruktur substanziell verringern kann.

Für eine darüber hinaus gehende Befassung wird auf den Abschlussbericht zur Studie verwiesen, der dem Bericht als Anlage beigelegt ist.

In Vertretung

Stefan Tidow

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz



Abschlussbericht

Studie Elektromobilität Berlin 2025+

Eine Untersuchung zur Entwicklung der Elektromobilität in Berlin im Pkw-Segment und daraus resultierender Bedarf an Ladeinfrastruktur auf Basis verschiedener Szenarien

Im Auftrag der:

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz	BERLIN	
--	---------------	---

Abschlussbericht

Projekt:

Studie Elektromobilität Berlin 2025+

Beteiligte Unternehmen:

Reiner Lemoine Institut gGmbH (RLI)

Localiser RLI GmbH (Localiser)

SPV Spreepark Verkehr GmbH (Spreepark)

Projektleiter:

Oliver Arnhold

Projektmitarbeiter:innen:

RLI: Oliver Arnhold, Carolin Daam, Raoul Hirschberg

Localiser: Johannes Hofmann

Spreepark: Bertram Teschner, Florian Gscheidlinger

Laufzeit:

01. Januar 2020 bis 31. März 2021

Datum:

Berlin, 10. Juni 2021

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	9
Zusammenfassung	10
1. Motivation und Zielsetzung	13
2. Gesamtübersicht zur methodischen Vorgehensweise	15
3. Elektromobilität in Berlin: Status quo	18
4. Entwicklung von Verkehr und Elektromobilität in Berlin bis 2040: Drei Szenarien	21
4.1. Beschreibung der Szenarien	21
4.2. Definition von Nutzungsgruppen	25
4.3. Stakeholder-Einbindung	26
4.4. Schwerpunkt: Mobilitätsverhalten	28
4.5. Schwerpunkt: Elektrifizierung	42
4.6. Zusammenfassung	45
5. Ermittlung des Ladebedarfs	47
6. Use Cases	50
6.1. Definition der einzelnen Use Cases	51
6.2. Verknüpfung von Use Cases und Nutzungsgruppen	53
6.3. Methodisches Vorgehen zur Verteilung der Ladebedarfe auf die Use Cases	54
6.4. Wechselwirkungen zwischen den Use Cases	61
7. Ladeinfrastrukturbedarf in Berlin	63
7.1. Kurzfristige Entwicklungen bis zum Stützjahr 2025	63
7.2. Mittelfristige Entwicklungen bis 2040	66
7.3. Sensitivitätsanalyse des Verkehrswendeszenarios	74
7.4. Kernaussagen und Schlussfolgerungen	75
8. Räumliche Verteilung der Use Cases über Berlin und die Planungsräume	78
9. Anforderungen und Herausforderungen beim weiteren Ladeinfrastrukturausbau	81
9.1. Anforderungen an das Stromnetz	81
9.2. Anforderungen an den Öffentlichen Raum	86
9.3. Ableitung möglicher Ansatzpunkte öffentlicher und privater Akteure	87
10. Fazit und Ausblick	92
Die drei Szenarien im Vergleich	92
Auswertung und Empfehlung	95
Ausblick	96
11. Literaturverzeichnis	98
12. Anhang	102
12.1. Aufbereitung der Daten – Zweige des Personenwirtschaftsverkehrs	102
12.2. Ergebnis-Darstellung	105

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise.....	15
Abbildung 2: Zulassungszahlen für batterieelektrische und Plug-In-Fahrzeuge in Berlin von 2017 bis 2020 [1].....	18
Abbildung 3: Darstellung der örtlichen Verteilung von zugelassenen privaten und gewerblichen xEV und der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur	19
Abbildung 4: Auslastung der öffentlichen Ladeinfrastruktur im vierten Quartal 2019	20
Abbildung 5: Übersicht über die Szenarien	22
Abbildung 6: Inhaltliche Bestandteile der Verkehrswende	23
Abbildung 7: Überblick über die betrachteten Nutzungsgruppen	26
Abbildung 8: Entwicklung des Modal Split (Anteil der Wege) in Berlin 2008-2018	29
Abbildung 9: Anteile an den Neuzulassungen in Deutschland nach Antriebsart 2020-2033	43
Abbildung 10: Anteil xEV im Bestand der Elektromobilität in Deutschland, Berlin und Brandenburg	44
Abbildung 11: Bestand von xEV in Berlin bis 2040 für die Szenarien 1 und 2 sowie 3	44
Abbildung 12: Hochlauf der Elektromobilität in Berlin, unterschieden nach privat und gewerblich zugelassenen Fahrzeugen.....	45
Abbildung 13: Überblick über die Zahl der Fahrzeuge, die in Berlin täglich unterwegs sind, unterschieden nach Nutzungsgruppen. Die Szenarien werden über die Bandbreite der Pkw dargestellt. Im Rahmen der in Kapitel 7.3 erfolgten Sensitivitätsanalyse sinken die Zahlen für Fahrzeuge von Einwohnenden und Personenwirtschaftsverkehr leicht.	46
Abbildung 14: Elektrischer Ladebedarf in den Szenarien für die Stützjahre 2025 und 2040.....	48
Abbildung 15: Schematische Darstellung des Use-Case-Tools.....	55
Abbildung 16: Darstellung des Quantils [33]	61
Abbildung 17: Anzahl der benötigten Ladepunkte über alle Use Cases in 2025	63
Abbildung 18: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 1 Business as usual für 2025 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)	64
Abbildung 19: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 2a Energiewende im Verkehr - Fokus FCEV für 2025 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)	65
Abbildung 20: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 2b Energiewende im Verkehr - Fokus BEV für 2025 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)	65

Abbildung 21: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 3 Verkehrswende für 2025 (Beschriftung zeigt mittlere Variante).....	66
Abbildung 22: Anzahl der benötigten Ladepunkte über alle Use Cases in 2040	66
Abbildung 23: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in in Szenario 1 Business as usual für 2040 (Beschriftung zeigt mittlere Variante) ...	68
Abbildung 24: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 2a Energiewende im Verkehr - Fokus FCEV für 2040 (Beschriftung zeigt obere Variante)	68
Abbildung 25: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 2b Energiewende im Verkehr - Fokus BEV für 2040 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)	69
Abbildung 26: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 3 Verkehrswende für 2040 (Beschriftung zeigt mittlere Variante).....	69
Abbildung 27: Darstellung der Ladepunkte entsprechend der Use-Case-Anteile am Beispiel des Szenarios 2b in 2040 (Beschriftung der oberen und unteren Variante)	71
Abbildung 28: Darstellung der Energiemenge entsprechend der Use-Case-Anteile am Beispiel des Szenarios 2b in 2040 (keine Unterscheidung der Varianten)	71
Abbildung 29: Vergleich der Verteilung der Energiemengen auf die Use Cases in Szenario 1 Business as usual für 2040	73
Abbildung 30: Vergleich der Verteilung der Energiemengen auf die Use Cases in Szenario 2a Energiewende im Verkehr – Fokus FCEV für 2040	73
Abbildung 31: Vergleich der Verteilung der Energiemengen auf die Use Cases in Szenario 2b Energiewende im Verkehr – Fokus BEV für 2040	74
Abbildung 32: Vergleich der Verteilung der Energiemengen auf die Use Cases in Szenario 3 Verkehrswende für 2040	74
Abbildung 33: Ladebedarfe im Use Case 1 (Eigenheim) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten	78
Abbildung 34: Ladebedarfe im Use Case 2 (Wohnanlage) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten	78
Abbildung 35: Ladebedarfe im Use Case 3 (Arbeitsplatz) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten	79
Abbildung 36: Ladebedarfe im Use Case 4 (Straßenraum) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten	79

Abbildung 37: Ladebedarfe im Use Case 5 (Kundenparkplatz) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten	80
Abbildung 38: Ladebedarfe im Use Case 6 (Ladehub, innerstädtisch) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten.....	80
Abbildung 39: Ladebedarfe im Use Case 7 (Ladehub, Autobahn) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten.....	80
Abbildung 40: Tageslastgänge der einzelnen Use Cases für einen Beispieltag (Montag) in 2040.....	82
Abbildung 41: Wochenlastgang aller Use Cases (kumuliert) in 2025 und 2040	83
Abbildung 42: Zuordnung von Netzanschlussmöglichkeiten und Use Cases	84
Abbildung 43: Darstellung der Lastprognose auf die Umspannwerke	85
Abbildung 44: Mögliche Inhalte eines Berliner Flächenatlas	91

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anteile von Elektrofahrzeugen im Bestand (31.10.2020) [1].....	18
Tabelle 2: Mitglieder des Expert:innengremiums	27
Tabelle 3: Prognose zur Einwohnenden-Entwicklung	35
Tabelle 4: Annahme zur Carsharing-Entwicklung in Szenario 3	35
Tabelle 5: Entwicklungen des Mobilitätsverhaltens der Einwohnenden über die Szenarien bis 2040.....	36
Tabelle 6: Gewichtung Unternehmen nach Beschäftigtengrößenklassen	37
Tabelle 7: Prognose zur Entwicklung der Einpendelnden	37
Tabelle 8: Entwicklungen des Mobilitätsverhaltens der Einpendelnden über die Szenarien bis 2040.....	38
Tabelle 9: Prognose zur Entwicklung der Gäste bis 2040.....	39
Tabelle 10: Entwicklungen der Pkw-Zahl der Tagesgäste über die Szenarien bis 2040	39
Tabelle 11: Entwicklungen des Mobilitätsverhaltens der Übernachtungsgäste über die Szenarien bis 2040	40
Tabelle 12: Privatverkehr-Gäste bei Reisen nach Berlin: Annahmen für die Szenarien	40
Tabelle 13: Entwicklungen der Pkw-Zahl des Personenwirtschaftsverkehrs über die Szenarien bis 2040	42
Tabelle 14: Übersicht über die Anzahl der zu ladenden Pkw und die Zusammensetzung der Technologie	46
Tabelle 15: Energiebedarf der verschiedenen Fahrzeugklassen (Energiebedarf der PHEV bezieht sich auf den rein elektrischen Anteil)	47
Tabelle 16: Kennzahlen zur Ermittlung des Energiebedarfs in allen Szenarien	48
Tabelle 17: Definition der Lade Use Cases	50
Tabelle 18: Technische Rahmenbedingungen der Fahrzeuge [33]	56
Tabelle 19: Technische Rahmenbedingungen der Use Cases	58
Tabelle 20: Attraktivität von Use Cases für Privatpersonen und Personenwirtschaftsverkehr, abhängig von der privaten Stellplatzverfügbarkeit	59
Tabelle 21: Überschlagsrechnung bei sinkender Anzahl an Pkw im Verkehrswendeszenario (2040)	75
Tabelle 22: Übersicht zu den Ergebnissen: Darstellung der Szenarien und Varianten in Form einer Bandbreite benötigter Ladepunkte.....	76
Tabelle 23: Berechnete Mittelwerte Kund:innen/Nutzende pro Beschäftigte:n (Input-Daten zur Berechnung Kund:innen- und Nutzendenverkehr).....	102

Tabelle 24: Fahrleistung der einzelnen Wirtschaftszweige.....	103
Tabelle 25: Berechneter Motorisierungsgrad (private/alle Pkw pro 1000 Einwohnende) in Szenario 3 für die Jahre 2019 bis 2040	104
Tabelle 26: Zusammenfassung der Ergebnisse: Zahl benötigter Ladepunkte über alle Use Cases je Szenario und Variante für 2025 (*hinzu kommen in Szenario 3 Verkehrswende rund 2.800 Ladepunkte für Carsharing-Fahrzeuge).....	105
Tabelle 27: Zusammenfassung der Ergebnisse: Zahl benötigter Ladepunkte über alle Use Cases je Szenario und Variante für 2040 (*hinzu kommen in Szenario 3 Verkehrswende rund 4.000 Ladepunkte für Carsharing-Fahrzeuge).....	106
Tabelle 28: Zusammenfassung der Ergebnisse: Verteilung der Energiemenge über alle Use Cases je Szenario für 2025 und 2040	107

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AC	Alternating Current (Wechselstrom)
AFID	„Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“
BEK	Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030
BEV	Battery Electric Vehicle (Batterieelektrisches Fahrzeug)
DC	Direct Current (Gleichstrom)
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle (Brennstoffzellen-Fahrzeug)
HPC	High Power Charging
HS	Hochspannung
KiD	Mobilitätsstudie "Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010"
LIS	Ladeinfrastruktur
LOR	Lebensweltlich orientierte Räume
LP	Ladepunkt
MiD	Studie „Mobilität in Deutschland“
MS	Mittelspannung
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NOW	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
NPM	Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität
NS	Niederspannung
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
Pkw	Personenkraftwagen
SenUVK	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
SOC	State of Charge (Ladezustand der Batterie)
SrV	System repräsentativer Verkehrsbefragungen: Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018“ in Berlin
UW	Umspannwerk
WiV	Wirtschaftsverkehr
xEV	x- Electric Vehicle (Zusammenfassung aller Elektrofahrzeuge)

Zusammenfassung

Mit steigenden Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen, wird auch der Bedarf an Ladeinfrastruktur weiter steigen. Wo und wie viele Ladepunkte aufgebaut werden sollten, hängt von vielen Entwicklungen ab. Um Planungsannahmen für die Weiterentwicklung der Ladeinfrastruktur in Berlin, insbesondere für den öffentlichen Raum, abzuleiten, wurde die hier vorliegende Studie „Elektromobilität in Berlin 2025+“ in Auftrag gegeben.

In der Studie wurden Akteure und Fachleute in Workshops und Einzelgesprächen zu Chancen und Herausforderungen befragt und es wurde mit ihnen gemeinsam diskutiert, welche Annahmen beim bedarfsgerechten Ausbau berücksichtigt werden müssen. Basierend auf diesen Informationen werden das Mobilitäts- sowie Ladeverhalten der Haushalte mit E-Fahrzeugen über verschiedene Szenarien simuliert und daraus für jedes Szenario der Bedarf an Ladeinfrastruktur abgeleitet.

Die Ergebnisse dieser Studie bieten eine gute Grundlage, um eine bedarfsgerechte Weiterentwicklung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur in Berlin voranzutreiben und auch die intensivere Schaffung von Ladeinfrastruktur in den weiteren Use Cases, zum Beispiel im privaten Raum, anzugehen.

Die Ergebnisse auf einen Blick

- In allen Szenarien wird angenommen, dass im Jahr 2040 mindestens 95 Prozent aller Pkw in Berlin elektrifiziert sind.
- In Abhängigkeit von der Entwicklung des motorisierten Individualverkehrs und der Art der Elektrifizierung des Pkw-Verkehrs werden in Berlin bis zum Jahr 2040 zwischen **435.000 und 802.000 Ladepunkte sowohl im privaten als auch im öffentlichen Raum benötigt**. Diese Zahlen weisen eine erhebliche Bandbreite auf – je nachdem, welche Annahmen zur verkehrlichen und technologischen Entwicklung und zum Nutzendenverhalten angenommen werden. Folgende Faktoren spielen eine bedeutende Rolle:
 - Anteile des Motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des Umweltverbunds am Modal Split,
 - Stellplatzverfügbarkeit am Wohnort und Arbeitsplatz,
 - Auslastung der einzelnen Ladepunkte.
- Für den **elektrischen Energiebedarf** an den Ladeeinrichtungen ergibt sich für die Szenarien eine Bandbreite **von 4.688 MWh bis 5.531 MWh pro Tag**. Maßgeblich hierfür sind die folgenden Einflussfaktoren:

- Zahl der zu ladenden Pkw, die in Berlin unterwegs sein werden und die Fahrleistung, die mit ihnen erbracht wird.
 - Geschwindigkeit des Markthochlaufs elektrischer Antriebstechnologien und die Durchdringung des Pkw-Verkehrs mit elektrischen Antrieben.
 - Anteil der verschiedenen Antriebskonzepte, die in den Fahrzeugen zur Anwendung kommen. So ist der Ladebedarf bei überwiegend rein batterieelektrisch angetriebenen Pkw höher als bei Plug-In-Hybriden oder wenn vermehrt wasserstoffelektrische Pkw zum Einsatz kommen.
- **Auf den öffentlich zugänglichen Raum** (öffentlicher Raum und öffentlich zugänglicher Raum auf privatem Grund) **entfallen zwischen 4 und 22 Prozent der Ladepunkte**. Wichtige Einflussfaktoren bei der Übersetzung der zu verladenden Energiemenge auf die Anzahl der Ladepunkte sind:
 - Verteilung der Ladebedarfe auf die Use Cases. Hier werden für Berlin sieben Use Cases unterschieden, die sich an jenen der ehemaligen Nationalen Plattform für Mobilität (NPE) ausrichten und sich zudem in aktualisierter Form in der durch Mitwirkung der SenUVK in 2019/2020 erarbeiteten DIN SPEC 91433 „Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung“ orientieren.
 - Stellplatzverfügbarkeit der Nutzenden: Verfügen Pkw-Nutzende über einen privaten Stellplatz, an dem eine Lademöglichkeit errichtet werden kann, sind diese weniger auf öffentlich zugängliche Ladepunkte angewiesen.
- Die Analysen lassen den Schluss zu, dass einer alleinigen Substitution der Antriebe bei anhaltend wachsender Pkw-Flotte und steigender Gesamtfahrleistungen eine Reihe von limitierenden Determinanten gegenübersteht. Neben den zur Verfügung stehenden Flächenkapazitäten und den Kapazitäten der elektrischen Verteilnetze auf Mittelspannungs- und Niederspannungsebene sind dies auch akteursseitig wirtschaftlich abbildbare Investitionsobergrenzen. Damit also eine vollständige Antriebssubstitution im motorisierten Individualverkehr gelingen kann, ist es unabdingbar, dass ungeachtet der gesamtgesellschaftlichen Vorstellungen bezüglich der Mobilität der Zukunft, **die Änderung des Mobilitätsverhaltens zu Gunsten des Umweltverbundes als wesentlicher Bestandteil einer Verkehrswende vollzogen wird**.
- Da die Bandbreiten in den Szenarien sehr groß sind und es viele Abhängigkeiten gibt, kann ein Entwicklungspfad für nur „einen Raum“ nicht festgelegt werden. Es bedarf vielmehr weiterer Analysen auf feinträumlicher Ebene, um die Potenziale und Restriktionen besser zu kennen, sowie einer **laufenden Abstimmung zwischen den Räumen und Use Cases**, um den Bedarf an Ladeinfrastruktur decken zu können.

- Die Gesamtzahl der benötigten Ladepunkte lässt sich zudem durch alternative Antriebstechnologien (z.B. Wasserstoff) sowie einer Verringerung des Fahrzeugbestandes signifikant senken.
- In fast allen Use Cases lässt sich durch eine bessere Auslastung der Ladepunkte ihre benötigte Anzahl signifikant reduzieren.
- Die Errichtung von Schnellladepunkten, sogenannten Lade Hubs, auf öffentlich zugänglichem Raum auf privaten Grund (z.B. an Tankstellen), kann den Bedarf für Ladeinfrastruktur auf anderen öffentlich zugänglichen Flächen signifikant verringern.
- **Für einen ganzheitlichen Ansatz des Ladeinfrastrukturausbaus ist eine enge Abstimmung der beteiligten Akteure im Sinne einer übergreifenden Koordination notwendig.** Hierfür müssen Formate und technische Mittel weiter verbessert werden, um das System der kommunizierenden Röhren besser operationalisieren zu können. Das bedeutet, dass
 - Planungen zwischen den Akteuren besser koordiniert und ggf. innovative technische Methoden zur Standortsuche weiterentwickelt werden,
 - die interoperable Nutzung der bestehenden Ladeinfrastruktur z.B. durch eine verbesserte Information der Nutzenden über Ladeoptionen und -konditionen im Stadtgebiet gestärkt wird,
 - Akteure wie Arbeitgeber:innen und Wohnungswirtschaft dabei unterstützt werden müssen, geeignete skalierbare Ansätze für die Schaffung von Ladeinfrastruktur auf ihren Flächen zu entwickeln,
 - eine für die Akteure klarere Benennung von Ansprechpartner:innen für ihre Belange erkennbar ist,
 - eine noch engere Abstimmung der verwaltungsseitigen Akteure Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Eigene Betriebe sowie der Berliner Agentur für Elektromobilität stattfindet.
- **In Bezug auf das Stromnetz lässt sich festhalten, dass dieses auf Ebene der Umspannwerke gut aufgestellt ist,** um zusätzliche Energiemengen bereitstellen zu können. Ertüchtigungsbedarf besteht auf Mittel- und Niederspannungsebene im Bereich der Hausanschlüsse und bei der Anbindung zusätzlicher Ladehubs.

1. Motivation und Zielsetzung

Berlin, bevölkerungsreichste Stadt Deutschlands und Bundeshauptstadt, ist im Begriff seinen Verkehrs- und Transportsektor weiter umzugestalten und auf die Zukunft auszurichten. In den zurückliegenden Jahren ist die Stadt gewachsen und mit ihr in Summe auch der Mobilitätsbedarf der hier lebenden Menschen. Veränderte technische Möglichkeiten und Lebensgewohnheiten sowie die angestrebte Klimaneutralität gebieten zudem ein Umdenken bei der Planung des öffentlichen Raums. Die Förderung der Elektromobilität ist ein Baustein dieser Veränderung – neben der angemessenen Verteilung von Verkehrsflächen und Ressourcen auf alle Fortbewegungsarten und der allgemeinen Reduzierung von motorisiertem Individualverkehr. Der Pkw wird aller Voraussicht nach ein wichtiger Teil des Berliner Verkehrs bleiben, auch wenn der Anteil der Wege, die mit dem Pkw zurückgelegt werden, kontinuierlich sinkt und mit Blick auf den Zielzustand weiter sinken wird.

Momentan zeigen aktuelle Zulassungszahlen und Prognosen, dass der Anteil der E-Fahrzeuge deutlich wächst. Mit Blick auf Emissionen und den Beitrag Berlins zum Pariser Klimaschutzabkommen ist eine Abkehr vom Verbrennungsmotor als dominierende Antriebstechnologie im Fahrzeugbereich somit unausweichlich.

Um die Entwicklung der E-Mobilität zu unterstützen, hat die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenUVK) mit dem Berliner Modell schon im Jahre 2015 ein erstes Konzept entwickelt, das einen bedarfsgerechten Aufbau von Ladeinfrastruktur (LIS) im öffentlichen Raum diskriminierungsfrei ermöglicht. Nachdem das Modell nun nach Aufbau von über 1.000 öffentlichen Ladepunkten im Rahmen des be mobile-Projektes ausläuft, sind Überlegungen notwendig, wie mit dem erwartbar höheren Bedarf an LIS im Anschluss umgegangen werden soll. Die vorliegende Studie beleuchtet daher folgende Fragestellungen detaillierter:

- ▶ Wie hoch wird der LIS-Bedarf in Berlin zukünftig sein?
- ▶ Welche Art von Ladepunkten wird im öffentlichen Raum benötigt? (Schnellladen vs. Normalladen)
- ▶ An welchen Orten sollte welche LIS aufgebaut werden? (Umland, Randstadt, Kernstadt; konzentriert vs. diffus)
- ▶ Welche Abhängigkeiten bestehen zwischen den Use Cases?
- ▶ Wie lässt sich LIS ins Stromnetz und in den öffentlichen Raum integrieren?

Methodisch nutzt die Studie einen Szenarienansatz: Der zukünftige LIS-Bedarf wird für verschiedene verkehrliche Entwicklungsszenarien berechnet. Damit soll eine Informations- und Entscheidungsgrundlage für die Weiterentwicklung des öffentlichen Ladenetzes in Berlin ab Mitte 2022 geschaffen werden. Die Studie enthält somit folgende Teilergebnisse:

- ▶ Drei verkehrliche Entwicklungsszenarien, von denen das zweite zwei verschiedene Ausprägungen je nach Durchsetzungskraft der alternativen Antriebe enthält,
- ▶ Hochlaufkurven für die Elektromobilität im Straßenverkehr, jeweils in Abhängigkeit von den gewählten Szenarien,
- ▶ Nutzungsverhalten und bevorzugte (Lade-) Use Cases entsprechend der Nutzungsgruppen von E-Fahrzeugen,
- ▶ Ladeinfrastrukturbedarfe differenziert nach Raum, Art und Menge,
- ▶ Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Ladeinfrastruktur für öffentliche und private Akteure und
- ▶ Anforderungen an das Stromnetz und den öffentlichen Raum.

Zur Berechnung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur für unterschiedliche Standorte wird eine Aufteilung auf die sieben Lade-Use-Cases vorgenommen, die auch im „Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung“ sowie von der Arbeitsgruppe 5 (AG 5) der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) verwendet werden. Dieser Ansatz beruht auf der Grundannahme, dass die Energie, die ein E-Fahrzeug an einem Use Case für die nächsten Kilometer verlädt, nicht noch einmal an einem anderen Use Case verladen werden kann. Dadurch rückt insbesondere die Wechselwirkung von privaten, öffentlich zugänglichen Ladepunkten auf privatem Grund sowie Ladepunkten im öffentlichen Raum in den Fokus.

2. Gesamtübersicht zur methodischen Vorgehensweise

Die Studie gliedert sich in verschiedene Bausteine, die aufeinander aufbauen und sich gleichzeitig gegenseitig beeinflussen. Daher wurde ein iterativer Ansatz gewählt, der sowohl im engen Austausch mit der Auftraggeberin als auch mit einem Gremium von ausgewählten Fachleuten regelmäßig überprüft, überarbeitet und plausibilisiert wurde. Abbildung 1 zeigt die methodische Vorgehensweise und die darin enthaltenen Bausteine.

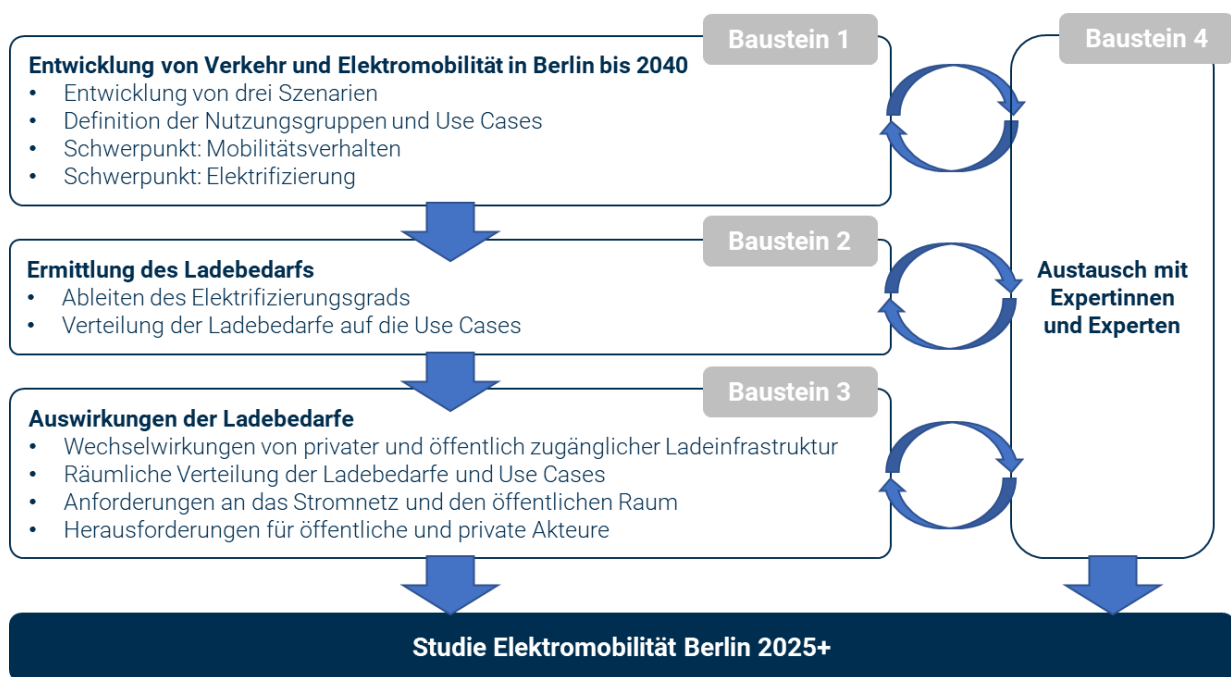


Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise

Im ersten Baustein werden die Szenarien für die verkehrliche Entwicklung bis 2040 definiert. Dies umfasste die beiden Schwerpunkte *Mobilitätsverhalten* und *Elektrifizierung*. Auch die Definition von Rahmenbedingungen, wie etwa die Auswahl der zu betrachtenden Nutzungsgruppen (privater und gewerblicher Verkehr) und die Festlegung der Use Cases ist Bestandteil dieses ersten Schrittes.

Die Entwicklung des Mobilitätsverhalten basiert in erster Linie auf der Fortschreibung bisher verabschiedeter verkehrlicher Maßnahmen und angestrebter Zielzustände, die das Land Berlin und insbesondere die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz im Rahmen mehrerer Veröffentlichungen wie dem Nahverkehrsplan Berlin 2019-2023 und dem Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030 (BEK 2030) beschlossen hat. Dies umfasst vor allem Angaben zur Entwicklung des Modal Splits und zur angestrebten Elektrifizierung des Verkehrs. Die Ziele des Stadtentwicklungsplans Mobilität und Verkehr (StEP Move) vom März 2021 sind noch nicht berücksichtigt.

Der zweite Schwerpunkt zur Szenarienentwicklung liegt auf der Elektrifizierung des Pkw-Verkehrs. Basierend auf den aktuellen Annahmen der „Nationalen Plattform Zukunft der Elektromobilität“ (NPM) wird der Hochlauf der Elektromobilität fortgeführt und auf das Betrachtungsgebiet in dieser Studie umgelegt. Dabei geht es nicht nur um die Anzahl der zukünftig elektrifizierten Fahrzeuge, sondern auch um den Anteil der Antriebstechniken „batterieelektrisch“, „Plug-In-Hybrid“ und „wasserstoffelektrisch“. Jede dieser Techniken hat einen unterschiedlichen Energiebedarf bzw. sogar einen anderen Infrastrukturbedarf, dadurch wirkt sich ihr jeweiliger Anteil direkt auf die Anzahl der in Berlin benötigten Ladepunkte aus.

Mithilfe der in Baustein 1 definierten Szenarien werden in Baustein 2 die für die Ermittlung der zukünftigen LIS benötigten Kenngrößen berechnet. Dies umfasst die Anzahl elektrischer Pkw sowie deren Tagesfahrleistung, aufgeteilt auf die einzelnen Nutzungsgruppen und Antriebstechniken. Mithilfe eines RLI-eigenen Simulationstools wird aus diesen Größen der Bedarf an Ladeinfrastruktur, aufgeteilt auf die sieben definierten Use Cases, für die Jahre 2025 und 2040 ermittelt.

Um die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Use Cases zu untersuchen, werden in Baustein 3 die zuvor definierten Szenarien näher betrachtet und das Ladeverhalten der Nutzenden variiert. Die Variationen „Hohes Sicherheitsbedürfnis“, „moderates Ladeverhalten“ und „optimierte technische Ausnutzung der Ladekapazitäten“ zeigen, welchen Einfluss die Nutzung privater Ladepunkte auf die Anzahl öffentlich zugänglicher Ladepunkte hat und wie sich Langsam- bis Normalladen und High-Power-Charging (HPC) auf die Gesamtzahl an Lademöglichkeiten auswirken. Ergebnis dieser Betrachtungen ist die Bestimmung eines „Ladeinfrastrukturbedarfsbandes“, das die Spannweite der benötigten Ladeinfrastruktur aufzeigt – je nachdem, welche Ausbaustrategie von politischen und privatwirtschaftlichen Akteuren verfolgt wird.

Die für ganz Berlin bestimmten Ladebedarfe werden anschließend anhand geeigneter Kriterien auf die 448 LOR-Planungsräume im gesamten Stadtgebiet verteilt. Dies ermöglicht planerisch eine flächendeckende und gleichzeitig bedarfsgerechte Verteilung von LIS auf die Stadt, unter Berücksichtigung der Wechselwirkung von privater und öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur. Mithilfe der Localiser-Plattform¹ – einer webbasierten Geoinformations-Anwendung – werden die Ergebnisse kartografisch in übersichtlicher Form aufbereitet und der Senatsverwaltung zur Verfügung gestellt. Dies ermöglicht neben der bildlichen Ergebnisdarstellung auch die Verknüpfung mit sozioökonomischen, strukturellen und räumlichen Daten, sodass alle Informationen, die für den Aufbau von LIS benötigt werden, zentral abrufbar sind.

¹ <https://www.localiser.de/>

Mit Hilfe dieser Ergebnisse können Anforderungen an den öffentlichen Raum sowie an die Verantwortlichen aus dem privatwirtschaftlichen und kommunalen Bereich abgeleitet werden. Im engen Austausch mit der Stromnetz Berlin GmbH werden außerdem netzinfrastrukturseitige Auswirkungen und Handlungsbedarfe aufgedeckt, die sich aus den zukünftigen Anforderungen durch den Elektromobilitätshochlauf ergeben.

Der Austausch mit den am Planungsprozess für Ladeinfrastruktur beteiligten Interessensgruppen dient gleichzeitig als Anknüpfungspunkt für die weitere Zusammenarbeit zur zukünftigen Entwicklung der LIS in den einzelnen Use Cases nach Abschluss dieser Studie.

3. Elektromobilität in Berlin: Status quo

Die Entwicklung der Zulassungszahlen für rein batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) und Fahrzeuge mit einer extern aufladbaren Batterie (PHEV) ist derzeit sehr dynamisch. Die Anteile von BEV und PHEV (zusammengefasst xEV) bei den Neuzulassungen und im Bestand steigen bundesweit rasant an, in Berlin lässt sich sogar ein noch steilerer Anstieg der Zulassungszahlen beobachten (siehe Abbildung 2). Dieser wird vor allem durch eine stärkere Elektrifizierung von gewerblich zugelassenen Pkw getrieben, die hier über die Hälfte aller elektrischen Pkw im Bestand ausmachen. Die in Brandenburg zugelassenen Fahrzeuge, die einen Großteil der über 420.000 Pkw der Einpendelnden und Tagesgäste ausmachen, liegen hingegen etwas unter dem deutschlandweiten Durchschnitt (siehe Tabelle 1).

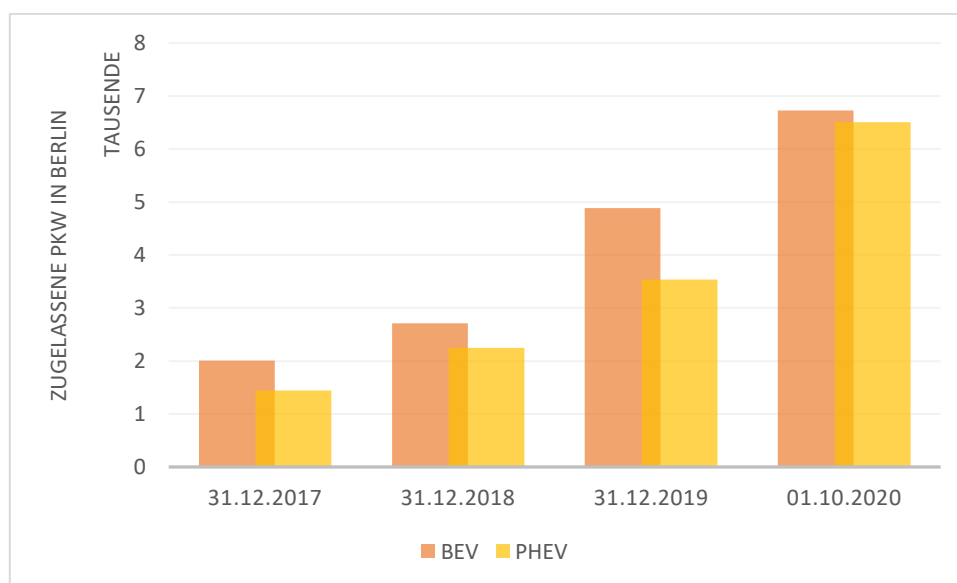


Abbildung 2: Zulassungszahlen für batterieelektrische und Plug-In-Fahrzeuge in Berlin von 2017 bis 2020 [1]

	Deutschland	Berlin	Brandenburg
Anteil xEV	0,87 %	1,08 %	0,56 %
Anteil BEV	0,46 %	0,55 %	0,30 %
Anteil PHEV	0,40 %	0,53 %	0,26 %

Tabelle 1: Anteile von Elektrofahrzeugen im Bestand (31.10.2020) [1]

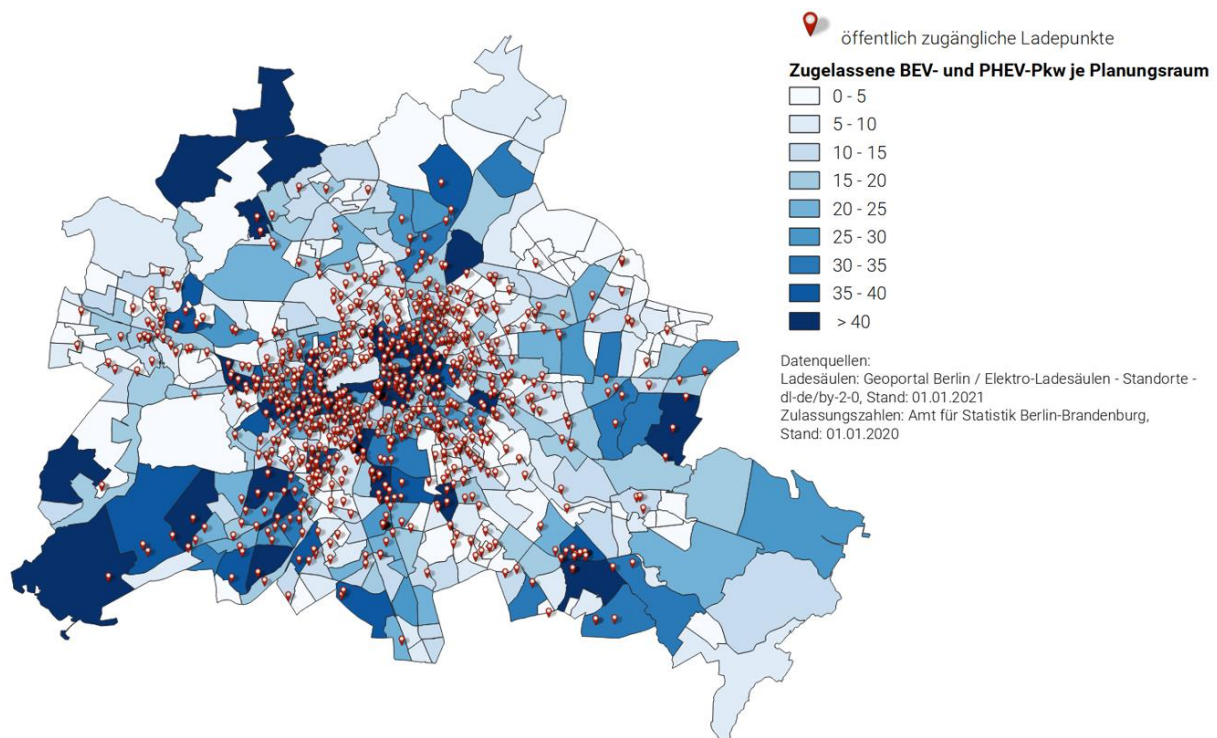


Abbildung 3: Darstellung der örtlichen Verteilung von zugelassenen privaten und gewerblichen xEV und der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur

Für diese Elektrofahrzeuge stehen derzeit in Berlin 1.658 öffentlich zugängliche Ladepunkte zur Verfügung (Stand: 06.01.2021) [2]. Davon befinden sich 1.204 Ladepunkte auf öffentlichem Grund. Dies ergibt ein Verhältnis von öffentlich zugänglichen Ladepunkten zu Elektrofahrzeugen (nur in Berlin gemeldete Fahrzeuge: 13.239 xEV) von rund 1:11 und entspricht damit fast dem Mindestwert, wie er in der aktuell gültigen „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“ (AFID) [3] für das Jahr 2020 empfohlen wird. Jedoch lässt sich feststellen, dass die derzeit bestehende öffentliche Ladeinfrastruktur noch die meiste Zeit ungenutzt ist und viele Ladepunkte eine geringe Auslastung verzeichnen.

Eine Auswertung der öffentlichen Ladeinfrastruktur des vierten Quartals 2019 zeigt, dass durchschnittlich 30 kWh während 1,5 Ladevorgängen pro Tag und pro Ladepunkt geladen wurden. Dies entspricht rund 818 MWh im Quartal. Die durchschnittliche Ladedauer beträgt etwa 3,1 h am Tag. Viele Fahrzeuge werden nach Abschluss des Ladevorgangs allerdings nicht gleich abgesteckt, sondern blockieren den Ladepunkt noch längere Zeit. Abbildung 4 zeigt, zu welchem Anteil die Ladepunkte zur Ladung genutzt (blau) und anschließend blockiert werden (rot) sowie ungenutzt sind (grau).²

² Bereitstellung der Daten von Seiten der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz

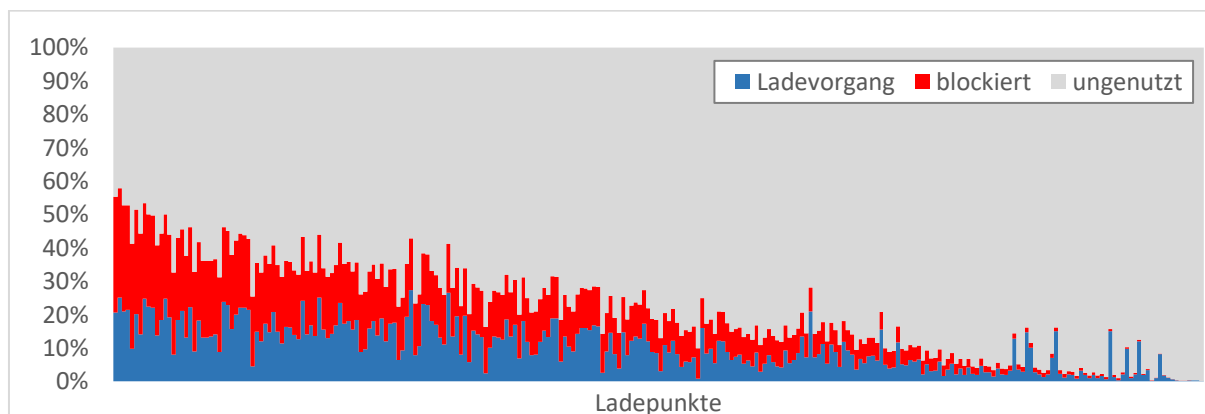


Abbildung 4: Auslastung der öffentlichen Ladeinfrastruktur im vierten Quartal 2019

Während der Fertigstellung dieser Studie wurden weitere Daten zur Auslastung der Ladepunkte veröffentlicht, aus denen ein steigender Nutzungstrend abzulesen ist. Im dritten Quartal 2020 stieg die verladene Energiemenge um 33 Prozent auf rund 1.218 MWh bei durchschnittlich 32 kWh während 1,8 Ladevorgängen pro Tag und Ladepunkt.

Neben den genannten 1.658 öffentlich zugänglichen Ladepunkten kommen mindestens 368 Lademöglichkeiten hinzu, die zu einem Hausanschluss gehören und damit in der Regel nicht öffentlich zugänglich sein dürften³. Diese Lademöglichkeiten können mehrere Ladepunkte enthalten, eine genau Bezifferung der Ladepunkte ist daher nicht möglich. Bei den hier genannten Zahlen handelt es sich um die Lademöglichkeiten, die beim Netzbetreiber nach §19 der seit März 2019 geltenden Niederspannungsanschlussverordnung gemeldet wurden. Es ist mit einer Dunkelziffer an Lademöglichkeiten zu rechnen, die vor März 2019 installiert oder aus anderen Gründen nicht gemeldet wurden.

³ Bereitstellung der Daten von Seiten der Stromnetz Berlin GmbH

4. Entwicklung von Verkehr und Elektromobilität in Berlin bis 2040: Drei Szenarien

Für die Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs bis 2040 werden drei Szenarien näher untersucht, mit dem Ziel, den Einfluss unterschiedlicher Rahmenbedingungen abzubilden. Vor dem Hintergrund der angestrebten Verkehrswende werden die Szenarien schrittweise variiert, um die Wirkung einzelner Maßnahmen abzubilden: Angefangen bei einem Referenzszenario, das die bisherigen Entwicklungen fortschreibt, über ein Energiewende-im-Verkehr-Szenario, das bei gleichbleibendem Mobilitätsverhalten den Einfluss unterschiedlicher Antriebstechniken wie Wasserstoff und Batterie untersucht, bis hin zu einem umfassenden Verkehrswende-Szenario, das von einer starken Verbreitung batterieelektrischer Antriebe und signifikanten Veränderung des Mobilitätsverhaltens ausgeht.

Hierbei handelte es sich insgesamt um einen sehr komplexen Ansatz, da innerhalb der Szenarien die Entwicklungen für fünf Pkw-Nutzungsgruppen (Einwohnende, Einpendelnde, Tages- und Übernachtungsgäste, Personenwirtschaftsverkehr) abgeleitet werden müssen, die sich insbesondere hinsichtlich ihres Mobilitätsverhaltens und daraus resultierend natürlich auch hinsichtlich ihres Ladeverhaltens unterscheiden. Gerade in Bezug auf die Errechnung des aus dem Wirtschaftsverkehr mit Pkw resultierenden Ladebedarfs wird in dieser Studie Neuland beschritten.

In den nächsten Abschnitten wird erst auf die Definition der Nutzungsgruppen und dann auf die beiden Schwerpunkte *Mobilitätsverhalten* und *Elektrifizierung* näher eingegangen. Aus den Entwicklungen und Trends innerhalb dieser Schwerpunkte können anschließend die Szenarien abgeleitet werden. Zuletzt werden die Kenngrößen und Schlüsselfaktoren für die einzelnen Nutzungsgruppen definiert und berechnet, die als Inputparameter für die Ermittlung der Ladebedarfe dienen.

4.1. Beschreibung der Szenarien

Im Rahmen des Bausteins 1 werden drei Szenarien zur Abbildung der verkehrlichen Entwicklung in Berlin und seinem Umland für die Zeithorizonte 2025 und 2040 erstellt – eins davon in zwei verschiedenen Ausprägungen – und deren verkehrliche Auswirkungen ermittelt. Ergebnis ist die Festlegung der Parameter zur Beschreibung der Zielzustände. Diese werden auf LOR-Planungsraumebene kartografisch dargestellt und dienen als Inputparameter für die Bestimmung des Ladebedarfs.

Die Szenarien sollen einen breiten Möglichkeitsrahmen (Szenario-Trichter) abdecken, der durch die zukünftigen Entwicklungen verschiedener Schlüsselfaktoren (siehe Kapitel 4.4.3) definiert ist. Abbildung 5 gibt einen Überblick über die nachfolgend beschriebenen Szenarien.

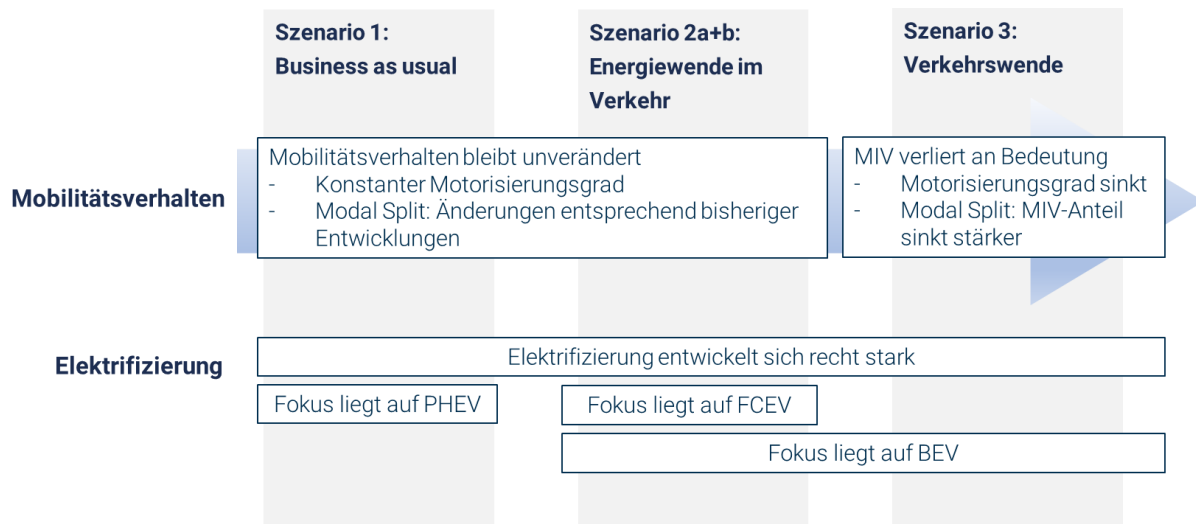


Abbildung 5: Übersicht über die Szenarien

Das erste Szenario stellt ein Referenzszenario basierend auf den aktuellen verkehrlichen Maßnahmen und der vorsichtigen Fortschreibung bestehender Trends („business as usual“) dar.

1. Referenzszenario: „Business as usual“

Es findet eine starke Elektrifizierung mit Fokus auf Plug-In-Hybriden (PHEV) statt. Das Mobilitätsverhalten orientiert sich an aktuellen Entwicklungen.

Annahmen:

- ▶ Förderung aller elektrischen Antriebsarten entsprechend der bisher beschlossenen Maßnahmen.
- ▶ Automobilhersteller bringen vermehrt PHEV auf den Markt, um die europäischen Flottengrenzwerte zu erreichen.
- ▶ Veränderungen des Modal Splits orientieren sich an der unteren Variante des Nahverkehrsplans. Der Umweltverbund wird auf Kosten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) leicht zulegen.
- ▶ Sharing spielt eher eine untergeordnete Rolle.
- ▶ Im Wirtschaftsverkehr ist die Steigerungsrate höher. Aufgrund der höheren Austauschrate gelangen neue Technologien wie Elektrofahrzeuge schneller in Umlauf. Die Anzahl an Pkw steigt parallel zum Wirtschaftswachstum.

Wirkung:

- ▶ Anteil an allen Elektrofahrzeugen steigt, insbesondere PHEV.
- ▶ In den 2030er Jahren werden alle neu zugelassenen Fahrzeuge elektrifiziert sein (mindestens PHEV).

Neben dem Referenzszenario werden zwei weitere Szenarien entwickelt. Die Zielszenarien orientieren sich an der senatsseitig angestrebten *Verkehrswende*. Dabei spielen verschiedene Bereiche eine entscheidende Rolle (siehe Abbildung 6), die alle zusammen zu einer umfassenden Verkehrswende beitragen: Die sogenannte *Energiewende im Verkehr* oder auch Antriebswende im Verkehr sieht eine Effizienzerhöhung des Antriebs sowie die Dekarbonisierung des Energieträgers vor. Maßnahmen hierzu sind die Erhöhung der Wirkungsgrade und der Einsatz strombasierter Kraftstoffe wie Batterieelektrische Antriebe, Wasserstoff in Verbindung mit Brennstoffzellen und synthetische Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren (Power to X).

In der sogenannten *Mobilitätswende* wird der Schwerpunkt auf die Veränderung des Mobilitätsverhaltens gelegt. Verkehre sollen vermieden und/oder vom Motorisierten Individualverkehr (MIV) auf Verkehrsmittel des Umweltverbunds (ÖV, Rad, zu Fuß) verlagert werden.

Für die Wahl der Zielszenarien werden die Teilbereiche der Verkehrswende gewählt, die über Anreizstrukturen am stärksten von der Politik beeinflusst werden können. Das sind vor allem die Dekarbonisierung des Energieträgers mit Fokus auf elektrische Fahrzeuge und die Verlagerung von Verkehr.

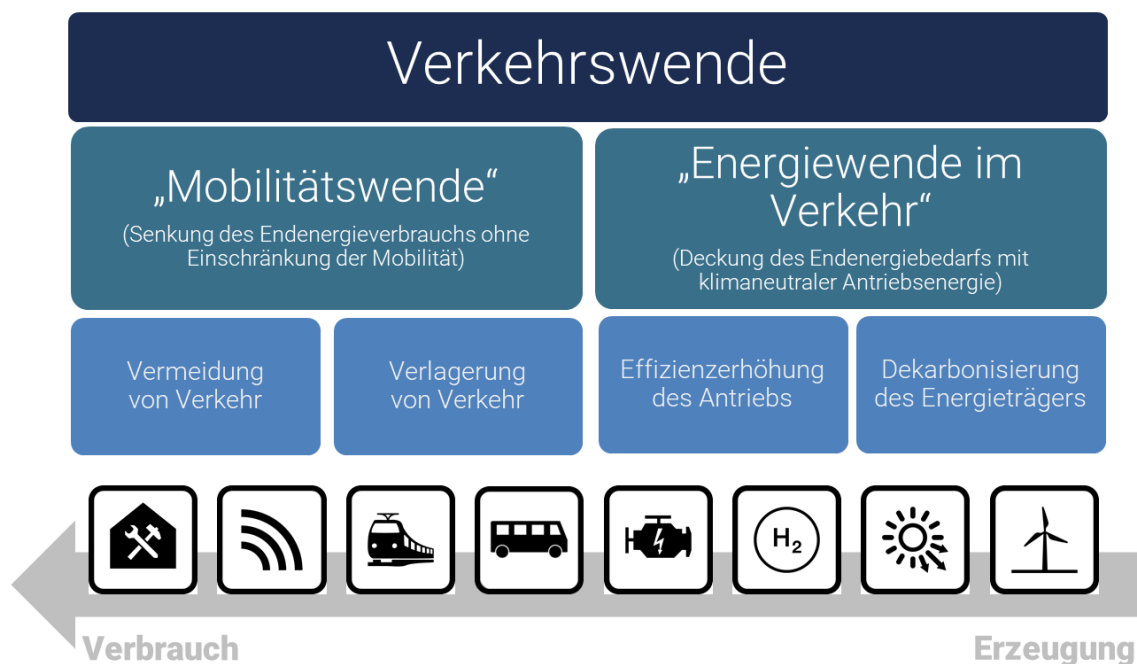


Abbildung 6: Inhaltliche Bestandteile der Verkehrswende

Für die in dieser Studie betrachteten Szenarien soll das Ziel einer Verkehrswende in zwei Stufen erreicht werden. In einem ersten Schritt wird der Fokus auf die Antriebstechnologie gelegt.

2. Zielszenario: „Energiewende im Verkehr“

Es findet eine starke Elektrifizierung mit Fokus auf rein batterieelektrischen (BEV) und wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen (FCEV) statt. Die Annahmen zum Mobilitätsverhalten entsprechen denen des Referenzszenarios.

Annahmen:

- ▶ Stärkere Förderung von FCEV und BEV:
 - **Szenario 2a:** Im Sinne der Technologieoffenheit werden neben batterieelektrischen Fahrzeugen auch wasserstoffbetriebene Fahrzeuge eine signifikante Rolle spielen.
 - **Szenario 2b:** Fokus rein auf batterieelektrischer Mobilität.

Wirkung:

- ▶ Der Anteil an BEV und FCEV steigt deutlich stärker als im Referenzszenario.

Im zweiten Verkehrswende-Szenario kommt zur starken Elektrifizierung auch ein verändertes Mobilitätsverhalten hinzu. Dabei verlagert sich der Verkehr vom MIV auf andere Verkehrsträger.

3. Zielszenario: „Ambitionierte Verkehrswende“

Neben der starken Verbreitung rein batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV) findet nun zusätzlich eine Änderung des Mobilitätsverhaltens statt.

Annahmen:

- ▶ Rückgang des Anteils des motorisierten Individualverkehrs am Modal Split.
- ▶ Neben dem verbesserten Angebot im ÖPNV und einer verbesserten Radverkehrsinfrastruktur, können auch folgende Maßnahmen zu einer noch stärker ausgeprägten Veränderung des Mobilitätsverhaltens führen:
 - ▶ Einfahrtsbeschränkungen für Pkw in den städtischen Bereich,
 - ▶ Verknappung von Parkplätzen und Parkraumbewirtschaftung,
 - ▶ Stärkere Nutzung von Sharing-Angeboten.
- ▶ Die Effekte dieser möglichen Maßnahmen sind schwer quantifizierbar und wurden daher im Rahmen der Abstimmung mit dem beteiligten Expert:innengremium als Abschlag auf den Modal Split für den motorisierten Individualverkehr berücksichtigt.

Wirkung:

- ▶ Die Anzahl privater Pkw bleibt auf dem heutigen Niveau konstant trotz steigender Bevölkerung ⇒ MIV-Anteil und Motorisierungsgrad sinken.
- ▶ Da die Auswirkungen der zuvor beschriebenen Maßnahmen stark von der Art ihrer Umsetzung abhängen, wurde im Rahmen der Ableitung der Ladebedarfe für dieses Szenario der Effekt einer weiteren Reduktion des Pkw Bestandes auf den Ladeinfrastrukturbedarf über eine Sensitivitätsanalyse untersucht.
- ▶ Keine/kaum Auswirkungen auf den Personenwirtschaftsverkehr.

Für jedes Szenario werden nun die für die Berechnung der Ladebedarfe notwendigen Output-Parameter ermittelt. Als Ergebnis liegen folgende Daten, aufgegliedert nach den fünf Nutzungsgruppen Einwohnende, Einpendelnde, Tages- und Übernachtungsgäste sowie dem Personenwirtschaftsverkehr vor:

- ▶ Personen pro Planungsraum nach Nutzungsgruppe (Tageswerte)
- ▶ Anzahl der Pkw pro Planungsraum nach Nutzungsgruppe (Tageswerte)
- ▶ Fahrleistung aller Pkw pro Planungsraum nach Nutzungsgruppe (Tageswerte)

4.2. Definition von Nutzungsgruppen

Um die verkehrliche Entwicklung bis 2040 möglichst genau abzubilden, wurden fünf Nutzungsgruppen identifiziert, die verschiedene Mobilitätsverhalten und teilweise auch unterschiedlicher Elektrifizierungsraten aufweisen. Dies sind:

- ▶ Einwohnende,
- ▶ Einpendelnde,
- ▶ Tagesgäste,
- ▶ Übernachtungsgäste und
- ▶ Personenwirtschaftsverkehr.

Eine Unterscheidung des Privatverkehrs in die Kategorien „Einwohnende“, „Einpendelnde“ und „Gäste“ erfolgt in Kohärenz mit der im Nahverkehrsplan Berlin 2019-2023 genannten Kategorisierung. Diese lässt sich mit der Unterschiedlichkeit des Verkehrsverhaltens der drei genannten Personengruppen erklären. So ist etwa der Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) am Modal Split der Personengruppe „Einpendelnde“ wesentlich höher als jener der „Einwohnenden“. Um die Entwicklung dieser Trends realitätsnah abzubilden, wurde auch in diesem Projekt eine solche Kategorisierung gewählt.

Da das Mobilitätsverhalten innerhalb der Kategorie „Gäste“ stark variiert, wurde hier eine Unterteilung in „Tagesgäste“, die sich ähnlich wie „Einpendelnde“ verhalten, und

„Übernachtungsgäste“ getroffen. Zur gesamtheitlichen Darstellung des Verkehrs in Berlin erfolgte zudem die Hinzunahme des Personenwirtschaftsverkehrs.

Abbildung 7 stellt die fünf identifizierten Nutzungsgruppen hinsichtlich ihrer Herkunft dar. Sowohl Einwohnende als auch der Personenwirtschaftsverkehr werden komplett der Stadt Berlin zugeordnet, während von außerhalb stammende Einpendelnde und Gäste nur einen Teil ihres Mobilitäts- und damit auch Ladebedarfs nach Berlin mitbringen.



Abbildung 7: Überblick über die betrachteten Nutzungsgruppen

4.3. Stakeholder-Einbindung

Um Empfehlungen zum Aufbau von Ladeinfrastruktur abgeben zu können, die die Bedürfnisse der vielen involvierten Akteure möglichst gut erfüllen, fließen auch Ergebnisse eines Beteiligungsprozesses in diese Studie ein. Im Rahmen von drei Workshops wurde Vertreterinnen und Vertretern der wichtigsten beteiligten Organisationen die Gelegenheit gegeben, ihre Perspektive auf das Thema Ladeinfrastruktur einzubringen. Als Beteiligungsform wurde hierfür ein Dialogformat gewählt, dass vor allem auf qualitativen Input und das Aufzeigen von besonderen Herausforderungen für die verschiedenen Beteiligten abzielte. Gleichzeitig dienten die Ergebnisse aus den Stakeholder-Befragungen als Korrektiv für die getroffenen Annahmen. In Tabelle 2 sind die vertretenen Institutionen aufgeführt.

Aufgabe der eingeladenen Fachleute war es, sich mit ihren umfangreichen Kenntnissen und praktischen Erfahrungen in Bezug auf Verkehrsentwicklung und Elektromobilität bei folgenden Themen und Fragestellungen einzubringen:

- ▶ Einholen von Einstellungen und Feedback der Stakeholder in Bezug auf Elektromobilität,

- Identifizierung und Bewertung verkehrlicher Schlüsselfaktoren,
- Plausibilitätsprüfung der Szenarienentwicklung,
- Einordnung der Lade Use Cases und Diskussion der Rahmenbedingungen,
- Identifizierung von Herausforderungen beim Ladeinfrastrukturaufbau,
- Identifizierung möglicher Ansatzpunkte für die weitere Zusammenarbeit.

Neben der Funktion der Stakeholder als Fachgremium, deren Input direkt in die Berechnungen und Prognosen miteinfließt, dient das Anstoßen des Dialogs auch dem Knüpfen von Verbindungen und einer perspektivischen Zusammenarbeit. Eine Besonderheit beim Aufbau von Ladeinfrastruktur ist die Vielzahl der beteiligten Akteure – sowohl auf politischer, als auch auf wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ebene. Ihnen allen wird zukünftig eine noch stärkere Verantwortung bei der Förderung der Elektromobilität zukommen müssen. Die Auswahl der Stakeholder geschah somit auch unter dem Gesichtspunkt, Vertreterinnen und Vertreter aller Use Cases an einem Tisch zu versammeln und den Dialog aufrecht zu erhalten.

Institution	Expertise
Allgemeine Deutsche Automobil-Club e. V.	Verkehrliche Entwicklung
Agora Verkehrswende	Verkehrliche Entwicklung, Hochlauf der Elektromobilität
BBU Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen	Privater Raum (Use Cases 1 und 2)
Berliner Verkehrsbetriebe	ÖPNV, öffentlicher Raum
eMO – Berliner Agentur für Elektromobilität	Öffentlich zugänglicher Raum auf privatem Grund (Use Cases 5 bis 7), Hochlauf der Elektromobilität
Handelsverband Deutschland	Vertretung des Einzelhandels, Use Cases 3, 5 und 6
Industrie- und Handelskammer zu Berlin	Vertretung des Wirtschaftsverkehrs, Use Case 3
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz	Öffentlicher Raum (Use Case 4), politische Gremien
Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe	Öffentlich zugänglicher Raum auf privatem Grund (Use Cases 5 bis 7), politische Gremien
Stromnetz Berlin	Stromversorgung, alle Use Cases
Verband kommunaler Unternehmen	Öffentlich zugänglicher Raum auf privatem Grund (Use Cases 5 bis 7)

Tabelle 2: Mitglieder des Expert:innengremiums

4.4. Schwerpunkt: Mobilitätsverhalten

4.4.1. Grundlegende Trends für die Erstellung der Szenarien

Selten war die Alltagsmobilität und das Verkehrsverhalten so präsent in der öffentlichen Debatte wie heute. Besonders vorherrschende Themen wie Umwelt- und Klimaschutz sowie eine gesteigerte Sensibilisierung bei Themen wie Lärm- und Schadstoffbelastung erfordern ein intensiveres verkehrsplanerisches Handeln, welches sich noch stärker an Nachhaltigkeitszielen ausrichtet. Die stetig steigende Mobilität der Bevölkerung und eine zunehmende Urbanisierung im Bundesgebiet erfordern verkehrspolitische Maßnahmen, die umweltfreundliche Fortbewegungsformen begünstigen und eine Abkehr von Verbrennungsmotoren fördern.

Die Stadt Berlin steht im Zentrum der genannten Entwicklungen. Mit wachsender Bevölkerung geht ein steigender Mobilitätsbedarf und zunehmender Pendelverkehr von und nach Brandenburg einher. Auch die touristisch und beruflich nach Berlin reisenden Menschen fragen immer mehr Mobilitätsdienstleistungen nach. Auch wenn sich bestimmte Trends, wie etwa der weitere Bevölkerungszuwachs, langsam abschwächen, ist ein Abbruch der genannten Trends kurz- bis mittelfristig nicht absehbar.

Zudem spiegeln sich neue Mobilitätstrends und Verhaltensweisen in der Bevölkerung auch im Verkehr wider. So wirken sich beispielsweise Suburbanisierungstendenzen auf die Pendelbewegungen aus. Ein gestiegenes Umweltbewusstsein rückt die Forderung nach mehr Elektromobilität und die Schaffung weiterer Kapazitäten im Umweltverbund in den Vordergrund und ein Wertewandel ebnet den Weg für erfolgreiche Sharing-Konzepte in Stadt und Region.

Eine Trendwende ist auch bei der Verkehrsmittelnutzung zu erkennen: Eine immer größer werdende Verschiebung von Nutzenden des MIV hin zu den Verkehrsmitteln des Umweltverbundes (Öffentlicher Personennahverkehr, Rad- und Fußverkehr) ist zu beobachten. Während sich dabei die Anteile an den zurückgelegten Wegen im ÖPNV und Fußverkehr kaum verändert haben, profitierte der Radverkehr stark von den Abgängen des MIV (siehe Abbildung 8).

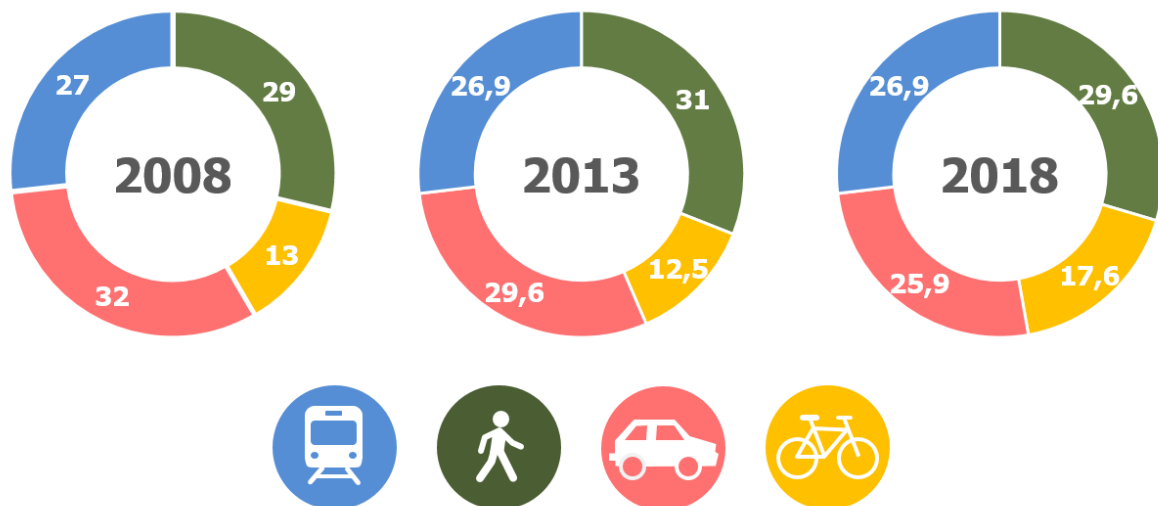


Abbildung 8: Entwicklung des Modal Split (Anteil der Wege) in Berlin 2008-2018

Trotz der genannten Veränderungen und Trends bei der Mobilität, blieb in den letzten Jahren die Anzahl der zurückgelegten Wege pro Person und Tag relativ gleich. Für in Berlin Lebende liegt diese bei etwa 3,5 Wegen pro Person und Tag, während aus Brandenburg einpendelnde Personen auf einen etwas geringeren Wert von 3,2 Wegen pro Person und Tag kommen [4] [5] [6] [7].

Um all diesen stetigen Änderungen im Verkehrssektor Rechnung zu tragen, wurden in den vergangenen Jahren auf unterschiedlichen Ebenen Konzepte und Programme für eine stadtverträgliche Verkehrsentwicklung entwickelt, die sich auch zunehmend stärker an der angestrebten Klimaneutralität ausrichten. Diese enthalten zahlreiche Projekte zum Ausbau der Straßen-, Schienen-, Fuß- und Radwegeinfrastruktur sowie begleitende „weiche“ Maßnahmen zur Förderung des Umweltverbundes und anderer umweltfreundlicher Fortbewegungsmittel. Als Beispiele für diese Instrumente seien der Stadtentwicklungsplan Verkehr (StEP Verkehr) [8], der Nahverkehrsplan 2019-2023 [9] und das Projekt i2030 des Verkehrsverbundes Berlin-Brandenburg [10] genannt.

Somit ist der Nahverkehrsplan Berlin 2019-2023 [9] für die Erstellung der Szenarien in diesem Projekt von besonderer Bedeutung, da er zahlreiche Aussagen zu zukünftigen Entwicklungen im Sektor Mobilität macht und dabei auf konkrete Zukunftswerte verweist. So wird etwa von einer zunehmenden Automatisierung sowie einer Digitalisierung von Prozessen ausgegangen und die Dekarbonisierung sowie die Minderung der Lärmemissionen und des Flächenverbrauches als klare Zielsetzungen für den Verkehr der Zukunft genannt. Im Zusammenhang mit aktuellen Debatten über die Luftreinhaltung in (deutschen) Großstädten wird auf mögliche weitergehende Fahrverbote für Dieselfahrzeuge in der Innenstadt Berlins hingewiesen. Die Wirkung einer City-Maut mit restriktiven Einfahrtsbeschränkungen für alle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, so,

wie sie bereits in etwa London und Stockholm eingeführt wurde, ist immer auch von ihrer konkreten Ausgestaltung abhängig.

Eine solche Maßnahme scheint aber, laut Umfrage beim Expert:innenworkshop (siehe Kapitel 4.3), für den Innenstadtbereich Berlins durchaus möglich. Studien zu den Auswirkungen der Innenstadt-Maut auf die Verkehrsmittelwahl in London zeigen allerdings, dass sich keine klare kurzfristige Änderung des Modal Splits aus der Einführung der Maut ergibt. Vielmehr kann eine City-Maut als Baustein einer zunehmend umweltfreundlichen Verkehrsplanung gesehen werden und ordnet sich damit in einen Gesamttrend hin zur verstärkten Nutzung der Verkehrsmittel des Umweltverbundes ein [11].

Zusammenfassend lassen sich für Berlin folgende Basistrends für die Jahre 2025 und 2040 ableiten:

- ▶ Weiterhin positive Bevölkerungsentwicklung, allerdings mit langsamerem Anstieg [12][13],
- ▶ Starker Anstieg der nach Berlin einpendelnden Personen [9],
- ▶ Zunahme des Tourismus und der Zahl der Gäste [9],
- ▶ Konstante Wegehäufigkeit gemäß der Entwicklung der SrV-Untersuchungen [5] [6] [7] [9],
- ▶ Ausbau der Straßen-, Schienen-, Fuß-, und Radwegeinfrastruktur [9] ,
- ▶ Ausbau der Angebote im öffentlichen Nahverkehr [9],
- ▶ Förderung von zukunftssträchtigen Fortbewegungsmitteln (u.a. E-Mobilität) [9],
- ▶ Zunehmende Automatisierung des Verkehrs und Digitalisierung von Prozessen [9],
- ▶ Eingrenzung der Lärmemissionen und des Flächenverbrauches durch Verkehr [9],
- ▶ Mögliche Einfahrtsbeschränkungen für den Innenstadtbereich (evtl. City-Maut, Einfahrtsbeschränkungen für Verbrenner) [9] und
- ▶ Senkung des MIV-Anteils bei gleichzeitiger Stärkung des Umweltverbundes [5] [6] [7] [9].

4.4.2. COVID-19 und die Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten in Berlin

Die seit Ende des Jahres 2019 bekannte und seit März 2020 in Deutschland verbreitete Infektionskrankheit COVID-19 führte in nahezu allen Ländern der Welt zu einer großflächigen Einschränkung des öffentlichen Lebens, mit dem Ziel, die Zahl der Ansteckungen mit dem neuartigen Virus möglichst niedrig zu halten. Auch in Deutschland wurden aus diesem Grund temporär Handels-, Lehr-, Beherbergungs- und Kultureinrichtungen geschlossen, internationale Verkehrswege für den Personenverkehr gesperrt und nationale Verbindungen reduziert. Zudem bestand ein Versammlungsverbot und zeitweise das Gebot, alle nicht notwendigen Wege zu unterlassen.

Aufgrund dieser Beschränkungen kam es zu einer drastischen Änderung des täglichen Mobilitätsverhaltens. So gaben bei einer im April vom Deutschen Zentrum für Luft- und

Raumfahrt deutschlandweit durchgeführten Befragung von 1.000 Personen 39 Prozent an, seltener das Haus zu verlassen, um arbeiten zu gehen. Als Gründe hierfür wurden das vermehrte Arbeiten von Zuhause („Home Office“) und das verstärkte Nutzen von Online- und Telefonkonferenzen, sowie die zahlreichen Arbeitsplatzverluste im Bereich Tourismus und Gastwirtschaft genannt [14].

63 Prozent der Befragten gaben zudem an, sich seit Beginn der Pandemie unwohler im ÖPNV zu fühlen und 32 Prozent wünschten sich, in dieser außerordentlichen Situation ein eigenes Auto zu besitzen [14]. Die Gebote des Abstandhaltens im öffentlichen Raum („Physical Distancing“) und die Tragepflicht einer Mund-Nasen-Bedeckung in geschlossenen Räumen unterstrichen die Ernsthaftigkeit der Situation und führten damit bei vielen Fahrgästen zu einer zurückhaltenden Nutzung von Bus und Bahn. Die Wahrnehmung des ÖPNV als potenzielle Ansteckungsquelle aufgrund der unmittelbaren Nähe zu Mitreisenden könne laut DLR-Studie möglicherweise zu einem Imageschaden des öffentlichen Verkehrs beigetragen haben [14].

Als Alternative zu den öffentlichen Verkehrsmitteln entschieden sich in Berlin, auch aufgrund der vorteilhaften Wetterverhältnisse, viele Menschen für das Fahrrad. Um auf den zunehmenden Fahrradverkehr zu reagieren, wurden innerhalb kurzer Zeit sogenannte „Pop-up-Fahrradwege“ eingerichtet, die durch die Absperrung des rechten Fahrstreifens im Straßenraum entstanden. Eine Überführung dieser temporären Fahrradwege in das Radnetz der Stadt wird von Interessensverbänden gefordert und ist teilweise schon umgesetzt worden [15].

Mit der Lockerung der Einschränkungen im Zusammenhang mit dem starken Rückgang der an COVID-19 Erkrankten, stellt sich im Sommer 2020 für zahlreiche Personengruppen wieder ein normalisierter Alltag ein. Die Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel nahm erkennbar zu und auch vermehrt Freizeitfahrten und Fahrten im Fernverkehr fanden statt [16]. Ob und wann die Nutzungszahlen und der Modal Split wieder zum Vorjahreswert aufschließen werden, ist von dem weiteren Verlauf der Pandemie und den zukünftigen nationalen und internationalen (Reise-)Beschränkungen abhängig. Langfristige Auswirkungen auf die Beförderungszahlen und den Modal Split der Jahre 2025 und 2040 sind allerdings nicht zu erwarten, sodass die in Kapitel 4.4.1 genannten Trends als Grundlage für die weiteren Betrachtungen dienen.

4.4.3. Schlüsselfaktoren für die Szenarienentwicklung

Die Ableitung der Szenarien basiert auf bereits verabschiedeten verkehrlichen Maßnahmen und angestrebten Zielzuständen, die das Land Berlin und insbesondere die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz im Rahmen mehrerer Veröffentlichungen beschrieben hat. Diese sind maßgeblich in folgenden Rahmenwerken zu finden:

- ▶ der **Nahverkehrsplan Berlin 2019-2023** [9] der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz mit Stand Februar 2019

- und das **Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030 (BEK 2030)** [17] der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr, Klimaschutz in der konsolidierten Fassung von 2016.

Die genannten Dokumente fungieren dabei als verbindliche Anhaltspunkte zur Ausgestaltung der Zukunftsszenarien. Mithilfe von Interpolation und Extrapolation wurden die veröffentlichten Werte auf die Planungsjahre 2025 und 2040 angepasst und somit für weitere Berechnungen nutzbar gemacht. Vorteil der Anlehnung an Eingangswerte bereits bestehender Veröffentlichungen ist die Vergleichbarkeit mit Maßnahmen und Erwartungswerten der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz und eine damit einhergehende kohärente Planung mit ähnlichen Zukunftsvorstellungen. Darüber hinaus werden in den Veröffentlichungen Erwartungswerte für Gäste und Einpendelnde genannt, die die Ableitung verkehrlicher Bezugsgrößen ermöglichen.

Diskussion der Schlüsselfaktoren für die Szenarien

Die Berechnung der Zahl der Pkw je Nutzungsgruppe sowie deren Gesamtfahrleistung erfolgte über die berechnete Anzahl der Personen, die der jeweiligen Gruppe zugeordnet sind unter Anwendung folgender Faktoren:

- Motorisierungsgrad (auf Basis LOR) in Pkw pro 1.000 Einwohnende,
- Modal Split (Verteilung des Transportaufkommens je Verkehrsmittel) in Prozent,
- Anzahl der Wege in Wege pro Person und Tag,
- Wegelänge in km pro Weg je Person und Tag,
- Besetzungsgrad in Personen pro Pkw.

Der **Motorisierungsgrad** privat zugelassener Pkw in Berlin wird in den Szenarien 1 und 2 als konstant angesehen. Damit wird den über die letzten Jahre zu beobachtenden Tendenzen Rechnung getragen. Hier war im Zeitraum zwischen 2000 und 2016, über 16 Jahre, ein relativ stabiler Motorisierungsgrad (alle Pkw, inklusive gewerblich zugelassene Pkw) von zwischen 317 und 331 Pkw pro 1.000 Einwohnende zu verzeichnen [18], bei gleichzeitigem Anstieg der registrierten Pkw aufgrund der Bevölkerungszunahme. In Szenario 3 hingegen, wird die Anzahl privater Pkw mit dem Stichtag 31.12.2020 fixiert und über die Zieljahre konstant gehalten, was zu einem stetig sinkenden Motorisierungsgrad (bei privaten Pkw) führt. Basis dieser Annahme sind mögliche Fahrverbote in der Innenstadt und/oder eine City-Maut sowie zunehmende Sharing-Tendenzen. Die Anzahl der gewerblichen Pkw entwickelt sich in allen Szenarien entsprechend dem Wirtschaftswachstum, eine Annahme, die auch im Rahmen der Stakeholder-Beteiligung so abgestimmt wurde.

Um auch einen noch stärkeren Rückgang des Pkw-Bestandes für die Ableitung des Ladeinfrastrukturbedarfs berücksichtigen zu können, wird im Rahmen der Ableitung des Ladebedarfs für das Verkehrswendeszenario eine Sensitivitätsanalyse vorgenommen, welche

den Einfluss eines weiteren Rückganges des Pkw-Besitzes auf den Ladeinfrastrukturbedarf untersucht.

Die Aufstellung der verkehrlichen Szenarien erfolgt zunächst unabhängig von der Betrachtung des Pkw-Bestandes, da dieser, aufgrund der Studienlage noch nicht verlässlich herzuleiten ist. Zudem ist er für die Ableitung der ermittelten verkehrlichen Potenziale und beschreibenden Größen irrelevant und wird erst im Baustein der Ableitung der Ladebedarfe notwendig. Dennoch werden die später getroffenen Annahmen zum Motorisierungsgrad der Vollständigkeit halber in den Szenarienübersichten dargestellt.

Modal Split: Veränderungen im MIV werden sich aufgrund der Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsträgern auch auf den nicht-motorisierten Individualverkehr (Radverkehr und zu Fuß) und den öffentlichen Nahverkehr auswirken und umgekehrt. Dabei ist zu erwähnen, dass die Nutzung von Sharing-Fahrzeugen dem MIV zugerechnet wird.

Die Faktoren „**Besetzungsgrad**“, „**Anzahl der Wege**“ und „**Wegelänge**“ werden in allen Berechnungen konstant gehalten. Eine Erhöhung oder Verringerung der Werte ist aufgrund des in den vergangenen Jahren beobachteten Trends nicht zu erwarten. Zunehmende Suburbanisierungstendenzen, die im Großraum Berlin zu beobachten sind, führen dabei nicht unbedingt zu einer Zunahme der MIV-Entfernungen.

Laut SrV-Untersuchung aus dem Jahr 2018 ist die mittlere Entfernung pro Weg beim MIV (alle Wege) in einigen Berliner Bezirken wie folgt verteilt:

- ▶ Steglitz-Zehlendorf: 7,7 km [19]
- ▶ Reinickendorf: 8,5 km [20]
- ▶ Pankow: 10 km [21]
- ▶ Mitte: 8,7 km [22]
- ▶ Friedrichshain-Kreuzberg: 10 km [23]

Ein klarer Unterschied zwischen zentral und peripher gelegenen Stadtteilen ist hier nicht zu erkennen. Aus dem bereits genannten Modal Split und der mittleren Entfernung pro MIV-Weg lässt sich die zurückgelegte tägliche Fahrleistung bestimmen:

Für alle Szenarien gilt:

Tägliche Fahrleistung = (Einwohnende * Anzahl Wege/Person und Tag * Modal-Split MIV * mittlere Entfernung pro Weg MIV) / Besetzungsgrad

Dabei gilt: Anzahl Wege pro Person und Tag = konstant

Entfernung pro Weg MIV = konstant

Besetzungsgrad = konstant

Daraus folgt, dass in dieser Berechnung der Fahrzeugbestand keinen Einfluss auf die Gesamtfahrleistung hat. Die Fahrleistung des Szenarios 3 ist lediglich deswegen geringer weil hier ein geringerer Modal-Split für den MIV angenommen wurde. Eine Verringerung privater Fahrzeuge würde voraussichtlich in erster Linie Zweitfahrzeuge betreffen, da viele Haushalte, auch bei einem noch so guten ÖPNV-Angebot, zunächst nicht auf ihr privates Fahrzeug verzichten werden können oder wollen. Weiterhin ist auch die zunehmende Nutzung von Sharing-Angeboten zu berücksichtigen, weshalb eine Abschaffung des eigenen Pkw nicht unbedingt mit einer Verringerung der MIV-Wege zusammenhängt.

Weiterhin bleibt festzuhalten, dass bezogen auf das verkehrliche Berechnungsmodell eine Verringerung der Anzahl privater Fahrzeuge in einer steigenden, Fahrleistung pro Pkw resultieren würde. Da die Höhe des Pkw-Bestandes jedoch lediglich für die Ableitung der Zahl der Ladepunkte und nicht für die zu ladende Energiemenge relevant ist, wird eine signifikante Verringerung des Pkw-Bestandes im Rahmen der für das Verkehrswendeszenario durchgeführten Sensitivitätsanalyse abgebildet. So lässt sich der direkte Einfluss auf den zukünftigen Ladeinfrastrukturbedarf ableiten. Die Zahl der Pkw ergibt sich dabei aus der Einwohnendenzahl und dem Motorisierungsgrad.

Für die Szenarien 1 und 2 gilt:

Anzahl der privaten Pkw = Einwohnende pro LOR * konstanter Motorisierungsgrad je LOR

(Berechnung Motorisierungsgrad je LOR auf Basis 2019)

Für das Szenario 3 gilt:

obenstehende Formel bis zum Jahr 2020 – ab dann: konstante Anzahl privater Pkw je LOR (gewerbliche Pkw steigen unabhängig davon).

4.4.4. Kennzahlen des Mobilitätsverhaltens nach Nutzungsgruppen

Die verkehrliche Entwicklung wird für jede Nutzungsgruppe einzeln untersucht, da diese unterschiedlichen Entwicklungen unterliegen.

Einwohnende

Als Einwohnende werden alle in Berlin gemeldete Personen betrachtet. Die Anzahl der Einwohnenden in Berlin hat über den Motorisierungsgrad direkten Einfluss auf die Anzahl der zugelassenen Pkw in den Szenarien 1 und 2. Im Zeitraum 2019-2030 werden die mittleren Werte der Bevölkerungsprognose 2018-2030 für das Bundesland Berlin als Grundlage der Berechnung genutzt [12]. Für den Zeitraum 2030 bis 2040 wird die vom Statistischen Bundesamt

veröffentlichte und abgestimmte Bevölkerungsvorausberechnung pro Bundesland herangezogen [13]. Die Bevölkerungsentwicklung aus Tabelle 3 wird über alle Szenarien gleich gehalten, somit treten keine Änderungen zwischen den Szenarien auf.

	Status Quo	2025	2040
Einwohnende	3.772.549	3.888.386	3.919.000

Tabelle 3: Prognose zur Einwohnenden-Entwicklung

Die Verteilung der Einwohnenden über die Planungsräume erfolgt entsprechend der melderechtlich registrierten Einwohnenden am Ort der Hauptwohnung in Berlin (Stand: 31.12.2019) bei über die Jahre konstantem Verteilungsschlüssel [12]. Die Berechnung der privaten Pkw (für die spätere Ableitung des Ladeinfrastrukturbedarfs) und der täglichen Fahrleistung erfolgt nach der oben dargestellten Berechnungsmethode.

In die Berechnung einfließende Datengrundlagen:

- ▶ Aktuelle Anzahl privater Pkw der in Berlin gemeldeten Fahrzeuge (ohne Außerbetriebsetzungen und ohne Anhänger) nach Planungsräumen (Stand: 31.12.2019) [24].
- ▶ Aktueller Anteil an elektrischen Fahrzeugen (BEV, PHEV und FCEV) nach Planungsräumen (Stand: 31.12.2019) [24].
- ▶ Weitere Kennwerte aus der Studie „Mobilität in Städten – SrV 2018 in Berlin“ [7].
- ▶ Modal Split: untere bzw. obere Variante des Nahverkehrsplan [9].

Die Zahl der Pkw für Szenario 3 wird ab Ende 2020 als konstant angenommen, um einen sinkenden Motorisierungsgrad darzustellen. Ein noch stärkerer Rückgang des Bestandes wird, wie beschrieben, im Rahmen der Sensitivitätsanalyse berücksichtigt.

Die Differenz der Fahrzeuge (rund 29.000) wird durch die Nutzung von Carsharing und anderen Verkehrsträgern aufgefangen. Da vor allem stationsbasierte Sharing-Fahrzeuge zu einer Entlastung des MIVs beitragen, wird auch hier ein stationsbasiertes Modell verwendet [25]. Bei einer Substitution von 1:10 (ein Sharing-Fahrzeug ersetzt zehn private Pkw) wird zukünftig der in Tabelle 4 dargestellte Sharing-Bedarf entstehen, zusätzlich zu bereits vorhandenen Fahrzeugen. Der Bedarf an Carsharing-Fahrzeugen steigt dabei sprunghaft an, da die Fahrleistung von rund 29.000 privaten Pkw bis 2025 durch diese ersetzt wird.

	Status Quo	2025	2040
Stationsbasierte Fahrzeuge	694	3.550	4.524

Tabelle 4: Annahme zur Carsharing-Entwicklung in Szenario 3

In Tabelle 5 sind die für die weiteren Berechnungen notwendigen Kennzahlen für die Gruppe der Einwohnenden aufgelistet, ohne Berücksichtigung der Sensitivitätsanalyse.

Einwohnende	Status Quo	Szenario 1+2		Szenario 3	
	2019	2025	2040	2025	2040
Anzahl der Pkw	1.079.303	1.114.351	1.124.087	1.085.791	1.085.791
Motorisierungsgrad in Pkw pro 1.000 Personen	284	287	287	279	277
Besetzungsgrad	1,3 Personen/Pkw				
MIV-Anteil	25,9 %	25 %	24 %	24 %	20 %
Anzahl der Wege pro Person und Tag	3,5				
MIV-Wegelänge pro Person	9,1 km				
Anzahl der MIV-Wege pro Person und Tag	0,91	0,88	0,84	0,84	0,70
Tagesfahrleistung pro Pkw	22,2 km	21,4 km	20,5 km	21,1 km	17,7 km

Tabelle 5: Entwicklungen des Mobilitätsverhaltens der Einwohnenden über die Szenarien bis 2040

Da das Mobilitätsverhalten der Einwohnenden stark von den Wegezwecken abhängt, wurden für die Verteilung der Pkw-Zahlen und der Fahrleistung auf die LOR-Planungsräume weitere Untergruppen betrachtet:

- ▶ Binnenpendelnde,
- ▶ Auspendelnde und
- ▶ Kund:innen.

Binnenpendelnde wurden entsprechend des Anteils an Unternehmen (gewichtet) pro Planungsraum und Beschäftigungsgrößenklassen aufgeteilt, basierend auf dem Unternehmensregister LOR Berlin – Unternehmen (Berichtsjahr 2017) [26]. Die Gesamtzahl der Binnenpendelnden ergibt sich aus der Statistik „Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Wohnort“ minus Auspendelnde [27].

Beim Abgleich der gewichteten Summen des Unternehmensregisters mit den Statistiken zu sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten nach Wirtschaftszweigen stellte sich heraus, dass die Annahme von in Tabelle 6 genannten Beschäftigtenzahlen je Beschäftigtengrößenklasse ein realitätsnahes Abbild der Beschäftigungssituation in Berlin schafft. Diese Werte wurden als

Gewichtungskoeffizienten gleichermaßen für alle Berechnungsfälle verwendet. Beschäftigte, die keinem Planungsraum zugeteilt werden können, wurden gleichmäßig verteilt.

Beschäftigungsgrößenklasse	1-9 Beschäftigte	10-49 Beschäftigte	50-249 Beschäftigte	250+ Beschäftigte
Gewichtungskoeffizient	4	21	105	250

Tabelle 6: Gewichtung Unternehmen nach Beschäftigtengrößenklassen

Einpendelnde

Einpendelnde im Verständnis dieser Studie sind jene Personen, die zum Ausüben ihrer Arbeit regelmäßig in die Stadt Berlin fahren, allerdings ihren festen Wohnsitz nicht in Berlin haben. Hierbei sind besonders Personen aus dem Land Brandenburg von Interesse, da diese einen großen Teil der einpendelnden Personen ausmachen und damit einen beträchtlichen Beitrag zum Gesamtverkehrsaufkommen leisten. Derzeit rechnet man mit einer Gesamtanzahl von 325.000 Einpendelnden mit einer stark steigenden Tendenz in den kommenden Jahren (siehe Tabelle 7) [9].

	Status Quo	2025	2040
Einpendelnde	325.000	380.000	520.000

Tabelle 7: Prognose zur Entwicklung der Einpendelnden

Zur Abschätzung der jeweiligen Zielorte der einpendelnden Personen wurde das Unternehmensregister für die Stadt Berlin herangezogen, das Aussagen zur Anzahl und Größenklassen der Unternehmen in jedem LOR der Stadt macht. Analog zur Verteilung der Binnenpendelnden konnte durch die Gewichtung der jeweiligen Größenklassen (siehe Tabelle 6), unter Berücksichtigung der Anzahl der jeweiligen Unternehmen, für jeden LOR der Anteil der Beschäftigten an der Gesamtzahl der im Land Berlin Beschäftigten errechnet werden. Gemäß diesem Anteil wurden die Einwohnenden über die Planungsräume verteilt.

In die Berechnung einfließende Datengrundlagen:

- ▶ Einpendelnde werden entsprechend des Anteils an Unternehmen (gewichtet) pro Planungsraum und Beschäftigungsgrößenklassen aufgeteilt (siehe Gewichtungskoeffizienten oben), basierend auf dem Unternehmensregister LOR Berlin – Unternehmen (Berichtsjahr 2017) [26].
- ▶ Beschäftigte, die keinem Planungsraum zugeteilt werden können, werden gleichmäßig verteilt.
- ▶ Entwicklung der Einpendelnden laut Nahverkehrsplan Berlin 2019-2023 und lineare Fortschreibung der Zahlen gemäß der mittleren Variante [9].

- ▶ Weitere Kennwerte aus der Studie „Mobilität in Städten – SrV 2018 in Berlin“ [28] und „Mobilität in Deutschland 2017“ [4].

In Tabelle 8 sind die für die weiteren Berechnungen notwendigen Kennzahlen für die Gruppe der Einpendelnden aufgelistet. Dabei erfolgt die Unterscheidung der Szenarien folgendermaßen:

- ▶ Szenario 1 und 2: Die Anzahl der Einpendelnden steigt, während der MIV-Anteil am Modal Split kontinuierlich abnimmt. Durch die starke Zunahme an Einpendelnden wird der Verlagerungseffekt zum Umweltverbund allerdings überholt, was in einer weiterhin anwachsenden Anzahl von Pkw resultiert.
- ▶ Szenario 3: Die Anzahl der Einpendelnden steigt, während der MIV-Anteil am Modal Split stark abnimmt. Hier wird ein anhaltender, rücklaufender Trend der Pkw erreicht.

Einpendelnde	Status Quo	Szenario 1+2		Szenario 3	
	2019	2025	2040	2025	2040
Pkw	142.750	152.000	168.000	134.462	92.000
Motorisierungsgrad in Pkw pro 1.000 Personen	439	400	323	354	177
Besetzungsgrad	1,3 Personen/Pkw				
MIV-Anteil	57,1 %	52 %	42 %	46 %	23 %
Wege pro Person und Tag	3,2 Wege/Person und Tag				
MIV-Wegelänge pro Person	11,6 km				
MIV-Wege pro Person und Tag	1,83	1,66	1,34	1,47	0,74
Tagesfahrleistung pro Pkw	37,1 km				

Tabelle 8: Entwicklungen des Mobilitätsverhaltens der Einpendelnden über die Szenarien bis 2040

Gäste

Die Entwicklung der Gästezahlen basiert auf der Fortschreibung des Nahverkehrsplans [9] in der mittleren Variante, wobei die dort festgeschriebenen Werte eine Gesamtzahl der Gäste erfassen (siehe Tabelle 9). Aufgrund eines stark unterschiedlichen Bewegungsmusters von Tagesgästen und Übernachtungsgästen, werden sie in dieser Studie getrennt voneinander betrachtet. Tagesgästen wird dabei ein Bewegungsmuster analog zu jenem der Einpendelnden unterstellt, Übernachtungsgästen eines, das den Binnenpendelnden entspricht. Die Anzahl der Übernachtungsgäste und deren Entwicklung der letzten zehn Jahre beruht auf den Tourismusstatistiken des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg [28]. Dieser Trend wird

extrapoliert und bis zum Jahr 2040 fortgeschrieben. Die Tagesgäste ergeben sich aus der Differenz der Gesamtanzahl der Gäste und den Übernachtungsgästen. Eine Verteilung der Gäste auf die Planungsräume erfolgt bei den Übernachtungsgästen auf Basis der Bettenverteilung (auf Bezirksebene, innerhalb der Bezirke Gleichverteilung auf alle LOR-Planungsräume) und bei den Tagesgästen auf Basis des gewichteten Unternehmensregisters (siehe Binnenpendelnde).

Pro Tag	Status Quo	2025	2040
Gäste gesamt	595.000	790.000	1.270.000
Tagesgäste	500.733	681.593	1.120.940
Übernachtungsgäste	94.267	108.407	149.060

Tabelle 9: Prognose zur Entwicklung der Gäste bis 2040

In die Berechnung einfließende Datengrundlagen:

- ▶ Annahme zur Entwicklung der Gäste (gesamt) laut Nahverkehrsplan Berlin 2019-2023 [9] und lineare Fortschreibung der Zahlen gemäß der mittleren Variante, Annahme zur Entwicklung der Übernachtungsgäste gemäß dem mittleren Wachstum der Übernachtungsgäste 2010-2019 [28] und
- ▶ weitere Kennwerte aus der Studie „Mobilität in Städten – SrV 2018 in Berlin [7].

Tagesgäste

Die Ermittlung der Anzahl der *Tagesgäste* erfolgt über die erwartete Anzahl der Gäste insgesamt (siehe Nahverkehrsplan Berlin 2019-2023) minus der *Übernachtungsgäste*. Die Verteilung der Tagesgäste wird analog zu den Einpendelnden vorgenommen (auf Basis gewichtetes Unternehmensregister). Die Mobilitätskennwerte der Tagesgäste entsprechen ebenfalls denen der Einpendelnden in Tabelle 8 mit dem Unterschied der absoluten Anzahl an Pkw.

Tagesgäste	Status Quo	Szenario 1+2		Szenario 3	
	2019	2025	2040	2025	2040
Pkw	219.937	272.637	362.150	241.179	198.320

Tabelle 10: Entwicklungen der Pkw-Zahl der Tagesgäste über die Szenarien bis 2040

Übernachtungsgäste

Die Ermittlung der Anzahl der *Übernachtungsgäste* erfolgt auf Basis der angebotenen Betten in den Beherbergungsbetrieben Berlin (Stand 31. Juli 2019) pro Bezirk und unter Gleichverteilung der Gäste über die Planungsräume innerhalb der Bezirke. Es wird eine mittlere Auslastung von 62,7 Prozent der Betten und ein jährliches Wachstum von 2,5 Prozent angenommen [28]. In Tabelle 11 sind die Kennzahlen zum Mobilitätsverhalten der Übernachtungsgäste angegeben.

Übernachtungsgäste	Status Quo	Szenario 1+2		Szenario 3	
	2019	2025	2040	2025	2040
Pkw	20.245	23.281	32.012	23.281	32.012
Motorisierungsgrad in Pkw pro 1.000 Personen		215			
Besetzungsgrad		1,3 Personen/Pkw			
MIV-Anteil	24,3 %	21 %	14 %	20 %	11 %
Wege pro Person und Tag		3,5 Wege/Person und Tag			
MIV-Wegelänge pro Person		7,4 km			
MIV-Wege pro Person und Tag	0,85	0,74	0,49	0,70	0,39
Tagesfahrleistung pro Pkw	22,5 km	19,5 km	13 km	18,6 km	10,2 km

Tabelle 11: Entwicklungen des Mobilitätsverhaltens der Übernachtungsgäste über die Szenarien bis 2040

Zur Berechnung der Pkw der Übernachtungsgäste waren mehrere Annahmen entsprechend Tabelle 12 nötig. So wurde unterstellt, dass nur innerdeutsche Gäste mit dem eigenen Pkw anreisen. Aus der Tourismusstatistik Berlin [28] geht dabei hervor, dass 54,6 Prozent aller Übernachtungsgäste in Berlin aus Deutschland kommen. Die in der „Mobilität in Deutschland“-Untersuchung aus dem Jahr 2018 beschriebenen Angaben zu innerdeutschen Reisen lieferten zusätzlich den anzusetzenden MIV-Anteil bei innerdeutschen Reisen und den spezifischen Besetzungsgrad [4]. Über die genannten Faktoren konnte so die Anzahl der Fahrzeuge von Übernachtungsgästen errechnet werden.

Gäste	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Einreisenden Gäste	Anteil der deutschen Gäste am Gesamttourismus in Berlin wird als konstant angenommen 54,6 %		
MIV-Anteil	Konstant über den Zeitraum 59 %		
Weglänge der Anreise	Konstant über den Zeitraum 581 km		
Besetzungsgrad	Konstant über den Zeitraum 1,5 Personen/Pkw		

Tabelle 12: Privatverkehr-Gäste bei Reisen nach Berlin: Annahmen für die Szenarien

Personenwirtschaftsverkehr

Der Personenwirtschaftsverkehr stützt sich, im Unterschied zu den restlichen Nutzungsgruppen, nicht auf die Gesamtzahl der Personen der jeweiligen Gruppe, sondern nimmt die im Kfz-Melderegister eingetragenen gewerblichen Pkw als Grundlage. Die gewerblichen Fahrten mit dem privaten Fahrzeug werden an dieser Stelle ausgeklammert, da eine sachgerechte und belastbare Zuordnung auf die LOR-Planungsräume und eine Zuordnung bzw. ein Aufschlag auf die Fahrleistungen der privaten Pkw an dieser Stelle äußerst komplex gewesen wäre und hier die Datengrundlage fehlt. Daher wurden die nachfolgenden Annahmen auch im Rahmen der Stakeholderbeteiligung abgestimmt.

Ein Wachstum der Flotte gewerblicher Pkw in Berlin wird analog zum jährlichen Wirtschaftswachstum mit 3,1 Prozent angenommen [29]. Die Verteilung der Fahrzeuge über die Planungsräume der Stadt Berlin bleibt dabei über die Jahre konstant (Basis: Anzahl gewerblicher Pkw der in Berlin angemeldeten Fahrzeuge (ohne Außerbetriebssetzungen und ohne Anhänger) nach Planungsräumen (Stand: 31.12.2019) und Wirtschaftszweigen [24]). Die Fahrleistung der gewerblichen Pkw ist allerdings abhängig vom jeweiligen Wirtschaftszweig [30] und wurde daher für jeden Planungsraum über dessen Verteilung der Unternehmen und Wirtschaftszweige (siehe gewichtetes Unternehmensregister) errechnet. Eine Übersicht der spezifischen Fahrleistungen pro Wirtschaftszweig findet sich im Anhang in Tabelle 24.

Um die Ladesituation der gewerblichen Fahrzeuge exakter abzubilden, wurde zudem eine Unterscheidung zwischen Pkw gemacht, die im öffentlichen Raum laden und jenen, die im privaten/gewerblichen Raum laden. Dies leitet sich aus der KiD-Studie aus dem Jahr 2010 ab, die Aussagen zum Abstellort von gewerblichen Fahrzeugen macht [31].

Datengrundlage zur Ermittlung der Fahrleistung:

- ▶ Aktuelle Anzahl gewerblicher Pkw in Berlin (ohne Außerbetriebssetzungen und ohne Anhänger) nach Planungsräumen (Stand: 31.12.2019) und Wirtschaftszweigen [24].
- ▶ Fahrten privater Fahrzeuge im Wirtschaftsverkehr werden nicht berücksichtigt.
- ▶ Berechnung der im öffentlichen Straßenraum und der auf Privat- oder Betriebsgelände (inklusive private Wohngrundstücke) parkenden Pkw [31].
- ▶ Die Verteilung der auf Privatgrundstücken abgestellten Fahrzeuge (82 Prozent des Gesamtwertes) erfolgt über die Verteilung der Pkw, die auf Gewerbe zugelassen sind (lt. Fahrzeug-Melderegister), während die Verteilung der im öffentlichen Straßenraum abgestellten Fahrzeugen (18 Prozent des Gesamtwertes) über den (über die Jahre konstanten) Anteil der Einwohnenden pro LOR-Planungsraum berechnet wird. Grund für diese Herangehensweise ist das Fehlen von konkreten Daten zu Quelle-Ziel-Beziehungen im Personenwirtschaftsverkehr und der damit zusammenhängenden Nachfrage nach Ladeinfrastruktur im jeweiligen Planungsraum.
- ▶ Studie „Elektrifizierungspotenzial kommerzieller Kraftfahrzeug-Flotten im Wirtschaftsverkehr als dezentrale Energie-Ressource in städtischen Verteilnetzen (komDRIVE)“ [30].
- ▶ Vernachlässigung der keinem Planungsraum zugeordneten Pkw.

In Tabelle 13 ist die Entwicklung der Pkw-Zahlen sowie der Tagesfahrleistungen dargestellt.

Personenwirtschaftsverkehr	Status Quo	Szenario 1+2		Szenario 3	
	2019	2025	2040	2025	2040
Anzahl der Pkw	126.481	150.006	208.820	150.006	208.820
Tagesfahrleistung pro Pkw (Durchschnitt aus allen Wirtschaftszweigen)	54,2 km				

Tabelle 13: Entwicklungen der Pkw-Zahl des Personenwirtschaftsverkehrs über die Szenarien bis 2040

4.5. Schwerpunkt: Elektrifizierung

Der zweite Schwerpunkt für die Definition der Szenarien stellt die Elektrifizierung der Fahrzeuge dar. Der Hochlauf der Elektromobilität hat gemeinsam mit der allgemeinen Entwicklung der Mobilität im MIV, deren Entwicklung in Kapitel 4.4 in den verkehrlichen Szenarien beschrieben wird, einen immensen Einfluss auf den Ladeinfrastrukturbedarf. Daher wird im Folgenden die Ermittlung des Hochlaufs der elektrischen Pkw in den verschiedenen Nutzungsgruppen und den unterschiedlichen Szenarien erläutert und die Ergebnisse präsentiert.

4.5.1. Ableitung der Hochlaufkurven

Zunächst werden die Zulassungszahlen der batterieelektrischen Pkw, der Plug-In-Pkw sowie der Wasserstoffbetriebenen Pkw (zusammengefasst: xEV) für ganz Deutschland bis zum Jahr 2040 modelliert. Die Entwicklung basiert auf der Prognose der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) [32], die sich in ihrem Hochlauf auf Aussagen der Automobilindustrie (VDA und VDIK)⁴ stützt und dem politisch gesetzten Ziel von rund 10,5 Mio. E-Fahrzeugen in 2030 folgt. Eine erst vor kurzem veröffentlichte Studie im Auftrag der NOW [33] geht sogar von einem steileren Anstieg bis 2030 aus: Rund 14,8 Mio. E-Pkw sollen dann in Deutschland zugelassen sein. Eine ebenfalls kürzlich veröffentlichte Studie von Deloitte [34] erwartet dagegen nur 6,35 Mio. Elektrofahrzeuge. Für die Modellierung des Hochlaufs in dieser Studie wird der Pfad der NPM gewählt, da er zwischen den beiden Extremen liegt und aktuelle und zukünftige Förderungen und Auflagen diese Entwicklung unterstützen dürfte.

Es folgt eine Extrapolation der Fahrzeugzahlen bei gleichbleibender Steigerungsrate (siehe Abbildung 9). Daraus ergibt sich bereits für das Jahr 2033 ein Anteil der elektrischen Fahrzeuge (xEV) an den Neuzulassungen von 100 Prozent. Mit einer Modellierung der Neuzulassungen und Außerbetriebnahmen werden die Bestandszahlen an xEV errechnet.

⁴ Verband der Automobilindustrie (VDA), Verband der Internationalen Kraftfahrzeughersteller (VDIK)

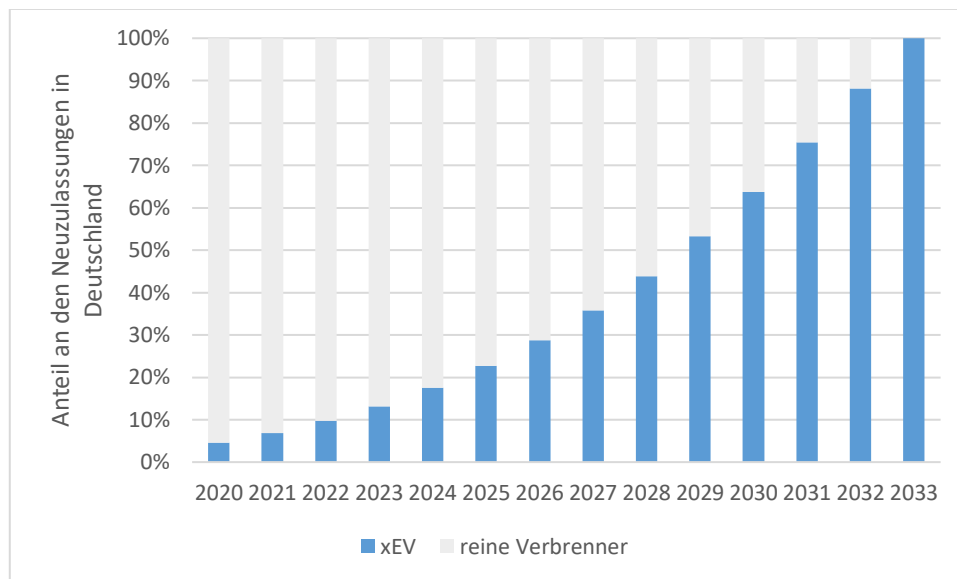


Abbildung 9: Anteile an den Neuzulassungen in Deutschland nach Antriebsart 2020-2033

Von diesem deutschlandweiten Hochlauf wird auf die für die Nutzungsgruppen relevanten Regionen Berlin und Brandenburg geschlossen. Hierbei wird von den aktuellen Zulassungszahlen ausgegangen und die zukünftigen Anteile der xEV unter der Fortschreibung des Verhältnisses der Neuzulassungen in der Region zu den deutschlandweiten Neuzulassungen berechnet. Zusätzlich wird für den Berliner Hochlauf noch gemäß der identifizierten relevanten Nutzungsgruppen unterschieden zwischen dem Hochlauf gewerblicher Pkw und dem der privaten Pkw. Hier wird davon ausgegangen, dass der gewerbliche Hochlauf dem privaten um ca. vier Jahre vorseilt, da die Entscheidungen über die Antriebsart stärker ökonomisch geprägt sind, die Fahrleistungen höher sind und die Haltedauern geringer.

Die Aufteilung auf BEV, PHEV und FCEV erfolgte auf Basis neuester Studienlage [35] [36] [37] gemäß den gewählten Szenarienbeschreibungen (vgl. Abschnitt 4.1). Dementsprechend weist das Referenzszenario einen relativ hohen Plug-In-Anteil auf, die Szenarien Antriebswende (2a) und ambitionierte Verkehrswende einen hohen batterieelektrischen Anteil und das Szenario Antriebswende (2b) einen relativ hohen Anteil an wasserstoffbetriebenen Pkw.

4.5.1. Ergebnisse der Elektrifizierungsmodellierung

Der Anteil elektrischer Fahrzeuge wird in den kommenden Jahren stark wachsen. Abbildung 10 zeigt den modellierten Hochlauf der Elektromobilität bis 2050 für Deutschland im Allgemeinen und für Berlin und Brandenburg im Speziellen. Unter der Fortführung der bisherigen Entwicklungen, wird der Hochlauf in Berlin weiterhin etwas schneller als im Bundesdurchschnitt erfolgen und in Brandenburg etwas langsamer. Dies führt dazu, dass in Brandenburg und

Deutschland erst im Jahr 2043 eine vollständige Bestandsdurchdringung der xEV erreicht wird, in Berlin bereits drei Jahre früher.

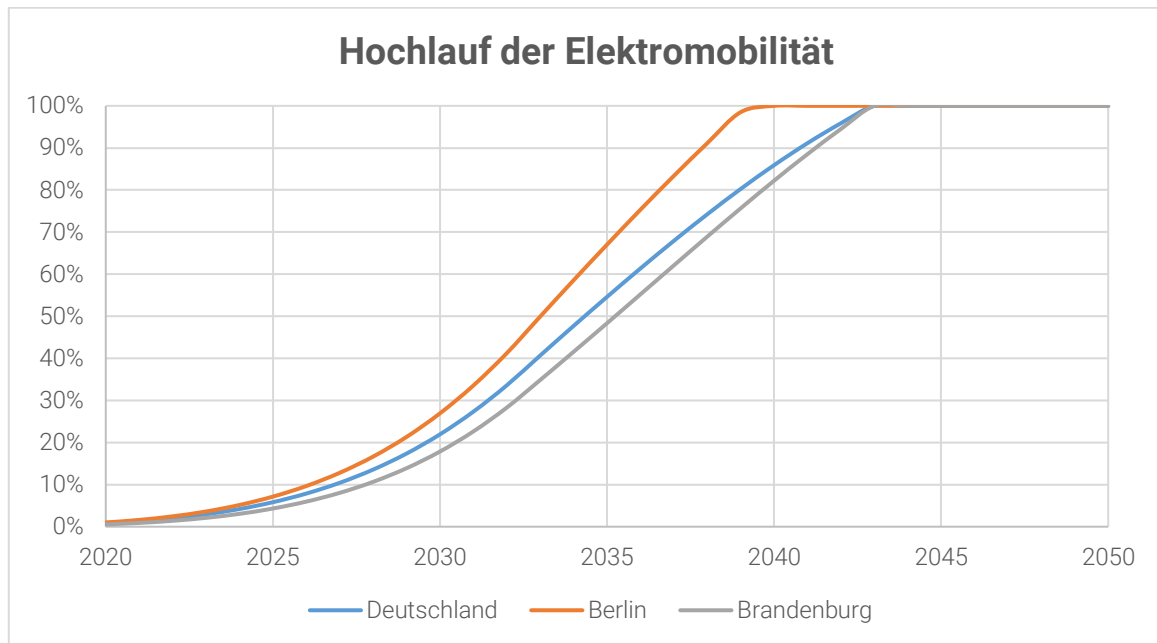


Abbildung 10: Anteil xEV im Bestand der Elektromobilität in Deutschland, Berlin und Brandenburg

Abbildung 11 zeigt den Hochlauf in absoluten Zahlen auch im Vergleich zur Entwicklung des gesamten Pkw-Bestands. Dieser nimmt in Szenario 3 ab den 2030er Jahren aufgrund zurückgehender Bevölkerungszahlen [38] und einem sinkenden Motorisierungsgrad (Anzahl der Pkw pro Person) leicht ab.

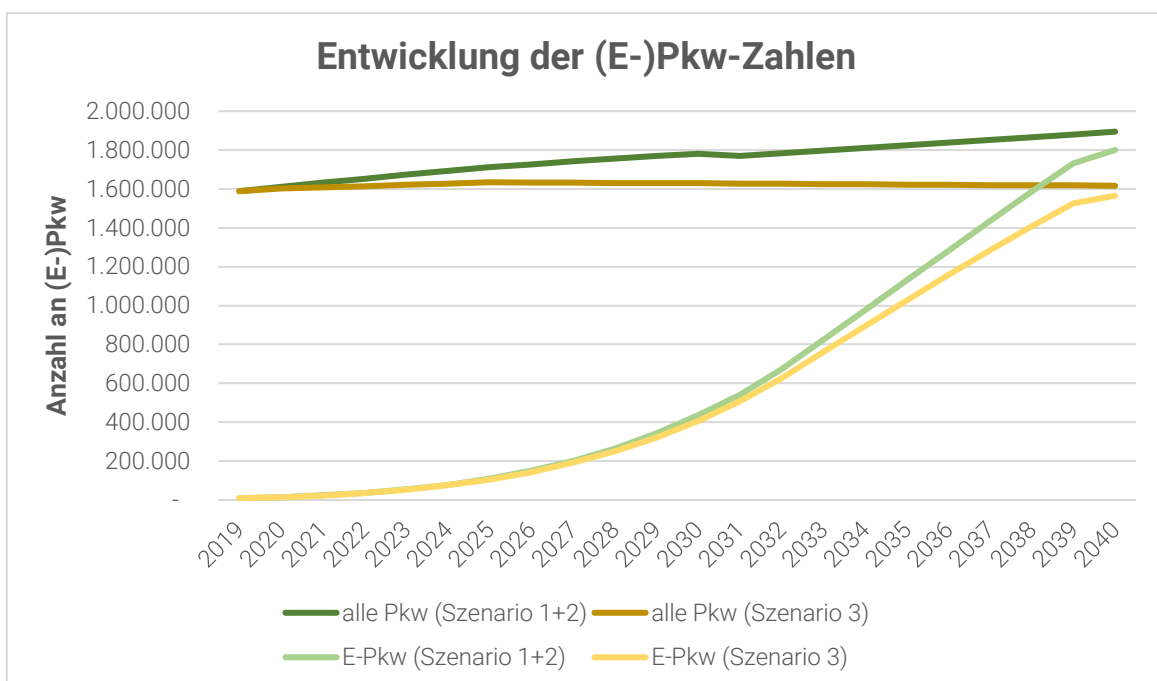


Abbildung 11: Bestand von xEV in Berlin bis 2040 für die Szenarien 1 und 2 sowie 3

Abbildung 12 stellt die unterschiedlichen Elektrifizierungspfade für gewerbliche und private Pkw in Berlin dar. Es ist zu erkennen, dass das Gewerbe schneller elektrifiziert wird, dies jedoch aufgrund der verhältnismäßig geringen Zahl an Pkw nur einen geringen Einfluss auf die Gesamt-Pkw-Flotte Berlins hat.

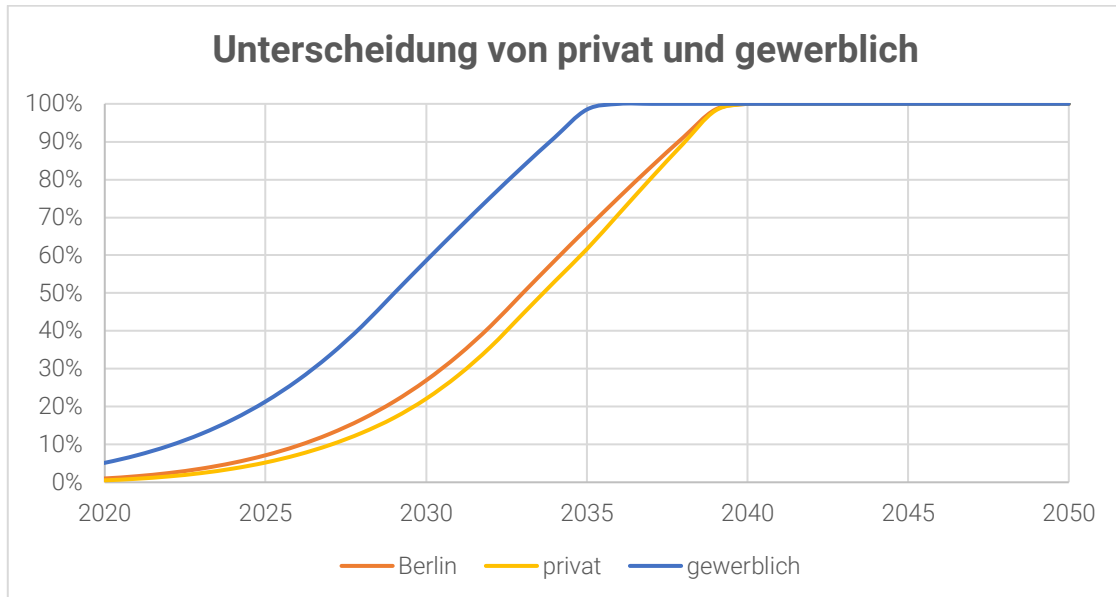


Abbildung 12: Hochlauf der Elektromobilität in Berlin, unterschieden nach privat und gewerblich zugelassenen Fahrzeugen

4.6. Zusammenfassung

Je nach Szenario unterscheidet sich die Entwicklung der Fahrzeugzahlen und der Anteil der elektrischen Pkw.

- **Szenario 1 – Referenzszenario:** Es findet eine starke Elektrifizierung mit Fokus auf Plug-In-Hybride (PHEV) statt. Das Mobilitätsverhalten orientiert sich an aktuellen Entwicklungen.
- **Szenario 2 – Energiewende im Verkehr:** Es findet eine starke Elektrifizierung mit Fokus auf wasserstoffbetriebene (FCEV) (Szenario **2a**) und rein batterieelektrische Fahrzeugen (BEV) (Szenario **2b**) statt. Das Mobilitätsverhalten wird entsprechend dem Referenzszenario angenommen.
- **Szenario 3 – Verkehrswende:** Neben der starken Verbreitung rein batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV) findet nun zusätzlich eine Änderung des Mobilitätsverhaltens statt, MIV-Anteil und Motorisierungsgrad sinken.

Die Anzahl der Fahrzeuge setzt sich dabei aus der Summe der Fahrzeugzahlen der betrachteten Nutzungsgruppen zusammen. Da sich das Mobilitätsverhalten der Nutzungsgruppen als auch der Hochlauf an Elektrofahrzeugen je Nutzungsgruppe unterscheidet, werden diese erst einzeln bestimmt und anschließend aufsummiert. In Abbildung 13 sind die Nutzungsgruppen und deren Pkw-Zahlen dargestellt.

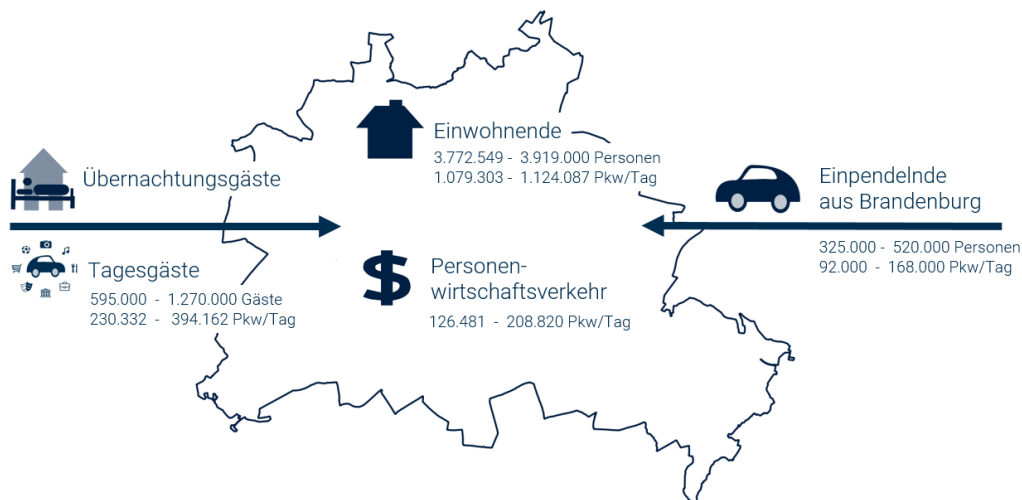


Abbildung 13: Überblick über die Zahl der Fahrzeuge, die in Berlin täglich unterwegs sind, unterschieden nach Nutzungsgruppen. Die Szenarien werden über die Bandbreite der Pkw dargestellt. Im Rahmen der in Kapitel 7.3 erfolgten Sensitivitätsanalyse sinken die Zahlen für Fahrzeuge von Einwohnern und Personenwirtschaftsverkehr leicht.

Für weitere Betrachtung und die Bestimmung der Ladebedarfe und Ladepunkte in den nachfolgenden Kapiteln spielt nur die Anzahl der extern aufladbaren E-Pkw, also der BEV und PHEV eine Rolle. Die Anzahl der zu ladenden Fahrzeuge setzt sich aus der Summe der extern ladbaren Fahrzeuge der einzelnen Nutzungsgruppen zusammen und ist in Tabelle 14 bereits kumuliert dargestellt.⁵

	Szenario 1: Business as usual		Szenario 2a: Energiewende im Verkehr – Fokus H2		Szenario 2b: Energiewende im Verkehr – Fokus BEV		Szenario 3: Verkehrswende	
	2025	2040	2025	2040	2025	2040	2025	2040
Pkw gesamt	1,71 Mio.	1,90 Mio.	1,71 Mio.	1,90 Mio.	1,71 Mio.	1,90 Mio.	1,63 Mio.	1,62 Mio.
BEV	3,3 %	37,0 %	3,6 %	60,9 %	3,8 %	70,8 %	3,8 %	71,7 %
PHEV	3,0 %	56,2 %	2,7 %	22,1 %	2,6 %	22,5 %	2,6 %	23,3 %
FCEV	0 %	1,7 %	0,1 %	12,1 %	0 %	1,7 %	0 %	1,8 %
Zu ladende Pkw	109.000	1,77 Mio.	107.000	1,57 Mio.	109.000	1,77 Mio.	105.000	1,54 Mio.
Fahrleistung	48,2 Mio.	54,5 Mio.	48,2 Mio.	54,5 Mio.	48,2 Mio.	54,5 Mio.	45,4 Mio.	41,6 Mio.
Davon elektrisch	5,3 %	69,4 %	5,9 %	69,0 %	6,0 %	79,2 %	6,1 %	79,9 %

Tabelle 14: Übersicht über die Anzahl der zu ladenden Pkw und die Zusammensetzung der Technologie

⁵ In Kapitel 7.3 erfolgt zudem eine Sensitivitätsanalyse von Szenario 3, sodass einige Werte von der Tabelle leicht abweichen können.

5. Ermittlung des Ladebedarfs

Auf Basis der vorangegangenen Untersuchungen zur Tagesfahrleistung und dem Elektrifizierungshochlauf wird die Energiemenge je Szenario berechnet.

Die Energiemenge, die von Elektrofahrzeugen täglich benötigt wird, setzt sich aus der elektrisch zurückgelegten Tagesfahrleistung sowie dem Energiebedarf der Fahrzeuge pro Kilometer zusammen. Die Energiemenge ist dabei erstmal unabhängig von der Anzahl der Fahrzeuge, der Ladetechnologie (AC-/DC-Ladung) oder den Ladeorten.

$$\text{Elektrische Energie} = \text{gesamte elektrische Tagesfahrleistung} * \text{Energiebedarf pro km}$$

Die elektrische Tagesfahrleistung wird aus der Flottenzusammensetzung ermittelt und hängt vom Anteil der Elektrofahrzeuge an der Gesamtflotte zusammen.

Batterieelektrische Fahrzeuge fahren vollständig mit Strom, sodass die gesamte zurückgelegte Fahrleistung dieser Fahrzeuge in den Bedarf mit eingeht. Bei Plug-In-Hybriden wird nur ein Teil der Fahrleistung elektrisch erbracht, sodass hier zuerst der elektrische Anteil ermittelt werden muss. Entsprechend einer aktuellen Studie des Fraunhofer ISI [39] beträgt der elektrische Fahranteil in Deutschland 37 Prozent. Um einen Vorteil bei den Emissionen gegenüber konventionellen Fahrzeugen zu erlangen, muss dieser Anteil allerdings mindestens bei 50 Prozent liegen [40]. Daher wird für die nachfolgenden Berechnungen 37 Prozent elektrischer Fahranteil der PHEV im Business-as-usual-Szenario und bei den Energie- und Verkehrswendeszenarien 50 Prozent angenommen.

Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge fahren zwar die gesamte Strecke elektrisch, da diese elektrische Energie allerdings nicht an Ladepunkten geladen wird, spielt dieser Anteil keine Rolle für die Ermittlung der elektrischen Fahrleistung.

Der durchschnittliche Energiebedarf setzt sich anteilig aus den spezifischen Energiebedarfen der verschiedenen Fahrzeugklassen (Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse) und den Energiebedarfen von batterieelektrischen (BEV) und Plug-In-Hybriden Fahrzeugen (PHEV) zusammen und ist in Tabelle 15 aufgeschlüsselt.

	Kleinwagen		Mittelklasse		Oberklasse	
Anteil der Fahrzeugklasse	53 %		25 %		22 %	
	BEV	PHEV	BEV	PHEV	BEV	PHEV
Energiebedarf in kWh/100 km	14	16	18	20	22	24

Tabelle 15: Energiebedarf der verschiedenen Fahrzeugklassen (Energiebedarf der PHEV bezieht sich auf den rein elektrischen Anteil)

Tabelle 16 zeigt die Werte für die einzelnen Szenarien, die benötigt werden, um den Energiebedarf schrittweise zu berechnen.

	Szenario 1: Business as usual		Szenario 2a: Energiewende im Verkehr – Fokus H2		Szenario 2b: Energiewende im Verkehr – Fokus BEV		Szenario 3: Verkehrswende	
Jahr	2025	2040	2025	2040	2025	2040	2025	2040
Tagesfahrleistung in km	48,2 Mio.	54,5 Mio.	48,2 Mio.	54,5 Mio.	48,2 Mio.	54,5 Mio.	45,4 Mio.	41,6 Mio.
Davon elektrisch	5,3 %	69,4 %	5,9 %	69,0 %	6,0 %	79,2 %	6,1 %	79,9 %
Durchschnittlicher Energiebedarf in kWh/100km	17,7	18	17,6	17,3	17,6	17,2	17,6	17,3

Tabelle 16: Kennzahlen zur Ermittlung des Energiebedarfs in allen Szenarien

Der aus den Kennzahlen resultierende Ladebedarf ist für die Szenarien in Abbildung 14 dargestellt.

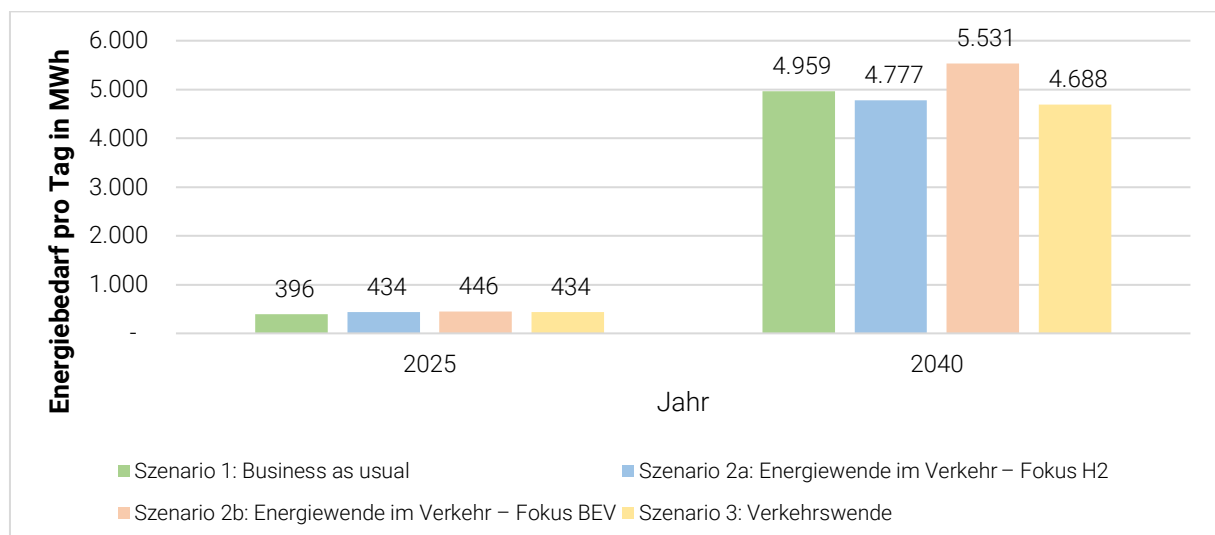


Abbildung 14: Elektrischer Ladebedarf in den Szenarien für die Stützjahre 2025 und 2040

Für 2025 liegt der Energiebedarf bei allen Szenarien noch recht nah beieinander. Erst mit steigender Zahl der Elektrofahrzeuge und dem Fokus auf verschiedene Technologien, gibt es Unterschiede zwischen den Szenarien.

Der geringere Energiebedarf im Wasserstoff-Szenario basiert vor allem auf der geringeren Anzahl extern ladbarer Fahrzeuge als im Referenzszenario. Im „Energiewende im Verkehr – Fokus BEV“-Szenario werden dagegen gleich viele zu ladende Fahrzeuge wie im Referenzszenario betrachtet. Hier gibt es aufgrund des wechselnden Fokus von PHEV zu BEV einen höheren elektrischen Fahranteil, der für einen höheren Energiebedarf als im ersten Szenario sorgt. Im Verkehrswendeszenario sinkt der Energiebedarf, aufgrund der geringeren Pkw-Zahl im Vergleich zu den restlichen Szenarien. Der Energiebedarf fällt hier jedoch insgesamt nur wenig geringer aus, als im Referenzszenario, weil die resultierenden Fahrleistungen fast ausschließlich durch BEV erbracht werden, während im Referenzszenario ein Teil der Fahrleistung durch die PHEV mit herkömmlichem Kraftstoff erbracht wird.

6. Use Cases

Im Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung wurden sieben Standorttypen definiert, an denen elektrische Fahrzeuge typischerweise geladen werden. Diese sogenannten Use Cases verteilen sich auf den privaten und den öffentlich zugänglichen Raum. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale betreffen die typische Standzeit der Fahrzeuge sowie die typische Ladeleistung während des Ladevorgangs. Dabei ist zu beachten, dass die Energie, die ein E-Fahrzeug an einem Use Case für die nächsten Kilometer verlädt, nicht noch einmal an einem anderen Use Case verladen werden kann. Ein Beispiel: Eine Person, die einen privaten Ladepunkt besitzt und dort kostengünstig und bequem laden kann, wird das Fahrzeug eher nicht während des Einkaufs auf dem Supermarktparkplatz laden.

Tabelle 17 gibt einen Überblick über die sieben Use Cases bevor in den nachfolgenden Abschnitten auf weitere Charakteristika und die Zuordnung der Nutzungsgruppen eingegangen wird.

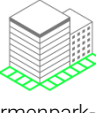
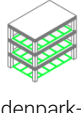
	Privat			Öffentlich zugänglich			
	Use Case 1	Use Case 2	Use Case 3	Use Case 4	Use Case 5	Use Case 6	Use Case 7
Typische Standorte für Ladeinfrastruktur	 Garage bzw. privater Stellplatz beim Eigenheim	 Tiefgaragen von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern	 Firmenparkplätze auf eigenem Gelände	 Straßenrand, öffentliche Parkplätze	 Kundenparkplätze bzw. Parkhäuser (z.B. Einkaufszentren)	 Ladestation / Lade-Hub innerorts	 Ladestation / Lade-Hub an Achsen (z.B. Fernstraßen)
Strom	Wechselstrom (AC)	Wechselstrom (AC)	Wechselstrom (AC)	Wechselstrom (AC)	Wechselstrom (AC) Gleichstrom (DC)	Gleichstrom (DC)	Gleichstrom (DC)
Typische Ladeleistung [33]	1-phasig 2,3 kW 3-phasig bis 11 kW	1-phasig 2,3 kW 3-phasig bis 11 kW	1-phasig bis 7,3 kW 3-phasig bis 22 kW	1-phasig bis 3,7 kW 3-phasig bis 22 kW	1-phasig bis 7,3 kW 3-phasig bis 22 kW (DC) bis 50 kW	bis 150 kW	bis 350 kW
Typische Standzeit [41]	bis zu 14 Stunden über Nacht	bis zu 14 Stunden über Nacht	bis zu 8 Stunden während der Arbeitszeit	<15 Minuten bis 14 Stunden über Nacht	30-90 Minuten	10-15 Minuten	15-20 Minuten
Typische Energiemenge pro LP und Tag	5+ kWh		10+ kWh	25+ kWh	35+ kWh	200+ kWh	

Tabelle 17: Definition der Lade Use Cases

6.1. Definition der einzelnen Use Cases

Privates Laden am Wohnort (Use Cases 1 und 2)

Das private Laden am Wohnort spielt eine zentrale Rolle, da hier die Fahrzeuge meist viele Stunden stehen und ohne Zeitdruck laden können.

Besonders freistehende Ein- und Zweifamilienhäusern aus Use Case 1 sind oft mit einem eigenen Stellplatz ausgestattet. Neben dem verfügbaren Platz sind weitere anderen Rahmenbedingungen erfüllt, die einen Aufbau von Ladeinfrastruktur erleichtern: Es sind wenige Akteure eingebunden, sodass der Aufbau eines Ladepunkts direkt beauftragt werden kann. Außerdem ist die Anschlussleistung von Ein- und Zweifamilienhäusern meist ausreichend um einen Langsam- oder Normalladepunkt bis 11 kW zu versorgen. Aufgrund von Standzeiten von meist mehreren Stunden ist eine geringere Ladeleistung von 3,7 kW oft bereits ausreichend.

An Mehrfamilienhäusern und großen Wohnanlagen, insbesondere in dicht besiedelten Gebieten, sind nicht immer eigene Stellplätze vorhanden. Nur ein geringer Anteil der Haushalte im urbanen Raum verfügt über diese Möglichkeit – auch in Berlin. Diese sind auch in Tiefgaragen der Mietkomplexe untergebracht. Hier liegt es bei dem Unternehmen oder der Person, der die Immobilie gehört, sich um den Ausbau der Ladeinfrastruktur zu kümmern. Die Tiefgaragen verfügen teilweise nicht über die nötigen Anschlussleistungen, um mehrere Ladepunkte zu versorgen, sodass bei der Installation von durchschnittlich mehr als zwei Ladepunkten der Anschluss erweitert werden müsste. Davor scheuen sich noch viele Hausverwaltungen, sodass es zu Verzögerungen kommt.

In den Berechnungen für die Verteilung der Ladebedarfe auf die Use Cases wird daher ein sogenannter „Verzögerungsfaktor“ eingebaut. Dieser beinhaltet alle Faktoren, die den Ausbau von Ladeinfrastruktur im privaten Raum verzögern könnten:

- ▶ Veraltete Elektrik,
- ▶ Erweiterung der Anschlussleistung,
- ▶ Klärung von Zuständigkeiten (Eigentümer:innen, Mieter:innen, Hausverwaltung, etc.),
- ▶ Hohe Kosten für Umbauarbeiten,
- ▶ Fachkräftemangel zur Durchführung der Umbauten,

Der Einfluss dieser Faktoren wurde maßgeblich im Rahmen der Expert:innen-Workshops diskutiert und bestimmt.

Privates Laden am Arbeitsplatz (Use Case 3)

Ein weiterer Ort, an dem Pkw über längere Zeit stehen und der damit gut für die Ladung von E-Pkw geeignet ist, ist am Arbeitsplatz. Vor allem für Pendelnde, die keine Lademöglichkeit am Wohnort haben, ist das Laden auf dem Firmengelände sehr attraktiv.

Auch am Arbeitsplatz ist mit einem verzögerten Aufbau von Ladeinfrastruktur zu rechnen, da die Parkflächen in der Regel über keinen eigenen Netzanschluss verfügen.

Öffentliches Laden im Straßenraum (Use Case 4)

Ladepunkte im öffentlichen Raum, insbesondere am Straßenrand, werden vor allem von drei Personengruppen mit unterschiedlichen Anforderungen genutzt: Zum einen Pkw-Besitzer, die keinen eigenen Stellplatz haben und nicht (regelmäßig) bei der Arbeit laden können. Sie sind auf öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur angewiesen. Aufgrund langer Standzeiten über Nacht reichen geringe Ladeleistungen (vergleichbar zu Use Cases 1 und 2) aber bereits aus.

Als zweite Gruppe nutzen auch Personen, die für Erledigungen, Besuche und Arbeit am Straßenrand parken, diese Ladepunkte. Aufgrund der kürzeren Standzeiten sind hier höhere Ladeleistungen bis 22 kW zu empfehlen. Dies betrifft auch Fahrzeuge von Free-Floating-Sharing-Anbietern. Diese stehen ebenfalls in der Regel nur kurze Zeit am Straßenrand, bevor sie nach einer erneuten Buchung den Stellplatz verlassen.

Stationsbasierte Sharing-Angebote können als dritte Gruppe betrachtet werden. Diese Fahrzeuge haben einen festen Stellplatz, zu dem es nach jedem Einsatz zurückkehrt.⁶ Bei einer Elektrifizierung der Sharing-Fahrzeuge liegt es daher nahe, die gekennzeichneten Stellplätze mit Ladepunkten auszustatten.

Durch die unterschiedlichen Nutzungszeiten, können Normalladepunkten im Straßenraum sowohl am Tag als auch in der Nacht stark nachgefragt sein. Dies ist im Einzelfall zu überprüfen.

Laden im öffentlich zugänglichen Raum auf privatem Grund (Use Case 5)

Ladepunkte in Use Case 5 stehen an Orten, an denen sich die Nutzenden nur für die Dauer ihres Wegezwecks aufhalten und werden vor allem zur „Reichweitenverlängerung“ genutzt. Diese Orte sind in der Regel für alle zugänglich, befinden sich allerdings auf privatem Grund. Dies ermöglicht es dem oder der Eigentümer:in, die Nutzung der Ladepunkte zu beschränken oder an Bedingungen zu knüpfen. Beispiele für Use Case 5 sind Parkplätze an Supermärkten, Einkaufszentren, Kinos und Schwimmhallen, aber auch Hotels können dazu gezählt werden.

An Use Case 5 (Kund:innenparkplatz) ist mit Standzeiten von weniger als 30 Minuten bis zu 90 Minuten zu rechnen. Im Vergleich zum Use Case 4 (Straßenraum) werden Ladepunkte dort im Tagesverlauf weniger gleichmäßig belegt.

Öffentliches Laden an Ladehubs (Use Cases 6 und 7)

Die Use Cases 6 und 7 (Lade-Hub innerorts und an Verkehrsachsen) sind durch sehr hohe Ladeleistungen und kurze Standzeiten gekennzeichnet. Hier werden batterieelektrische Fahrzeuge typischerweise zwischen 20 und 80 Prozent des Ladezustands der Batterie geladen. Die Ladeleistung kann bis zu 150 kW an Use Case 6 und bis zu 350 kW an Use Case 7 betragen.

⁶ Im Rahmen des Carsharing-Gesetzes sind die Stellflächen im öffentlichen Raum entsprechend gekennzeichnet [47].

und die Ladezeit je nach Fahrzeugmodell auf 10 bis 30 Minuten begrenzt sein. Da das Laden dort eher mit einem klassischen Tankvorgang zu vergleichen ist und Nutzende die höchste Ladeleistung zur Verfügung haben möchten, sind diese Ladeorte sowohl für Langstrecken zur Zwischenladung geeignet als auch für Personen, die auf keinen Ladepunkt in Wohnungsnähe oder beim Arbeitgeber zurückgreifen können. Die Use Cases 6 und 7 unterscheiden sich in erster Linie darin, dass nur Fahrten mit Distanzen über 50 km den Ladehubs an Verkehrsachsen (Use Case 7) zugeordnet werden.

6.2. Verknüpfung von Use Cases und Nutzungsgruppen

Wie bereits in den voran gegangenen Kapiteln beschrieben, unterscheiden sich die fünf identifizierten Nutzungsgruppen nicht nur hinsichtlich ihrer verkehrlichen Kennzahlen, sondern auch in ihrem Ladeverhalten.

Einwohnende

Es wird angenommen, dass Privatpersonen vorrangig am eigenen Wohnort laden, da hier die Fahrzeuge die längste Zeit stehen und mit geringer Leistung (und damit oft auch geringen Kosten) geladen werden können. In Berlin besitzen 28 Prozent der Menschen mit Pkw einen eigenen Stellplatz, an dem sie selbst einen Ladepunkt einrichten könnten. Weitere 9 Prozent parken in Parkhäusern oder Tiefgaragen, wo die betreibende Person oder das betreibende Unternehmen für den Aufbau von Ladeinfrastruktur verantwortlich wäre [41]. Die restlichen Pkw-Besitzenden parken im öffentlichen Straßenraum und sind damit auf den Aufbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur angewiesen. Alternativ können auch Lademöglichkeiten am Arbeitsplatz den Ladebedarf der Einwohnenden partiell decken. Hierbei wird auf Angaben der Untergruppe der „Binnenpendelnden“ zurückgegriffen, um den Ladebedarf entsprechend der Arbeitsstätten zu verteilen.

Einpendelnde

Bevor der Anteil des Ladebedarfs der Einpendelnden in Berlin ermittelt werden kann, wird das Ladeverhalten dieser Personen als Einwohnende von Brandenburg betrachtet.

83 Prozent der Brandenburger:innen besitzen einen privaten Stellplatz, wohingegen nur 1 Prozent in Parkhäusern und Tiefgaragen und 13 Prozent im öffentlichen Straßenraum parken [41]. Unter der Annahme, dass diese Personengruppe ebenfalls vorrangig privat am Wohnort (Use Cases 1 und 2) lädt, wird der Ladebedarf an anderen Use Cases eher gering sein. Davon werden anteilig die Personen ermittelt, die nach Berlin pendeln und einen gewissen Ladebedarf in die Stadt mitbringen. Dieser Ladebedarf wird vorrangig bei der Arbeit (Use Case 3) und zum Teil auch im öffentlichen Raum (Use Cases 4 bis 7) anfallen.

Tagesgäste

Es wird angenommen, dass Tagesgäste das gleiche Mobilitätsverhalten wie Einpendelnde aus Brandenburg aufweisen. Das bedeutet, dass ein Großteil des Ladebedarfs Zuhause gedeckt werden kann und nur ein kleiner in Berlin anfällt. Laden am Arbeitsplatz entfällt in diesem Fall, sodass die Ladebedarfe auf Orte des Use Cases 5 auftreten oder an Use Case 6 und 7 zur Zwischenladung.

Übernachtungsgäste

Der Ladebedarf von Übernachtungsgästen fällt komplett in Berlin an. Da diese Personen nicht in Berlin wohnen (Use Cases 1 und 2) oder arbeiten (Use Case 3) werden die Ladebedarfe nur auf den öffentlich zugängliche Raum verteilt. Stellplätze bei den Übernachtungsmöglichkeiten werden als Kund:innenparkplätze gewertet und fallen damit unter Use Case 5.

Personenwirtschaftsverkehr

Der Personenwirtschaftsverkehr umfasst alle in Berlin zugelassenen gewerblichen Pkw-Fahrzeuge. Es wird angenommen, dass der vorrangige Ort zum Laden der Arbeitsplatz (Use Case 3) ist. Da nicht alle Fahrzeuge des Personenwirtschaftsverkehrs in Form von Flotten organisiert sind, sondern auch als personengebundene Dienstwagen dienen, ist es möglich, dass die Fahrzeuge auch privat genutzt und am Wohnort der Arbeitnehmer*innen abgestellt werden. Da zu dieser Aufteilung keine Informationen vorliegen, werden alle privaten Ladevorgänge dem Use Case 3 zugeordnet.

Nach Angaben der Studie „Kraftfahrzeuge in Deutschland“ (KiD) [31] werden 82 Prozent aller gewerblichen Pkw auf privatem Grund (i.d.R. am Arbeitsplatz) abgestellt und 18 Prozent im öffentlichen Raum. Dies bildet auch die Grundlage zur Verteilung der Ladebedarfe auf die Use Cases.

6.3. Methodisches Vorgehen zur Verteilung der Ladebedarfe auf die Use Cases

Für die Verteilung der Ladebedarfe auf die Use Cases wird ein RLI-eigenes Simulationstool genutzt, das alle Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren berücksichtigt und die Bedarfe in einem komplexen, iterativen Prozess den Use Cases zuordnet. Abbildung 15 zeigt die Eingabeparameter für das Tool und welche entsprechenden Ergebnisse zu erwarten sind.

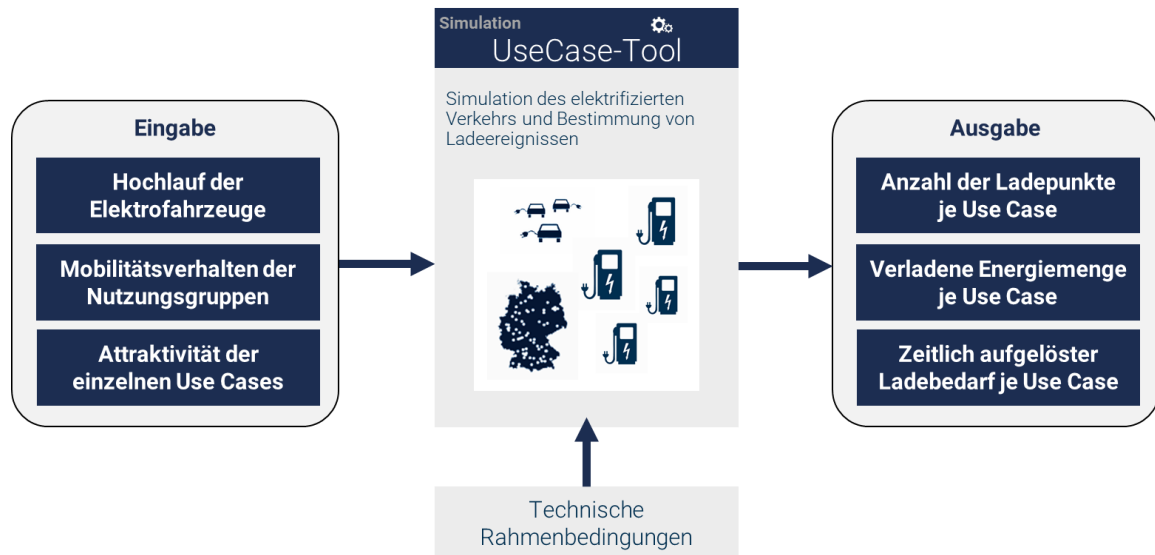


Abbildung 15: Schematische Darstellung des Use-Case-Tools

6.3.1. Eingabedaten und Annahmen

Die Modellierung der Elektrofahrzeuge sowie die Simulation des Mobilitätsverhaltens erfordern eine breite Datengrundlage. Hierfür werden Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes [1], der in vorherigen Kapitel skizzierte Hochlauf an Elektrofahrzeugen sowie Angaben aus der Studie „Mobilität in Deutschland“ (MiD) [41] verwendet. Aus diesen Angaben lassen sich folgende Informationen ableiten, die die Grundlage zur Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur bilden.

- ▶ Anzahl zugelassener (E-)Pkw für die zu betrachtenden Jahre
- ▶ Fahrzeugsegment: Kleinwagen, Mittelklasse und Oberklasse
- ▶ Gebäudetyp: Ein- und Zweifamilienhaus, Mehrfamilienhaus und Wohnanlage
- ▶ Verfügbarkeit eines eigenen Stellplatzes von Haushalten mit Pkw
- ▶ Raumtypen: urban, suburban und ländlich
(für Berlin = urban, Brandenburg/Einpendelnde/Tagesgäste = suburban)

Zur Erstellung von synthetischen Fahrprofilen werden zufällig ausgewählte Wege aus der MiD-Datenbank gewählt, die die oben genannten Bedingungen erfüllen. Jeder Weg wurde mit Angaben zum Wochentag, Wegezweck, der gefahrenen Distanz, Start- und Ankunftszeit sowie Standdauer am Zielort zusammen mit den Fahrzeug-Angaben in einer Datenbank abgelegt.

Unter Berücksichtigung der nachfolgenden Rahmenbedingungen werden in der Simulation Ladevorgänge verteilt, die durch ein Elektrofahrzeug im Tages- bzw. Wochenverlauf verursacht werden. Es wird angenommen, dass nach Beginn eines Ladevorgangs der Ladepunkt während der gesamten Aufenthaltsdauer an einem Use Case belegt ist. Weitere Annahmen umfassen die technische Rahmenbedingungen (wie der Ladezustand der Batterie) und die Wahrscheinlichkeit zur Ladung an einem Use Case in Form von „Attraktivität“.

6.3.2. Technische Rahmenbedingungen

Bei der Verteilung der Ladebedarfe auf die Use Cases spielen viele Faktoren eine Rolle. Neben der Verfügbarkeit eines privaten Stellplatzes und einer Lademöglichkeit, sind beispielsweise auch die Kosten eines Ladevorgangs, die Dauer des Ladevorgangs (Ladeleistung), die verfügbare Stand- und Ladezeit oder der Ladezustand der Batterie (SOC) und damit die Notwendigkeit einer Ladung ausschlaggebend.

- ▶ Ladeleistung: Die tatsächliche Ladeleistung eines Ladevorgangs hängt von der maximalen Ladeleistung des Ladepunkts und der technischen Ausstattung der Fahrzeuge ab. Es wird angenommen, dass die Ladeleistung während des gesamten Ladevorgangs konstant bleibt. Ein batterieelektrisches Fahrzeug mit einer maximalen DC-Ladeleistung von 100 kW lädt auch an einem DC-Ladepunkt mit 350 kW durchgängig nur mit 100 kW.
- ▶ Ladefähigkeit der Fahrzeuge: In Tabelle 18 ist die Fähigkeit der Fahrzeuge die bereitgestellte Ladeleistung zu nutzen abgebildet und nach Fahrzeugklasse (Kleinwagen, Mittelklasse, Oberklasse) sowie Antriebstechnologie (BEV, PHEV) unterschieden. Hierbei geht die Tendenz für beide Antriebstechnologien stark Richtung DC-Laden, während 22 kW bei neuen Modellen kaum eine Rolle spielen wird.

2025	Kleinwagen		Mittelklasse		Oberklasse	
Anteil der Fahrzeugklasse	53%		25%		22%	
	BEV	PHEV	BEV	PHEV	BEV	PHEV
AC 3,7 kW	35%	75%	20%	50%	0%	40%
AC 11 kW	60%	25%	72,5%	48%	90%	55%
AC 22 kW	5%	0%	7,5%	2%	10%	5%
DC 50 kW	0%	30%	0%	98%	0%	90%
DC 150 kW	97,5%	0%	70%	2%	45%	10%
DC 350 kW	2,5%	0%	30%	0%	55%	0%
Batteriekapazität in kWh	40	8	50	12	60	16

2040	Kleinwagen		Mittelklasse		Oberklasse	
Anteil der Fahrzeugklasse	53%		25%		22%	
	BEV	PHEV	BEV	PHEV	BEV	PHEV
AC 3,7 kW	30%	75%	10%	50%	0%	40%
AC 11 kW	65%	25%	72,5%	48%	90%	55%
AC 22 kW	5%	0%	7,5%	2%	10%	5%
DC 50 kW	0%	80%	0%	50%	0%	45%
DC 150 kW	75%	20%	50%	45%	20%	50%
DC 350 kW	25%	0%	50%	5%	80%	5%
Batteriekapazität in kWh	45	10	55	15	65	20

Tabelle 18: Technische Rahmenbedingungen der Fahrzeuge [33]

- ▶ Ladezustand der Batterie (SOC) am Ende eines Weges: Liegt der SOC am Ende eines Weges oberhalb eines Grenzwertes (je Ladevariante 25/50/75 Prozent), wird an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur kein Ladevorgang begonnen. Unterschreitet der SOC einen Grenzwert von 10 Prozent wird sofort ein Ladevorgang begonnen. In der Regel findet dieser Ladevorgang an Use Case 6 (Ladehub) statt. Ausgenommen von dieser Regel sind Plug-In-Hybride. Aufgrund der Verfügbarkeit eines zweiten Antriebs wird angenommen, dass PHEVs nicht zwingend an Ladehubs aufgeladen werden müssen.
- ▶ Minimale Energiemenge: Kann die vorgegebene minimale Energiemenge aufgrund der Kombination aus SOC, Standzeit und Ladeleistung an einem Use Case nicht verladen werden, findet dort keine Ladung statt (siehe Tabelle 19).
- ▶ SOC bei HPC-Ladung: Die Ladung an HPC-Ladeinfrastruktur (Use Case 6 und 7) erfolgt aufgrund der verwendeten Ladetechnologien und Ladekurven der aktuellen E-Fahrzeuge nur durch batterieelektrische Fahrzeuge sowie in einem bestimmten Bereich des SOC der Batterie. Für Ladungen am Use Case 6 (Ladehub innerorts) beträgt dieser Bereich zwischen 0 und 80 Prozent des Ladezustands der Batterie. An Use Case 7 (Ladehub an Verkehrsachsen) wird zwischen 20 und 80 Prozent des SOC geladen.
- ▶ Distanz des Weges: Überschreitet die Distanz eines Weges die maximale Reichweite des E-Fahrzeugs oder beträgt mehr als 50 km, wird eine Fahrt entlang von Verkehrsachsen oder auf Fernstraßen angenommen. In Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie zu Beginn des Weges werden im Verlauf gleichmäßig HPC-Ladevorgänge an Use Case 7 (Lade-Hub an Achsen) durchgeführt.
- ▶ Verzögerungsfaktor: Der „Verzögerungsfaktor“ beschreibt, wie der Ausbau der Ladeinfrastruktur im privaten Raum bedingt durch notwendige technische Aufrüstungen, rechtliche Rahmenbedingungen oder bürokratische Hürden verzögert wird. Ein Wert von zum Beispiel 0,75 bedeutet, dass nur an 75 Prozent der Stellflächen ein Ladepunkt ohne Verzögerungen gesetzt werden kann.

In Tabelle 19 sind einige der Use Case-spezifischen technischen Rahmenbedingungen zusammengefasst:

	Privat			Öffentlich zugänglich			
	Use Case 1	Use Case 2	Use Case 3	Use Case 4	Use Case 5	Use Case 6	Use Case 7
Typische Standorte für Ladeinfrastruktur	 Garage bzw. privater Stellplatz beim Eigenheim	 Tiefgaragen von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern	 Firmenparkplätze auf eigenem Gelände	 Straßenrand, öffentliche Parkplätze	 Kundenparkplätze bzw. Parkhäuser (z.B. Einkaufszentren)	 Ladestation / Lade-Hub innerorts	 Ladestation / Lade-Hub an Achsen (z.B. Fernstraßen)
Maximale Ladeleistung	AC bis 11 kW	AC bis 11 kW	AC bis 22 kW	AC bis 22 kW	DC bis 50 kW	DC bis 150 kW	DC bis 350 kW
Minimale Energiemenge BEV	2 kWh	2 kWh	11 kWh	11 kWh	11 kWh	20 kWh	20 kWh
Minimale Energiemenge PHEV	2 kWh	2 kWh	6 kWh	6 kWh	6 kWh	6 kWh	6 kWh
Verzögerungsfaktor 2025	0,75	0,33	0,5	Für diese Use Cases wird kein Verzögerungsfaktor angenommen, da Ziel der Betrachtung ist, den nachfrageseitigen Ladebedarf unabhängig von äußeren Faktoren zu ermitteln.			
Verzögerungsfaktor 2040	0,99	0,75	0,9				

Tabelle 19: Technische Rahmenbedingungen der Use Cases

6.3.3. Wahrscheinlichkeit zur Nutzung der Ladepunkte

Ob ein Ladepunkt tatsächlich zur Aufladung eines Fahrzeugs verwendet wird, hängt nicht nur von technischen Rahmenbedingungen ab. Es gibt weitere Einflussfaktoren, die nicht anhand von festen Kenngrößen beschrieben werden können, sondern sehr individuell und subjektiv, teilweise auch situationsbedingt wahrgenommen werden. Diese werden unter dem Begriff der „Attraktivität“ zusammengefasst und geben eine Wahrscheinlichkeit an, mit der an einem der Use Cases geladen wird, wenn die technischen Rahmenbedingungen erfüllt sind. Diese könnten etwa die Kosten oder die Dauer der Ladevorgänge sein, aber auch Faktoren wie die Umgebung eines Ladepunkts oder persönliches Sicherheitsbedürfnis. Da die Entscheidung, einen Use Case als attraktiv zu empfinden sehr subjektiv sein kann, wurden hier die Meinungen des Fachgremiums miteinbezogen.

Die Verfügbarkeit eines eigenen Stellplatzes macht einen erheblichen Unterschied bei der Bewertung der Attraktivität einzelner Use Cases, sodass diese in der Befragung unterschieden wurden. Auch die Sicht einer Privatperson kann sich bei der Zuordnung der Attraktivitätslevel deutlich von einer dienstlichen Perspektive unterscheiden. Wenn ein bestimmter Use Case von

allen Teilnehmenden als sehr attraktiv eingestuft wurde, wird angenommen, dass ein Ladevorgang mit einer Wahrscheinlichkeit von 100 Prozent stattfinden wird, wenn auch die technischen Rahmenbedingungen erfüllt sind. Tabelle 20 zeigt die in dieser Studie ermittelten Wahrscheinlichkeiten zur Ladung an unterschiedlichen Use Cases.

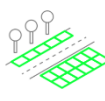
	Privat			Öffentlich zugänglich			
	Use Case 1	Use Case 2	Use Case 3	Use Case 4	Use Case 5	Use Case 6	Use Case 7
Typische Standorte für Ladeinfrastruktur	 Garage bzw. privater Stellplatz beim Eigenheim	 Tiefgaragen von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern	 Firmenparkplätze auf eigenem Gelände	 Straßenrand, öffentliche Parkplätze	 Kundenparkplätze bzw. Parkhäuser (z.B. Einkaufszentren)	 Ladestation / Lade-Hub innerorts	 Ladestation / Lade-Hub an Achsen (z.B. Fernstraßen)
Mit Stellplatz 2025	100%	100%	70%	42%	66%	40%	64%
Mit Stellplatz 2040	96%	96%	68%	30%	64%	66%	78%
ohne Stellplatz 2025	0%	0%	80%	64%	78%	66%	78%
ohne Stellplatz 2040	0%	0%	76%	52%	82%	76%	78%
Dienstlich 2025	52%	52%	98%	26%	44%	50%	68%
Dienstlich 2040	50%	50%	96%	20%	48%	54%	70%

Tabelle 20: Attraktivität von Use Cases für Privatpersonen und Personenwirtschaftsverkehr, abhängig von der privaten Stellplatzverfügbarkeit

Die Expert:innen gehen davon aus, dass aktuelle Elektrofahrzeugnutzende vor allem im privaten Raum parken und die Entscheidung für den Kauf eines E-Pkws neben den Anschaffungskosten maßgeblich von der Verfügbarkeit eines eigenen Ladepunktes abhängt. Mit dem Ausbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur wird dies nach Meinung der Fachleute in Zukunft weniger wichtig sein, wenn eine flächendeckende hohe Verfügbarkeit an (Schnell-) Lademöglichkeiten gegeben ist. Daher wurde die Frage nach der Attraktivität sowohl für 2025 als auch 2040 getrennt voneinander durchgeführt.

Die in der Tabelle 20 angegebenen Wahrscheinlichkeiten gelten für alle Szenarien mit einer Ausnahme für Szenario 3. Gerade im urbanen Raum muss der Aufbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur im Kontext der Mobilitäts- und Verkehrswende betrachtet werden. Aufgrund einer verstärkten Parkraumbewirtschaftung und der sich ändernden Nutzung des Straßenraums kann sich die Anzahl sowie die Verfügbarkeit von Parkplätzen reduzieren. In diesem Szenario wird angenommen, dass sich die Attraktivität des Use-Case 4 (Straßenraum)

linear bis 2040 auf 5 Prozent (mit privatem Stellplatz) bzw. 10 Prozent (ohne privaten Stellplatz) reduziert. E-Fahrzeuge würden dementsprechend weniger häufig im öffentlichen Raum geladen, was bedeutet, dass ein Großteil der Nachfrage über die Use Cases 5 bis 7 abgedeckt werden müsste.

Die bisherigen Aussagen haben sich vor allem auf Privatpersonen bezogen, aber auch der Personenwirtschaftsverkehr ist zukünftig immer mehr auf (öffentlich zugängliche) Ladeinfrastruktur angewiesen. Für den Personenwirtschaftsverkehr spielt vor allem die Verfügbarkeit von Ladepunkten auf dem Firmengelände eine hohe Rolle und ist dort auch am attraktivsten. Da es sich bei den Fahrzeugen aber auch um personengebundene Dienstwagen handeln kann, die die Arbeitnehmer:innen mit nach Hause nehmen, sind auch die Use Cases 1 und 2 recht attraktiv. Laden am Straßenrand spielt dagegen eine sehr viel weniger wichtige Rolle als bei den Privatpersonen.

6.3.4. Ausgabewerte

Das Simulationstool ermittelt für alle Elektrofahrzeuge den nach Use Cases aufgeteilten Ladebedarf der Nutzenden. Nach einer Zusammenführung der Bedarfe aller Pkw kann die Anzahl der gleichzeitig belegten Ladepunkte je Use Case bestimmt und im zeitlichen Verlauf dargestellt werden.

Der für Berlin ermittelte Bedarf an Ladeinfrastruktur wird nicht ausschließlich anhand der maximalen Anzahl an gleichzeitig belegten Ladepunkten, sondern auch durch einen zuvor festgelegten Schwellenwert (Quantil) – bei 99 Prozent – bestimmt.

In einem fiktiven Beispiel wird die Bedeutung des Quantils deutlich: Abbildung 16 zeigt die Anzahl der gleichzeitig benötigten Ladepunkte anteilig über die Fünfzehn-Minuten-Zeitschritte eines simulierten Tages. Das 99-Prozent-Quantil legt nun fest, dass nur 99 Prozent der Ladevorgänge (grau markiert) abgedeckt werden müssen. Der orangefarbene Teil (in der Abbildung ganz links) markiert den Ladebedarf, der nicht abgedeckt werden kann. Da der Zusammenhang zwischen Ladevorgängen und der Zahl der Ladepunkte nicht direkt proportional zueinander ist, können durch diese Annahme mehr als ein Prozent der Ladepunkte eingespart werden. In diesem Fall bedeutet das, dass sich die Anzahl der benötigten Ladepunkte von etwa 148.000 auf ca. 130.000 reduziert (Minus 12 Prozent).

Mit dem Quantil wird letztlich ein kritischer Wert festgelegt, bis zu dem der Aufwand für den Aufbau von Ladeinfrastruktur mit geringer Auslastung gerechtfertigt ist.

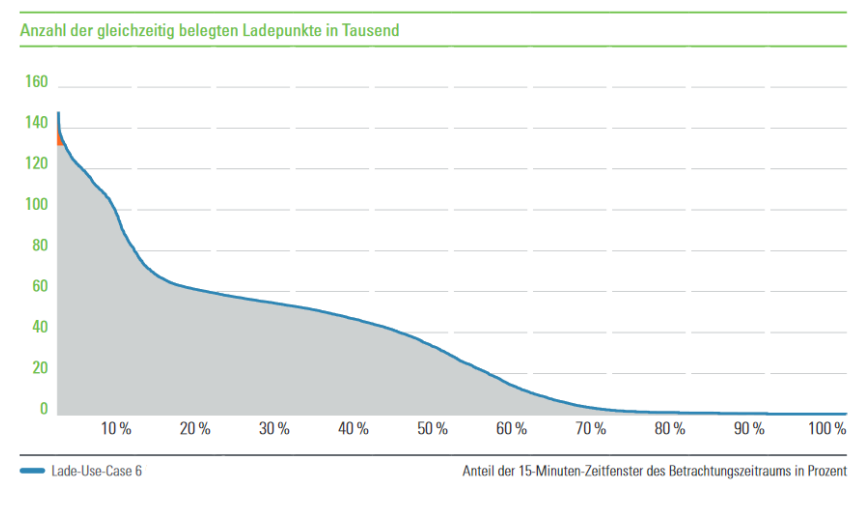


Abbildung 16: Darstellung des Quantils [33]

6.4. Wechselwirkungen zwischen den Use Cases

Je mehr Ladevorgänge im privaten Bereich (am Wohnort oder am Arbeitsplatz), stattfinden, desto weniger Ladevorgänge werden im öffentlichen Raum notwendig sein. Umgekehrt sind bei einer ausreichenden öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur die Einrichtung eigener Ladeinfrastruktur und dementsprechend die Verfügbarkeit eines eigenen Stellplatzes nicht mehr notwendig. Insbesondere in dicht besiedelten Städten wie Berlin, wo ein Großteil der Menschen in Mietwohnungen ohne eigenen Stellplatz lebt, spielt daher der öffentlich zugängliche Raum eine wichtige Rolle, um die in Zukunft zu erwartenden Elektrofahrzeuge zu versorgen und um den gewünschten Hochlauf auch zu unterstützen.

Um die Wechselwirkungen zwischen den Use Cases klarer auszuarbeiten, wird die Simulation für verschiedene Ladestrategien durchgeführt. Dabei können folgende grundsätzlichen Ansätze unterschieden werden:

- ▶ Obere Variante: Hohes Sicherheitsbedürfnis der Nutzenden, Ladung erfolgt spätestens, wenn die Batterie einen SOC von 50 Prozent (mit privatem Stellplatz) bzw. 75 Prozent (ohne festen Stellplatz) erreicht.
- ▶ Mittlere Variante: Weniger starkes Sicherheitsbedürfnis der Nutzenden, Ladung erfolgt, wenn die Batterie einen SOC von 25 Prozent (mit privatem Stellplatz) bzw. 50 Prozent (ohne festen Stellplatz) erreicht.
- ▶ Untere Variante: Optimierte Zuordnung der Ladebedarfe zu den Ladepunkten, unabhängig vom Sicherheitsbedürfnis und Mobilitätsverhalten der Nutzenden, um eine höhere Auslastung der Ladepunkte zu erzielen.

Während sich die ersten beiden Varianten stark am aktuellen Mobilitätsverhalten der Nutzenden orientieren, stellt die untere Variante eine Art technisches Optimum dar. Mit diesen Varianten

soll die mögliche Bandbreite an benötigter Ladeinfrastruktur aufgezeigt werden. Gleichzeitig lassen sich hieraus Rückschlüsse auf die Wechselwirkungen zwischen privater und öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur sowie den einzelnen Use Cases ziehen. In Kapitel 7 wird anhand der konkreten Simulationsergebnisse näher darauf eingegangen.

Weiterhin kann unterstellt werden, dass zukünftige Geschäftsmodelle mit Ladepunkten im öffentlich zugänglichem Raum auf privatem Grund auf einer bestmöglichen Annäherung ans technische Optimum basieren werden, um eine möglichst hohe Auslastung und damit Wirtschaftlichkeit des Ladepunktes zu erreichen. Mit großer Wahrscheinlichkeit werden anbietende Firmen daher Anreizsysteme oder Maximalstandzeiten einführen, um dieses Optimum so oft wie möglich zu erreichen. Eine bessere Auslastung kann folglich dazu führen, dass im betreffenden Use Case insgesamt weniger Ladepunkte benötigt werden.

Daher ist insbesondere das technische Optimum (untere Variante) ein sehr wichtiger Wert, der mögliche Optimierungspotenziale aufzeigt. Aktuell wird modellseitig zum Beispiel am Use Case 3 (Arbeitsplatz) davon ausgegangen, dass Angestellte volle acht Stunden (bzw. ihre Gesamtarbeitszeit) am Ladepunkt verweilen. Möglichkeiten zur Reduzierung der Standzeit auf die tatsächliche Ladezeit und damit die Freigabe des Ladepunkts für das nächste Fahrzeug hätten örtliche Einsparungen an benötigten Ladepunkten zur Folge. Da dies mit dem Modell nicht abbildbar ist, wurde auf die Einführung der unteren Variante zurückgegriffen.

Diese Anpassungen in Richtung des technischen Optimums sind auch im öffentlichen Raum vorstellbar, insgesamt allerdings von geringerem Potenzial, da hier schon von vergleichsweise kurzen Standzeiten ausgegangen wird.

7. Ladeinfrastrukturbedarf in Berlin

Die in Kapitel 5 ermittelten Ladebedarfe werden nun auf die einzelnen Ladepunkte verteilt. Je nach Ladestrategie (Obere, mittlere, untere Variante, vergleiche Kapitel 6.4) und Szenario werden die Ladebedarfe mittels des Use-Case-Tools (siehe Kapitel 6.3) auf die Ladeorte verteilt. In den nachfolgenden Abbildungen sind die Anzahl der benötigten Ladepunkte über alle Use Cases kumuliert für die Jahre 2025 und 2040 dargestellt.

Das obere Szenario zeigt den Bedarf an Ladeinfrastruktur bei einem hohen Sicherheitsbedürfnis der Nutzenden – eine Ladung erfolgt spätestens bei Ladeständen von SOC = 50 Prozent (mit privatem Stellplatz) bzw. 75 Prozent (ohne festen Stellplatz). Durch den hohen Ladedruck werden weitere Ladepunkte benötigt, um diese große Zahl an Ladevorgängen zu ermöglichen. Obwohl der Ladedruck in der Variante mit mittlerem Sicherheitsbedürfnis sinkt, nimmt die Zahl der Ladepunkte nur wenig ab. Dies liegt daran, dass die Anzahl nicht teilbarer, privater Ladeinfrastruktur konstant bleibt und gleichzeitig der Bedarf im öffentlich zugänglichen Raum nur geringfügig sinkt. Im unteren Szenario sinkt die Zahl der Ladepunkte dagegen signifikant. Durch die optimierte Auslastung der teilbaren Ladeinfrastruktur werden deutlich weniger Ladepunkte im öffentlich zugänglichen Raum benötigt. Diese Unterschiede zwischen den Varianten sind sowohl für 2025 als auch 2040 erkennbar, wobei die Ausprägung mit den Jahren steigt.

7.1. Kurzfristige Entwicklungen bis zum Stützjahr 2025

Im Jahr 2025 liegt die Zahl der Ladepunkte für alle Szenarien und Varianten im Bereich von 22.500 bis 30.300 und damit recht nahe zusammen (siehe Abbildung 17). Dies liegt daran, dass sich die Hochlaufzahlen und der Ladebedarf erst mit fortschreitender Zeit auseinanderentwickeln. Erste Tendenzen, welchen Einfluss der BEV-Fokus und die Nutzung von Carsharing (Szenario 3) haben, lassen sich an der leicht größeren Anzahl an Ladepunkten als im Referenzszenario erkennen.

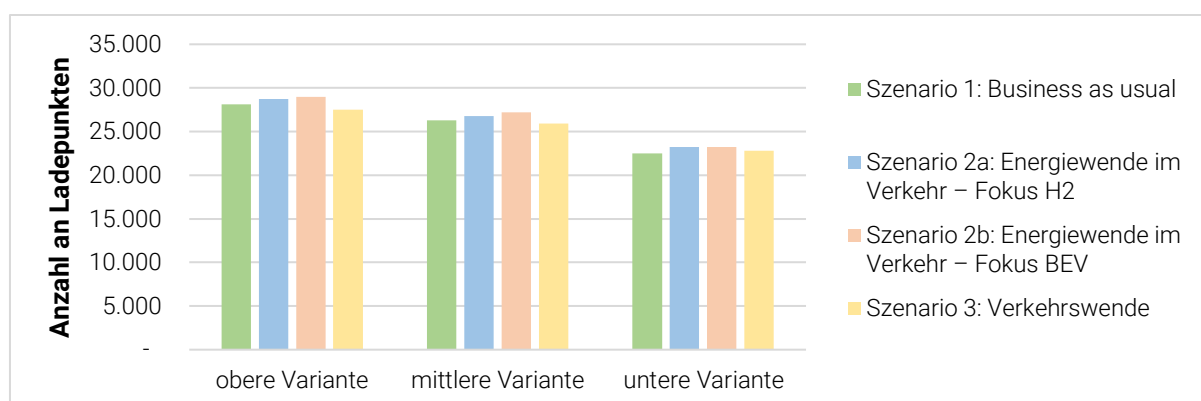


Abbildung 17: Anzahl der benötigten Ladepunkte über alle Use Cases in 2025

Von der Gesamtzahl der Ladepunkte entfallen etwa ein Viertel bis ein Drittel auf den öffentlich zugänglichen Raum. Aufgrund verzögernder Faktoren (siehe Kapitel 0) im privaten Raum, entfällt in 2025 ein größerer Anteil des Ladebedarfs auf den öffentlich zugänglichen Raum als in 2040.

In den Abbildungen 18 bis 21 ist die Verteilung der Ladebedarfe auf alle sieben Use Cases je Szenario dargestellt. Die Verteilung zwischen den einzelnen Use Cases ist dabei sehr ähnlich aufgrund der annähernd gleichen Entwicklung der Hochlaufzahlen in allen Szenarien in den ersten Jahren. Nur Szenario 3 zeigt einen leicht geringeren Bedarf für Use Case 4. Dies liegt daran, dass aus dem leichten Pkw-Rückgang im Verkehrswendeszenario und der Verschiebung der Ladevorgänge zu anderen Use Cases ein geringerer Bedarf im öffentlichen Raum (Use Case 4) resultiert.

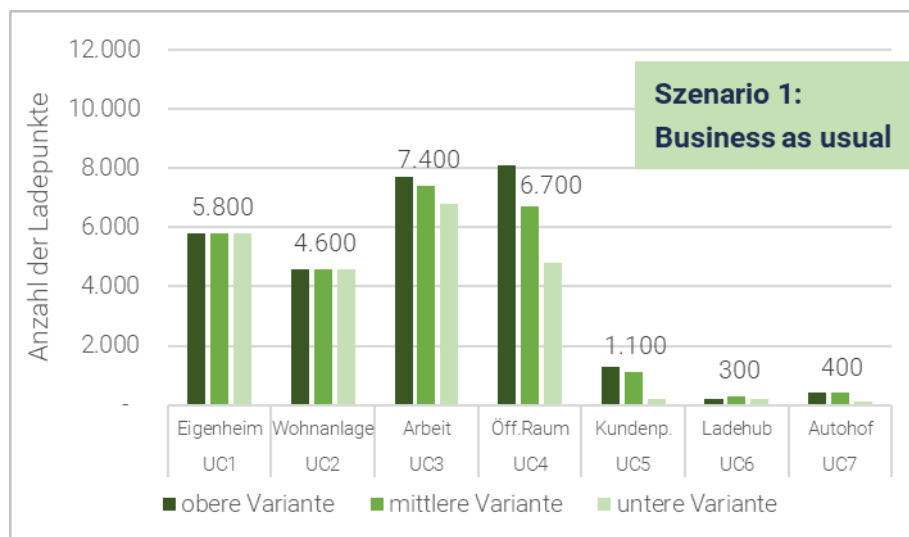


Abbildung 18: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 1 Business as usual für 2025 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)

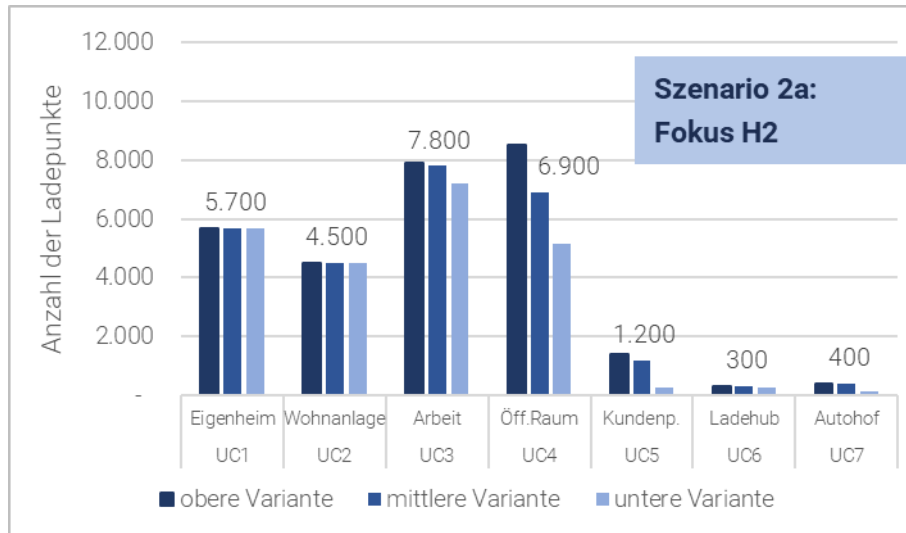


Abbildung 19: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 2a Energiewende im Verkehr - Fokus FCEV für 2025 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)

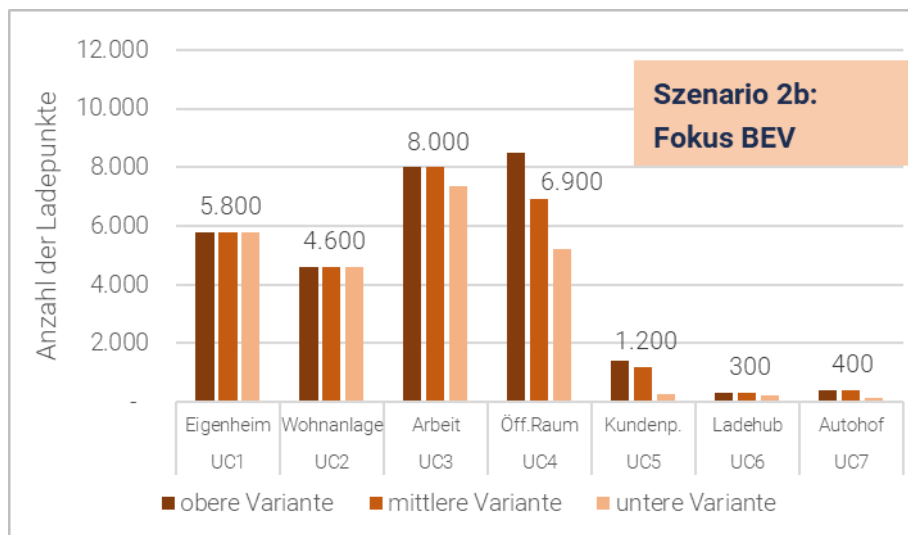


Abbildung 20: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 2b Energiewende im Verkehr - Fokus BEV für 2025 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)

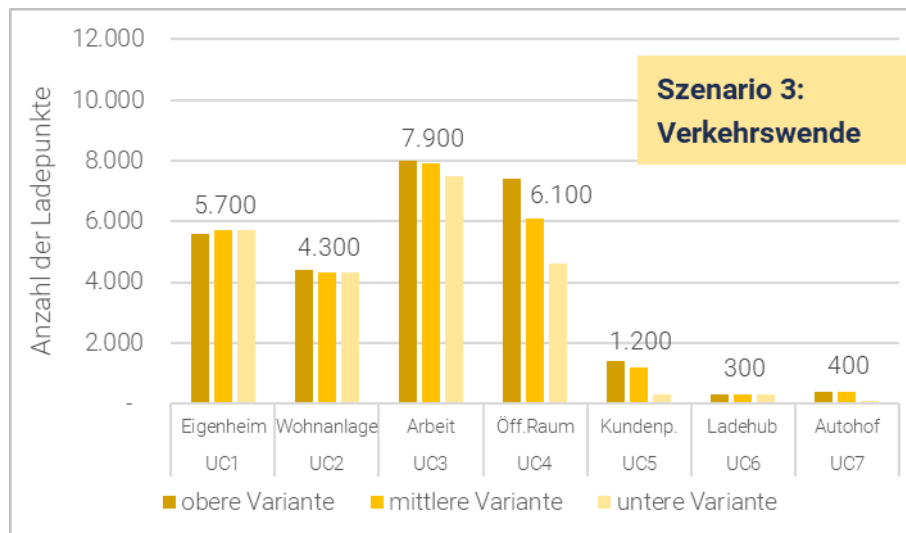


Abbildung 21: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 3 Verkehrswende für 2025 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)

Der leichte Pkw-Rückgang im Verkehrswendeszenario wird durch die Nutzung von Sharing-Angeboten ausgeglichen. Während Free-Floating-Angebote meist nicht lange an einem Ort stehen, haben stationsbasierte Fahrzeuge einen festen Stellplatz. Unter der Annahme, dass 2025 bereits alle Sharing-Fahrzeuge elektrifiziert sind, wird jedem stationsbasieren Pkw ein fester, nicht teilbarer Ladepunkt zugeordnet. Durch diese zusätzlichen Ladepunkte erhöht sich die Gesamtzahl um etwa 2.800 Ladepunkte in allen Varianten. Diese stellen im Grunde einen weiteren Use Case dar, da die Ladepunkte zum Teil dem öffentlichen Raum zugeordnet, jedoch auch auf Kundenparkplätzen oder Mehrfamilienhäusern zugehörigen Parkplätzen errichtet werden können. (Die Ladepunkte sind nicht in Abbildung 21 enthalten).

7.2. Mittelfristige Entwicklungen bis 2040

Mittelfristig werden die Unterschiede zwischen den Varianten als auch zwischen den Szenarien stärker (siehe Abbildung 22). Während die Zahl der benötigten Ladepunkte in der oberen Variante zwischen 707.000 und 802.000 Ladepunkten schwankt, ist diese in der unteren Variante mit 435.000 bis 499.000 Ladepunkten 30 bis 39 Prozent niedriger.

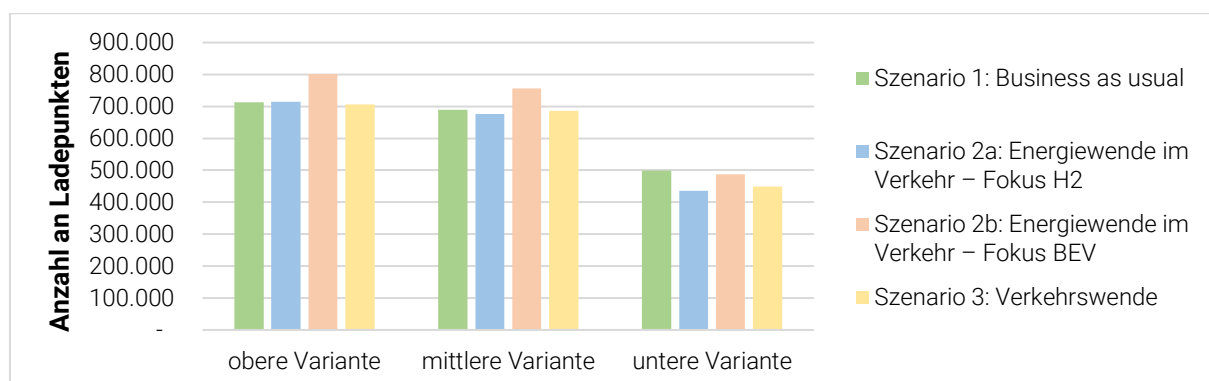


Abbildung 22: Anzahl der benötigten Ladepunkte über alle Use Cases in 2040

Die Szenarien 1, 2a und 2b umfassen insgesamt gleich viele Fahrzeuge bei unterschiedlichen Technologieanteilen. Die Unterschiede zwischen den Szenarien sind vor allem auf die Ladepunkte im öffentlich zugänglichen Raum zurückzuführen. Aus der Darstellung in den Abbildungen 23 bis 26 lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Von allen zu ladenden Fahrzeugen werden rund 31 Prozent einen privaten Ladepunkt am Wohnort zu Verfügung haben. Da nur 37 Prozent aller Pkw-Besitzenden überhaupt ein privater Stellplatz gehört, bedeutet das, dass rund 85 Prozent aller privaten Stellplätze elektrifiziert sein müssen, um den Bedarf in den Use Cases 1 und 2 zu decken.
- Die Zahl der benötigten Ladepunkte am Wohnort (Use Cases 1 und 2) bleibt in den Szenarien 1 und 2b nahezu konstant, da die Zahl der zu ladenden Pkw ebenfalls gleichbleibt. Die unterschiedliche Verteilung der Antriebstechnologie (BEV und PHEV) spielt dabei keine Rolle, da auch bei einer geringen Auslastung durch PHEVs die privaten Ladepunkte nicht geteilt werden können.
- In Szenario 2a werden am Wohnort weniger Ladepunkte als in Szenario 1 benötigt (Minus 10,2 Prozent), da aufgrund der großen Anzahl an FCEV rund 10,4 Prozent weniger ladefähige Pkw versorgt werden müssen. Das gleiche Verhältnis ist auch an Use Case 4 zu beobachten, da hier ebenfalls rund 11 Prozent weniger ladefähige Pkw nachts abgestellt werden.
- Gleichzeitig ist die Anzahl an BEVs in Szenario 2a höher als in Szenario 1, die ihre Energie vornehmlich beim Arbeitgeber (Use Case 3) oder an Ladehubs (Use Cases 6 und 7) beziehen.
- Die Zahl der benötigten Ladepunkte steigt von Szenario 1 zu Szenario 2b deutlich an, da der BEV-Anteil und damit auch die elektrische Fahrleistung steigen. Dies äußert sich vor allem in einem starken Anstieg von Use Case 3, 6 und 7.
- Der hohe Bedarf an Ladepunkten in Use Case 3 entsteht nicht nur durch das Laden von Privat-Pkw, sondern auch durch gewerbliche Pkw. Der Großteil der Fahrzeuge des Personenwirtschaftsverkehrs wird hier geladen. Dieser Use Case bietet erhebliches Potenzial einer effizienteren Auslastung und Reduzierung des Gesamtbedarfs.

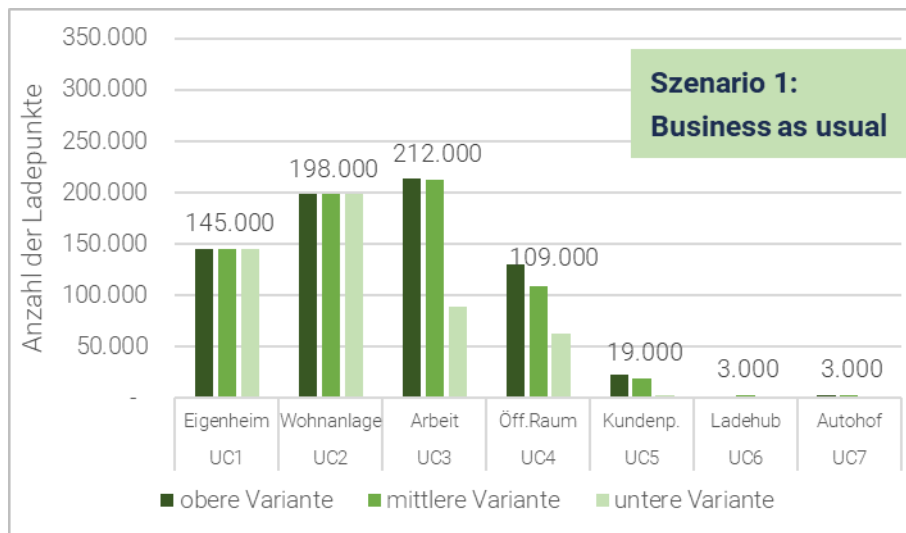


Abbildung 23: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in in Szenario 1 Business as usual für 2040 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)

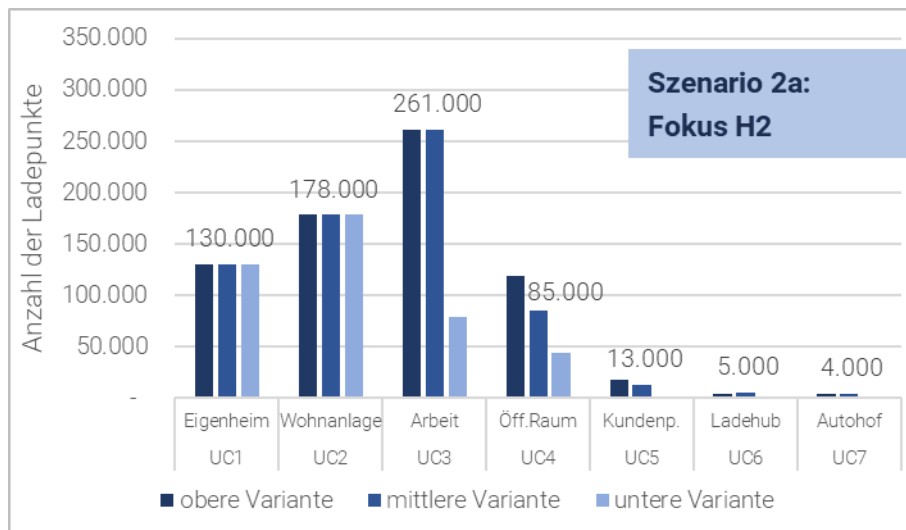


Abbildung 24: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 2a Energiewende im Verkehr - Fokus FCEV für 2040 (Beschriftung zeigt obere Variante)

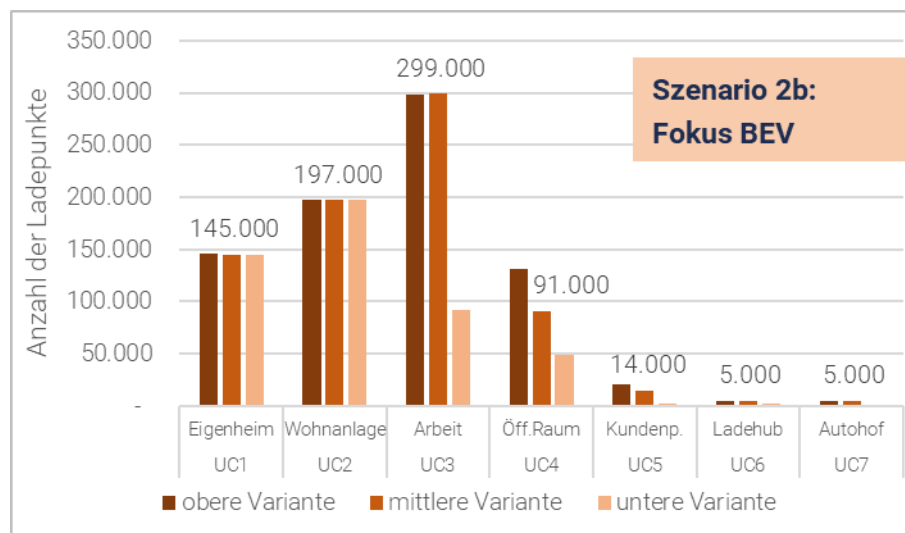


Abbildung 25: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 2b Energiewende im Verkehr - Fokus BEV für 2040 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)

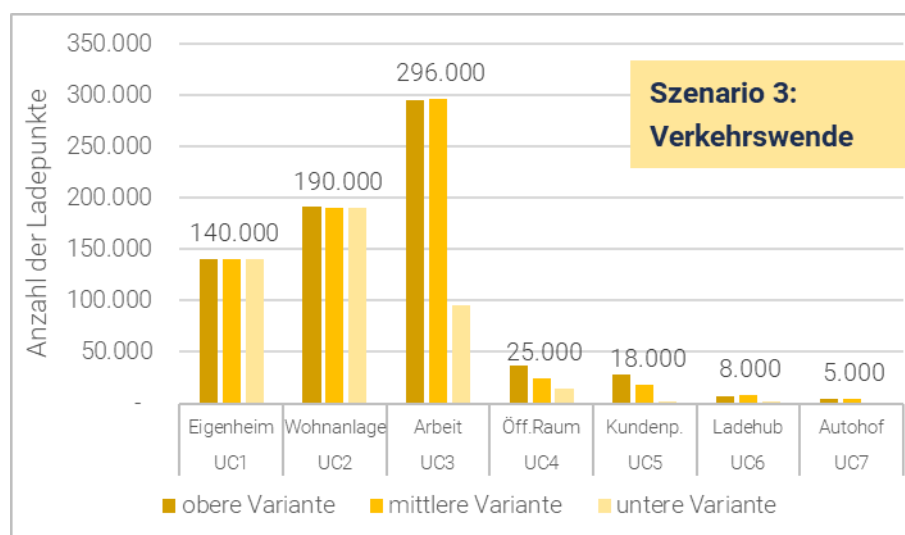


Abbildung 26: Vergleich der Anzahl benötigter Ladepunkte in den einzelnen Use Cases in Szenario 3 Verkehrswende für 2040 (Beschriftung zeigt mittlere Variante)

In allen drei Varianten ist zu beobachten, dass das Verkehrswende-Szenario in Summe weniger Ladepunkte benötigt als die anderen Szenarien. Dies liegt weniger neben geringeren Anzahl der zu ladenden Pkw (Minus 13 Prozent gegenüber dem 2b-Szenario) insbesondere an der veränderten Zuordnung der Use Cases. Im Kontext der Mobilitäts- und Verkehrswende wird der öffentliche Straßenraum verstärkt für andere Zwecke nutzbar gemacht (unter anderem für breitere Rad- und Fußwege oder Aufenthaltsmöglichkeiten), sodass viel Parkmöglichkeiten wegfallen. Das reduzierte Stellplatzangebot im öffentlichen Raum führt dazu, dass Fahrzeuge eher im privaten aber öffentlich zugänglichen Raum (Use Cases 5 bis 7) abgestellt und geladen werden. Dadurch sinkt die Menge der benötigten Ladeinfrastruktur in Use Case 4. Gleichzeitig steigt die Zahl der Ladepunkte im öffentlich zugänglichen Raum nicht im gleichen Maße an, da

durch höhere Ladeleistungen die gleiche Energiemenge in kürzerer Zeit verladen werden kann. Die kürzeren Stand- und Ladezeiten führen schließlich dazu, dass mehr Fahrzeuge von einem Ladepunkt versorgt werden können. Hier zeigt sich sehr deutlich, wie wichtig es ist, die Planung von Ladeinfrastruktur Use Case übergreifend zu denken.

Um die Wechselwirkungen zwischen den Use Cases besser zu verstehen, werden nachfolgend nur die Szenarien 2b und 3 miteinander verglichen, da diese die nahezu gleiche Verteilung der Technologie-Anteile (BEV: ~71 Prozent, PHEV: ~23 Prozent, FCEV: ~2 Prozent) aufweisen.

- Die Zahl der Ladepunkte im privaten Raum (Use Cases 1 bis 3) sind nur rund 2 Prozent geringer als in Szenario 2b trotz der deutlich geringeren Anzahl an E-Pkw.
- Der Zahl der Ladepunkte im öffentlichen Raum (Use Case 4) geht dabei um rund 31 Prozent zurück, während die Zahl der Ladepunkte im öffentlich zugänglichen Raum auf privatem Grund (Use Cases 5 und 6) um 40 Prozent steigt. Aufgrund der Größenordnung ist es in diesem Fall ratsam die absoluten Zahlen für aussagekräftige Ergebnisse zu betrachten. In diesem Fall bedeutet das, dass 90.200 Ladepunkte in Use Case 4 durch 10.000 Ladepunkte in den Use Cases 5 und 6 ersetzt werden könnten.
- Die Anzahl der Ladepunkte in Use Case 7 bleibt in beiden Szenarien konstant, da diese Ladepunkte auf Basis der zurückgelegten Distanz einzelner Fahrten errechnet wurden (> 50 km) und daher nicht umgeschichtet werden können.
- Zusätzlich kommen in Szenario 3 die benötigten Ladepunkte zur Versorgung stationsbasierter Carsharing-Fahrzeuge hinzu, wie bereits in Kapitel 7.1 genannt. Der Anteil ist mit rund 4.000 Ladepunkten nur geringfügig höher als 2025.

Der Zusammenhang von Energiemenge und Anzahl an Ladepunkten

Da die Ladeleistungen und Standzeiten an den einzelnen Use Cases verschieden sind (siehe Tabelle 19 in Kapitel 6.3.2), unterscheiden sich auch die bezogenen Energiemengen je Ladevorgang. Zusätzlich finden an Ladepunkten der Use Cases 4 bis 7 mehrere Ladevorgänge täglich statt, da die Ladepunkte zwischen den Nutzenden geteilt werden. Daraus ergibt sich eine durchschnittlich höhere Auslastung und ein höherer Energiebezug pro öffentlich zugänglichem Ladepunkt als pro privatem Ladepunkt.

Das Beispiel des Szenarios 2b in Abbildung 27 und Abbildung 28 erklärt, wie sich die Verteilung der Use Cases hinsichtlich Ladepunktbedarf und Energiebedarf unterscheidet. Hierbei ist zu beachten, dass die Energiemenge über alle Varianten hinweg gleich verteilt ist. Die Varianten geben demnach nur an, durch wie viele Ladepunkte dieser Energiebedarf gedeckt wird. Aufgrund der verschiedenen Gesamtzahl an Ladepunkten je Variante, unterscheiden sich die Anteile der Use Cases zwischen den Varianten. Dies ist besonders deutlich am Beispiel der Use Cases 1 und 2 zu sehen: Trotz unterschiedlicher relativer Verteilung umfassen die beiden Use Case in absoluten Zahlen die gleiche Menge Ladepunkte.

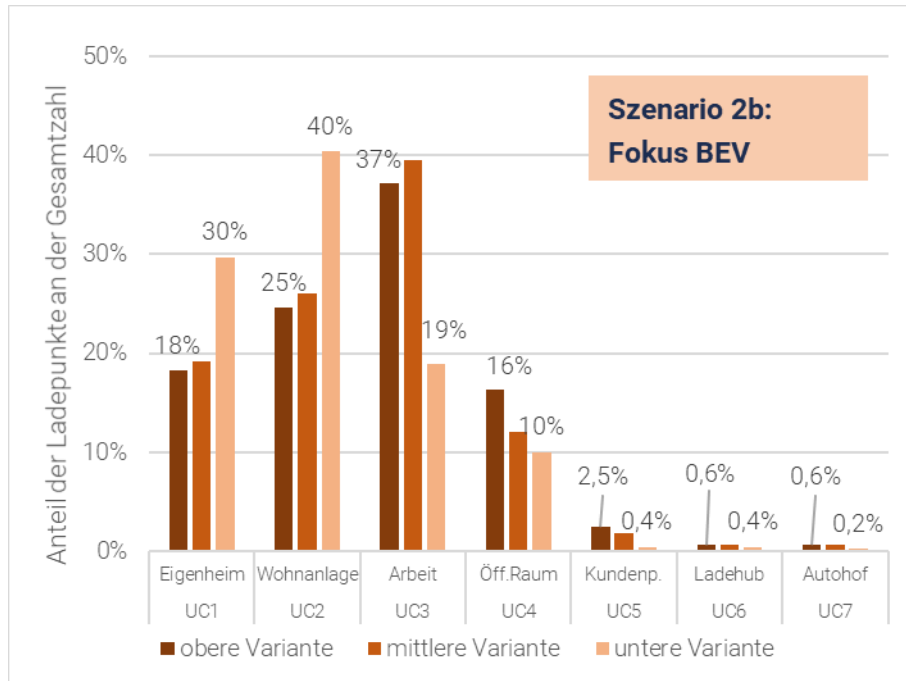


Abbildung 27: Darstellung der Ladepunkte entsprechend der Use-Case-Anteile am Beispiel des Szenarios 2b in 2040 (Beschriftung der oberen und unteren Variante)

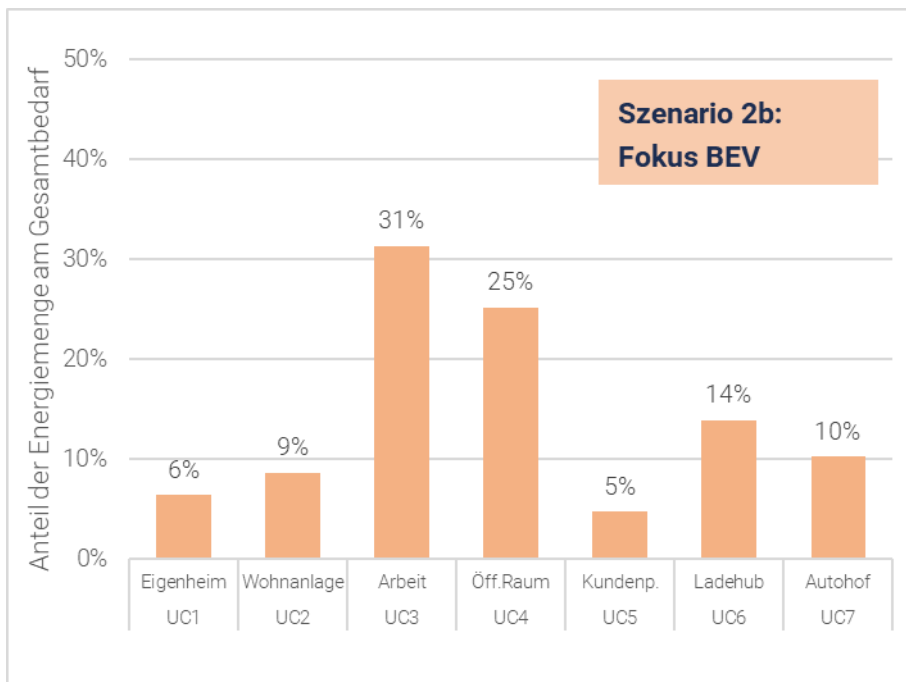


Abbildung 28: Darstellung der Energiemenge entsprechend der Use-Case-Anteile am Beispiel des Szenarios 2b in 2040 (keine Unterscheidung der Varianten)

Obere Variante:

- Während 43 Prozent aller Ladepunkte am Wohnort installiert sind, wird dort nur 15 Prozent der benötigten Energiemenge verladen.
- Dagegen decken 20 Prozent der Ladepunkte im öffentlich zugänglichen Raum mehr als die Hälfte der Energiemenge ab.

Untere Variante:

- Durch die optimierte Auslastung der öffentlich zugänglichen Ladepunkte in der unteren Variante, können bereits durch 11 Prozent der Ladepunkte (Use Cases 4 bis 7) 54 Prozent der benötigten Energiemenge gedeckt werden.

In den Abbildungen 29 bis 32 sind die Energiebedarfe aller Szenarien gegenübergestellt.

- In Szenario 1 ist der Anteil der verladenen Energiemenge in Use Case 4 rund 5 Prozent höher und in Use Case 6 etwa 5 Prozent niedriger als in den Szenarien 2a und b. Dies liegt an dem hohen PHEV-Anteil in Szenario 1. Entsprechend der in Kapitel 6.3.2 genannten Rahmenbedingungen finden bei PHEVs keine Zwischenladungen an Ladehubs statt, sodass die Energiemenge dementsprechend aus dem öffentlichen Raum (Use Case 4) bezogen wird.
- Die Szenarien 2a und b weisen eine sehr ähnliche Verteilung auf. Obwohl in Summe die Energiemenge in 2a aufgrund der geringeren Anzahl ladefähiger Fahrzeuge geringer ist, ist die relative Verteilung über die Use Cases aufgrund der ähnlichen BEV/PHEV-Verteilung annähernd gleich.
- Bei einer geringeren Zahl von Ladepunkten im öffentlichen Raum (Use Case 4), wie es im Verkehrswendeszenario der Fall ist, verschiebt sich die Energiemenge deutlicher Richtung Ladehubs. Gegenüber Szenario 2b nimmt Use Case 4 um rund 17 Prozent ab, während diese Menge von den Use Cases 5 (+ 2 Prozent), 6 (+ 7 Prozent) und 3 (+ 7 Prozent) bereitgestellt wird.

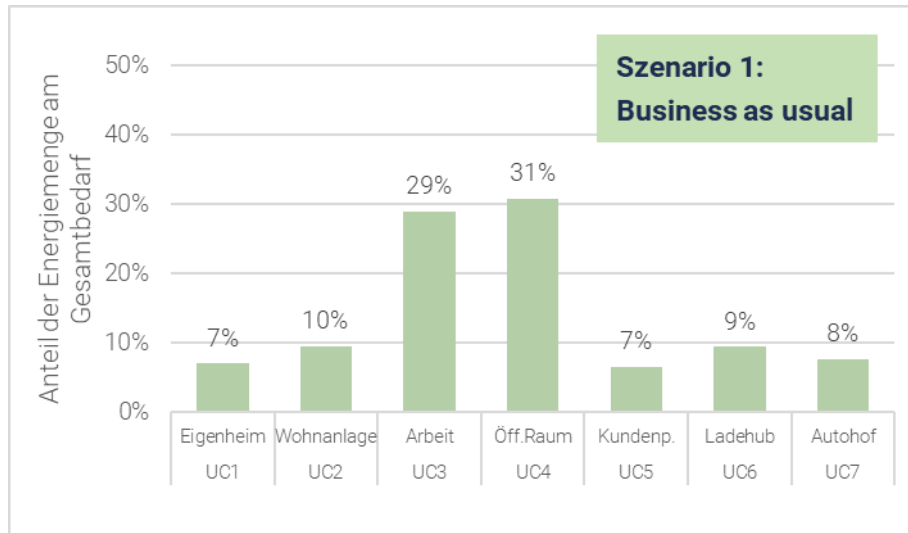


Abbildung 29: Vergleich der Verteilung der Energiemengen auf die Use Cases in Szenario 1 Business as usual für 2040

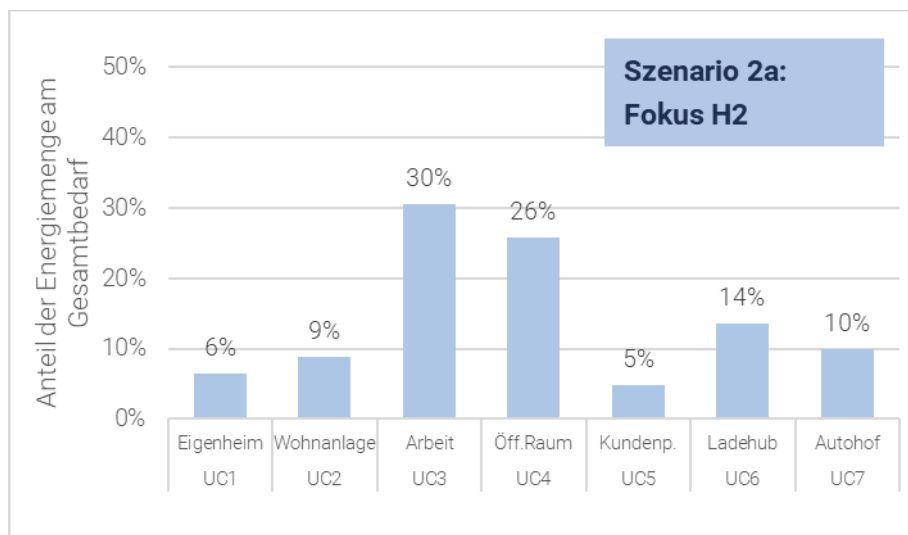


Abbildung 30: Vergleich der Verteilung der Energiemengen auf die Use Cases in Szenario 2a Energiewende im Verkehr – Fokus FCEV für 2040

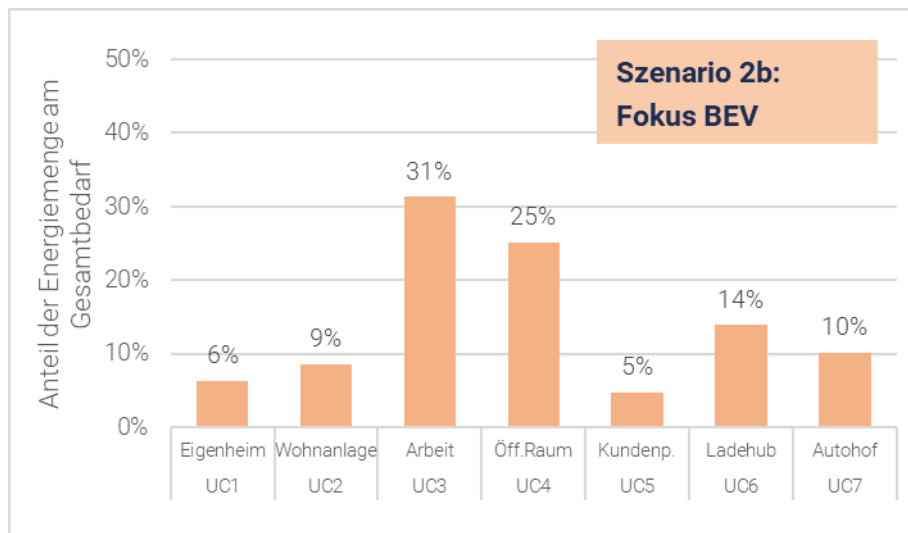


Abbildung 31: Vergleich der Verteilung der Energiemengen auf die Use Cases in Szenario 2b Energiewende im Verkehr – Fokus BEV für 2040

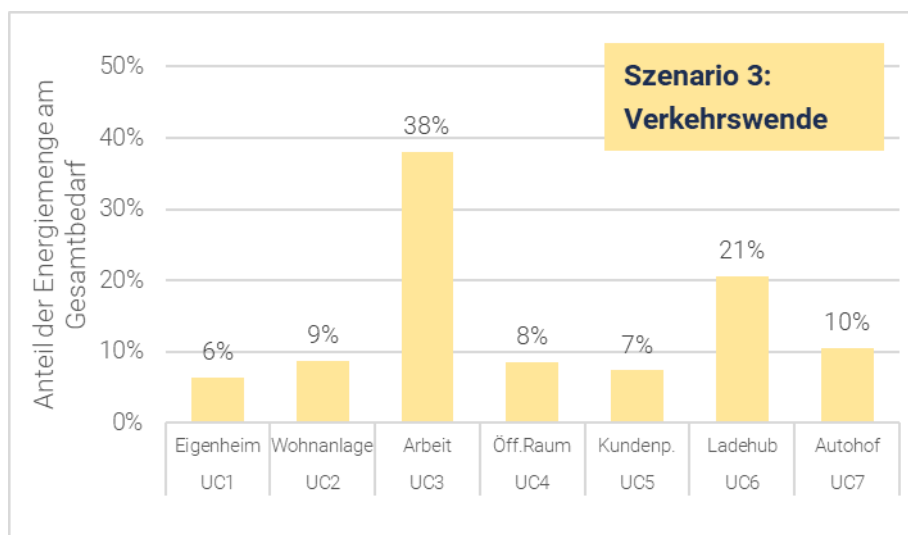


Abbildung 32: Vergleich der Verteilung der Energiemengen auf die Use Cases in Szenario 3 Verkehrswende für 2040

7.3. Sensitivitätsanalyse des Verkehrswendeszenarios

Unter der Annahme, dass die Anzahl der in Berlin zugelassenen Fahrzeuge stärker sinkt, als im Verkehrswendeszenario angenommen, wird in einer nachgelagerten Sensitivitätsanalyse der dafür anfallende Bedarf an Ladeinfrastruktur bestimmt.

Auf Basis des zuvor bestimmten Verhältnisses von E-Pkw zu Ladeinfrastruktur im Verkehrswendeszenario zeigt Tabelle 21 die Auswirkungen sinkender Pkw-Zahlen für zwei Beispiele. Im ersten Beispiel sinkt die Zahl der in Berlin zugelassenen Fahrzeuge von 1.294.610 auf 1.175.000 (- 9,2 Prozent) private und gewerblich Pkw und in Beispiel 2 auf 1.075.000 Pkw

(- 17 Prozent). Die Fahrzeugzahl der weiteren Nutzungsgruppen (Einpendelnde und Gäste) bleibt konstant.

		Szenario 3	Beispiel 1	Beispiel 2
Zugelassene Pkw	Privat (Einwohnende)	1.085.791	1.000.000 (-7,9 %)	925.000 (-14,8 %)
	Gewerblich (Personen-WiV)	208.820	175.000 (-16,2 %)	150.000 (-28,2 %)
	Weitere Nutzungsgruppen bleiben konstant			
Benötigte Ladepunkte – Mittlere Variante	Gesamt	685.800	623.674 (-9,1 %)	571.735 (-16,6 %)
	Öffentlich zugänglich	59.800	55.070 (-7,9 %)	51.115 (-14,5 %)
Benötigte Ladepunkte – Untere Variante	Gesamt	448.400	404.093 (-9,9 %)	368.493 (-17,8 %)
	Öffentlich zugänglich	23.400	21.273 (-9,1 %)	19.564 (-16,4 %)

Tabelle 21: Überschlagsrechnung bei sinkender Anzahl an Pkw im Verkehrswendeszenario (2040)

Bei gleichbleibendem Verhältnis von Ladeinfrastruktur und E-Pkws bei privaten und gewerblichen Fahrzeugen, nimmt die Gesamtzahl der benötigten Ladepunkte um 9,1 Prozent (Beispiel 1) bzw. 16,6 Prozent (Beispiel 2) in der mittleren Variante ab. Dabei geht vor allem die Zahl privater Ladepunkte zurück, da diese in direktem Zusammenhang stehen: Private Pkw – Use Cases 1 und 2, Gewerbliche Pkw – Use Case 3. Die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur reduziert sich anteilig weniger stark, da diese auch die anderen Nutzungsgruppen versorgt. Diese Ergebnisse können für eine überschlägige Ableitung der Bedarfsverringerung nach Ladeinfrastruktur herangezogen werden, wenn die Zahl an E-Pkw weiter verringert werden soll.

7.4. Kernaussagen und Schlussfolgerungen

Tabelle 22 zeigt die Zahl elektrifizierter Pkw entsprechend der angenommenen Hochlaufszszenarien und die daraus resultierende Zahl der Ladepunkte, die auf Basis der Simulationsergebnisse zur Versorgung dieser benötigt werden. Dies umfasst die Ergebnisse der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Szenarien und Varianten und bietet einen Überblick über die Bandbreite des resultierenden zukünftigen Ladeinfrastrukturbedarfs.

	Status Quo	2025	2040
Pkw			
Pkw	1,6 Mio.	1,6 - 1,7 Mio.	1,6 - 1,9 Mio.
davon elektrisch bzw. zu laden	9.604	105.000 - 109.000	1,5 - 1,8 Mio.
davon in Berlin zugelassen	8.342	88.000 - 90.000	ca. 1,3 Mio.
Ladepunkte			
Lademöglichkeiten	mind. 2.000	22.000 - 30.000	435.000 - 802.000
davon im privaten (UC 1 - 3)	mind. 350	17.000 - 18.000	386.000 - 641.000
davon im öffentlichen Raum (UC 4)	1.204	5.000 - 10.000	14.000 - 131.000
davon öffentlich zugänglich auf privatem Grund (UC 5 - 7)	454	600 - 2.000	4.000 - 30.000

Tabelle 22: Übersicht zu den Ergebnissen: Darstellung der Szenarien und Varianten in Form einer Bandbreite benötigter Ladepunkte

Die Simulationen zeigen, dass je nach Szenario bis zu 1,9 Mio. Fahrzeuge über alle Nutzungsgruppen täglich in Berlin unterwegs sein werden. Während 2025 die Elektrifizierungsquote noch bei etwa 6 Prozent liegt, können 2040 bereits 95 Prozent aller Fahrzeuge elektrifiziert sein. Dabei wird davon ausgegangen, dass die in Berlin zugelassen Pkw bereits vollständig elektrisch unterwegs sind und nur ein Teil der Einpendelnden und Gäste nutzt noch Verbrennungsantriebe.

Der Ladebedarf der mindestens 1,5 Mio. E-Pkw in 2040 wird je nach Szenario und Variante von einer Bandbreite von 435.000 bis 802.000 Ladepunkten gedeckt werden. Dabei entfällt der größte Anteil auf den privaten Raum in den Use Cases 1 bis 3. Aufgrund der hohen Leistungen und kurzen Standzeiten ist in den Use Cases 5 bis 7 im öffentlich zugänglichen Raum eine eher geringe Zahl Ladepunkte notwendig.

Aus den Analysen der vorhergehenden Kapitel und aus Tabelle 22 lassen sich folgende Kernaussagen ableiten:

- ▶ In allen Szenarien wird angenommen, dass im Jahr 2040 mindestens 95 Prozent aller Pkw in Berlin elektrifiziert sind.
- ▶ In Abhängigkeit von der Entwicklung des motorisierten Individualverkehrs und der Art der Elektrifizierung des Pkw-Verkehrs werden in Berlin bis zum Jahr 2040 zwischen 435.000 und 802.000 Ladepunkte sowohl im privaten als auch im öffentlichen Raum benötigt.

- ▶ Da die Bandbreiten in den Szenarien sehr groß sind und es viele Abhängigkeiten gibt, kann ein Entwicklungspfad für nur „einen Raum“ nicht festgelegt werden. Es bedarf weiterer Analysen auf feineräumlicher Ebene, um die Potenziale und Restriktionen besser zu kennen, sowie eine laufende Abstimmung zwischen den Räumen und Use Cases, um den Bedarf an Ladeinfrastruktur decken zu können.
- ▶ In fast allen Use Cases lässt sich durch eine bessere Auslastung der Ladepunkte ihre benötigte Anzahl signifikant reduzieren (siehe untere Variante).
- ▶ An mindestens 83 Prozent aller privaten Stellplätze (Use Cases 1 und 2) besteht ein Bedarf an Ladepunkten bis 2040.
- ▶ Da in Berlin viele Personen auf das Parken am Straßenrand angewiesen sind, ist der Bedarf an Ladepunkten im öffentlichen Raum (Use Case 4) mit bis zu 131.000 Ladepunkten sehr hoch.
- ▶ Bei einer Reduzierung der Ladepunkte im öffentlichen Raum auf ca. ein Drittel nimmt vor allem Use Case 6 „Ladehubs“ zu.
- ▶ Auf den öffentlich zugänglichen Raum (öffentlicher Raum und öffentlich zugänglichen Raum auf privatem Grund, Use Cases 4 bis 7) entfallen zwischen 20.000 und 157.000 Ladepunkte.
- ▶ Der öffentlich zugängliche Raum ist trotz einem geringen Anteil von rund 25 Prozent am Ladepunktbedarf für die Hälfte der verladenen Energiemenge verantwortlich.
- ▶ Die Errichtung von Ladehubs in den Use Cases 6 und 7 kann den Bedarf an Ladeinfrastruktur auf anderen öffentlich zugänglichen Flächen signifikant verringern.
- ▶ Die Gesamtzahl an benötigten Ladepunkten lässt sich zudem durch alternative Antriebstechnologien (siehe mit Wasserstoff in Szenario 2a) sowie eine Verringerung der Pkw-Fahrleistung sowie einer Verringerung des Fahrzeugbestandes (siehe Szenario 3 Mobilitätswende und Sensitivitätsanalyse in Kapitel 7.3) signifikant senken.
- ▶ In allen Use-Cases besteht Handlungsbedarf.

Aufgrund der insgesamt hohen Zahlen, aber auch der großen Bandbreite in den Use Cases ist es daher nötig, dass aufgrund limitierender Determinanten (z.B. vorhandene Flächen im öffentlichen Raum oder am Arbeitsplatz) für einzelne Use Cases detailliertere Betrachtungen vorgenommen werden und ein System gefunden wird, das den Ansatz der kommunizierenden Röhren operationalisiert.

8. Räumliche Verteilung der Use Cases über Berlin und die Planungsräume

Im Folgenden werden die ermittelten Bedarfe an Ladeinfrastruktur genauer örtlich aufgelöst. Zielauflösung sind die 448 Berliner „Lebensweltlich orientierten Planungsräume“ (PLR), auf deren Basis bereits die Ableitung der verkehrlichen Potenziale für die einzelnen Nutzungsgruppen vorgenommen wurde. Dabei werden die in Kapitel 5 ermittelten Ladebedarfe der sieben Use Cases gemäß der folgenden Schlüsselindikatoren verteilt:⁷

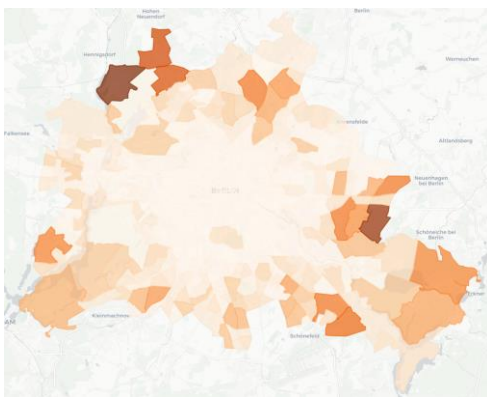


Abbildung 33: Ladebedarfe im Use Case 1 (Eigenheim) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten

Ladebedarfe im Use Case 1 („Eigenheim“): Die Ladebedarfe im Use Case 1 werden gemäß der absoluten Zahl der Wohnungen in Gebäuden mit einer oder zwei Wohnungen verteilt [42]. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass die Stellplatzverfügbarkeit und die Elektrifizierungsmöglichkeiten dieser Stellplätze in Ein- und Zweifamilienhäusern über die Planungsräume hinweg gleich sind. Das Ergebnis ist in Abbildung 33 dargestellt. Erwartungsgemäß lässt sich für den Use Case 1 in den Außenbezirken ein höherer Bedarf an Ladeinfrastruktur erkennen.

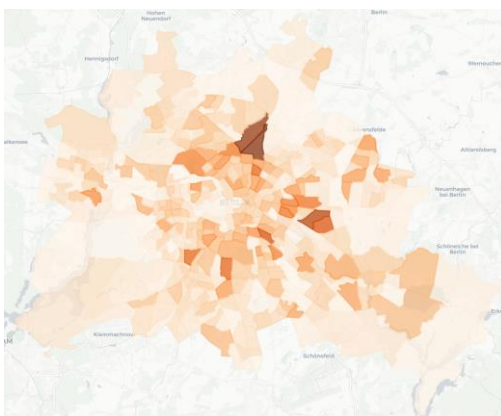


Abbildung 34: Ladebedarfe im Use Case 2 (Wohnanlage) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten

Ladebedarfe im Use Case 2 („Wohnanlage“): Für die Ladebedarfe im Use Case 2 wird analog zum Vorgehen für Use Case 1 die absolute Anzahl an Wohnungen in Gebäuden mit mehr als zwei Wohnungen für die Verteilung herangezogen. Es ist vor allem ein hoher Bedarf in Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte, wie etwa Pankow oder Lichtenberg festzustellen (siehe Abbildung 34)

⁷ Eine detailliertere Betrachtung ist über einen Online-Zugang zur Localiser-Plattform einsehbar.

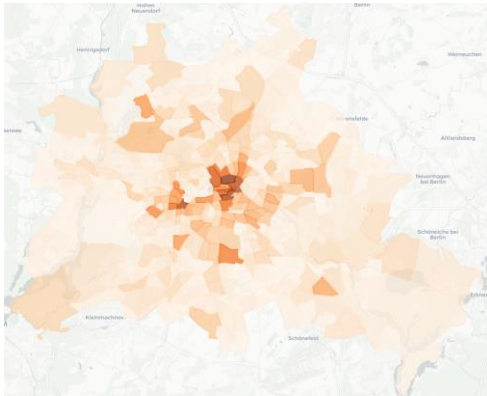


Abbildung 35: Ladebedarfe im Use Case 3 (Arbeitsplatz) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten

Ladebedarfe im Use Case 3 („Arbeitsplatz“): Die Ladepunkte, die an Arbeitsplätzen benötigt werden, werden gemäß den Pkw je Planungsraum bestimmt, die in diesen hineinpendeln (Binnenpendelnde und Einpendelnde (siehe Kapitel 0)). Vor allem im Stadtzentrum zwischen der Schwarzkopfstraße im Norden und der Jannowitzbrücke im Südosten sowie am oberen Kurfürstendamm („City West“) sind hohe Bedarfe zu erkennen. Aber auch in weiter außerhalb liegenden Planungsräumen, wie etwa in Alt-Tegel oder in Adlershof werden viele Ladepunkte in diesem Use Case benötigt (siehe Abbildung 35).

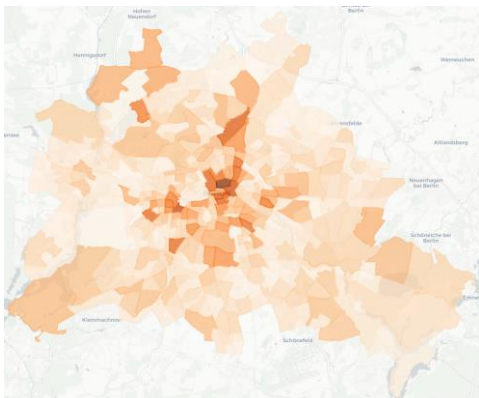


Abbildung 36: Ladebedarfe im Use Case 4 (Straßenraum) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten

Ladebedarfe im Use Case 4 („Straßenraum“): Ladepunkte im öffentlichen Straßenraum sollen die Ladeinfrastruktur dort ergänzen, wo der Bedarf nicht vollständig auf privatem Grund gedeckt werden kann. Daher sind sämtliche Wegzwecke (Wohnort, Arbeit, Einkaufen, etc.) für diesen Use Case relevant. Der Ladebedarf ergibt sich so aus der gewichteten Summe der Einwohnenden (Mehrfamilienhaus), Binnenpendelnden und Einpendelnden sowie der Personen, die zum Einkaufen fahren. Letztere werden berechnet aus einem wirtschaftszweigspezifischen Verhältnis von Beschäftigten und Kundschaft (siehe Anhang Tabelle 23). Im Ergebnis lässt sich ein relativ ausgeglichener Bedarf über das Stadtgebiet feststellen mit Hotspots in Mitte, Alt-Tegel, um die Neuköllner Panierstraße, in Pankow, in Halensee, in Friedenau und am Tauentzien (siehe Abbildung 36).

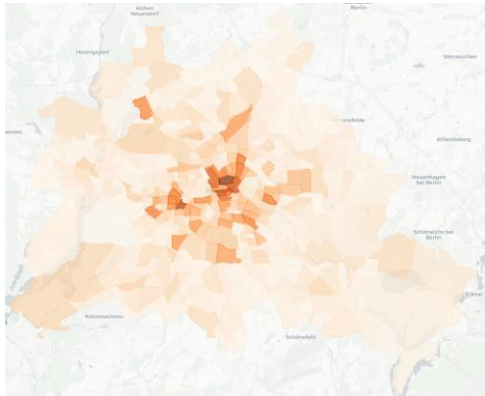


Abbildung 37: Ladebedarfe im Use Case 5 (Kundenparkplatz) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten

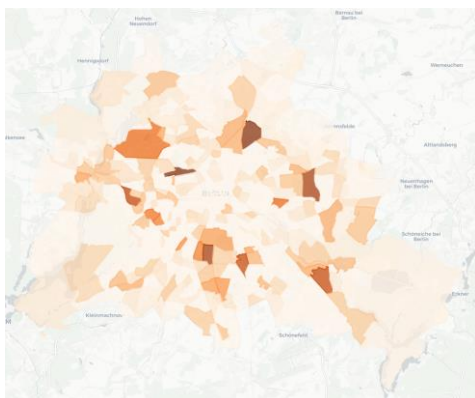


Abbildung 38: Ladebedarfe im Use Case 6 (Ladehub, innerstädtisch) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten

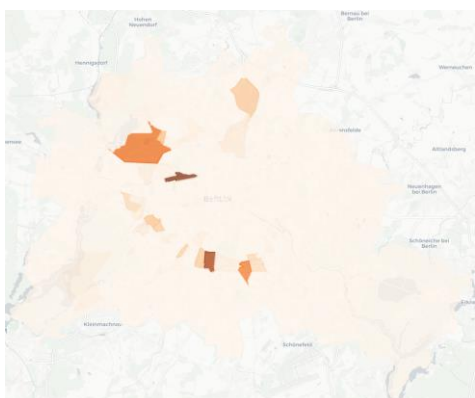


Abbildung 39: Ladebedarfe im Use Case 7 (Ladehub, Autobahn) nach Planungsräumen; relative Farbskala: dunkel bedeutet einen hohen Bedarf an Ladepunkten

Ladebedarfe im Use Case 5 („Kundenparkplatz“):

Die Ladebedarfe von Kundinnen und Kunden sowie Personen, die Dienstleistungen in Anspruch nehmen werden so wie im obenstehenden Abschnitt „Use Case 4“ beschrieben ermittelt. Der Use Case 5 kommt erwartungsgemäß vor allem in der Innenstadt besonders häufig vor (siehe Abbildung 37).

Ladebedarfe im Use Case 6 („Ladehub, innerstädtisch“):

Für die örtliche Verteilung der Ladebedarfe im Use Case 6 werden die Standorte von Tankstellen herangezogen und diese mit den durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) im Umkreis gewichtet. Besonders hohe Bedarfe lassen sich vor allem an den Ausfallstraßen, etwa der Frankfurter Allee oder dem Mariendorfer Damm, feststellen. Aber auch innerstädtische Planungsräume, beispielsweise rund um den Moritzplatz, weisen hohe Bedarfe auf (siehe Abbildung 38).

Ladebedarfe im Use Case 7 („Ladehub, Autobahn“):

Die Ladepunkte für den Use Case 7 werden auf Tankstellen in der Nähe von Autobahnauf- und -abfahrten und Raststätten an Autobahnen verteilt. Dies konzentriert sich wie in Abbildung 39 dargestellt in Berlin vor allem auf die A100 im westlichen Stadtgebiet.

9. Anforderungen und Herausforderungen beim weiteren Ladeinfrastrukturausbau

9.1. Anforderungen an das Stromnetz

Stromnetze werden üblicherweise für mehrere Jahrzehnte geplant und ausgelegt. Um die Elektromobilität langfristig stabil in das Stromnetz zu integrieren, müssen die Entwicklungen im Mobilitätssektor daher jetzt berücksichtigt werden. Besonderen Einfluss haben die zukünftig zu erwartende Anzahl an elektrischen Fahrzeugen sowie Charakteristika einzelner Ladestandorte.

Bisherige Studien

Bereits 2017 hat die Stromnetz Berlin GmbH eine Potenzialanalyse durchgeführt, die die Auswirkungen der Elektromobilität auf das städtische Verteilungsnetz betrachtet.

Für die Analyse wurde die Höhe der Leistungsabnahme anhand von Pkw-Zahlen und Ladeleistung auf Basis der damaligen Gegebenheiten geschätzt und auf das Berliner Stadtgebiet verteilt. Darin wurden folgende Annahmen getroffen:

- 20 Prozent des Pkw-Bestands wird elektrisch sein: Das entspricht rund 250.000 Elektrofahrzeugen in Berlin.
- Die Lastabnahme erfolgt zur Hochlastzeit zwischen 16 und 20 Uhr.
- Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors < 1 .
- 90 Prozent der Ladevorgänge werden im öffentlich zugänglichen Raum stattfinden, 10 Prozent auf privaten Stellplätzen. Zum öffentlich zugänglichen Raum zählen hierbei Parkplätze und P+R, Entwicklungsgebiete, Tankstellen, öffentlicher Wohnungsbau und betriebliche Fahrzeugflotten. Der private Raum beschränkt sich auf Einfamilienhaussiedlungen.
- Die Ladeleistung umfasst je nach Standort 3,7 – 11 kW, an Tankstellen bis zu 150 kW.

In Summe verursachen die Elektrofahrzeuge eine zusätzliche Last von rund 140 MVA, die relativ gleichmäßig über das Stadtgebiet verteilt ist. Die führt zu einer durchschnittlichen Mehrbelastung von 1,8 MVA je Umspannwerk (UW). Dabei gelangt keines der 74 UW an seine Grenzen und dementsprechend sind keine UW-Erweiterungen notwendig. Punktuelle Verstärkungen des Mittel- oder Niederspannungsnetzes sind aber möglich.

Die in der Analyse von Stromnetz Berlin genannte Zahl elektrischer Fahrzeuge wird laut der vorliegenden Studie bereits 2028 erreicht (siehe Kapitel 4.5.1). Gleichzeitig wird angenommen, dass die durchschnittlichen Ladeleistungen steigen und bei einzelnen Use Cases Leistungen bis zu 350 kW auftreten können.

Auswirkungen des Referenzszenarios auf das Berliner Netz

Die veränderten Rahmenbedingungen machen eine erneute Bewertung der Netzauswirkungen notwendig. Dafür werden auf Basis der Berechnungen aus Kapitel 6 Lastgänge für die einzelnen Use Cases generiert. Da die Anzahl der E-Fahrzeuge in 2025 noch deutlich unter der Anzahl der zuvor genannten Studie liegt (109.092 vs. 250.000 E-Pkw) und bereits dort keine erheblichen Auswirkungen auf das Berliner Städtetz zu beobachten waren, wird nachfolgend nur das Zieljahr 2040 weiter untersucht.

Es werden folgende Annahmen getroffen:

- Der gesamte Pkw-Bestand Berlins sowie ein Großteil (ca. 82 Prozent) der einpendelnden Pkw werden elektrisch betrieben. In Summe sind täglich 1.767.724 E-Pkw in Berlin unterwegs (siehe Kapitel 4.5).
- Die Lastabnahme erfolgt entsprechend dem in Kapitel 6 abgeleiteten Mobilitäts- und Ladeverhalten sowie der Verteilung auf die Use Cases aus Kapitel 7.
- Der Ladevorgang eines Fahrzeugs wird dabei gleichmäßig auf die gesamte Standzeit des Fahrzeugs verteilt. Das heißt, es wird je nach Standzeit mit der geringstmöglichen Ladeleistung geladen, unabhängig vom Ladeverhalten den anderen Fahrzeugen.

In Abbildung 40 ist der Ladebedarf aller elektrischen Pkw in Berlin für einen Beispieltag in 2040 je Use Case dargestellt. Die aus dem Netz benötigte Leistung variiert dabei stark zwischen den Use Cases.

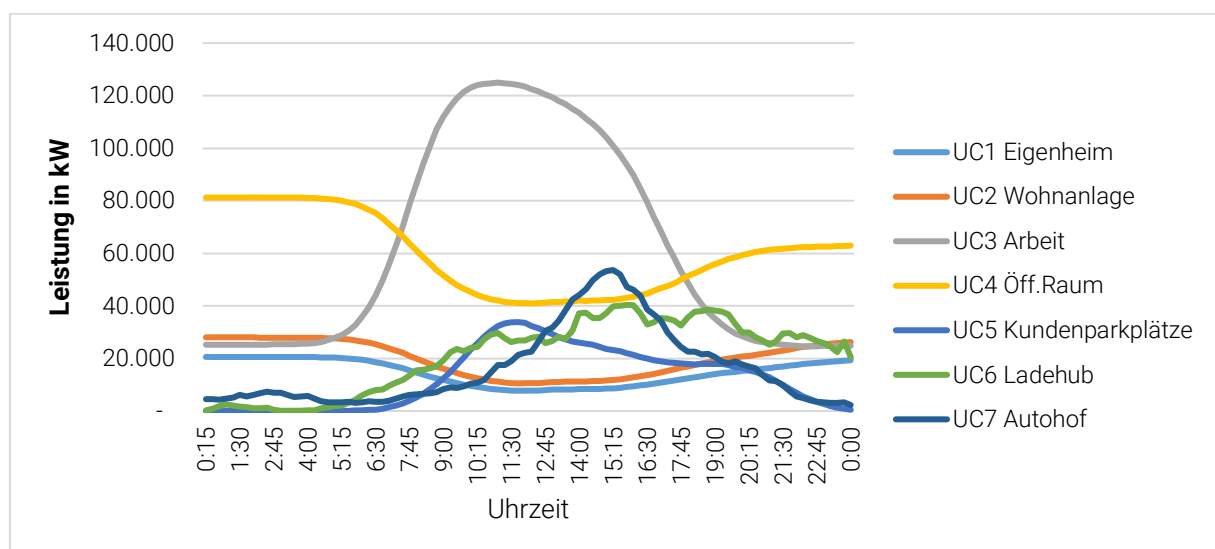


Abbildung 40: Tageslastgänge der einzelnen Use Cases für einen Beispieltag (Montag) in 2040

Obwohl in den Use Cases 1 und 2 zukünftig mehrere Hunderttausend Ladepunkte benötigt werden, ist die täglich abgerufene Ladeleistung recht gering. Durch die lange Standzeit über

Nacht erfolgt die Ladung bei niedrigen Ladeleistungen. Aufgrund der kurzen täglichen Distanzen und ausreichend großen Batteriekapazitäten ist es nicht notwendig jeden Tag zu laden.

Ladeorte, an denen nur ein kurzer Zwischenstopp eingelegt wird, bieten nicht die Möglichkeit flexibler Ladevorgänge. Hier wird bei jeder Ladung die für das Fahrzeug technisch mögliche, maximale Leistung abgerufen, sodass es zu Lastspitzen wie in den Use Cases 6 und 7 kommen kann.

Besonders auffallend ist die hohe Leistung in Use Case 3. Wirtschaftlich gesehen ist es besonders attraktiv, Dienstfahrzeuge auf dem eigenen Gelände zu laden, sodass sowohl über Nacht als auch tagsüber Ladevorgänge stattfinden. Durch den zusätzlichen Bedarf der Beschäftigten (Binnen- und Einpendelnde) entsteht ein Leistungspeak, verteilt über die übliche Arbeitszeit von 8 bis 18 Uhr.

In Abbildung 41 werden die Use Cases aufaddiert und im Wochenverlauf angezeigt. Der Lastgang für 2040 (durchgezogene Linie) fällt dabei nie unterhalb von 150 MW. Die Spitzen, die zu Mittagszeit etwa doppelt so hoch sind wie die Grundauslastung über Nacht (Use Cases 1-4), werden durch die gleichzeitige Nutzung von weniger flexiblen Use Cases (5-7) erzeugt. Im Vergleich dazu ist auch der Lastgang für 2025 (gestrichelte Linie) dargestellt. Dieser ist aufgrund der geringeren E-Pkw-Zahl niedriger und weniger stark ausgeprägt.

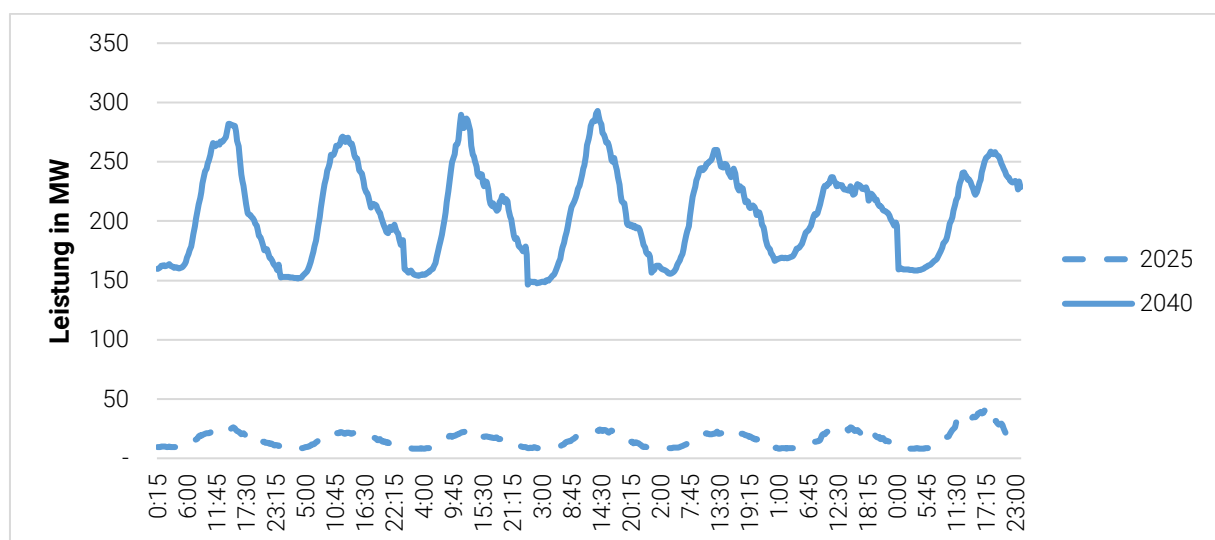


Abbildung 41: Wochenlastgang aller Use Cases (kumuliert) in 2025 und 2040

Die einzelnen Use Cases können unterschiedlichen Netzanschlussebenen zugeordnet werden. Je nach Anzahl und Leistung der Ladepunkte erfolgt ein Anschluss auf Mittel- (MS) oder Niederspannungsebene (NS). Abbildung 42 zeigt die Netzanschlussmöglichkeiten der Use Cases und gibt eine Größenordnung für die maximale Anschlussleistung der jeweiligen Ebene an.



Abbildung 42: Zuordnung von Netzanschlussmöglichkeiten und Use Cases

Für die weiteren Untersuchungen werden die generierten Lastprofile in das System des Verteilnetzbetreibers Stromnetz Berlin eingespeist.

Dafür werden die durch Elektrofahrzeuge verursachten Lasten auf Bezirksebene mit den aktuellen IST-Lastgängen der HS/MS-Umspannwerke zum Jahreshöchstlasttag in Berlin überlagert. Die Aufteilung der je Bezirk angegebenen Lasten erfolgt nach geografischer Abdeckung mit 74 Umspannwerksgebieten.

Aus den Berechnungen können folgende Ergebnisse abgeleitet werden:

- Die Auslastung der Umspannwerke (UW) stieg je UW um ca. 1 – 15 Prozent, gemessen an der installierten gesicherten Leistung (gesicherte Leistung meist 63 MVA je UW). In Abbildung 43 sind die zusätzliche Lasten je UW näher beziffert.
- Aufgrund der Zeitungleichheit der Elektromobilitätslasten und der Lasten auf UW-Ebene beträgt der gleichzeitige Anstieg der Höchstlast ca. 60 – 80 Prozent.
- Der Gleichzeitigkeitsgrad schwangt je UW dabei deutlich (je nach Lage und bestehendem Lastprofil).
- Die zeitungleiche Höchstlast, die aus den Elektrofahrzeugen resultiert, beträgt ca. 260 MVA. Zeitgleich wirksam sind davon ca. 200 MVA. Wird das in Relation zur aktuellen Jahreshöchstlast (netto = inkl. Einspeisung) in Berlin gesetzt, sind das auf Hochspannungsebene ca. 10 Prozent Steigerung.
- Das bedeutet, dass die Belastung des Netzes bereits aus heutiger Sicht auf Ebene der Umspannwerke zu bewältigen ist. Bei gleichbleibendem Auslastungsgrad wären etwa 4 – 5 zusätzliche UWs bis 2040 notwendig.

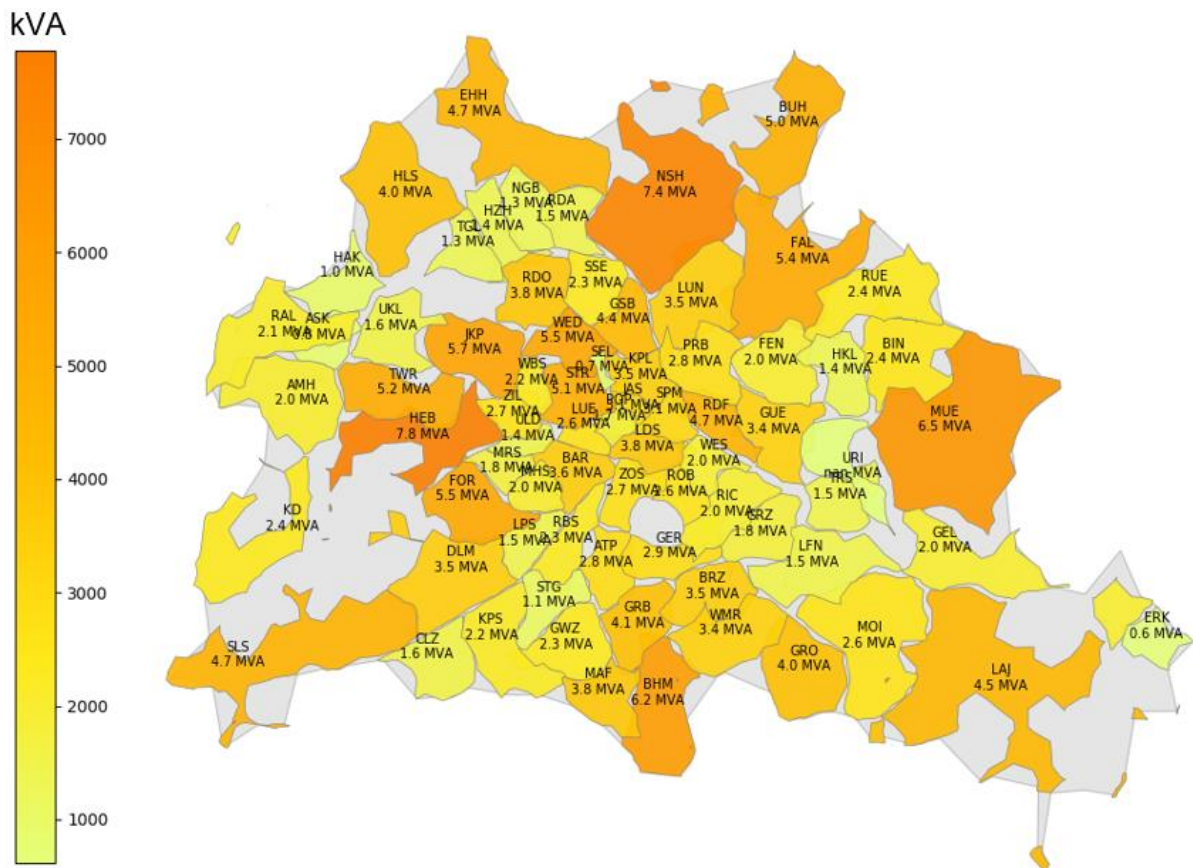


Abbildung 43: Darstellung der Lastprognose auf die Umspannwerke

Die Verteilung der Mehrbedarfe auf die Umspannwerke in Abbildung 43 lässt erkennen, dass es zu keinen konzentrierten Mehrbelastungen in einem einzigen Bezirk kommt. Beim Auftreten von „Elektromobilitäts-Hotspots“ wäre eine dynamische Anpassung des Netzes möglich, sodass die Mehrbelastungen auf umliegende UW-Gebiete verteilt werden können, bevor es zu Stromengpässen kommt.

Da sich diese Analyse auf die Ebene der HS/MS-Umspannwerke bezieht, können keine Angaben zu nachgelagerten Spannungsebenen getroffen werden. Für zukünftige Analysen können bei Bedarf höher aufgelöste Lastgänge auf Planungsraum- oder Straßenzugebene in das System integriert werden. Dies setzt voraus, dass auch die geplanten Ladepunkte georeferenziert vorliegen.

Herausforderungen und Handlungsempfehlungen

Die Analyse hat keine übermäßigen Mehrbelastungen für einzelne Umspannwerke ergeben. Dementsprechend folgt zum jetzigen Zeitpunkt kein akuter Handlungsbedarf im HS- oder MS-Netz vonseiten des Netzbetreibers aufgrund des elektrifizierten Pkw-Verkehrs. Eine Betrachtung einzelner Niederspannungsnetze ist nicht erfolgt und sollte bei zukünftigen Analysen berücksichtigt werden.

Bei einer Ausweitung der Elektrifizierung auf ÖPNV, Logistik und (Schwer-)Lastverkehre, könnten zudem lokal stärkere Belastungen entstehen. Diese mögliche Konzentration, etwa auf einzelne Depots, müsste im Vorfeld näher untersucht werden.

9.2. Anforderungen an den Öffentlichen Raum

Die hohe Flächenkonkurrenz im öffentlichen Raum schränkt das Ausbaupotenzial für Ladeinfrastruktur ein. So besteht nicht nur eine Konkurrenz zwischen Wohnraum, Erholungsflächen und dem Straßenraum, sondern auch unter den einzelnen Verkehrsträgern. Dabei ist diese Flächenkonkurrenz im urbanen Raum aufgrund des eingeschränkten Platzangebots besonders ausgeprägt. Im Straßenraum konkurrieren bereits Fußverkehr, Radverkehr und Privat-Pkw um Verkehrs- und Stellflächen entlang der Straßen. Hinzu kommen ÖPNV-Haltestellen und Ladezonen für den Wirtschaftsverkehr. Der zunehmende Ausbau von Ladeinfrastruktur kann diese Konkurrenz auf Flächen im öffentlichen Raum weiter verschärfen.

Bestrebungen einer ambitionierten Mobilitätswende, die auch den Ausbau von Fuß- und Radinfrastruktur vorsieht, führt verstärkt zum Wegfall von Pkw-Stellplätzen am Straßenrand insbesondere im übergeordneten Straßennetz. Schon jetzt ist es schwierig geeignete Standorte für die Installation von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum zu finden, an denen alle benötigten Voraussetzungen (inklusive der notwendigen Leitungsinfrastruktur) vorhanden sind.

Öffentlicher Ladebedarf in Berlin

Dennoch kann aufgrund der hohen Anzahl an Straßenrandparkenden in Berlin der Ladebedarf nicht vollständig über private Ladeinfrastruktur gedeckt werden. Dabei ist der anfallende Ladebedarf im öffentlichen Raum relativ gleichmäßig über den Tagesverlauf verteilt. Dies liegt vor allem an den ersten beiden nachfolgend erwähnten Nutzungsgruppen.

Wie bereits in Kapitel 6.1 definiert, werden die Ladepunkte im öffentlichen Raum (Use Case 4) vorrangig von drei Personengruppen mit unterschiedlichen Anforderungen genutzt:

- Einwohnende ohne eigenen Stellplatz stellen ihre Fahrzeuge nachts in der Nähe der Privatwohnung am Straßenrand ab. Bei diesem Parkverhalten ist es für diese Personen am attraktivsten, ihre Fahrzeuge über die lange Standzeit dort zu laden, sodass die Errichtung von Low-Power-Ladeinfrastruktur, z.B. in Form von Laternenladen, sinnvoll ist. Viele Stellflächen können bei gleichzeitig geringer Leistung versorgt werden.
- Einkaufende und Gäste parken meist für eher kurze Zeit für Erledigungen, Besuche oder berufliche Zwecke im öffentlichen Raum. Ladevorgänge würden hier vor allem im Sinne von „Zwischenladung“ stattfinden. Für diese Personengruppen sind auch Lademöglichkeiten der Use Cases 5 – 7 attraktiv.
- Sharing-Fahrzeuge dürfen gegenwärtig häufig nur im öffentlichen Raum abgestellt werden, um die Zugänglichkeit zu den Pkw für nachfolgende Nutzende zu gewährleisten. Dementsprechend finden momentan auch die meisten Ladevorgänge

im öffentlichen Raum statt. Dabei ist es sowohl im Sinne der Sharing- als auch Ladepunkt-Betreiber, dass die Ladedauer möglichst gering ist und beides für die nächste Person wieder zur Verfügung steht. Um den Ladebedarf der Sharing-Fahrzeuge im öffentlichen Raum zu reduzieren, wären auch Kooperationen zwischen Sharing-Firmen und Wohnungswirtschaft oder Einzelhandel denkbar. Dies würde es den Sharing-Firmen erlauben, auch im privaten oder öffentlich zugänglichen Raum (Use Case 5) zu laden.

Reduzierung des Ladebedarfs im öffentlichen Raum

Die Ergebnisse aus dem Vergleich von Szenario 2b und 3 zeigen bereits, dass eine Reduzierung der Attraktivität von Use Case 4 dazu führen kann, dass der Ladebedarf aus dem öffentlichen Raum in den öffentlich zugänglichen Raum verlagert werden kann.

Dies wird unterstützt durch eine kürzlich veröffentlichte Studie im Auftrag der NOW [33]. In dieser wurden verschiedene Szenarien näher betrachtet und folgende Rahmenbedingungen konnten den Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur in Use Case 4 reduzieren:

- Der zusätzliche Ausbau von privater Ladeinfrastruktur kann den öffentlich zugänglichen Bedarf, insbesondere im öffentlichen Straßenraum entlasten (um bis zu 9 Prozent). Maßnahmen zur Erhöhung der Auslastung der öffentlichen Ladepunkte senken den Bedarf zusätzlich.
- Eine umfassende Parkraumbewirtschaftung verringert das Stellplatzangebot im öffentlichen Straßenraum (um bis zu 42 Prozent) und verlagert den Ladebedarf mehr in den öffentlich zugänglichen Raum auf privatem Grund (Use Cases 5 bis 7).
- Der aktive Aufbau von innerstädtischen Ladehubs (Use Case 6) verringert den Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur deutlich (um bis zu 37 Prozent). Durch die HPC-Ladepunkte kann die gleiche Energiemenge in kürzerer Zeit und bei geringerem Flächenbedarf verladen werden, als bei Ladeleistungen bis zu 22 kW im öffentlichen Straßenraum.

9.3. Ableitung möglicher Ansatzpunkte öffentlicher und privater Akteure

Auf Grundlage der oben erläuterten Ladeinfrastrukturbedarfe und den sich daraus ergebenden Anforderungen an das Stromnetz und den öffentlichen Raum, lassen sich mögliche Ansatzpunkte öffentlicher und privater Akteure beim weiteren Ausbau der Ladeinfrastruktur in Berlin ableiten. Diese werden ergänzt durch die Ergebnisse der in Kapitel 4.3 beschriebenen Stakeholder-Workshops, bei denen Expertinnen und Expertinnen für die verschiedenen Use Cases beteiligt wurden.

Einbindung weiterer Stakeholder

Ein Ergebnis der Stakeholder-Workshops ist, dass es in einigen Use Cases noch einer intensiveren Betrachtung bedarf und eine engere Verzahnung der Akteure notwendig ist, um

innerhalb der Use Cases aktiv werden zu können. Hierüber herrschte bei allen Workshop-Teilnehmenden Einigkeit. Insbesondere wird als sehr wichtig eingeschätzt, im Sinne der Operationalisierung des Systems der kommunizierenden Röhren Use Case-übergreifend tätig werden zu können.

An den Gesprächen nahmen bereits Vertreterinnen und Vertreter aller Use Cases teil, dennoch wurde der Bedarf erkannt, weitere Akteure mit in die nächsten Planungsschritte zu holen. Weiterhin verhält es sich auch so, dass es zielführender sein kann, einzelne Use Cases vertiefend in Use-Case-Clustern zu behandeln, da abhängig vom behandelten Use Case unterschiedliche weitere Akteure einzubinden sind.

- ▶ Um den Bedarf des Wirtschaftsverkehrs besser abzubilden, wird empfohlen eine breiter aufgestellte Stakeholder-Gruppe einzubinden, die sich aus Interessens- und Unternehmensvertreter:innen verschiedenen Branchen zusammensetzt.
- ▶ Insbesondere in Bezug auf Use Case 3 handelt es sich bei der Gruppe der Arbeitgeber:innen um eine sehr heterogene Gruppe, die neben der gebündelten Interessensvertretung z.B. über die IHK auch weitere wirtschaftssektorspezifische Arbeitgeberrepräsentant:innen in einem möglichen Arbeitskreis bzw. Cluster abbilden müsste. Die Voraussetzungen und die Anforderungen an die Ladeinfrastruktur für Wirtschaftsverkehrsflotten und Beschäftigte variieren so stark, dass eine breitere Aufstellung sinnvoll ist.
- ▶ In Bezug auf die Errichtung von innerstädtischen Ladehubs (Use Case 6) kommt insbesondere den existierenden Tankstellen und ihren Betreiber:innen, aber auch größeren Kundenparkplätzen eine wichtige Bedeutung zu.
- ▶ Um das Energiesystem entsprechend der geplanten Ladepunkte auszubauen, wird eine Beteiligung der Netzbetreiber und Infrest e.V. (Verein zur Koordination der Baustellen von Leitungsnetzbetreibern) zunehmend wichtiger. Mit Bezug zum öffentlichen Raum stellt insbesondere eine automatisierte Leitungsabfrage eine wichtige Maßnahme dar, die den Planungs- und Genehmigungsprozess erheblich beschleunigen würde.

Die größten Herausforderungen in den Use Cases

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Stakeholder-Workshops nannten jeweils die größten Herausforderungen beim Ladeinfrastrukturausbau aus eigener Sicht. Die lassen sich wie folgt thematisch gruppiert zusammenfassen:

Aufbau und Nutzung der Ladeinfrastruktur

- ▶ Das Tempo beim Ladeinfrastrukturausbau ist über alle Use Cases hinweg noch nicht hoch genug, um mit der bald wachsenden Nachfrage Schritt halten zu können.

- ▶ Für die einzelnen Use Cases bedarf es einer Identifizierung des am besten geeigneten Geschäftsmodells zur effizienteren Nutzung von teilbaren Ladepunkten: Sowohl für den öffentlichen Raum (Use Case 4) als auch am Arbeitsplatz (Use Case 3) gibt es noch kein geeignetes Geschäftsmodell, das eine effiziente Nutzung der Ladeinfrastruktur ermöglicht. Aufgrund der langen Standzeiten (während der gesamten Arbeitszeit von acht Stunden oder über Nacht am Straßenrand) werden die Ladepunkte über die eigentliche Dauer der Ladung hinaus blockiert.
- ▶ Die Zusammenarbeit der beteiligten Akteure sollte intensiviert werden, um Planungen besser aufeinander abstimmen und beschleunigen zu können.
- ▶ Es sollten Wege gefunden werden, das Identifizieren von für den Ladeinfrastrukturaufbau notwendigen Flächen Use Case-übergreifend und Use Case-spezifisch zu verbessern.

Technisch

- ▶ Es ist wichtig, belastbarere Szenarien für den Pkw-Hochlauf abzuleiten.
- ▶ Die Wissensgrundlagen bezüglich der technischen Entwicklungen im Pkw-Bereich und den Anforderungen an zukünftige Ladepunkte sollte verbessert werden. Darauf aufbauend sollten Wege gefunden werden, dieses Wissen bei der Planung der Infrastruktur zu berücksichtigen.
- ▶ Es bedarf der Entwicklung der technischen Voraussetzungen für die Einbindung des Ladepunktes in das Energiemanagement des Einzelhandels.
- ▶ Für den beschleunigten Markthochlauf ist es wichtig, dass die Palette an verfügbaren Fahrzeugmodellen verbreitert wird.

Regulatorisch

- ▶ Das Energierecht sollte dahingehend angepasst werden, dass es unter anderem die bürokratischen Hürden für eine Nutzung von PV-Eigenstrom an den eigenen Ladepunkten erleichtert (→ Letztverbraucherbegriff).
- ▶ Für die perspektivische Planung und die Ableitung dafür benötigter Geschäftsmodelle ist es wichtig, dass der bisher unklare Begriff „öffentlicher Ladepunkt“ eindeutiger definiert wird.

Geschäftsmodelle

- ▶ Die Ansätze für zukünftige Geschäftsmodelle sollten dahingehend erweitert bzw. präzisiert werden, dass sie dem Akteur eine verlässlichere und präzisere Abschätzung des Return on Investment (RoI) erlauben.
- ▶ Die Kosten für den Ausbau der Ladeinfrastruktur schrecken viele Investierende und Privatleute ab. Das liegt neben den hohen Kosten für die Infrastruktur auch an unklaren Vorstellungen über die Ableitung der einzelnen Kostenpositionen und ihrer Höhe (der Gesamtkomplexität) sowie des mangelnden Wissens um die Ableitung des RoI.

- ▶ Für bestimmte Use Cases braucht es Blaupausen und Leitfäden, um die Komplexität des Findens eines passenden Geschäftsmodelles und das Ableiten der Folgeschritte zu vereinfachen.
- ▶ Es bedarf einer intensiveren Betrachtung wie das Parken und Laden von Sharing-Fahrzeugen in Zukunft ausgestaltet wird. Hier sollten Ansätze gefunden werden, die ein Carsharing-System befördern, dass den Zielen der Verkehrswende Rechnung trägt, den Carsharing-Betreibern aber auch mindestens einen kostendeckenden Betrieb ermöglicht.

Sonstiges

- ▶ Die kleinräumige Auswirkung des Ladens in den unterschiedlichen Use Cases auf die Belastung des Verteilnetzes sollte genauer untersucht werden, um lokale Ertüchtigungsbedarfe besser planen zu können.
- ▶ Die Ladebedarfe im Wirtschaftsverkehr insbesondere für kleinere Nutzfahrzeuge so auch KEP-Dienstleister bedürfen einer genaueren Untersuchung und der Ableitung von geeigneten Ladekonzepten und benötigter Ladeinfrastruktur.
- ▶ Die Einbindung und Schulung des für den Ladeinfrastrukturaufbau benötigten Elektroinstallationshandwerk aber auch der Tiefbauunternehmen sollte zügig angegangen werden, um bereits jetzt auftretende Know-how und Kapazitätsengpässe nicht zu einem weiteren gravierenden Flaschenhals beim Ladeinfrastrukturausbau werden zu lassen.

Möglichkeiten der weiteren Zusammenarbeit

Bei den Workshops und den Gesprächen mit den teilnehmenden Partnern wurde einstimmig der Wunsch geäußert, auf Basis der vorliegenden Analyse einen weiteren, möglicherweise intensiveren Austausch zu verstetigen. Besonders wichtig ist den Akteuren, dass ein zentraler Anlaufpunkt geschaffen wird, der den Ausbaustand in den verschiedenen Use Cases überblickt und ggf. weitere Schritte koordiniert.

Im Rahmen der Workshops wurden durch die beteiligten Akteure folgende Aktivitäten benannt, um einen verbesserten Austausch sowie eine intensivere Koordination der Einzelaktivitäten untereinander herbeizuführen:

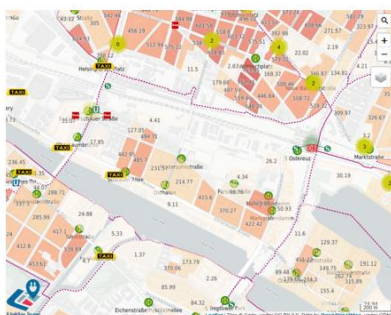
- ▶ Stakeholder-Konferenzen oder ein runder Tisch auf Leitungsebene,
- ▶ Thematische Arbeitsgruppen zur inhaltlichen Zusammenarbeit und Abstimmung,
- ▶ Übersichtliche Darstellung des Vorhabens, der Akteure und der Ergebnisse:
 - Stakeholder-Map für alle Use Cases,
 - Gemeinsamer Datenraum zur Nachverfolgung der Entwicklungen,
- ▶ Regelmäßige Reviews.

Berliner Flächenatlas zur Operationalisierung des Systems der kommunizierenden Röhren

Ein weiterer Handlungsansatz, um die Herausforderungen des weiteren Ladeinfrastrukturausbaus zu adressieren, ist ein besserer Informationsaustausch zwischen den beteiligten Akteuren – wie auch eindeutig in den Stakeholder-Workshops erkannt und beschrieben. Hierfür bedarf es technischer Lösungen, die eine schnelle, übersichtliche und teilweise automatisierte Kommunikation ermöglichen. Empfohlen wird daher die Einrichtung eines Berliner Flächenatlas⁸, wie er auch in der DIN SPEC 91433 [44] zur Ladeinfrastrukturplanung vorgesehen ist. Dieser basiert auf einer Onlineplattform, auf der Informationen interaktiv und georeferenziert geteilt werden können (siehe Abbildung 44). Dies würde eine Reihe von Vorteilen bringen:

1. Es können Informationen bereitgestellt werden, die eine Bedarfsabschätzung der notwendigen Ladeinfrastruktur sowohl für private Investoren als auch für die Verwaltung auf Landes- und Bezirksebene ermöglichen.
2. Es können existierende Bestände und Auslastungen (soweit diese geteilt werden) bereitgestellt werden.
3. Es können geplante Ladeinfrastrukturvorhaben im öffentlichen und privaten Raum koordiniert werden, um somit der Bildung von Doppelstrukturen oder unterversorgten Gebieten vorzubeugen.
4. Die Plattform kann eine Möglichkeit bieten, Flächeninhaber:innen, die bereit wären Fläche für Ladeinfrastruktur zur Verfügung zu stellen, und Ladeinfrastrukturbetreibende zusammenzubringen. Eine Kopplung mit dem Flächentool der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur wird empfohlen.⁸
5. Es können Planungs- und Genehmigungsverfahren digital und georeferenziert stattfinden, die somit im Idealfall schneller und kosteneffizienter werden.

Einwohnerdichte und
öffentliche Verkehrsmittel



Arbeitsstellen, öffentliche
Gebäude und Supermärkte



Verkehrsstärken, Parkflächen,
Tiefgaragen und
Bestandsladeinfrastruktur

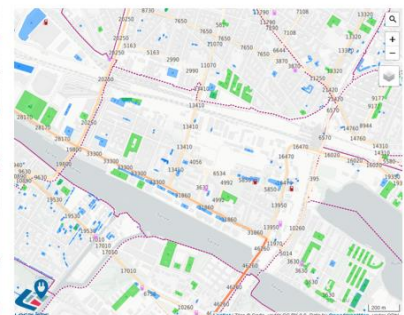


Abbildung 44: Mögliche Inhalte eines Berliner Flächenatlas

⁸ <https://flaechentool.de/>

10. Fazit und Ausblick

Um Planungsannahmen für die Weiterentwicklung der Ladeinfrastruktur in Berlin, insbesondere für den öffentlichen Raum, abzuleiten, wurde die hier vorliegende Studie „Elektromobilität in Berlin 2025+“ in Auftrag gegeben. Dabei wurden drei mögliche Szenarien zur verkehrlichen Entwicklung gebildet und als Grundlage für die jeweilige Berechnung verwendet.

Die Szenarien stellen eine Bandbreite der möglichen Entwicklungen dar. Szenario 1 ist dabei das mit der wenigsten Veränderung im Vergleich zur heutigen Situation und Szenario 3 das mit der stärksten. Die beiden Varianten des zweiten Szenarios, bilden moderate Ausprägungen der Verkehrsentwicklung zwischen diesen beiden Extremen ab. Dadurch wird ein breites Spektrum der möglichen Entwicklungen des zukünftigen Berliner Verkehrs abgedeckt. Die Studie bietet somit verschiedene Fazits mit jeweils einem Schwerpunkt auf verschiedene Antriebstechniken an, sodass Handlungsempfehlungen für jeden denkbaren Fall abgeleitet werden können.

Die drei Szenarien im Vergleich

Allen Szenarien liegt die Methodik zugrunde, dass alle Ladesituationen einem von sieben sogenannten Use Cases zugeordnet werden. Der Anteil der sieben Use Cases an der Gesamtzahl der Lademöglichkeiten variiert im Ergebnis von Szenario zu Szenario.

Szenario 1: Business as usual

Annahme: Der Rate der aktuellen Zulassungszahlen folgend findet eine starke Elektrifizierung des Fahrzeugbestands mit Fokus auf Plug-In-Hybriden statt. Das Mobilitätsverhalten orientiert sich am heutigen Status quo.

Planungsannahme für die Weiterentwicklung des öffentlichen Ladens: Für den öffentlichen Raum (Use Case 4) im Land Berlin wurde für das Jahr 2040 ermittelt, dass dort circa 31 Prozent der Energiemenge geladen werden und ein Bedarf von 63.000 bis 130.000 Ladepunkten entstände. Dieser ist jedoch unter anderem von den Aufbauzahlen in den anderen Use Cases abhängig. Im gesamten öffentlich zugänglichen Raum (Use Cases 4 bis 7) besteht ein Bedarf an 67.000 bis 157.000 Ladepunkten.

Szenario 2: Energiewende im Verkehr

Annahme: Der Rate der aktuellen Zulassungszahlen folgend findet eine starke Elektrifizierung mit 2a) Verbreitung von sowohl Wasserstoff- als auch batterieelektrischen Fahrzeugen oder 2b) starkem Fokus auf rein batterieelektrischen Fahrzeugen statt. Das Mobilitätsverhalten orientiert sich in beiden Fällen am heutigen Status quo.

Planungsannahme für die Weiterentwicklung des öffentlichen Ladens: Der Hauptanteil des Ladebedarfs liegt mit rund 26 Prozent der Energiemenge im Use Case 4 (öffentlicher

Straßenraum) und mit 30 Prozent am Arbeitsplatz. Der resultierende Ladeinfrastrukturbedarf liegt 2a) bei einem Fokus auf Wasserstoff bis 2040 bei mindestens 44.000 bis 119.000 Ladepunkten, 2b) bei einem Fokus auf batterieelektrische Fahrzeuge bei mindestens 49.000 bis 131.000 Ladepunkte im öffentlichen Raum schaffen.

Auch hier sind die resultierenden Bedarfe unter anderem von den Aufbauzahlen in den anderen Use Cases abhängig. Eine weitere Erkenntnis besteht darin, dass durch eine alternative Antriebstechnologie wie Wasserstofffahrzeuge der Bedarf an Ladepunkten im öffentlich zugänglichen Raum signifikant um bis zu 10 Prozent verringert werden kann.

Szenario 3: Ambitionierte Verkehrswende

Annahme: Neben der starken Verbreitung rein batterieelektrischer Fahrzeuge findet nun zusätzlich eine Änderung des Mobilitätsverhaltens statt, die den Anteil von Pkw am Gesamtverkehrsaufkommen reduziert.

Planungsannahme für die Weiterentwicklung des öffentlichen Ladens: Der Hauptanteil des Ladebedarfs liegt mit rund 38 Prozent der Energiemenge bei den Use Cases 5 bis 7 (Kundenparkplätze und Ladehubs innerorts und an Verkehrsachsen) im öffentlich zugänglichen Raum auf privatem Grund und mit 38 Prozent am Arbeitsplatz in Use Case 3. Der resultierende Bedarf im öffentlichen Raum liegt zwischen 14.000 und 37.000 Ladepunkten.

Da in diesem Szenario der Einsatz des stationsbasierten Carsharings in die Betrachtung mit einfließt, sind zusätzlich circa 4.000 Ladepunkte für das Carsharing innerhalb der Use Cases zu verorten. Da die Ladepunkte nicht unbedingt allen Fahrzeughalter:innen zur Verfügung stehen, fallen sie nicht direkt unter den Use Case 4. Gegebenenfalls ist hier ein eigener Use Case zu definieren, der die Anforderungen des Sharings abdeckt. Die Ladepunkte können sowohl im öffentlichen als auch öffentlich zugänglichen Raum auf privatem Grund stationiert sein.

Weiterhin bleibt festzuhalten, dass eine noch stärkere Verringerung des Pkw-Bestandes wie in der Sensitivitätsanalyse angenommen sich in deutlich geringeren Ladeinfrastrukturbedarfen niederschlagen würde. So zöge eine Reduktion des Pkw-Bestandes um 16,9 Prozent zu einem geringeren Bedarf an Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum von überschläglich 16,4 Prozent nach sich.

Gesamtfazit:

- ▶ In Abhängigkeit von der Entwicklung des motorisierten Verkehrs und der Art der Elektrifizierung des Pkw-Verkehrs werden in Berlin bis zum Jahr 2040 zwischen 435.000 und 802.000 Ladepunkte sowohl im privaten als auch im öffentlichen Raum benötigt.
- ▶ Auf den öffentlich zugänglichen Raum (öffentlicher Raum und öffentlich zugänglicher Raum auf privatem Grund) entfallen zwischen 4 und 22 Prozent der Ladepunkte.
- ▶ Da die Bandbreiten in den Szenarien sehr groß sind und es viele Abhängigkeiten gibt, kann ein Entwicklungspfad für nur „einen Raum“ nicht festgelegt werden. Es bedarf weiterer Analysen auf feineräumlicher Ebene, um die Potenziale und Restriktionen besser zu kennen, sowie eine laufende Abstimmung zwischen den Räumen und Use Cases, um den Bedarf an Ladeinfrastruktur decken zu können.
- ▶ Die Gesamtzahl benötigter Ladepunkte lässt sich zudem durch alternative Antriebstechnologien (z.B. Wasserstoff) sowie einer Verringerung des Fahrzeugbestandes signifikant senken.
- ▶ In fast allen Use Cases lässt sich durch eine bessere Auslastung der Ladepunkte ihre benötigte Anzahl signifikant reduzieren.
- ▶ Die Errichtung von Schnellladepunkten, sogenannten Lade Hubs, auf öffentlich-zugänglichem privaten Grund (z.B. an Tankstellen), kann den Bedarf für Ladeinfrastruktur auf anderen öffentlich zugänglichen Flächen deutlich verringern.
- ▶ Für einen ganzheitlichen Ansatz des Ladeinfrastrukturausbaus ist eine enge Abstimmung der beteiligten Akteure notwendig. Hierfür müssen Formate und technische Mittel weiter verbessert werden, um das System der kommunizierenden Röhren besser operationalisieren zu können. Das bedeutet, dass
 - Planungen zwischen den Akteuren besser koordiniert und ggf. innovative technische Methoden zur Standortsuche weiterentwickelt werden,
 - die interoperable Nutzung der bestehenden Ladeinfrastruktur z.B. durch eine verbesserte Information der Nutzenden über Ladeoptionen und -konditionen im Stadtgebiet gestärkt wird,
 - Akteure wie Arbeitgeber:innen und Wohnungswirtschaft dabei unterstützt werden müssen, geeignete skalierbare Ansätze für die Schaffung von Ladeinfrastruktur auf ihren Flächen zu entwickeln,
 - eine für die Akteure klarere Benennung von Ansprechpartner:innen für ihre Belange erkennbar ist,
 - eine noch engere Abstimmung der verwaltungsseitigen Akteure Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Eigene Betriebe sowie der Berliner Agentur für Elektromobilität stattfindet.

Auswertung und Empfehlung

Die Szenarien 1 und 2, welche von einem unveränderten Mobilitätsverhalten ausgehen und nur im Anteil und Art der E-Fahrzeuge variieren, sind hinsichtlich der resultierenden Bedarfe sehr ähnlich. Hier wird der Fokus der Ladesituationen auf den Use Cases 1, 2, 3 und 4 liegen, also dem regelmäßigen Aufladen direkt an der Wohnung (unabhängig davon ob ein privater Stellplatz zur Verfügung steht oder nicht) oder am Arbeitsplatz mit geringen Leistungen über mehrere Stunden. Es wird zudem davon ausgegangen, dass die Menschen immer dort, wo sie sich sowieso gerade aufhalten ihr Fahrzeug laden und dass ihre Aufenthaltsdauer die Ladedauer bestimmt.

Im Szenario 3 dagegen, das zusätzlich von einer Veränderung des Mobilitätsverhaltens zugunsten des ÖPNV, Rad- und Fußverkehrs ausgeht, wird das Laden im öffentlich zugänglichen Raum auf privatem Grund eine große Rolle spielen, also die Use Cases 5, 6 und 7. Aufgrund der Maßnahmen zur Steigerung des Umweltverbundes wird der öffentlich zugängliche Raum auf privatem Grund attraktiver. Allerdings ist diese Entwicklung, wie sie das Szenario 3 unterstellt, nur dann realistisch, wenn das Mobilitätsverhalten der Menschen durch planerische Maßnahmen und technische Entwicklungen tatsächlich verändert wird.

In allen drei Szenarios, gehen die Entwicklungen mit einem steigenden Ladebedarf einher, auch im öffentlichen Straßenland – unabhängig davon, dass der Fokus insgesamt nicht auf dem Laden am Straßenrand liegen wird. Aufgrund der vergleichsweise geringen Potenziale zur Schaffung privater Ladepunkte (Stellplatzverfügbarkeit von 37 Prozent am Wohnort) ist ein Ausbau der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum in jedem Fall notwendig, um insbesondere den vielen Personen, die in Mietwohnungen ohne privaten Privatstellplatz leben, und dem daraus resultierenden Bedarf an Ladeinfrastruktur, Rechnung zu tragen.

Für eine beschleunigte Umsetzung der Antriebswende und das Erreichen des Ziels der Klimaneutralität ist es notwendig, auch weiterhin und stärker als bisher im öffentlichen Raum Ladeinfrastruktur zu errichten. Der jährliche mittlere Ausbaupfad sollte sich dabei mindestens an dem für 2040 errechneten minimalen Bedarf von 14.000 Ladepunkten im öffentlichen Straßenraum orientieren. Eine Anpassung nach oben bzw. nach unten sollte durch eine regelmäßige Anpassung der Planungsannahmen erfolgen.

Dies ist notwendig, da der Ladeinfrastrukturmarkt, technische Voraussetzungen (insbesondere fahrzeugseitig) aber auch Rahmenvorgaben auf europäischer sowie nationaler Ebene sich gerade erst herausbilden bzw. noch einem dynamischen Wandel unterliegen. Weiterhin ist davon auszugehen, dass die weitere vertiefende wissenschaftliche Durchdringung des Themenkomplexes sowie umfangreichere Erfahrungen in Zukunft genauere Vorhersagen ermöglichen.

Während die dargestellten Akteure ihre eigenen Use Cases zunehmend intensiver bespielen, im öffentlichen Raum z.B. nun auch schon eine erste Phase der Schaffung von Ladeinfrastruktur abgeschlossen wurde, konnte herausgearbeitet werden, dass in Zukunft die

akteursübergreifende Koordination des Ladeinfrastrukturaufbaus bzw. der Austausch von Informationen zwischen den Akteuren intensiviert und vereinfacht werden muss. Hierbei ist es an den zuständigen Senatsverwaltungen bzw. nachgeordneten oder durch diese beauftragte Stellen, die derzeit laufenden Abstimmungsformate und Informationsbereitstellungsmöglichkeiten noch effektiver zu gestalten und zu erweitern. Hierbei ist es sicherlich zielführend, die für die jeweiligen Use Cases wichtigsten Akteure gezielt bei der Schaffung von Ladeinfrastruktur und der notwendigen Voraussetzungen zu unterstützen und die relevanten Ergebnisse auch den anderen Use Case Akteuren zugänglich zu machen.

Eine Maßnahme könnte zum Beispiel auch in der DIN SPEC 91433 zur Ladeinfrastrukturplanung vorgesehene Schaffung eines Flächenatlas sein.

Ein Schlüsselprinzip beim Ladeinfrastrukturausbau ist, dass sich die verschiedenen Use Cases grundsätzlich untereinander beeinflussen, vergleichbar mit dem Prinzip der kommunizierenden Röhren aus der Physik. Übertragen auf den Ladeinfrastrukturausbau bedeutet das: Wenn in einem Use Case zu wenig Ladepunkte aufgebaut werden, werden alle anderen Use Cases überproportional viele aufbauen müssen, um den Ladebedarf zu decken. Aus diesem Schlüsselprinzip folgt, dass eine Abstimmung der verschiedenen Akteure untereinander unerlässlich ist, um eine sinnvolle und effiziente Verteilung von Ladepunkten zu erreichen. Dies wurde auch in den Stakeholder-Workshops durch die beteiligten Akteure erkannt und geäußert, die sich mehr Orientierung und Zusammenarbeit wünschen

Empfehlung:

Es bietet sich an, einen zentralen Anlaufpunkt zur Koordination des Ladeinfrastrukturaufbaus aufseiten des Landes Berlin einzurichten. Diese sollte einen Berliner Flächenatlas wie in der DIN SPEC 91433 zur Ladeinfrastrukturplanung vorgesehen entwickeln und zur Planung der Ladepunkte nutzen.

Ausblick

In der vorliegenden Studie wurde die Entwicklung des Pkw-Verkehrs in Berlin betrachtet und in den drei verschiedenen Szenarien Annahmen für den zukünftigen Bestand und die Zusammensetzung der Pkw-Flotte getroffen. Dabei wurden ausdrücklich nur Pkw (sowohl private und gewerbliche als auch Sharing-Fahrzeuge) betrachtet und keine Lkw, Sonderfahrzeuge, Busse oder Logistikfahrzeuge. Durch die Berechnungen und Darstellung der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Lade-Use-Cases und Ladebedarfen ist deutlich geworden, dass es in einigen Use Cases noch einer intensiveren Betrachtung bedarf. Insbesondere für den Wirtschaftsverkehr, der auch die Ver- und Entsorgung einschließt, müssen Netzversorgung und Ladebedarfe zuverlässig und finanzierbar sein. Deshalb sollte im nächsten

Schritt eine weiterführende Analyse durchgeführt werden, die den Wirtschaftsverkehr einschließt. Ein weiterer Baustein und ggf. „neuer“ Use Case stellt das stationsbasierte Carsharing dar. Diese Ladepunkte können verschiedenen Räumen zugeordnet werden, so sind etwa Ladepunkte auf öffentlichem oder privatem Grund nicht immer öffentlich zugänglich, weshalb es hier einer genaueren Ausdifferenzierung und Befassung mit der Thematik bedarf.

11. Literaturverzeichnis

- [1] Kraftfahrt-Bundesamt, „FZ 27.6 Bestand an Personenkraftwagen nach Bundesländern, Haltergruppen und Kraftstoffarten,“ 1 Januar 2021. [Online].
- [2] „Energieatlas Berlin,“ [Online]. Available: <https://energieatlas.berlin.de/>. [Zugriff am 15 März 2021].
- [3] Europäische Union, „RICHTLINIE 2014/94/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe,“ 2014.
- [4] infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH, Mobilität in Deutschland. Tabellarische Grundausswertung. Verkehrsaufkommen – Struktur – Trends, Bonn: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2018.
- [5] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Mobilität in Berlin. Bilanz zum Personenverkehr in der Stadt (SrV 2008), Berlin.
- [6] Technische Universität Dresden. Lehrstuhl Verkehrs- und Infrastrukturplanung, Tabellenbericht zum Forschungsprojekt "Mobilität in Städten - SrV 2013" in Berlin, Dresden: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, 2014.
- [7] Technische Universität Dresden. Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik, Tabellenbericht zum Forschungsprojekt "Mobilität in Städten - SrV 2018" in Berlin, Dresden: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019.
- [8] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, Stadtentwicklungsplan Verkehr Berlin, Berlin, 2011.
- [9] Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Nahverkehrsplan Berlin 2019–2023, Berlin: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2020.
- [10] VBB Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH, „i2030. Mehr Schiene für Berlin und Brandenburg,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.i2030.de/>. [Zugriff am 14 12 2020].
- [11] Transport for London, Central London Congestion Charging. Impacts monitoring. Fifth Annual Report, London: Transport for London, 2007.
- [12] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, „Bevölkerungsprognose 2018-2030. Information der Senatsverwaltung per Mail,“ Berlin, 2020.
- [13] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Vorausberechneter Bevölkerungsstand: Bundesländer, Stichtag, Varianten der Bevölkerungsvorausberechnung,“ 14 12 2020. [Online]. Available: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=previous&levelindex=1&step=1&titel=Erg%20ergebnis&levelid=1607955681988&acceptcookies=false#breadcrumb>. [Zugriff am 14 12 2020].
- [14] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), „DLR-Befragung: Wie verändert Corona unsere Mobilität? Verkehrsmittelnutzung, Einkaufs-, Arbeits- und Reiseverhalten,“ 05 05 2020. [Online]. Available: <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/news/dlr-befragung-wie-veraendert-corona-unsere-mobilitaet>. [Zugriff am 11 05 2020].
- [15] Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club Berlin e.V. (ADFC), „PopUp BikeLanes: Mehr Platz für Radfahrende und zu Fuß Gehende jetzt,“ 16 05 2020. [Online]. Available: <https://adfc-berlin.de/radverkehr/infrastruktur-und-politik/834-mehr-platz-fuer-radfahrende-und-zu-fuss-gehende-jetzt.html>. [Zugriff am 20 05 2020].

- [16] Norddeutscher Rundfunk, „Zahl der Fahrgäste steigt wieder,“ 02.06.2020. [Online]. Available: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/bahn-fahrgastzahlen-105.html>. [Zugriff am 08.06.2020].
- [17] Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030 (BEK 2030). Konsolidierte Fassung., Berlin: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2016.
- [18] Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Mobilität der Stadt. Berliner Verkehr in Zahlen 2017, Berlin: Mobilität der Stadt. Berliner Verkehr in Zahlen 2017, 2017.
- [19] Technische Universität Dresden. Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik, Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018“ in Berlin (Steglitz-Zehlendorf), Dresden: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019.
- [20] Technische Universität Dresden. Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik, Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018“ in Berlin (Reinickendorf), Dresden: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019.
- [21] Technische Universität Dresden. Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik, Tabellenbericht zum Forschungsprojekt "Mobilität in Städten - SrV 2018" in Berlin (Pankow), Dresden: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019.
- [22] Technische Universität Dresden. Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik, Tabellenbericht zum Forschungsprojekt "Mobilität in Städten - SrV 2018" in Berlin (Mitte), Dresden: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019.
- [23] Technische Universität Dresden. Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik, Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018“ in Berlin (Friedrichshain-Kreuzberg), Dresden: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019.
- [24] Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, „In Berlin angemeldete Fahrzeuge (ohne Außerbetriebsetzungen und ohne Anhänger) nach Planungsräumen,“ Berlin, 2019.
- [25] Bundesverband CarSharing e.V., „CarSharing in Deutschland 2020,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-fact-sheets/verkehrsentlastung-durch-carsharing>.
- [26] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, „Unternehmensregister LOR in Berlin,“ Berlin, 2017.
- [27] Bundesagentur für Arbeit, „Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Wohnort,“ Berlin, 2019.
- [28] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, „Visit Berlin,“ 11.06.2020. [Online]. Available: <https://about.visitberlin.de/materialien/toolkit/tourismus-statistiken>.
- [29] IHK Berlin; Handwerkskammer Berlin, Berliner Wirtschaft in Zahlen. Ausgabe 2016, Berlin: IHK Berlin; Handwerkskammer Berlin, 2016.
- [30] W.-H. Arndt, N. Döge und S. Marker, Elektrifizierungspotential kommerzieller Kraftfahrzeug-Flotten im Wirtschaftsverkehr als dezentrale Energie-Ressource in städtischen Verteilnetzen – komDRIVE, Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, 2016.
- [31] WVI Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH, Mobilitätsstudie "Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010" (KiD 2010) - Ergebnisse im

- Überblick, Braunschweig: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2012.
- [32] Nationale Plattform Zukunft der Mobilität Arbeitsgruppe 5 "Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung", „Bedarfsgerechte und wirtschaftliche öffentliche Ladeinfrastruktur,“ Berlin, 2020.
 - [33] Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW), „Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf,“ 2020.
 - [34] D. C. GmbH, „Elektromobilität in Deutschland - Marktentwicklung bis 2030 und Handlungsempfehlungen,“ 2020.
 - [35] Öko-Institut e.V., i. A. IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung, Ö.-I. e.V., Deutsches Luft- und Raumfahrt-zentrum - Institut f. IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung und infras AG, „Endbericht RENEWABILITY III - Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors,“ Berlin, 2016.
 - [36] P. Gerbert, P. Herhold, J. Burchardt, S. Schönberger, F. Rechenmacher, A. Kirchner, A. Kemmler und M. Wunsch, „Klimapfade für Deutschland,“ 2018.
 - [37] T. Bründlinger, J. König, O. Frank, D. Gründig, C. Jugel, P. Kraft, O. Krieger, S. Mischinger, P. Prein, H. Seidl, S. Siegemund, C. Stolte, M. Teichmann, J. Wilke und M. Wolke, „dena-Leitstudie Integrierte Energiewende,“ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin, 2018.
 - [38] Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, „Bund-Länder Demographie-Portal,“ [Online]. Available: <https://www.demografie-portal.de/DE/Fakten/bevoelkerungszahl.html?nn=676784>.
 - [39] P. Plötz, C. Moll, G. Bieker, P. Mock und Y. Li, „Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles - Fuel consumption, electric driving, and CO2 emissions,“ 2020.
 - [40] ADAC e.V., „Plug-in-Hybrid: Mogelpackung oder Umweltfreund?,“ ADAC Presse.
 - [41] C. Nobis und T. Kuhnimhof, „MID2017 – Mobilität in Deutschland,“ i.A. BMVI, Bonn, Berlin, 2018.
 - [42] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, „Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestandes in Berlin am 31. Dezember 2016,“ 2016.
 - [43] DIN SPEC 91433, „Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung,“ 2020.
 - [44] D. Bosserhoff, „Abschätzung des Verkehrsaufkommens durch Vorhaben der Bauleitungsplanung mit der Software Ver_Bau,“ 2017.
 - [45] „Statistik Berlin Brandenburg: Schulstatistik 2018/19“.
 - [46] Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), „Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015,“ Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO), Berlin, 2015.
 - [47] Tagesschau, „Zahl der Fahrgäste steigt wieder,“ 2 Juni 2020.
 - [48] Reiner-Lemoine-Institut gGmbH (RLI), „E-MetroBus,“ [Online]. Available: <https://reiner-lemoine-institut.de/e-metrobus/>. [Zugriff am 19 März 2021].
 - [49] Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, *Gesetz zur Bevorrechtigung des Carsharing (Carsharinggesetz - CsgG)*, 2020.
 - [50] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Stadtentwicklungsplan Verkehr Berlin, Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2011.

- [51] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Mobilität in Deutschland. Tabellarische Grundausswertung. Verkehrsaufkommen - Struktur - Trends, Bonn: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2018.

12. Anhang

12.1. Aufbereitung der Daten – Zweige des Personenwirtschaftsverkehrs

Die untenstehenden Zahlen aus Tabelle 23 stellen die mittlere zu erwartende Anzahl von Kund:innen und Nutzenden je Beschäftigte:n für die unterschiedlichen Wirtschaftssektoren dar. Grundlage für diese Berechnung sind Mittelwerte der Kennzahlen aus der Software Ver_Bau. [45]. Diese Werte wurden zur Abschätzung des Verkehrsaufkommens durch Kund:innen und Nutzende an den jeweiligen Wirtschaftsstandorten (siehe Unternehmensregister) verwendet.

Wirtschaftszweig	Basierend auf Werten zu	2019	2025	2040
A	Produktionssektor	0,51	0,51	0,51
B	Produktionssektor	0,51	0,51	0,51
C	Produktionssektor	0,51	0,51	0,51
D	Produktionssektor	0,51	0,51	0,51
E	Produktionssektor	0,51	0,51	0,51
F	Produktionssektor	0,51	0,51	0,51
G	Einzelhandel, Großhandel, Apotheken	25,10	25,10	25,10
H	Lager, Transport	0,28	0,28	0,28
I	Hotels, Restaurants	38,25	38,25	38,25
J	Unternehmensorientierte Dienstleistung	0,23	0,23	0,23
K	Versicherungen, Banken	18,75	18,75	18,75
L	Dienstleistung Büro	0,63	0,63	0,63
M	Dienstleistung Büro	0,63	0,63	0,63
N	Dienstleistung Büro	0,63	0,63	0,63
O	Kommunale Verwaltung, Gericht, Finanzamt	11,30	11,30	11,30
P [45]	Kindergärten, Schulen, Universitäten	14,74	14,74	14,74
Q	Arztpraxen, Therapeutische Einrichtungen	21,5	21,5	21,5
R	Freizeiteinrichtung, Bücherei	62,5	62,5	62,5
S	Dienstleistung Büro, Kosmetik, Friseur, Rechtsberatung etc.	12,5	12,5	12,5
T	Dienstleistung Büro	0,23	0,23	0,23
U	Dienstleistung Büro	0,23	0,23	0,23

Tabelle 23: Berechnete Mittelwerte Kund:innen/Nutzende pro Beschäftigte:n (Input-Daten zur Berechnung Kund:innen- und Nutzendenverkehr)

Wirtschaftszweig	Fahrzeugleistung Stadt Wirtschaftsverkehr in km/Tag	Fahrzeugleistung Stadt Privatverkehr (mit gewerblichen Pkw) in km/Tag	Fahrzeugleistung gesamt in km/Tag
B	49,21	16,44	65,65
C	49,09	16,3	65,39
D	31,81	11,68	43,49
E	63,96	7,71	71,67
F	34,85	10,33	45,18
G	42,13	9,48	51,61
H	79,39	4,65	84,04
I	20,15	18,93	39,08
J	37,24	11,39	48,63
K	28,54	26,3	54,84
L	31,76	2,26	34,02
M	50,07	25,19	75,26
N	42,13	14,55	56,68
P	46,99	5,91	52,9
Q	32,16	9,17	41,33
R	28	5,93	33,93
S	41,7	12,01	53,71

Tabelle 24: Fahrleistung der einzelnen Wirtschaftszweige

Jahr	Motorisierungsgrad (nur private Pkw)	Motorisierungsgrad (alle Pkw)
2019	286	320
2020	286	320
2021	284	320
2022	283	319
2023	282	318
2024	280	318
2025	279	318
2026	278	318
2027	278	318
2028	277	318
2029	277	319
2030	277	320
2031	282	327
2032	282	328
2033	281	328
2034	281	328
2035	280	329
2036	279	329
2037	279	330
2038	278	330
2039	278	330
2040	277	330

Tabelle 25: Berechneter Motorisierungsgrad (private/alle Pkw pro 1000 Einwohnende) in Szenario 3 für die Jahre 2019 bis 2040

12.2. Ergebnis-Darstellung

Ladepunkte

2025	Use Cases							SUMME
	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6	UC7	
	Eigenheim	Wohnanlage	Arbeit	Öff. Raum	Kundenparkplatz	Ladehub	Autohof	
#1 Referenzszenario: Business as Usual								
obere Variante	5.800	4.600	7.700	8.100	1.300	200	400	28.100
mittlere Variante	5.800	4.600	7.400	6.700	1.100	300	400	26.300
untere Variante	5.800	4.600	6.800	4.800	200	200	100	22.500
#2 Energiewende im Verkehr - Fokus H2								
obere Variante	5.700	4.500	7.900	8.500	1.400	300	400	28.700
mittlere Variante	5.700	4.500	7.800	6.900	1.200	300	400	26.800
untere Variante	5.700	4.500	7.200	5.200	300	200	100	23.200
#2b Energiewende im Verkehr - ambitioniert (Fokus BEV)								
obere Variante	5.800	4.600	8.000	8.500	1.400	300	400	29.000
mittlere Variante	5.800	4.600	8.000	6.900	1.200	300	400	27.200
untere Variante	5.800	4.600	7.000	5.200	300	200	100	23.200
#3 Verkehrswende - Änderung des Mobilitätsverhaltens								
obere Variante	5.600	4.400	8.000	7.400	1.400	300	400	27.500
mittlere Variante	5.700	4.300	7.900	6.100	1.200	300	400	25.900
untere Variante	5.700	4.300	7.500	4.600	300	300	100	22.800

Tabelle 26: Zusammenfassung der Ergebnisse: Zahl benötigter Ladepunkte über alle Use Cases je Szenario und Variante für 2025 (hinzu kommen in Szenario 3 Verkehrswende rund 2.800 Ladepunkte für Carsharing-Fahrzeuge)

2040	Use Cases							
	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6	UC7	SUMME
	Eigenheim	Wohnanlage	Arbeit	Öff. Raum	Kundenparkplatz	Ladehub	Autohof	
#1 Referenzszenario: Business as Usual								
obere Variante	145.000	198.000	213.000	130.000	22.000	2.000	3.000	713.000
mittlere Variante	145.000	198.000	212.000	109.000	19.000	3.000	3.000	689.000
untere Variante	145.000	198.000	89.000	63.000	2.000	1.000	1.000	499.000
#2 Energiewende im Verkehr - Fokus H2								
obere Variante	130.000	178.000	261.000	119.000	18.000	4.000	4.000	714.000
mittlere Variante	130.000	178.000	261.000	85.000	13.000	5.000	4.000	676.000
untere Variante	130.000	178.000	78.000	44.000	2.000	2.000	1.000	435.000
#2b Energiewende im Verkehr - ambitioniert (Fokus BEV)								
obere Variante	146.000	197.000	298.000	131.000	20.000	5.000	5.000	802.000
mittlere Variante	145.000	197.000	299.000	91.000	14.000	5.000	5.000	756.000
untere Variante	145.000	197.000	92.000	49.000	2.000	2.000	1.000	488.000
#3 Verkehrswende - Änderung des Mobilitätsverhaltens								
obere Variante	140.000	191.000	295.000	37.000	28.000	7.000	5.000	703.000
mittlere Variante	140.000	190.000	296.000	25.000	18.000	8.000	5.000	682.000
untere Variante	140.000	190.000	95.000	14.000	2.000	2.000	1.000	444.000

Tabelle 27: Zusammenfassung der Ergebnisse: Zahl benötigter Ladepunkte über alle Use Cases je Szenario und Variante für 2040 (hinzu kommen in Szenario 3 Verkehrswende rund 4.000 Ladepunkte für Carsharing-Fahrzeuge)

Energiemenge

	Use Cases							SUMME in kWh
	UC1 Eigenheim	UC2 Wohnanlage	UC3 Arbeit	UC4 Öff. Raum	UC5 Kunden- parkplatz	UC6 Ladehub	UC7 Autohof	
#1 Referenzszenario: Business as Usual								
2025	3%	2%	29%	31%	8%	17%	10%	396.307
2040	7%	10%	29%	31%	7%	9%	8%	4.959.331
#2 Energiewende im Verkehr - Fokus H2								
2025	3%	2%	29%	31%	8%	17%	10%	433.557
2040	6%	9%	30%	26%	5%	14%	10%	4.777.272
#2b Energiewende im Verkehr - ambitioniert (Fokus BEV)								
2025	3%	2%	29%	30%	8%	17%	10%	446.085
2040	6%	9%	31%	25%	5%	14%	10%	5.531.448
#3 Verkehrswende - Änderung des Mobilitätsverhaltens								
2025	3%	2%	30%	28%	8%	18%	11%	433.739
2040	6%	9%	38%	8%	7%	21%	10%	4.688.399

Tabelle 28: Zusammenfassung der Ergebnisse: Verteilung der Energiemenge über alle Use Cases je Szenario für 2025 und 2040