

Konzept zum Aufbau öffentlicher E-Ladeinfrastruktur in der Landeshauptstadt Wiesbaden



Auftraggeber

Landeshauptstadt Wiesbaden

vertreten durch den Magistrat
dieser vertreten durch das Tiefbau- und Vermessungsamt
Gustav-Stresemann-Ring 15
65189 Wiesbaden

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Verfasser

Drees & Sommer SE
Standort Frankfurt – Rhein-Main
Schmidtstraße 51
60326 Frankfurt am Main

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Projekt hintergrund	6
2 Projektziele.....	7
3 Sachlage Elektromobilität in Wiesbaden	8
3.1 Grundlagen	8
3.2 Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur	10
3.3 Elektrofahrzeuge in Wiesbaden.....	11
3.4 Deutschlandnetz	12
4 Nutzergruppen und Ladeszenarien	14
4.1 Nutzergruppen.....	14
4.2 Ladeszenarien und Energiemenge.....	15
4.3 Öffentliche Ladepunkten im Verhältnis zu privater LIS	19
5 Bedarfsermittlung öffentliche Ladeinfrastruktur bis 2030.....	20
5.1 Prognose Entwicklung E-Pkw bis 2030	21
5.1.1 Prognose Fahrzeugbestand Wiesbaden bis 2030	21
5.1.2 Prognose Markthochlauf E-Pkw Wiesbaden bis 2030	22
5.2 Prognose Energiebedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur bis 2030	27
5.2.1 Prognose Ladevorgänge im öffentlichen Raum.....	27
5.2.2 Prognose des täglichen Strombedarfs für öffentliche Ladpunkte	30
5.3 Prognose öffentliche Ladepunkte.....	31
5.4 Einordnung der Prognoseergebnisse.....	32
5.4.1 Anzahl der E-Pkw im Jahr 2030.....	32
5.4.2 Anzahl der Ladevorgänge im Verlauf des Prognosezeitraums	32
5.4.3 Anzahl der Ladepunkte im öffentlichen Raum	32
5.5 Priorisierung der Planungsräume	33
6 Technisches Konzept zum Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur.....	35
6.1 Gesetzliche Anforderungen	36
6.1.1 Ladesäulenverordnung	36
6.1.2 Gesetz zum Aufbau einer Lade- und Leitungsinfrastruktur (GEIG).....	37
6.2 Ladetechnologien und Marktüberblick.....	38
6.2.1 Ladetechnologien.....	38
6.2.2 Anforderungen an öffentliche Ladeinfrastruktur	39
6.2.3 Normalladevorgänge bis 22 kW (AC)	40
6.2.4 Schnellladevorgänge ab 50 bis 150 kW (DC)	41
6.3 Brandschutz sowie Blitz- und Überspannungsschutz	44
6.4 Ladeplätze	46
6.4.1 Formen, Anordnung und Ausstattung von Ladestationen und -plätzen	46
6.4.2 Größe von Ladeplätzen	47

6.4.3	Dynamische Beschilderung	48
6.5	Netzinfrastruktur	49
6.5.1	Stromversorgung über Trafostation	49
6.5.2	Verteiler und Zählkonzept	51
6.5.3	Kommunikation der Ladestationen	53
6.5.4	Lastmanagement	54
6.6	Konzepte zur Vorbuchung und Reservierung von Ladeinfrastruktur	56
6.7	Batteriespeicher und Photovoltaik	58
6.8	Bidirektionalität – Vehicle-to-Grid (V2G).....	62
7	Musterstandorte.....	65
7.1	Musterstandort 1: Parkhaus (Innenstadt)	65
7.1.1	Standortbeschreibung	65
7.1.2	Ladebedarf	66
7.1.3	Grobkostenindikation	68
7.1.4	Technische Anforderungen.....	69
7.1.5	Bauliche Anforderungen	70
7.2	Musterstandort 2: Parkhaus (Quartiersgarage).....	71
7.2.1	Standortbeschreibung	71
7.2.2	Ladebedarf	71
7.2.3	Grobkostenindikation	73
7.2.4	Technische Anforderungen.....	74
7.2.5	Bauliche Anforderungen	75
7.3	Musterstandort 3: Park-and-Ride-Parkplatz.....	76
7.3.1	Standortbeschreibung	76
7.3.2	Ladebedarf	77
7.3.3	Grobkostenindikation	79
7.3.4	Technische Anforderungen.....	79
7.3.5	Bauliche Anforderungen	80
7.4	Musterstandort 4: Lade-Hub innerorts.....	82
7.4.1	Standortbeschreibung	82
7.4.2	Ladebedarf	83
7.4.3	Grobkostenindikation	84
7.4.4	Technische Anforderungen.....	85
7.4.5	Bauliche Anforderungen	86
7.5	Musterstandort 5: Parkplätze im Straßenraum.....	88
7.5.1	Standortbeschreibung	88
7.5.2	Ladebedarf	89
7.5.3	Grobkostenindikation	90
7.5.4	Technische Anforderungen.....	91
7.5.5	Bauliche Anforderungen	91
7.6	Musterstandort 6: Mobility Hub (Stadtrand).....	93
7.6.1	Standortbeschreibung	93
7.6.2	Definition und Charakteristika eines Mobility Hubs.....	94
7.6.3	Ausstattung und Bausteine eines Mobility Hubs.....	94
7.6.4	Nachhaltige verkehrliche Anbindung eines Mobility Hubs.....	95
7.6.5	Ladebedarf	96
7.6.6	Grobkostenindikation	97

7.6.7	Technische Anforderungen.....	98
7.6.8	Bauliche Anforderungen.....	99
8	Wirtschaftlichkeit und Betreibermodelle	100
8.1	Wirtschaftlichkeit von Ladeinfrastruktur.....	100
8.2	Betreibermodelle für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur	103
9	Vergabemöglichkeiten zum Aufbau öffentlicher LIS.....	106
9.1.1	Konzessionsausschreibung	106
9.1.2	Gestattungsvertrag / Sondernutzung	107
10	Fazit und Empfehlung.....	108

Anlage 1 – Bestehende öffentliche Ladeinfrastruktur in Wiesbaden

Anlage 2 – Ergebnisse der Bedarfsermittlung öffentliche Ladeinfrastruktur

Anlage 3 – Darstellung des Bedarfs an Ladepunkten 2030 je Planungsraum

Anlage 4 – Übersichtsplan Bedarfsermittlung

Anlage 5 – Marktrecherche DC-Ladeinfrastruktur

Anlage 6 – Planskizze Musterstandort 3 – Kleinaustraße

Anlage 7 – Planskizze Musterstandort 4 – Gutenbergplatz

Anlage 8 – Planskizze Musterstandort 5 – Schloßpark

Abkürzungsverzeichnis

AC	.....	Alternating Current (Wechselstrom)
BEV	.....	Battery Electric Vehicle
BMVI	.....	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BSI	.....	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CAPEX	.....	Capital Expenditures
CCS	.....	Combined Charging System
DC	.....	Direct Current (Gleichstrom)
EDV	.....	Elektronische Datenverarbeitung
E-Lkw	.....	Elektrisch angetriebener Lastkraftwagen
EMS	.....	Energiemanagementsystem
EnWG	.....	Energiewirtschaftsgesetz
EV	.....	Electric Vehicle
EW	.....	Einwohner/Einwohnerinnen
FGSV	.....	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen
GEIG	.....	Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz
GSM	.....	Global System for Mobile Communications
ISO	.....	International Organization for Standardization
kW	.....	Kilowatt
LHS	.....	Landeshauptstadt
LHW	.....	Landeshauptstadt Wiesbaden
LIS	.....	Ladeinfrastruktur
LMS	.....	Lastmanagementsystem
LSV	.....	Ladesäulenverordnung
N02	.....	Stickstoffdioxid
NLL	.....	Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur
NSHV	.....	Niederspannungshauptverteilung
OCP	.....	Open Charge Point Protocol
OEM	.....	Original Equipment Manufacturer (Erstausrüster)
OPI2020	.....	Open Plattform Infrastructure Standard
ÖPNV	.....	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	.....	Öffentlicher Verkehr
P+R	.....	Park-and-Ride
PHEV	.....	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
Pkw	.....	Personenkraftwagen
PV	.....	Photovoltaik
THG-Quote	.....	Treibhausgasminderungsquote
UV	.....	Unterverteiler
V2G	.....	Vehicle-to-Grid
V2H	.....	Vehicle-to-Home
VDE	.....	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
VdS	.....	Verband der Schadenversicherer

1 Projekthintergrund

Die hessische Landeshauptstadt Wiesbaden mit rund 290.000 Einwohner:innen liegt in einer Talkessellage zwischen Taunus und Rhein. Aufgrund der geografischen und meteorologischen Randbedingungen ist der Luftaustausch erschwert, was zu erhöhten Temperaturen sowie Luftschadstoffbelastungen führt. In dicht bebauten Gebieten mit hoher Verkehrsbelastung treten diese Effekte am stärksten auf. An den Messstationen in der Innenstadt werden seit Jahren die Messwerte für den Stickstoffdioxid (NO₂)-Jahresmittelwert, der bei 40 µg/m³ liegt, überschritten. Wiesbaden war eine der 35 Städte, die von der Deutschen Umwelthilfe (DUH) wegen Überschreitung der NO₂-Grenzwerte verklagt wurden. Im Februar 2019 zog die DUH die Klage zurück. Begründung: Die bisher umgesetzten sowie die geplanten Maßnahmen zur Luftreinhaltung der Kommune reichen voraussichtlich aus, um die Belastung mit Stickstoffdioxid zu senken.

Wiesbaden hat einen umfangreichen Green City Masterplan, eine Fortschreibung des Luftreinhalteplans sowie einen Beschluss zu einem „Sofortpaket für den Luftreinhalteplan zur Abwendung eines Dieselfahrverbots für die Landeshauptstadt Wiesbaden“ auf den Weg gebracht und einige Maßnahmen auch bereits umgesetzt. Einer der fünf im Green City Masterplan beschriebenen Maßnahmenbündel betrifft den Bereich Elektromobilität. Auch im Luftreinhalteplan sind Maßnahmen zur Elektromobilität beschrieben. Die LHS Wiesbaden möchte in der Umsetzung der E-Mobilität eine Vorreiterrolle übernehmen und realisiert zurzeit zahlreiche Projekte bzw. hat diese schon abgeschlossen. Dazu gehören die Erstellung eines Elektromobilitätskonzeptes, die Elektrifizierung der kompletten Busflotte, die Elektrifizierung des städtischen Fuhrparks, die Privilegierung von privaten E-Fahrzeugen beim Parken sowie die Ausweisung von gebührenfreien innerstädtischen Parkplätzen für E-Car-Sharing.

Aktuell liegt eine Förderzusage des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vor. Die Stadtverordnetenversammlung hat in der Sitzung am 02.07.2020 die Vorlage Nr. 20-V-05-0022, „Umsetzung der Konzeption "Städtebauliche Entwicklung östlich der Brunhildenstraße" – Parkhaus Berliner Straße“ beschlossen, die auch die Entwicklung des E-Mobility-Hubs enthält. Da die Finanzierung und der Betrieb des Parkhauses noch Gegenstand der politischen Diskussion sind, soll in einem ersten Schritt Projektziel 1 umgesetzt werden. Dieses umfasst im Wesentlichen die Erstellung von Konzepten zum Aufbau von E-Ladeinfrastruktur, ein Roll-out-Konzept für die Gesamtstadt einschließlich des dafür notwendigen Beteiligungsprozesses sowie eine Öffentlichkeitskampagne.

2 Projektziele

Die Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs ist einer der maßgebenden Beiträge des Verkehrssektors zum Klimaschutz. Um den aktuellen Hochlauf der Elektromobilität nicht zu bremsen, ist es wichtig eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur (LIS) für E-Fahrzeuge zur Verfügung zu stellen. Wie viel LIS an welchen Orten bereitgestellt werden muss, hängt dabei von vielfältigen Faktoren ab. Ein Großteil der notwendigen Ladevorgänge wird zukünftig dem privaten Raum zugeschrieben. Dabei darf allerdings nicht vergessen werden, dass besonders in urbanen Innstadtgebieten dieser Raum sehr begrenzt ist. Zusätzlich zum Aufbau von LIS im privaten Raum ist es deshalb essenziell, den Ausbau der öffentlich zugänglichen LIS bedarfsgerecht voranzutreiben, um den Bürger:innen ohne Zugang zu privater LIS eine Möglichkeit zur Ladung von E-Fahrzeugen bereitzustellen.

Das Projekt E-Mobility Wiesbaden dient als Planungsgrundlage für den bedarfsgerechten Aufbau von öffentlicher LIS im Stadtgebiet der LHS Wiesbaden unter Berücksichtigung des parallel stattfindenden Ausbaus der privaten und halböffentlichen LIS. Im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen die Bürger:innen der LHS Wiesbaden und deren aktuelle und zukünftige Bedürfnisse nach Lademöglichkeiten für E-Pkw. Besonders die Wiesbadener Kernstadt steht aufgrund des Mangels an privaten Stellplätzen im Zentrum der Untersuchungen. Die LHS Wiesbaden möchte auf Grundlage der Ergebnisse dieses Konzeptes den Aufbau von öffentlicher LIS vorbereiten, um hier ein sozial verträgliches Angebot auch im Bereich der Kernstadt machen zu können. Die öffentlich zugängliche LIS soll als Daseinsvorsorge für die Bürger:innen der LHS dienen und zusätzlich als Basis-Infrastruktur für Besucher:innen der LHS Wiesbaden nutzbar sein.

Im Zuge des Projekts werden die Bedarfe an öffentlicher LIS im Stadtgebiet bis zum Jahr 2030 ermittelt, um eine valide Planungsgrundlage zu schaffen. Dabei wird der Anteil privater LIS prognostiziert und vom Gesamtbedarf in Abzug gebracht. Auf Grundlage dieser Bedarfsermittlung werden Standorte zum Aufbau öffentlicher LIS identifiziert und priorisiert. Ferner wird ein Vorgehenskonzept zum Aufbau öffentlicher LIS für die LHS entwickelt. Das Konzept enthält neben diversen technischen Bestandteilen verschiedene Musterstandorte, die exemplarisch für das Stadtgebiet sind und für die Standortauswahl herangezogen werden sollen. Das erarbeitete Konzept betrachtet die Wirtschaftlichkeit verschiedener Ladetechnologien und zeigt mögliche Betriebsmodelle für die LIS der LHS Wiesbaden auf.

Die Projektergebnisse dienen als Grundlage für den parallel stattfindenden Beteiligungsprozess, die anschließende Standortsuche und Vorplanung zum Aufbau der LIS sowie für eine potenzielle Ausschreibung der notwendigen Leistungen. Hierfür werden im Konzept Lösungen konzeptioniert und Empfehlungen dargestellt, um ein praktikables Vorgehen für die LHS Wiesbaden abzuleiten. Die Ergebnisse des Konzepts dienen als Basis für den Umsetzungsprozess sowie den Beteiligungsprozess, der in das Projekt eingebettet ist und den engen Austausch mit weiteren lokalen Stakeholdern im Themenbereich Elektromobilität ermöglichen soll. Des Weiteren werden im Konzept Schwierigkeiten beim Aufbau von öffentlicher LIS aufgezeigt und Lösungsansätze konzeptioniert.

3 Sachlage Elektromobilität in Wiesbaden

3.1 Grundlagen

Die LHS Wiesbaden verfügt bereits über Untersuchungen und Konzepte zur LIS sowie weitere damit verbundene Themen. In der folgenden Tabelle sind die vorliegenden Studien und Analysen, sowie deren für dieses Projekt relevanten Inhalte in chronologischer Reihenfolge aufgelistet.

Studien / Analysen	Stand	Relevante Inhalte
Green City Masterplan „WI-Connect“	Jul. 2018	Strukturierte und bewertete Maßnahmenbündel und Maßnahmen: – Elektrifizierung des Verkehrs
E-Mobilitätskonzept der LHW für den Individualverkehr	Sep. 2019	– Anforderungen an LIS – Ladeinfrastrukturanalyse – Prognose der Elektrofahrzeuge – Prognose der LIS
Verkehrsentwicklungsplan Wiesbaden 2030	Apr. 2020	– Bestandsanalyse – Verkehrsprognosen – Handlungskonzept
E-Carsharing – Marktübersicht	Okt. 2020	Recherche von Dienstleistungsportfolios unterschiedlicher Anbieter von E-Carsharing in der Region Rhein-Main
LIS-Prognose für die LHW	Dez. 2020	– Status Quo in der LHS Wiesbaden – Prognose des Bedarfs an LIS in der LHS Wiesbaden
Marktübersicht Low-Cost Ladeinfrastruktur	Feb. 2021	Marktüberblick Low-Cost LIS für den Anwendungszweck „Parkhaus“
Parkraummanagementkonzept für die LHS Wiesbaden	Sep. 2021	– Status Quo in der LHS Wiesbaden – Untersuchungen zum Parkdruck – Lage und Analyse der bestehenden Parkhäuser – Parkraummanagementkonzept

Tabelle 1: Grundlagen zum Thema Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Wiesbaden

Zusätzlich zu den vorliegenden Studien und Analyseergebnissen wurden zur Erstellung dieses Berichts weitere Daten durch die LHS Wiesbaden zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden zur Prognose der Bedarfe an LIS, zur Auswahl der Musterstandorte und zur Vorbereitung des Beteiligungsprozesses verwendet. Ferner dienen die Daten zur Standortsuche und -analyse. Die Grundlagen können der folgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Dokument	Stand	Relevante Inhalte
Bodenrichtwerte	Dez. 2016	– Bodenrichtwerte nach Planungsräumen
Wohnungsbestand	Dez. 2016	– Verteilung der Wohngebäude und Wohnungen – Eigentümerquoten – Anteil Ein- und Zweifamilienhäuser
Haushaltsdaten (soziodemographische Daten)	Dez. 2017	– Haushaltsgrößen je Planungsraum – Wohndauer nach Planungsräumen – sozialversicherungspflichtige Beschäftigte je Planungsraum – Wahlergebnisse der Bundestagswahl 2017
Kaufkraft	Dez. 2021	– durchschnittliche Kaufkraft je Ortsbezirk
Pkw-Bestand in Wiesbaden	Dez. 2019 - Dez. 2021	Die vorliegenden Fahrzeugdaten sind unterteilt in 144 Planungsräume. Folgende Daten sind aus den Dokumenten verfügbar: – Angaben zur Halteranrede – Einteilung der Pkw in Emissionsgruppen – Verteilung nach Antriebsart – Erstzulassungen pro Jahr
Verkehrsdaten	Feb. 2022	– Analysenetz 2021 Gesamtstadt – Analysenetz 2021 Innenstadt
Daten aus dem Geoportal der LHS Wiesbaden	Feb. 2022	Die Daten stehen überwiegend zur Integration in GIS zur Verfügung. – Parkzonen Bewohnerparken – öffentlich zugängliche Ladepunkte – Flächen im öffentlichen Eigentum – Lage der Parkhäuser im Stadtgebiet
Lieferzonen	Feb. 2022	– Lieferzonen im Stadtgebiet als Kartengrundlage (GIS)
Mietradstationen	Feb. 2022	– Geokoordinaten der bestehenden Mietradstationen im Stadtgebiet
ÖPNV	Feb. 2022	– Lage der Haltestellen im Stadtgebiet
Unterlagen – Parkhaus Mauritius-Galerie	Apr. 2017	– Grundrisse
Unterlagen – Parkhaus Klarenthaler Straße	Feb. 2022	– Projektbeschreibung – Grundrisse und Ansichten

Tabelle 2: Weitere Grundlagen für das Projekt E-Mobility Wiesbaden

Daten zu bestehender LIS im privaten Raum (Haushalte und Unternehmen) liegen aktuell nicht vor, da diese erst seit 2019 beim Netzbetreiber angemeldet werden müssen und strengen Datenschutzrichtlinien unterliegen. Ferner liegen keine Analysedaten zur Nutzung der bestehenden LIS im öffentlichen Raum vor. Bei der Bedarfsermittlung unter Ziffer 5 wurden hierfür allgemein gültige Studienergebnisse verwendet und Annahmen durch die Autoren getroffen.

3.2 Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur

In der LHS Wiesbaden befinden sich aktuell (Stand 03/2022) 86 Ladestationen mit 230 Ladepunkten (siehe Abbildung 1). Davon sind 210 Normalladepunkte (AC) und 20 Schnellladepunkte (DC). Die Ladestationen befinden sich sowohl im halböffentlichen- als auch im öffentlichen Raum. Als Grundlage für die Bestandsanalyse dienen die Angaben der Bundesnetzagentur, das Stromtankstellenverzeichnis auf GoingElectric und die Übersichtskarte der ESWE Versorgung. Die verfügbaren öffentlichen Ladepunkte können der Abbildung 1 sowie der Anlage 1 entnommen werden.

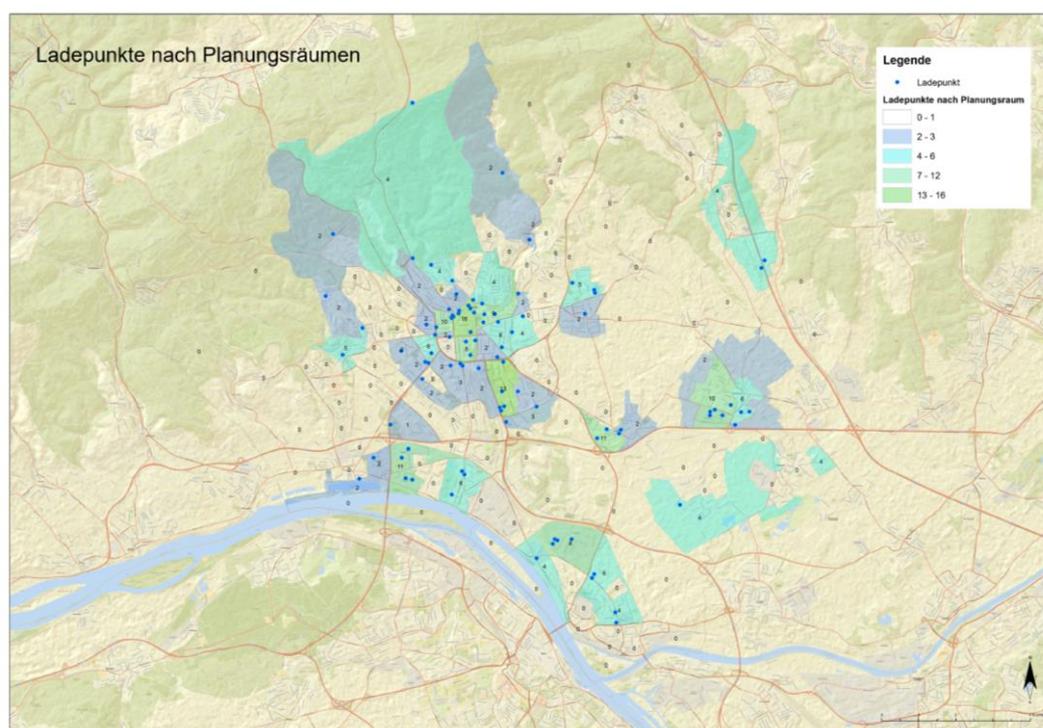


Abbildung 1: Bestehende Ladeinfrastruktur in Wiesbaden

Derzeit konzentrieren sich die Ladestationen auf den Innenstadtbereich der LHS und auf die umliegenden Ortsbezirke wie bspw. Biebrich, Erbenheim und Nordenstadt. Die vorhandenen Ladepunkte werden bei der Bedarfsermittlung und bei der Priorisierung der Planungsräume unter Ziffer 5 berücksichtigt.

Die Ladestationen im öffentlichen Raum werden überwiegend durch die ESWE Versorgung betrieben. Auf den halböffentlichen Flächen treten weitere Betreiber wie bspw. ALDI Süd, Charge-ON und die Pfalzwerke AG im Stadtgebiet der LHW auf.

Die Begriffe privater Raum, öffentlicher Raum und halböffentlicher Raum werden bei der Stadtplanung in Bezug auf Freiflächen und umbaute Räume verwendet. Die Raumtypen für die Errichtung von LIS unterscheiden sich wie folgt:

Privater Raum

Als privater Raum in einem Stadtgebiet werden Flächen und Gebäude in privatem Besitz bezeichnet, die nicht für die Öffentlichkeit zugänglich sind. Dazu zählen u.a. Stellplätze auf privatem Eigentum von Bürger:innen, Stellplätze auf Firmengeländen sowie private Stellplätze in Tiefgaragen und Parkhäusern (angemietete Stellplätze und Stellplätze in Privatbesitz).

Halböffentlicher Raum

Als halböffentlicher Raum in einem Stadtgebiet werden Flächen und Gebäude in privatem Besitz bezeichnet, die eingeschränkt für die Öffentlichkeit zugänglich sind. Dazu zählen u.a. privat betriebene Tiefgaragen und Parkhäuser oder Parkplätze von Supermärkten, Einrichtungshäusern, Schulen etc.

Öffentlicher Raum

Als öffentlicher Raum in einem Stadtgebiet werden Flächen und Gebäude im Besitz der öffentlichen Verwaltung bezeichnet, die uneingeschränkt für die Öffentlichkeit zugänglich sind. Voraussetzung ist, dass die Fläche einer Gemeinde oder einer Körperschaft des öffentlichen Rechts gehört und von der Gemeinde bewirtschaftet und unterhalten wird. Dazu zählen u.a. öffentliche Tiefgaragen und Parkhäuser, der öffentliche Straßenraum, P+R-Flächen oder Parkanlagen.

Die Zuordnung von Ladepunkten zu privater, halböffentlicher oder öffentlicher LIS ist somit von der Zugänglichkeit bzw. den Eigentumsverhältnissen der jeweiligen Errichtungsfläche abhängig.

3.3 Elektrofahrzeuge in Wiesbaden

Ende des Jahres 2021 waren insgesamt 6.290¹ E-Pkw (EV) in Wiesbaden zugelassen. Dies entspricht einem E-Pkw-Anteil von 4,43%. Verglichen mit dem Anteil an aktuell zugelassenen Elektrofahrzeugen in Deutschland (ca. 2,1%)², zeigt sich ein sehr überdurchschnittlicher Marktanteil in Wiesbaden. Von den 6.290 E-Pkw in der LHS sind 2.111 Fahrzeuge rein elektrisch betrieben (BEV) und 4.179 verfügen über einen Plug-In-Hybridantrieb (PHEV). Gegenüber dem bundesdeutschen Durchschnitt, bei dem die rein elektrischen Fahrzeuge einen Anteil von etwa 50% einnehmen, ist in Wiesbaden der PHEV mit einem Anteil von etwa 66% am Bestand der Elektrofahrzeuge die derzeit dominante Antriebstechnik mit Stecker.

Die Anzahl der E-Pkw in Wiesbaden hat sich seit 2019 kontinuierlich erhöht. Ende des Jahres 2019 waren 2.210 E-Pkw in Wiesbaden zugelassen. Im Dezember 2020 waren es 3.867 E-Pkw. Dies entspricht einem Anstieg um 75%. Im Jahr 2021 wurde ein absoluter Anstieg der E-Pkw um weitere 63% erreicht. Der Anteil E-Pkw an Neuzulassungen in Wiesbaden ist zwischen 2020 (19%) und 2021 (29%) ebenfalls um 10% gestiegen. In Summe ist der Fahrzeugbestand in Wiesbaden, im Verhältnis zur Einwohnerzahl, über

¹ Amt für Statistik und Stadtforschung Wiesbaden, 2021

² Kraftfahrt-Bundesamt, 2021

den Zeitraum 2019 – 2021 als konstant zu bezeichnen (484 – 487 Pkw pro 1.000 Einwohner:innen).

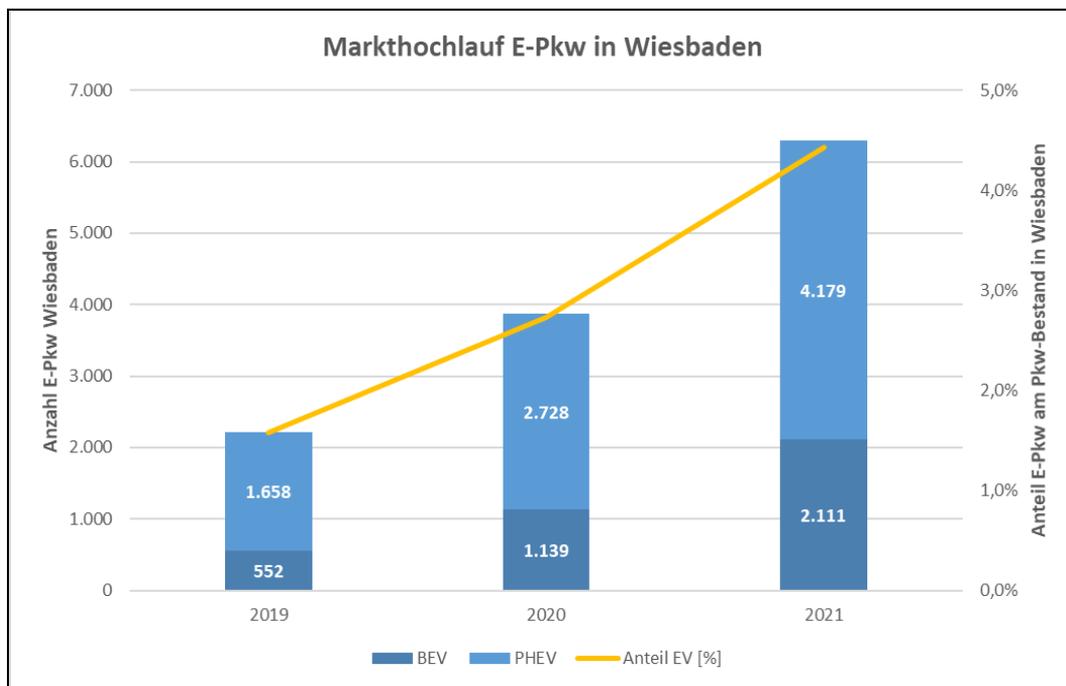


Abbildung 2: Markthochlauf E-Pkw in Wiesbaden seit 2019

3.4 Deutschlandnetz

Um den zukünftigen Ladebedarf von E-Fahrzeugen zu decken, hat die Bundesregierung aktuell die Errichtung und den Betrieb eines deutschlandweiten Schnellladenetzes ausgeschrieben – das Deutschlandnetz. Dabei handelt es sich um 900 öffentlich zugängliche HPC-Schnellladestandorte abseits der Autobahnen des Bundes im urbanen, suburbanen und ländlichen Raum. Parallel läuft derzeit eine Ausschreibung des Bundes für ca. 200 Standorte an den Bundesautobahnen.

Die 900 Suchräume abseits der Bundesautobahnen verteilen sich auf 23 Regionallose in insgesamt 6 Regionen (Nord-West, Nord-Ost, Mitteldeutschland, Süd-Ost, Süd-West und West). Die LHS Wiesbaden liegt im Regionallos Süd-West. In jedem Regionallos liegen Suchräume mit einer definierten Anzahl an Schnellladepunkten (4 – 16 LP). Im Stadtgebiet der LHS Wiesbaden liegen zwei Suchräume (Radius 2 km) mit jeweils 16 Schnellladepunkten (XL-Hubs). Die Lage der Suchräume kann der Abbildung 3 entnommen werden.

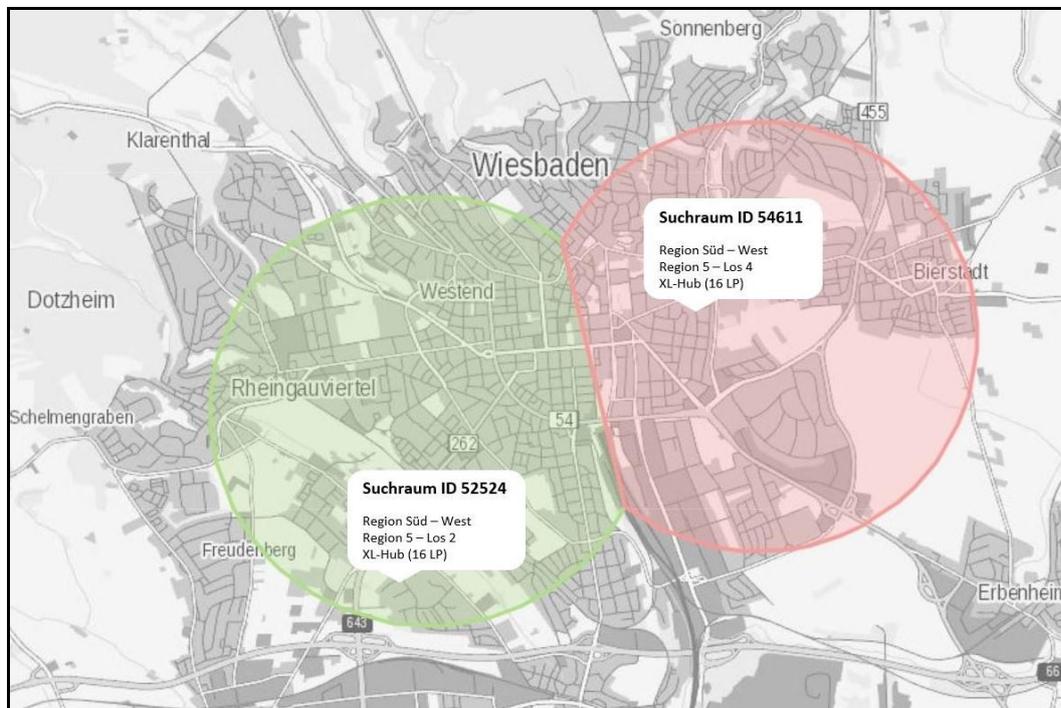


Abbildung 3: Suchräume Deutschlandnetz im Stadtgebiet der LHS Wiesbaden

Insgesamt können alle Suchräume auf einer interaktiven Karte (StandortTool) betrachtet werden. Das StandortTool, entwickelt durch die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (NLL), dient dem BMVI zur Ermittlung der bundesweiten Ladebedarfe und beruht auf einer Vielzahl an Indikatoren (Verkehrsnachfrage, Raumstrukturen, Fahrzeugzahlen, existierende LIS).

Jeder Ladepunkt eines Schnellladestandortes muss zu jeder Zeit mindestens 150 kW Leistung zur Verfügung stellen. Die vorgesehene atmende Preisobergrenze von 44 Cent pro kWh bietet den Nutzenden einen hohen Anreiz zur Nutzung der LIS.

Im Zuge des Beteiligungsprozesses soll eruiert werden, welche Flächen im Stadtgebiet Wiesbaden für die HPC-Schnellladestandorte in Frage kommen. Besonders im Umfeld dieser Schnellladestandorte wird der Bedarf an zusätzlichen öffentlichen Ladepunkten für Anwohner:innen voraussichtlich sehr gering sein, da durch die hohe Ladeleistung der Schnellladepunkte eine große Anzahl an Fahrzeugen täglich bedient werden kann.

4 Nutzergruppen und Ladeszenarien

4.1 Nutzergruppen

Die Nutzung von LIS im öffentlichen Raum erfolgt durch verschiedene Nutzergruppen. Im speziellen sind dabei folgende Gruppen innerhalb der LHS Wiesbaden zu nennen:

- Bürger:innen der LHS Wiesbaden
- Gäste und Touristen (privat und geschäftlich)
- Pendelnde (Einpendler:innen)
- Mobilitätsanbieter (Carsharing)
- Lieferdienste (Logistik)

Die Nutzergruppen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Ladeverhaltens, ihrer Anforderungen an die LIS und ggf. auch ihrer Zahlungsbereitschaft für die Ladevorgänge.

Dieses Projekt und das entwickelte technische Konzept zum Aufbau öffentlich zugänglicher LIS setzt den besonderen Fokus auf die Nutzergruppe Bürger:innen der LHS Wiesbaden. Speziell soll durch dieses Projekt LIS für Bürger:innen geschaffen werden, die über keine Lademöglichkeit am Wohnort oder beim Arbeitgeber verfügen.

Auch wenn der Fokus in diesem Vorhaben auf den Bürger:innen der LHS Wiesbaden liegt, wird empfohlen die LIS möglichst für weitere Nutzergruppen zugänglich zu machen. Das Ziel einer bedarfsgerechten und wirtschaftlichen LIS ist es u.a. eine möglichst hohe Auslastung an den einzelnen Ladepunkten zu erreichen. Das bedeutet, möglichst viele Ladevorgänge innerhalb eines definierten Zeitraums bzw. eine möglichst hohe Stromabgabe je Ladepunkt abzubilden. Dafür ist es essenziell, die öffentlichen Ladepunkte für möglichst viele Nutzergruppen verfügbar zu machen und deren Ladeverhalten optimal zu nutzen. So können je nach Standort der LIS die Ladepunkte bspw. tagsüber durch Gäste der LHW genutzt werden und in den Abend- bzw. Nachtstunden durch Bürger:innen.

Das Ladeverhalten der Bürger:innen der LHS Wiesbaden ist unter Ziffer 4.2 beschrieben. Ferner werden die Fahrzeuge (Pkw) und das Mobilitätsverhalten der Bürger:innen als Grundlagen für die Bedarfsanalyse unter Ziffer 5 genutzt.

4.2 Ladeszenarien und Energiemenge

Wie, wo und wieviel LIS errichtet werden muss, lässt sich in sieben verschiedene Anwendungsbereiche aufteilen (siehe Abbildung 4). Diese Anwendungsbereiche werden als Ladeszenarien oder Lade-Use-Cases beschrieben. Die Ladeszenarien unterscheiden sich hinsichtlich der Eigentumsverhältnisse, Zugänglichkeit, Ladetechnologie und Nutzergruppen (siehe 4.1).



Abbildung 4: Ladeszenarien für Elektrofahrzeuge³

³ Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) – Arbeitsgruppe 5

Die Unterscheidungen stellen sich wie folgt dar:

I. Eigenheim

bspw. in Garage bzw. Stellplatz beim Eigenheim (Einfamilien- oder Doppelhaus)

- Eigentumsverhältnis: privat
- Zugänglichkeit: keine zeitliche Einschränkung
- Nutzergruppen: Bürger:innen
- Ladetechnologie: Normalladen (AC) bis 11 kW

II. Mehrfamilienhaus

bspw. An Parkplätzen in Tiefgaragen, Parkhäusern sowie Quartiersgaragen von Mehrfamilienhäusern und Wohnanlagen

- Eigentumsverhältnis: privat
- Zugänglichkeit: keine zeitliche Einschränkung
- Nutzergruppen: Bürger:innen
- Ladetechnologie: Normalladen (AC) bis 11 kW

III. Arbeitgeber

bspw. Firmenparkplatz, Tiefgarage oder Parkhaus auf privatem Gelände

- Eigentumsverhältnis: privat
- Zugänglichkeit: teilweise zeitliche Einschränkung (Arbeitszeit)
- Nutzergruppen: Bürger:innen; Pendelnde; Geschäftsreisende
- Ladetechnologie: Normalladen (AC) bis 22 kW

IV. Lade-Hub innerorts

bspw. auf öffentlichen Parkplätzen wie P+R, an Tankstellen oder in Parkhäusern

- Eigentumsverhältnis: privater, halböffentlicher oder öffentlicher Grund
- Zugänglichkeit: teilweise zeitliche Einschränkung (Öffnungszeiten)
- Nutzergruppen: Bürger:innen ; Pendelnde; Gäste und Touristen; Geschäftsreisende; Mobilitätsanbieter; Lieferdienste
- Ladetechnologie: Schnellladen bis 150 kW

V. Lade-Hub an Achsen

bspw. an Raststätten, Autohöfen oder Autobahnparkplätzen

- Eigentumsverhältnis: halböffentlicher oder öffentlicher Grund
- Zugänglichkeit: keine zeitliche Einschränkung
- Nutzergruppen: Pendelnde; Gäste und Touristen; Geschäftsreisende
- Ladetechnologie: Schnellladen bis 350 kW

VI. Kundenparkplatz

bspw. auf Parkplätzen und in Parkhäusern von Einkaufszentren, Supermärkten oder POIs

- Eigentumsverhältnis: halböffentlicher oder öffentlicher Grund
- Zugänglichkeit: teilweise zeitliche Einschränkung (Öffnungszeiten)

- Nutzergruppen: Bürger:innen; Gäste und Touristen; Mobilitätsanbieter
- Ladetechnologie: Normalladen (AC) bis 22 kW und Schnellladen bis 150 kW

VII. Straßenraum

bspw. auf öffentlichen Parkplätzen oder im Straßenraum

- Eigentumsverhältnis: öffentlicher Grund
- Zugänglichkeit: keine zeitliche Einschränkung
- Nutzergruppen: Bürger:innen; Gäste und Touristen; Mobilitätsanbieter
- Ladetechnologie: Normalladen (AC) bis 22 kW und Schnellladen bis 150 kW

Das Projekt E-Mobility Wiesbaden fokussiert sich auf die bedarfsgerechte, öffentliche Bereitstellung von LIS für Bürger:innen der LHS Wiesbaden, die über keinen Zugang zu privater LIS verfügen (Ladeszenarien 4 und 7). Es ist zu beachten, dass der Bedarf an Ladepunkten im (halb-)öffentlichen Raum im direkten Zusammenhang mit den Ladepunkten im privaten Raum steht. Steigt die Verfügbarkeit in einem der Räume, sinkt der Bedarf an Ladepunkten im anderen Raum. Analog verhalten sich die Ladeszenarien im halböffentlichen- und öffentlichen Raum. Werden beispielsweise mehr urbane Lade-Hubs (Ladeszenario 4) errichtet, sinkt der Bedarf an Ladevorgängen im Straßenraum (Ladeszenario 7). Lediglich das Ladeszenario 5 (Lade-Hubs an Achsen) hat auf Grundlage der aktuellen Kenntnisse keinen signifikanten Einfluss auf die anderen Ladeszenarien⁴. Diese beschriebenen Abhängigkeiten haben zur Folge, dass der Aufbau von LIS eines Ladeszenarios immer in Abstimmung mit dem Ausbau in den anderen Ladeszenarien erfolgen muss. Besonders die Anzahl der benötigten Ladepunkte an den Ladeszenarien 4, 6 und 7 sind strategisch aufeinander abzustimmen. Um diesen Abstimmungsprozess zu gewährleisten, wird die Implementierung eines Lenkungsmechanismus Ladeinfrastruktur mit allen wichtigen Stakeholdern in der LHW vorgeschlagen. Dieser Lenkungsmechanismus sollte zweimal pro Jahr tagen, um einen regelmäßigen Austausch zu gewährleisten.

Auswertungen der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur haben gezeigt, dass je nach Ladeszenario unterschiedliche Mengen Energie pro Ladepunkt verladen werden. Die Nationale Leitstelle prognostiziert in ihrer Studie verladene Energiemengen pro Ladepunkt und Tag im Jahr 2030. An privaten Ladepunkten am Wohnort (Ladeszenarien 1 und 2) werden zukünftig durchschnittlich etwa 5 kWh pro Tag verladen. Diese Lademenge deckt die notwendige Energie für die durchschnittliche tägliche Fahrstrecke von ca. 30 km. An privaten Ladepunkten des Ladeszenarios 3 (Arbeitgeber) werden etwa 10 kWh pro Tag verladen. Die höhere Energiemenge ergibt sich aus zusätzlichen dienstlichen Fahrten bzw. einer höheren Zahl an Ladevorgängen. An einem Ladepunkt auf einem Kundenparkplatz werden täglich zwischen 30 – 41 kWh geladen. An Ladepunkten im Straßenraum sind es ca. 24 bis 33 kWh.

Aufgrund der Ladetechnologie (DC) und der dadurch maximierten Anzahl an möglichen Ladevorgängen pro Ladepunkt werden an Lade-Hubs innerorts bis zu 222 kWh und an Lade-Hubs an Achsen bis zu 237 kWh pro Tag verladen⁵.

⁴ siehe Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur, 2020

⁵ siehe Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur, 2020

Auf Grundlage der Prognoseergebnisse der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur (NLL) wurden für das Projekt E-Mobility Wiesbaden Annahmen für die aktuelle Energiemenge je Ladepunkt in kWh/Tag getroffen. Entsprechend der aktuellen Fahrzeugzahlen und dem Ausbaustand der LIS wurde angenommen, dass aktuell 70% der Energiemenge und im Jahr 2025 80% der Energiemenge der durch die NLL für 2030 prognostizierten Energiemenge je Ladepunkt und Tag verladen werden. Die Annahmen beziehen sich auf die Ladeszenarien im öffentlichen Raum, da im privaten Raum von einer konstanten Lademenge ausgegangen wird (tägliche Fahrstrecke und Verbrauch der Fahrzeuge bleibt konstant). Die festgelegten Werte können der Tabelle 3 entnommen werden und finden sich unter Ziffer 5 bei der Bedarfsermittlung wieder. Bei den Annahmen handelt es sich um Durchschnittswerte, die je nach Standort und Abgabepreis des Ladepunktes stark variieren können.

Jahr	4. Lade-hub innerorts (150 kW DC)	5. Lade-hub an Achsen (350 kW DC)	6. Kundenparkplatz (11 kW AC)	7. Straßenraum (11 kW AC)
2022	112,5 kWh	130,6 kWh	24,2 kWh	19,8 kWh
2025	150,0 kWh	165,6 kWh	28,6 kWh	24,2 kWh
2030* (*Prognoseergebnis NLL)	172,5 kWh	200,6 kWh	33,4 kWh	28,5 kWh

Tabelle 3: Verladene Energiemenge je Ladepunkt und Ladeszenario

Für die Festlegung der täglichen Energiemengen je Ladepunkt wurden Abschätzungen zur Auslastung der Ladepunkte (Volllaststunden) hinterlegt. Der Begriff Volllaststunden gibt dabei den Nutzungsgrad des Ladepunktes an und wird anhand der Nennleistung und der täglichen Energiemenge berechnet. Als Grundlage für die Abschätzung dient das Prognoseergebnis der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur. Es ergeben sich für die Ladeszenarien und die jeweilige Ladetechnologie folgende Annahmen zu den Volllaststunden pro Tag:

- IV. Lade-hub innerorts: 0,75 – 1,15 Volllaststunden pro Tag (2022 – 2030)
- V. Lade-hub an Achsen: 0,37 – 0,57 Volllaststunden pro Tag (2022 – 2030)
- VI. Kundenparkplatz: 2,20 – 3,04 Volllaststunden pro Tag (2022 – 2030)
- VII. Straßenraum: 1,80 – 2,59 Volllaststunden pro Tag (2022 – 2030)

Die Annahme der Volllaststunden bzw. die Energiemenge je Ladepunkt und Tag bezieht sich sowohl auf das Prognoseergebnis unter Ziffer 5 als auch auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Ziffer 8.1. Je höher die Anzahl der Volllaststunden an einem Ladepunkt, desto besser stellt sich die Wirtschaftlichkeit dar. Die Höhe der notwendigen Volllaststunden für einen wirtschaftlichen Betrieb hängt von der standortabhängigen Höhe der Investitionskosten ab und kann daher nicht pauschal angegeben werden.

4.3 Öffentliche Ladepunkten im Verhältnis zu privater LIS

Wie unter Ziffer 4.2 beschrieben, besteht eine Abhängigkeit zwischen den verschiedenen Ladeszenarien. In der AFID-Richtlinie von 2014 (Richtlinie 2014/94/EU) wird ein starres Verhältnis von 10:1 für die Verteilung von electric vehicles (EV) zu öffentlichen Ladepunkten empfohlen⁶. Aktuellere Analysen der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur (NLL) zeigen allerdings, dass der Bedarf an öffentlichen Ladepunkten je nach Raumtyp stärker variiert. Im Auftrag des BMDV koordiniert und steuert die NLL unter dem Dach der bundeseigenen NOW GmbH die Aktivitäten zum Ausbau der Ladeinfrastruktur in Deutschland. Laut der NLL ist das Verhältnis sowohl räumlich als auch zeitlich differenziert zu betrachten. Unter der Annahme, dass besonders im ländlichen und suburbanen Raum gegenüber dem urbanen Raum mehr private LIS verfügbar ist, werden in diesen Raumtypen weniger öffentliche Ladepunkte im Verhältnis zu den zugelassenen EV benötigt. Ferner ist anzunehmen, dass die Verfügbarkeit von privater LIS unabhängig vom Raumtyp in den nächsten Jahren zunimmt und gleichzeitig die Ladeleistung der EV maximiert wird. Folglich steigt in den nächsten Jahren auch dadurch das Verhältnis von EV zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten. Die NLL nimmt an, dass das Verhältnis im ländlichen Raum von 11:1 im Jahr 2021 auf etwa 23:1 im Jahr 2030 steigt. Im suburbanen Raum verändert sich das Verhältnis von 12:1 im Jahr 2021 auf ca. 23:1 im Jahr 2030. Im urbanen Raum ist die Entwicklung etwas geringer, da die Verfügbarkeit von privater LIS durch den Anteil der Haushalte mit eigenem Stellplatz begrenzt ist. Es wird davon ausgegangen, dass sich das Verhältnis von 9:1 im Jahr 2021 auf 14:1 im Jahr 2030 entwickelt. Die Werte können überschlägig auch auf die LHS Wiesbaden angewandt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Stadtteile unterschiedliche Charakteristika aufweisen und sich dadurch ggf. im Stadtgebiet unterschiedliche Verhältnisse ergeben.

Im Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung wird angenommen, dass zukünftig ein Großteil der Ladevorgänge im privaten Bereich stattfinden werden (Ladeszenarien 1 – 3). Abhängig von der Entwicklung des Aufbaus von LIS kann das Verhältnis im Jahr 2030 laut NLL zwischen 60:40 bis 85:15 liegen. Ausschlaggebend für das Verhältnis sind u.a. die o.g. räumlichen Gegebenheiten. Um eine klarere Aussage zum Verhältnis von privater LIS zu öffentlicher LIS treffen zu können, wurden durch die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur verschiedene Szenarien gebildet und bewertet. Die maßgebenden Szenarien für das Projekt E-Mobility Wiesbaden unterscheiden sich hinsichtlich der Verfügbarkeit von privater LIS. Je nach Entwicklungsszenario der NLL liegt der Anteil privater Ladevorgänge im Jahr 2030 zwischen 76% und 88%. Im Szenario „Geringe Verfügbarkeit von privater LIS“ finden im Jahr 2025 etwa 63% der Ladevorgänge an privater LIS statt. Bis zum Jahr 2030 steigt der Anteil auf ca. 76%. Ein schnellerer Anstieg wird im Szenario „Hohe Verfügbarkeit von privater LIS“ erwartet. Hier wird für das Jahr 2025 ein Wert von 81% und für das Jahr 2030 ein Wert von 88% für die Ladevorgänge an privater LIS prognostiziert. Beim Referenzszenario liegt die erwartete Entwicklung jeweils zwischen den Werten der anderen Szenarien⁷. Die Annahmen zur Verteilung werden in der Bedarfsermittlung unter Ziffer 5 entsprechend für die LHS Wiesbaden angewandt.

⁶ siehe Europäisches Parlament und Europäischer Rat - Richtlinie 2014/94/EU

⁷ siehe Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur, 2020

5 Bedarfsermittlung öffentliche Ladeinfrastruktur bis 2030

Der Markthochlauf von E-Pkw in Wiesbaden ist in den letzten Jahren absolut und im bundesweiten Vergleich sehr positiv zu bewerten (siehe Ziffer 3.3). Um den avisierten Markthochlauf bis 2030 durch fehlende LIS nicht zu gefährden, ist es notwendig den Bedarf an LIS im öffentlichen Raum zu kennen. Hierzu wurde ein dreistufiges Modell zur Prognose der Bedarfe bis 2030 entwickelt. Im ersten Schritt wurde die Anzahl der E-Pkw in Wiesbaden bis 2030 prognostiziert (siehe Ziffer 5.1). Im zweiten Schritt wurden die täglich stattfindenden Ladevorgänge der E-Pkw in Wiesbaden ermittelt (siehe Ziffer 5.2.1) und die daraus resultierende notwendige Energiemenge (siehe Ziffer 5.2.2). Beide Prognosen wurden im Modell zuerst übergeordnet über alle Flächen (privat und öffentlich) und anschließend für den öffentlichen Raum durchgeführt. Aus der notwendigen Energiemenge an Ladepunkten im öffentlichen Raum, wurde im dritten Schritt die notwendige Anzahl an Ladepunkten zur Bereitstellung des Energiebedarfs ermittelt (siehe Ziffer 5.3).

Kern des gewählten Prognosemodells ist die Fokussierung auf den zentralen Zweck der LIS: die Bereitstellung von Energie (kWh). Anhand dieser Kenngröße lässt sich der Ladeinfrastrukturbedarf in der LHS Wiesbaden wie oben beschrieben ermitteln. Dabei wird abgeleitet, dass der Bedarf an installierter LIS (kW) ausgehend von dem Energiebedarf der Elektrofahrzeuge (kWh) und der Auslastung der LIS (h) im Sinne des physikalischen Grundsatzes „Arbeit (kWh) gleich Leistung (kW) mal Zeit (h)“ ermittelt wird.

Um eine räumlich differenzierte Abschätzung zum Markthochlauf und dem damit verbundenen Bedarf an LIS durchführen zu können, wurden die Prognosen auf gesamtstädtischer Ebene als auch auf Planungsraumbene durchgeführt. Insgesamt liegen Daten zu 144 Planungsräumen innerhalb der LHS vor, die im Prognosemodell bedarfsgerecht verwendet wurden (siehe Ziffer 3.1).



Abbildung 5: Dreistufiges Prognosemodell zur Ermittlung der notwendigen öffentlichen Ladepunkte

5.1 Prognose Entwicklung E-Pkw bis 2030

5.1.1 Prognose Fahrzeugbestand Wiesbaden bis 2030

Basierend auf der aktuellen Zahl von 291.157 Einwohner:innen und der prognostizierten Zunahme der Bevölkerung in Wiesbaden um 3%⁸ im Vergleich zum Jahr 2019, ergibt sich eine Einwohner:innenzahl von 299.277 im Jahr 2030. Im Zuge dieser Prognose wird zur Vereinfachung angenommen, dass die Bevölkerungsentwicklung linear verläuft (siehe Abbildung 6).

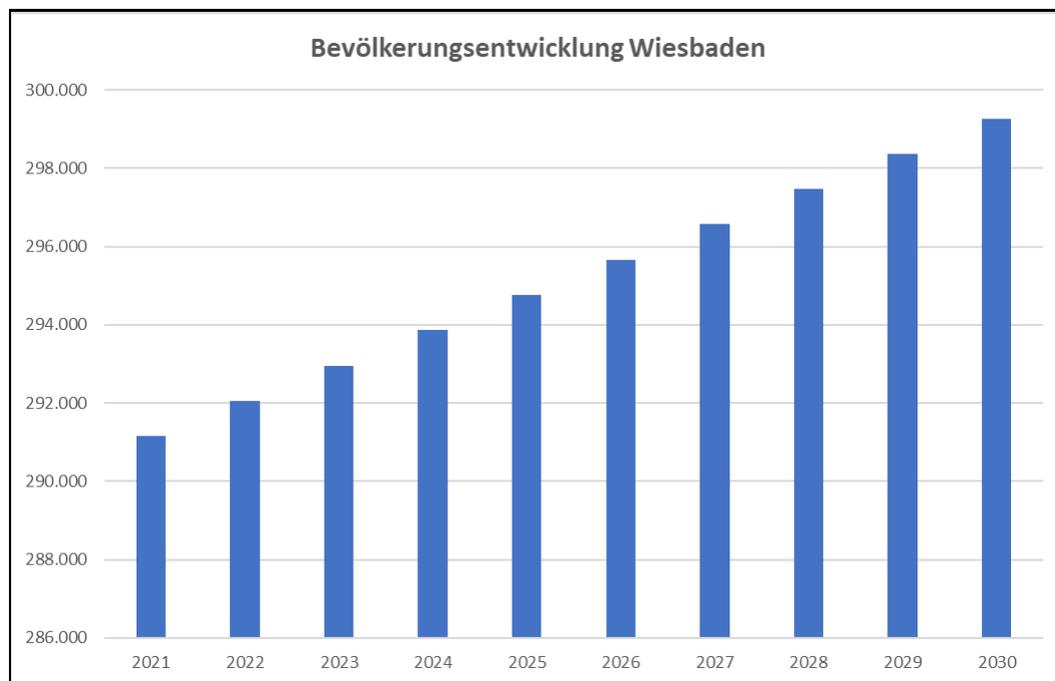


Abbildung 6: Prognose der Bevölkerungsentwicklung in Wiesbaden

Anhand des Fahrzeugbestands der Jahre 2019 – 2021 und den entsprechenden Einwohner:innenzahlen lässt sich ein durchschnittlicher Faktor von 486 Fahrzeugen pro 1.000 Einwohner:innen ermitteln. Aufgrund der Prognosen der Shell-Studie⁹, die von einem Anstieg des Fahrzeugbestands bis 2025 ausgehen, wird im Modell angenommen, dass der Faktor aus dem Jahr 2021 von 486 Pkw pro 1.000 Einwohner:innen bis 2025 in Wiesbaden unverändert bleibt. Ab dem Jahr 2025 wird gemäß dem Verkehrsentwicklungsplan der LHS Wiesbaden von einem Rückgang der Anzahl an Fahrzeugen um 3% bis 2030 ausgegangen¹⁰. In der Prognose auf Planungsraumbene wurden dieselben Annahmen wie für die Gesamtstadt getroffen. Dazu wurde ebenfalls zuerst die Bevölkerungsentwicklung je Planungsraum prognostiziert und anschließend anhand des aktuellen Faktors an Fahrzeugen je Einwohner:in die Anzahl an Fahrzeugen bis 2030 ermittelt.

⁸ Amt für Statistik und Stadtforschung Wiesbaden 2019

⁹ Vgl. Shell-Studie 2014

¹⁰ Vgl. VEP Wiesbaden 2030

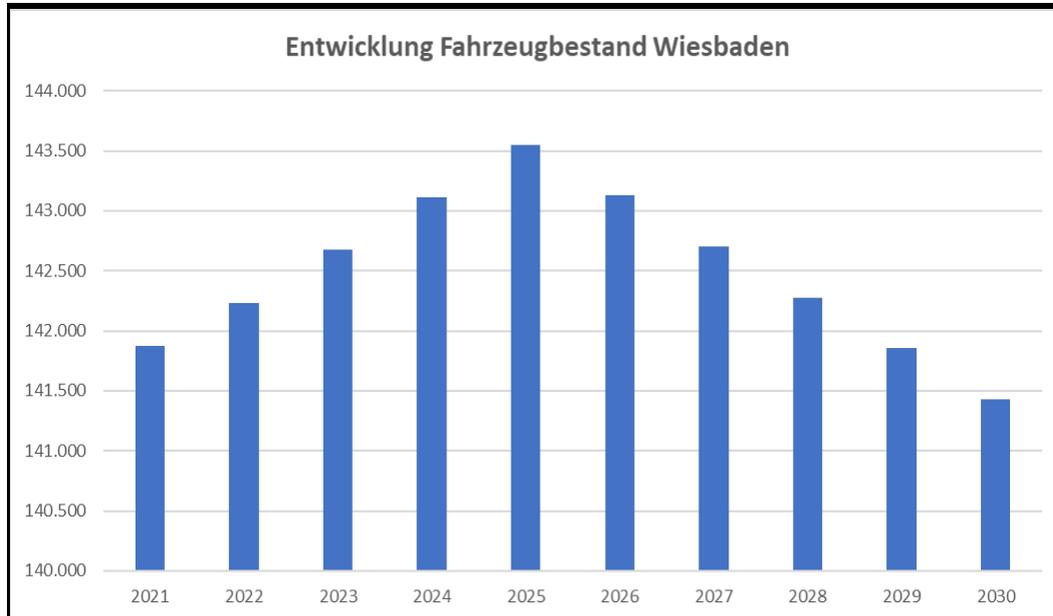


Abbildung 7: Prognose des Fahrzeugbestands (Pkw) in Wiesbaden

Aus der Prognose ist ersichtlich, dass trotz des Markthochlaufs an Elektrofahrzeugen insgesamt ein Rückgang des Fahrzeugbestands in Wiesbaden erwartet wird. Dies ist u.a. der konsequenten Umsetzung weiterer Mobilitätsmaßnahmen aus dem VEP und der aktuell stattfindenden Verkehrswende geschuldet.

5.1.2 Prognose Markthochlauf E-Pkw Wiesbaden bis 2030

Da der Markthochlauf von E-Pkw von einer Vielzahl von volatilen Einflussfaktoren bestimmt wird, wurden auf gesamtstädtischer Ebene verschiedene Szenarien zur Prognose gebildet. Dadurch ergibt sich eine entsprechende Varianz bei den Prognoseergebnissen. Auf Planungsraumbene wurde ein Szenario zur Prognose ausgewählt, wodurch ein genauer Prognosewert für jeden Planungsraum und damit auch für die gesamte LHS berechnet wurde. Die Prognose auf gesamtstädtischer Ebene dient somit zur Einordnung des Prognoseergebnisses je Planungsraum.

Zur Prognose des Markthochlaufs der E-Pkw wurden im ersten Schritt die jährlichen Pkw-Neuzulassungszahlen in Wiesbaden bis 2030 prognostiziert. Hierzu wurden die Einwohner:innenzahlen der Jahre 2019 – 2021 und die Anzahl der absoluten Neuzulassungen je Jahr als Grundlage herangezogen. Um pandemiebedingte Auswirkungen auf die Anzahl an Neuzulassungen möglichst unberücksichtigt zu lassen, wurde ein Durchschnitt der Neuzulassungen je Einwohner:in aus den Jahren 2019 – 2021 gebildet (0,032 NZ je EW). Entsprechend des unter Ziffer 5.1.1 beschriebenen Rückgangs des absoluten Fahrzeugbestands, wurde im Modell angenommen, dass auch die Neuzulassungen ab dem Jahr 2025 entsprechend sinken. Abgeleitet aus der Entwicklung der Einwohner:innenzahlen und der Anzahl an Neuzulassungen pro Einwohner:in, wurde die Anzahl an Neuzulassungen pro Jahr ermittelt.

Aus den Zulassungszahlen der LHS Wiesbaden ist der Anteil an Elektrofahrzeugen an den absoluten Neuzulassungen für die Jahre 2020 und 2021 bekannt.

Um den E-Auto-Anteil an den Neuzulassungen bis 2030 prognostizieren zu können, wurden für die LHS Wiesbaden drei verschiedene Szenarien gebildet. Die Szenarien enthalten folgende Annahmen und Implikationen:

Szenario 1 – Konservativ

Das konservative Szenario geht von einem geringen Ausbau der LIS in den nächsten Jahren aus, so dass E-Autos nur für Besitzer von eigener LIS oder Lademöglichkeiten an der Arbeitsstelle interessant sind. Ferner geht das Szenario von einer geringen Kostenreduktion bei der Batterieherstellung, überdurchschnittlich hohen Kosten bei der Anschaffung eines E-Autos und weiterhin steigenden Strompreisen aus. Auch die Förderungen zum Kauf von E-Autos werden in diesem Szenario in den nächsten Jahren geringer. Im Szenario 1 wird angenommen, dass die Batteriekapazitäten in den nächsten Jahren nur gering weiterentwickelt werden (Reichweite) und parallel alternative Technologien wie bspw. E-Fuels sich am Markt etablieren. Des Weiteren wird angenommen, dass sowohl das Interesse an E-Mobilität bei der Bevölkerung von Wiesbaden gering bleibt als auch die finanziellen Möglichkeiten zum Kauf eines E-Pkw nicht gegeben sind. Diese Annahmen führen zu einem langsamen Markthochlauf, der sich überwiegend im Mittel- und Oberklassesegment abspielt. Insgesamt wird mit einem Anteil von 50% Elektrofahrzeugen an den Neuzulassungen 2030 in Wiesbaden ausgegangen.

Szenario 2 – Moderat

Das moderate Szenario geht von weiterhin fallenden Kosten bei der Batterieherstellung aus und von einer konstanten Verbesserung der Kapazitäten (Reichweiten). Parallel steigen die Kraftstoffpreise entsprechend der Entwicklung der letzten Jahre und Einschränkungen für Verbrenner (bspw. Einfahrverbote) werden erweitert. Auch die staatlichen Förderungen für Elektrofahrzeuge bleiben bestehen und werden an die Technologieentwicklung angepasst. Das Angebot an LIS wird besonders im Bereich von Fernstraßen und im Gewerbe ausgebaut. Die Stromkosten pendeln sich auf dem aktuellen Niveau ein und Ladekosten im öffentlichen Raum werden durch den Staat subventioniert (Deutschlandnetz). Des Weiteren wird angenommen, dass sich sowohl das Interesse an E-Mobilität bei der Bevölkerung von Wiesbaden als auch die finanziellen Möglichkeiten zum Kauf eines E-Pkw auf dem Level der Bevölkerung vergleichbarer deutscher Großstädte bewegen. Die Annahmen im moderaten Szenario führen zu einem weiterhin konstanten Markthochlauf der Elektromobilität in allen Segmenten. Insgesamt wird im Szenario 2 ein Marktanteil der E-Pkw von 75% an den Neuzulassungen 2030 prognostiziert.

Szenario 3 – Progressiv

Im progressiven Szenario 3 wird von einem sehr schnellen Ausbau der LIS in allen Bereichen ausgegangen. Ferner bleiben die staatlichen Förderungen für Elektrofahrzeuge auf konstant hohem Niveau und die Förderungen für den Ausbau der Ladeinfrastruktur werden bedarfsgerecht erhöht. Das Szenario 3 geht, bedingt durch die Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise, von deutlich geringeren Betriebskosten eines E-Pkw im Vergleich zu einem konventionell betriebenen Fahrzeug aus. Subventionen für Verbrenner fallen ausnahmslos weg und Restriktionen werden stark erweitert. Im Szenario 3 findet eine Modellerweiterung an Fahrzeugen mit Stecker in allen Fahrzeugsegmenten statt.

Des Weiteren wird angenommen, dass sowohl das Interesse an E-Mobilität bei der Bevölkerung von Wiesbaden weiterhin hoch ist als auch die finanziellen Möglichkeiten zum Kauf eines E-Pkw gegeben sind. Diese Annahmen führen zu einem weiterhin exponentiellen Markthochlauf der Elektromobilität. Dieser Markthochlauf wird im Szenario 3 in allen Segmenten stattfinden und führt zu einem E-Fahrzeuganteil von 90% an den Neuzulassungen 2030.

Abgeleitet aus den Bestandszahlen, den ermittelten jährlichen Neuzulassungen in Wiesbaden und den Szenarien des Markthochlaufs, wurde die absolute Anzahl an E-Autos in Wiesbaden je Jahr bis 2030 prognostiziert. Der Markthochlauf je Jahr und der Anteil am gesamten Pkw-Bestand sind in der Abbildung 8 ersichtlich. Als Vergleichswerte wurden die in Wiesbaden getroffenen Annahmen mit den Annahmen der Studie des Beratungsunternehmens Deloitte (Studie auf Bundesebene) aus dem Jahr 2019 und den Zielen der Bundesregierung, beschrieben durch die Nationale Plattform Elektromobilität, verglichen.

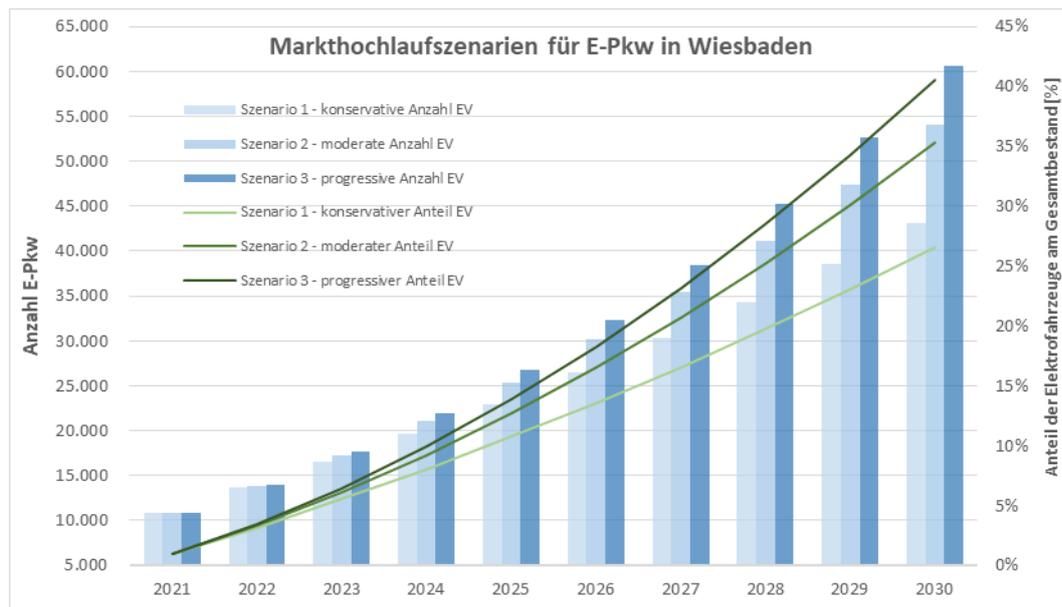


Abbildung 8: Prognose Markthochlauf E-Pkw bis 2030 in Wiesbaden

Für Wiesbaden werden bis 2030 im konservativen Szenario 40.395 E-Autos erwartet. Im moderaten Szenario sind es 52.034 und im progressiven Szenario 59.018 E-Fahrzeuge. Der Mittelwert aller Szenarien beträgt für 2030 50.482 E-Autos. Die auf Wiesbaden angepassten Ziele der Bundesregierung (15 Mio. E-Pkw bis 2030) ergeben eine Anzahl von 43.740 E-Autos bis 2030 und liegen somit knapp über der konservativen Prognose.

Die tatsächliche Entwicklung der E-Fahrzeuge in Wiesbaden bis zum Jahr 2030 ist von vielen Einflussfaktoren abhängig. Einige davon, die als maßgebend für den Markthochlauf angesehen werden, liegen nicht im Einflussbereich der LHS Wiesbaden oder an den spezifischen Eigenschaften der Stadt und ihrer Bevölkerung.

- Steigen die Kraftstoffpreise aufgrund geopolitischer Entwicklungen schneller als prognostiziert, ist eine überproportionale Zunahme an Elektrofahrzeugen zu erwarten.
- Wenn sich aufgrund der Energie- und Umweltkrise die Transformation der Automobilindustrie beschleunigt, steigen die Neuzulassungen von E-Pkw weit mehr als aktuell prognostiziert.
- Sollte die Förderung des Bundes von Elektrofahrzeugen und LIS aufgrund anderer Prioritäten über das Jahr 2025 nicht verlängert werden, ist von einer deutlichen Abschwächung des Markthochlaufs auszugehen.

Sollte nur einer dieser Faktoren eintreten, ist die Wirkung auf den Markthochlauf deutlich stärker zu berücksichtigen als spezifische Faktoren der Wiesbadener Bevölkerung. Um diese Faktoren beim Ausbau der LIS berücksichtigen zu können, ist eine regelmäßige Überprüfung der Ausbauziele und bei Bedarf eine Anpassung der Ziele notwendig. Es wird empfohlen diese Fortschreibung der Ausbauziele über den Lenkungskreis Ladeinfrastruktur sicherzustellen (siehe Ziffer 4.2).

Um ein aussagekräftigeres Ergebnis der Prognose des Markthochlaufs in Wiesbaden zu erhalten und eine transparente Basis für weitere Planungen zu schaffen, wurde im nächsten Schritt eine Prognose je Planungsraum durchgeführt.

Dafür wurde auf Grundlage der Entwicklung der E-Mobilität in den Jahren 2019 – 2021 und folgenden Grundlagen eine spezifische Zuordnung der 144 Planungsräume zu je einem der drei Prognoseszenarien durchgeführt:

Szenario 1 – Konservativ

- Anteil EV an Neuzulassungen 2019 – 2021 $\leq 23,9\%$
- Anteil Erststimmen „Die Grünen“ bei der Bundestagswahl 2017 $\leq 5,9\%$
- Bodenrichtwert $\leq 599 \text{ €}$

Szenario 2 – Moderat

- Anteil EV an Neuzulassungen 2019 – 2021 24% - 33,9%
- Anteil Erststimmen „Die Grünen“ bei der Bundestagswahl 2017 6% - 7,9%
- Bodenrichtwert 600 € - 799 €

Szenario 3 – Progressiv

- Anteil EV an Neuzulassungen 2019 – 2021 $\geq 34\%$
- Anteil Erststimmen „Die Grünen“ bei der Bundestagswahl 2017 $\geq 8\%$
- Bodenrichtwert $\geq 800 \text{ €}$

Anhand der dargestellten Methodik wurden 53 Planungsräume dem konservativen Prognoseszenario 1 zugeordnet, 48 Planungsräume dem moderaten Prognoseszenario 2 und 43 Planungsräume dem progressiven Prognoseszenario 3 (siehe Abbildung 9). Insgesamt ergibt sich eine Prognose von 22.413 E-Autos im Jahr 2025 und 49.698 E-Autos im Jahr 2030 in der LHS Wiesbaden. Der durch die Prognose auf Planungsebene ermittelte Markthochlauf ist um 784 E-Pkws geringer als der Mittelwert, der gesamtstädtischen Betrachtung. Die prognostizierte Anzahl der E-Pkw je Planungsraum kann der Anlage 2 entnommen werden.

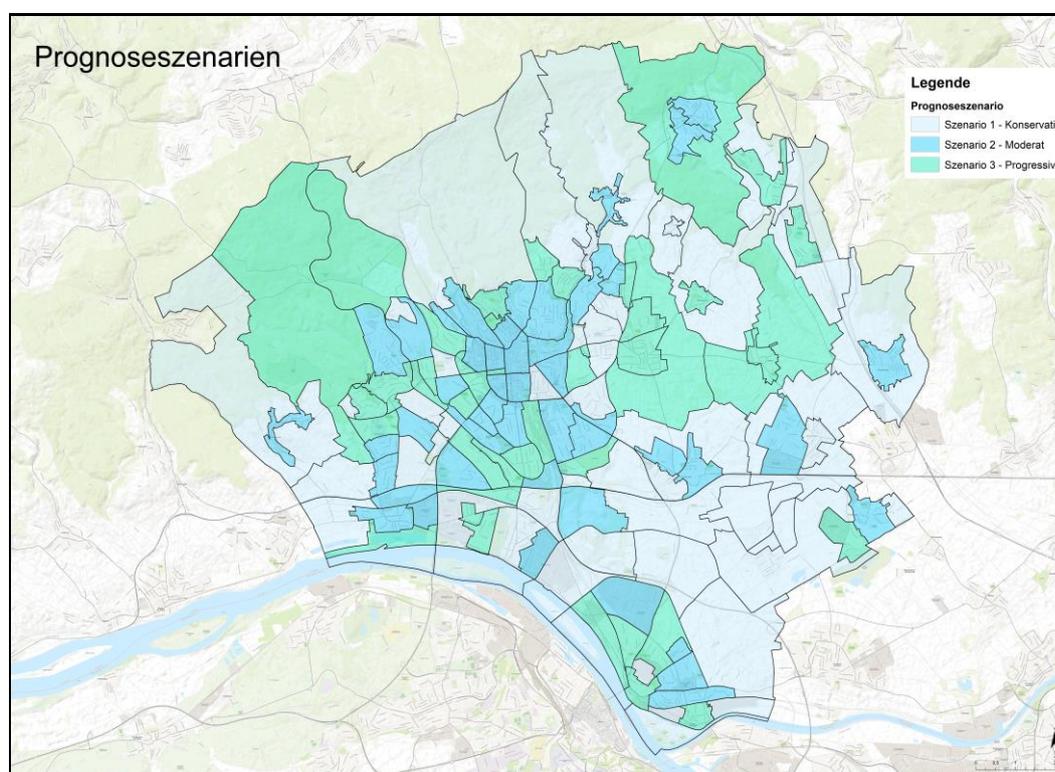


Abbildung 9: Zuteilung der Planungsräume zu Prognoseszenarien

Im nächsten Schritt wurde, abgeleitet an den entwickelten Szenarien und dem aktuellen Fahrzeugbestand, eine Verteilung der Elektrofahrzeuge auf BEVs und PHEVs vorgenommen. Hierzu wurden folgende Annahmen für den Anteil der BEV 2030 je Planungsraum getroffen:

- Szenario 1 – Konservativ: Anteil BEV an EV 2030 70%
- Szenario 2 – Moderat: Anteil BEV an EV 2030 80%
- Szenario 3 – Progressiv: Anteil BEV an EV 2030 90%

Um die aktuelle Dominanz der PHEV am E-Fahrzeugbestand der LHS Wiesbaden zu berücksichtigen, wurde für das Jahr 2025 ein BEV Anteil von 60% für alle Planungsräume einheitlich angenommen. Dadurch wird sowohl der allgemeine Trend zum BEV als auch die Zulassungszahlen der LHS Wiesbaden von 2019 – 2021 berücksichtigt (Zunahme des BEV Anteils an den Neuzulassungen EV von 24% auf 44%). Für das gesamte Stadtgebiet wird für 2030 ein Anteil der BEV an den 49.698 E-Pkws von etwa 82% prognostiziert (siehe Abbildung 10).

Besonders unter der aktuellen Entwicklung, dass mehrere OEMs bereits die Neuentwicklung von PHEV gestoppt haben (u.a. Mercedes), sind die o.g. Anteile als realistisch zu betrachten.

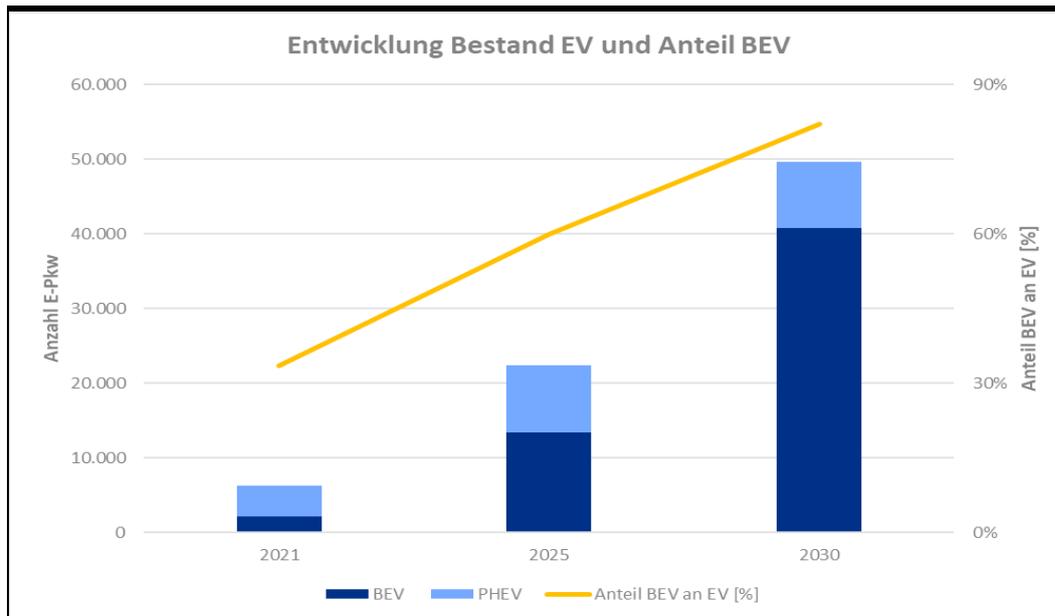


Abbildung 10: Prognose der E-Pkw bis 2030 und deren Verteilung auf BEV und PHEV

5.2 Prognose Energiebedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur bis 2030

5.2.1 Prognose Ladevorgänge im öffentlichen Raum

Ausgehend von der unter Ziffer 5.1 prognostizierten Anzahl an E-Pkw der Wiesbadener Bevölkerung, wurde in diesem Schritt die Anzahl an Ladevorgängen, die durch die EV entstehen ermittelt. Diese Ermittlung wurde je Planungsraum für das aktuelle Jahr 2022 und die Prognosejahre 2025 und 2030 durchgeführt.

Als Grundlage für die Berechnung dienen der Verbrauch der E-Pkw (kWh/km), die Batteriekapazität (kWh) und die durchschnittliche tägliche Fahrleistung von 30 km¹¹. Für die Verbrauchswerte und die Batteriekapazitäten wurden Annahmen für den Prognosezeitraum getroffen. Die Annahmen unterscheiden sich hinsichtlich der betrachteten Fahrzeugtypen BEV (battery electric vehicle) und PHEV (plug-in hybrid electric vehicle). Die angesetzten Verbrauchswerte können der Tabelle 4 entnommen werden. Die Werte sind abgeleitet an den aktuell verfügbaren Fahrzeugmodellen und der Annahme, dass die Verbrauchswerte konstant sind.

¹¹Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019): Mobilität in Deutschland

Verbrauch (kWh/km)	2022	2025	2030
BEV	0,20 kWh	0,20 kWh	0,20 kWh
PHEV	0,24 kWh	0,24 kWh	0,24 kWh

Tabelle 4: Annahmen zu Verbräuchen (kWh/km) von BEV und PHEV

Bei der Batteriekapazität der E-Pkw wird eine stetige Entwicklung in den nächsten Jahren erwartet. Sowohl bei den BEV als auch bei den PHEV wird bis 2030 mit einer Zunahme der Batteriekapazität gerechnet. Die für die Berechnung verwendeten Annahmen sind in der Tabelle 5 aufgeführt.

Batteriegröße [kWh]	2021	2025	2030
BEV	60 kWh	80 kWh	100 kWh
PHEV	12 kWh	16 kWh	20 kWh

Tabelle 5: Annahmen zu Batteriekapazitäten (kWh) von BEV und PHEV

Die mittlere tägliche Fahrstrecke bei der Nutzung von Pkw liegt laut MiD-Daten bei 30 km¹². Dadurch ergibt sich eine durchschnittliche jährliche Fahrleistung von 10.950 km je EV. Fernstrecken mit ca. 3.000 km pro Jahr werden bei der Prognose bewusst nicht berücksichtigt, da die Ladevorgänge überwiegend nicht im Stadtgebiet der LHS Wiesbaden anfallen werden (Ladeszenario 5). Die Daten aus dem Ergebnisbericht Mobilität in Deutschland werden in der Verkehrs- und Mobilitätsplanung als allgemein gültige Grundlage angesehen. Eine Übertragbarkeit der Daten auf die LHW ist gewährleistet.

Durch Multiplikation des durchschnittlichen täglichen Fahrwegs mit dem durchschnittlichen Verbrauch pro Kilometer ergibt sich ein täglicher Verbrauch je EV. Dieser Verbrauch unterscheidet sich bei BEV und PHEV aufgrund der spezifischen Verbräuche und aufgrund der Tatsache, dass ein PHEV nur zu ca. 40% der Fahrstrecke elektrisch betrieben wird. Bei den BEV ergibt sich ein durchschnittlicher täglicher Verbrauch von 6,0 kWh. Bei den PHEV liegt der Verbrauch bei 2,88 kWh pro Tag. Diese Werte werden bis 2030 als konstant angenommen.

Da die öffentliche LIS in Wiesbaden als Grundversorgung (Daseinsvorsorge) dient und bedarfsgerecht ausgebaut werden soll, wird im Prognosemodell angenommen, dass ein Ladevorgang erst nach Verbrauch von min. 30% der Batteriekapazität erfolgt. Anhand dieser Annahme werden im Modell die Ladevorgänge eines EV je Tag berechnet. Dazu wird der Anteil von 30% an der Batteriekapazität durch den durchschnittlichen täglichen Verbrauch dividiert. Diese Berechnung findet getrennt für BEV und PHEV statt. Die durchschnittlichen täglichen Ladevorgänge je Fahrzeugtyp können der Tabelle 6 entnommen werden.

Ladevorgänge pro Tag	2021	2025	2030
BEV	0,33	0,25	0,20
PHEV	0,80	0,60	0,48

Tabelle 6: Durchschnittliche tägliche Ladevorgänge von BEV und PHEV

¹²Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019): Mobilität in Deutschland

Im Modell wird als nächster Schritt die Anzahl an prognostizierten E-Pkw (BEV und PHEV) in Wiesbaden (siehe Ziffer 5.1) mit den jeweiligen durchschnittlichen Ladevorgängen multipliziert. Dieser Berechnungsschritt findet sowohl auf gesamtstädtischer Ebene als auch je Planungsraum statt. Als Ergebnis erhalten wir die Gesamtzahl der Ladevorgänge in Wiesbaden pro Tag und die täglich anfallenden Ladevorgänge je Planungsraum. Die detaillierten Zwischenergebnisse können der Anlage 2 entnommen werden.

Das unter Ziffer 4.3 beschriebene Verhältnis der NLL von privaten Ladepunkten zu öffentlichen Ladepunkten wird im nächsten Berechnungsschritt auf die Zahl der täglichen Ladevorgänge je Planungsraum angewandt. Da, wie bereits unter Ziffer 3.1 beschrieben, keine Informationen zur privaten LIS in Wiesbaden (Ladeszenarien 1, 2 und 3) vorliegen, wurden zur Zuordnung der Planungsräume in die Prognosevarianten folgende Annahmen getroffen:

Geringe Verfügbarkeit von privater LIS

Eigentümerquote $\leq 10\%$ und Bevölkerungsdichte ≥ 4.000 EW je km²

Durchschnittliche Verfügbarkeit von privater LIS

Eigentümerquote zwischen 11 - 22% und Bevölkerungsdichte ≥ 150 EW je km²

Hohe Verfügbarkeit von privater LIS

Eigentümerquote $\geq 23\%$ und Bevölkerungsdichte ≤ 150 EW je km²

Die Eigentümerquote gibt den Anteil an Wohnungen an, die durch den Eigentümer selbst bewohnt werden. Der Durchschnitt im Stadtgebiet Wiesbaden liegt bei ca. 23%. Da die Eigentümerquote in dicht besiedelten Gebieten geringer als im suburbanen und ländlichen Raum ist, wurden die o.g. Annahmen zur Zuordnung der Planungsräume anhand der Eigentümerquote getroffen. Die Planungsräume in der Kernstadt weisen überwiegend Eigentümerquoten von $\leq 10\%$ auf, weshalb diese Annahme für Planungsräume mit geringer Verfügbarkeit von privater LIS getroffen wurde. Der Durchschnittswert von 23% wurde als Grenze für Planungsräume mit hoher Verfügbarkeit von privater LIS definiert.

Des Weiteren wurde die Bevölkerungsdichte der einzelnen Planungsräume als Faktor zur Zuordnung verwendet. Eine Bevölkerungsdichte von ≤ 150 EW pro km² stellt ein Siedlungsstrukturmerkmal des ländlichen Raumes dar, weshalb diese Größe als Grenze für Planungsräume mit hoher Verfügbarkeit von privater LIS gewählt wurde. Eine Bevölkerungsdichte von ≥ 4.000 EW je km² lässt auf einen dichtbesiedelten urbanen Raum schließen, wodurch dieser Wert im Modell Planungsräume mit geringer Verfügbarkeit von privater LIS kennzeichnet. Bei einer Bevölkerungsdichte zwischen 150 – 4.000 EW pro km² wird eine durchschnittliche Verfügbarkeit von privater LIS angenommen.

Die Multiplikation der gesamten Ladevorgänge je Planungsraum mit dem spezifischen Faktor für öffentlich stattfindende Ladevorgänge findet getrennt für BEV und PHEV statt, um die Grundlage für die Ermittlung der notwendigen Ladepunkte zu schaffen (siehe Ziffer 5.3).

5.2.2 Prognose des täglichen Strombedarfs für öffentliche Ladpunkte

Nach der Ermittlung der täglichen öffentlichen Ladevorgänge (siehe Ziffer 5.2.1), findet im Modell die Berechnung des täglichen Strombedarfs statt. Zur Berechnung des gesamtstädtischen Bedarfs und des Bedarfs je Planungsraum, wird ein Ansatz für die Strommenge je Ladevorgang gewählt. Dieser Ansatz ergibt sich aus der unter Ziffer 5.2.1 beschriebenen Annahme, dass ein Ladevorgang gestartet wird, wenn 30% der Akkukapazität verbraucht sind. Daraus und aus der Berücksichtigung der Ladeverluste je Ladevorgang ergeben sich die in Tabelle 7 aufgeführten Werte für die Energiemenge je Ladevorgang. Die Unterscheidung zwischen BEV und PHEV ergibt sich aus der unterschiedlichen Batteriekapazität.

Energiemenge je Ladevorgang [kWh]*	BEV	PHEV
2022	20,7 kWh	4,1 kWh
2025	27,6 kWh	5,5 kWh
2030	34,5 kWh	6,9 kWh

* Die erwarteten Ladeverluste je Ladevorgang werden pauschal mit 15% der Strommenge berücksichtigt

Tabelle 7: Durchschnittliche Strommenge je Ladevorgang [kWh]

Durch eine Multiplikation der täglichen Ladevorgänge an öffentlichen Ladepunkten in der LHS Wiesbaden, mit der Energiemenge je Ladevorgang ergibt sich die durchschnittlich verladene Strommenge je Tag im öffentlichen Raum. Diese Berechnung wird differenziert nach Ladevorgängen BEV und PHEV durchgeführt. Ferner wird die Berechnung je Planungsraum durchgeführt, um den täglichen Strombedarf für öffentliche LIS in jedem der 144 Planungsräume darzustellen. Das detaillierte Zwischenergebnis kann der Anlage 2 entnommen werden.

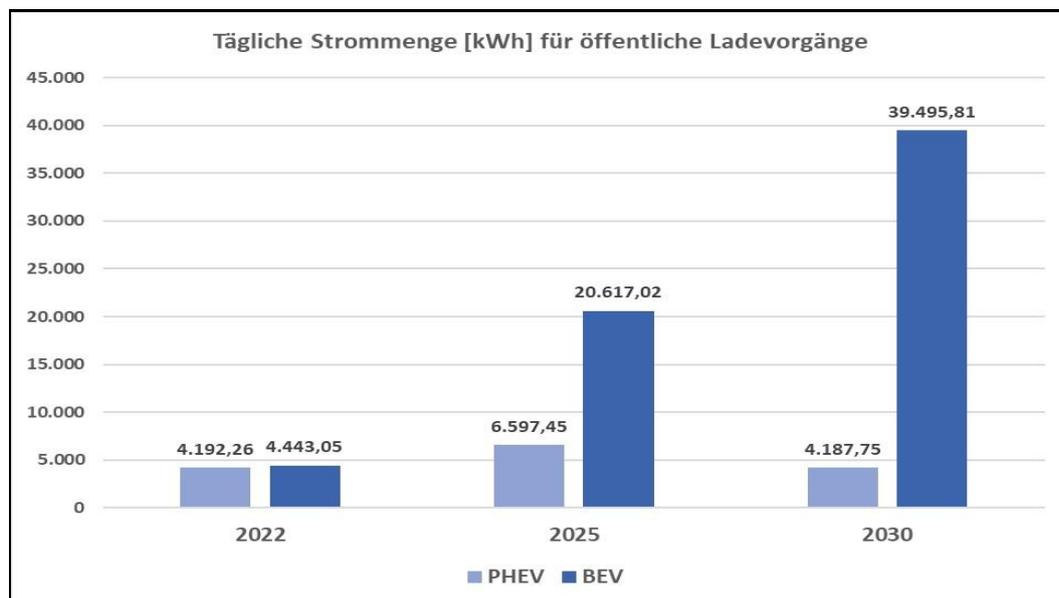


Abbildung 11: Tägliche Strommenge [kWh] für öffentliche Ladevorgänge in Wiesbaden

Insgesamt ergibt sich ein ansteigender täglicher Strombedarf von 8,64 MWh im Jahr 2022, 27,21 MWh im Jahr 2025 und 43,68 MWh im Prognosejahr 2030 an öffentlichen Ladepunkten. Der durchschnittliche jährliche Stromverbrauch eines 2-Personen-Haushalts in einem Mehrfamilienhaus liegt 2022 bei etwa. 2.100 kWh¹³ (exkl. Warmwasser elektr.). Somit entspricht der jährliche Strombedarf an öffentlichen Ladepunkten im Jahr 2022 etwa 1.500 2-Personen Haushalten und im Jahr 2030 etwa 7.600 2-Personen Haushalten. Auffällig an der Prognose ist, dass die tägliche Strommenge für öffentliche Ladevorgänge durch Plug-in Hybride ab 2025 abnimmt. Diese Erwartung ergibt sich aus der unter Ziffer 5.1 beschriebenen Annahme, dass die Neuzulassungen von PHEV in den nächsten Jahren und besonders ab 2025 deutlich rückläufig sein werden.

5.3 Prognose öffentliche Ladepunkte

Nach der Ermittlung des täglichen Strombedarfs für LIS in den 144 Planungsräumen, findet im Modell die Prognose der notwendigen öffentlichen Ladepunkte zur Bereitstellung der ermittelten Strommenge statt. Für diesen Schritt werden die Werte der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur zur verladenen Energiemenge je Ladepunkt verwendet (siehe Ziffer 4.2).

Die Bedarfsprognose erfolgt im Model aus dem Quotienten des täglichen Energiebedarfs je Planungsraum und der durchschnittlich verladenen Energiemenge je Ladepunkt. Die Anzahl der notwendigen Ladepunkte unterscheidet sich im Ergebnis abhängig vom gewählten Ladeszenario und der dabei eingesetzten Ladetechnik. Um die Anzahl der notwendigen AC Ladepunkte zu ermitteln, wurde die spezifische Energiemenge je Ladepunkt im Ladeszenario Straßenraum (Ladeszenario 7) verwendet. Bei der Ermittlung der notwendigen DC Ladepunkte wurde das Ladeszenario 4 (Lade-hubs innerorts) als Prognosewert angesetzt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 8 dargestellt.

Die beiden Prognoseergebnisse sind nicht zu addieren, sondern sind einzeln zu betrachten. Wie unter Ziffer 4.2 beschrieben, besteht eine Abhängigkeit zwischen den verschiedenen Ladeszenarien und Ladetechnologien. Je nach Standort im öffentlichen Raum (siehe Ziffer 7 - Musterstandorte) und der standortspezifischen Gegebenheiten ist eine Ladetechnologie bzw. eine Verteilung der Ladetechnologien zu wählen. Eine allgemein gültige Aufteilung der Ladepunkte nach Ladeszenarien ist zum aktuellen Stand nicht möglich. Die Verteilung hängt von diversen Faktoren ab und ergibt sich aus einem koordinierten Ausbauprozess je Planungsraum.

Prognosejahr	Normalladen (AC)	Schnellladen (DC)
2022	560 Ladepunkte	151 Ladepunkte
2025	1.284 Ladepunkte	269 Ladepunkte
2030	1.686 Ladepunkte	332 Ladepunkte

Tabelle 8: Ergebnis der Bedarfsermittlung öffentlicher Ladepunkte in Wiesbaden

¹³ Stromspiegel 2021/2022 - co2online gemeinnützige GmbH gefördert durch das BMUV

5.4 Einordnung der Prognoseergebnisse

5.4.1 Anzahl der E-Pkw im Jahr 2030

Die Anzahl der prognostizierten E-Pkw im Jahr 2030 in Wiesbaden von 49.698 entspricht einem Anteil von 35% am gesamten Pkw-Bestand. Dieser Wert liegt ca. 4% über den Zielen der Bundesregierung für das Jahr 2030. Aufgrund der Anzahl an Neuzulassungen in den letzten beiden Jahren und den spezifischen Faktoren der LHS Wiesbaden, wie bspw. der Kaufkraft und des Anteils der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, ist diese Abweichung plausibel. Vergleicht man den Prognosewert mit älteren Prognosen für die LHW, die im Zuge des Elektromobilitätskonzeptes erstellt wurden, ist die starke Berücksichtigung der überdurchschnittlichen Entwicklung in den letzten beiden Jahren als Grund für die höher Anzahl an E-Pkw zu nennen.

5.4.2 Anzahl der Ladevorgänge im Verlauf des Prognosezeitraums

Die Stagnation der täglichen öffentlichen Ladevorgänge ab dem Jahr 2025, trotz steigender Fahrzeugzahlen lässt sich anhand folgender Berücksichtigungen bei der Prognose erklären:

- Starke Zunahme der Ladevorgänge im privaten Raum (siehe Ziffer 4.3)
- Steigerung der Akkukapazitäten bei konstantem Verbrauch führt zu selteneren Ladevorgängen (siehe Ziffer 5.2.1)
- Starke Zunahme des Anteils an BEV führt aufgrund der deutlich größeren Akkukapazität zu selteneren Ladevorgängen (siehe Ziffer 5.1.2)

In bisherigen Prognosen im Zuge des Elektromobilitätskonzeptes der LHW wurden vor allem die technischen Entwicklungen und der zunehmende Anteil an Ladevorgängen im privaten Raum aus heutiger Sicht nicht ausreichend berücksichtigt.

5.4.3 Anzahl der Ladepunkte im öffentlichen Raum

Die Anzahl der prognostizierten Ladepunkte im öffentlichen Raum ist in der vorliegenden Prognose geringer als bisherige Prognoseergebnisse für die LHS Wiesbaden. Das Delta entspricht 2030 etwa 600 Ladepunkten. Diese Differenz resultiert aus mehreren Annahmen, die im Prognosemodell getroffen wurden. Den größten Einfluss auf das Ergebnis hat der hohe Anteil an privaten Ladevorgängen sowie die Annahme, dass Ladevorgänge ab einer verbleibenden Akkukapazität von 70% durchgeführt werden. Diese Annahmen wurden auf Grundlage der Projektausrichtung getroffen, eine wirtschaftliche Grundversorgung an LIS für die Bürger:innen der LHS Wiesbaden bereitzustellen. Wird dieser Wert mit der Annahme nach oben angepasst, dass täglich nachgeladen wird und somit ein Ladevorgang bereits nach sehr geringem Akkuverbrauch gestartet wird, werden mehr Ladepunkte im Stadtgebiet benötigt. Aufgrund des unveränderten Energiebedarfs wäre eine größere Anzahl an Ladepunkten aufgrund der geringeren Auslastung voraussichtlich unwirtschaftlicher im Betrieb.

5.5 Priorisierung der Planungsräume

Durch die Prognose der benötigten Ladepunkte in den Jahren 2022, 2025 und 2030 (siehe Ziffer 5.3) und Berücksichtigung der bereits vorhanden öffentlichen Ladepunkte in der LHS Wiesbaden (siehe Ziffer 3.2), kann der absolute Bedarf je Prognosejahr und Planungsraum ermittelt werden.

Wie unter Ziffer 3.2 beschrieben, wurden die vorhandenen Ladepunkte den 144 Planungsräumen zugeordnet. Durch die Zuordnung kann die Anzahl an Ladepunkten am Bedarf subtrahiert werden. Hierbei wird im Modell unterschieden, welche Ladeleistung die vorhandenen Ladepunkte erbringen und welche durchschnittlichen Energiemengen pro Tag an den Bestandsladesäulen verladen werden.

Da die Planungsräume nicht einheitlich dimensioniert sind, sondern über unterschiedliche Flächen verfügen, wurde zur Priorisierung der Planungsräume die Anzahl an notwendigen Ladepunkten pro Quadratkilometer als Vergleichswert definiert.

Die zehn Planungsräume mit dem höchsten spezifischen Bedarf an öffentlicher LIS pro km² ergeben sich aus dem Quotient des Bedarfs an Ladepunkten je Planungsraum und der jeweiligen Planungsraumfläche in km². Die Priorisierung der Planungsräume für das Betrachtungsjahr 2025 ist nachfolgend in der Tabelle 9 dargestellt:

ID	Planungsraum	Anzahl Ladepunkte
044	Abraham-Lincoln-Straße	45
011	Zentrum (City)	52
014	Rheinstraße, Dotzheimer Straße	5
013	Luxemburgplatz	15
082	Westend	22
041	Hauptbahnhof	33
061	Kurt-Schumacher-Ring	7
012	Adolfsallee	19
034	Virchowstraße	2
062	Rheingauviertel	13

Tabelle 9: Planungsräume mit höchstem Bedarf an LIS 2025

Der Planungsraum 044 zeichnet sich durch einen sehr hohen Anteil an gewerblich genutzten Fahrzeugen und eine sehr geringe Einwohnerdichte (276 EW/km²) aus. Da davon ausgegangen wird, dass die gewerblich genutzten Fahrzeuge entweder am Arbeitsort oder am Wohnort geladen werden, wird empfohlen diese Planungsräume beim Roll-out der öffentlichen LIS für Einwohner:innen nicht zu priorisieren. Die vergleichsweise geringen Bedarfe an Ladepunkten in den Planungsräumen 061 und 034 resultieren aus den geringen Größen der Planungsräume. Aufgrund der Berücksichtigung von diversen Prognosedaten im Modell (siehe Ziffern 5.1 – 5.3) ergibt sich ein nicht linearer Verlauf des Bedarfs aus LIS.

Daraus folgt, dass die zehn Planungsräume mit dem auf die Fläche bezogen höchsten Bedarf an öffentlicher LIS im Jahr 2030 (siehe Tabelle 10), nicht identisch zu den Planungsräumen 2025 (siehe Tabelle 9) sind. Auch im Jahr 2030 sollte der Planungsraum 044 nicht priorisiert werden.

Die Planungsräume 262 und 042 verfügen ebenfalls über vergleichsweise geringe Einwohnerdichten (3.364 EW/km² bzw. 2.016 EW/km²) und sollten deshalb beim Roll-out nicht besonders priorisiert werden.

ID	Planungsraum	Anzahl Ladepunkte
011	Zentrum (City)	83
014	Rheinstraße, Dotzheimer Straße	8
044	Abraham-Lincoln-Straße	36
013	Luxemburgplatz	21
082	Westend	33
012	Adolfsallee	29
062	Rheingauviertel	23
061	Kurt-Schumacher-Ring	9
262	Delkenheim-Süd	47
042	Hasengartenstraße	50

Tabelle 10: Planungsräume mit höchstem Bedarf an LIS 2030

Insgesamt ergibt sich besonders in den innerstädtischen Planungsräumen ein hoher Bedarf an öffentlich zugänglicher LIS (siehe Abbildung 12 und Anlage 3).

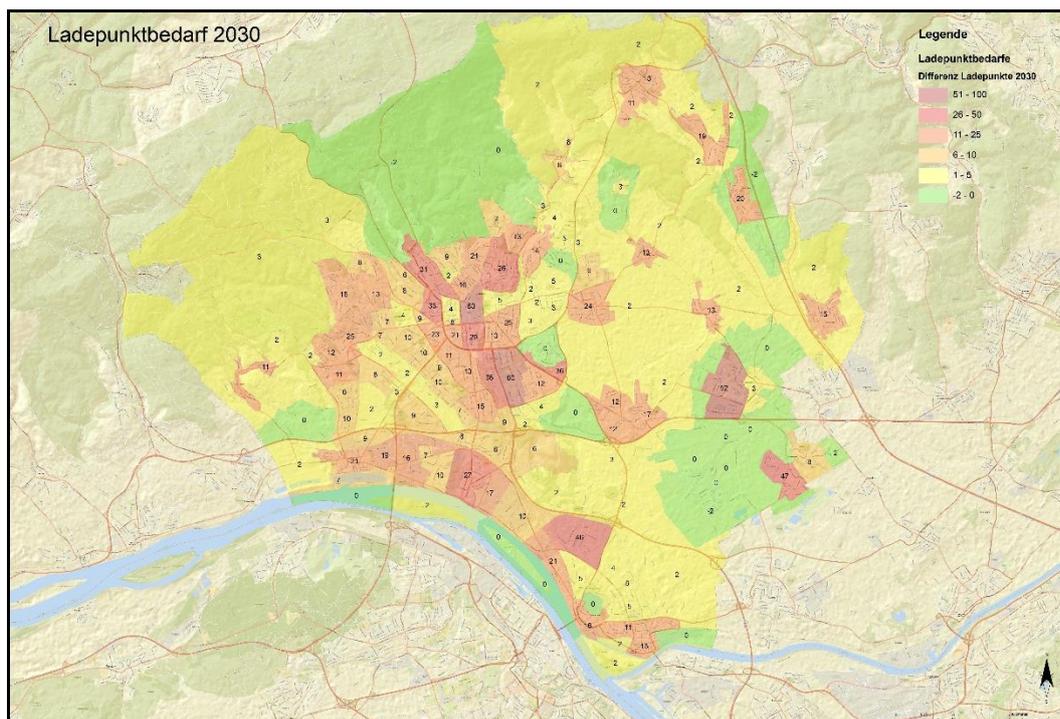


Abbildung 12: Prognostizierter Bedarf an Ladepunkten im Jahr 2030

6 Technisches Konzept zum Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur

Der Fokus des technischen Konzepts liegt auf dem Aufbau öffentlich zugänglicher LIS für die Nutzergruppe Bürger:innen der LHS Wiesbaden. Die LIS soll primär für Bürger:innen geschaffen werden, die über keinen Zugang zu privater LIS verfügen. Aufgrund des wirtschaftlichen Betriebs der LIS soll diese aber auch weiteren Nutzergruppen wie bspw. Pendelnden oder Gästen der LHS Wiesbaden zur Verfügung stehen. Das technische Konzept und die folgende Beschreibung der Musterstandorte betrachten daher gezielt die zuvor definierten Ladeszenarien 4 und 7 (siehe Seite 14 und 15):

IV. Lade-Hub innerorts

Bspw. auf öffentlichen Parkplätzen wie P+R oder in Parkhäusern

- Eigentumsverhältnis: privater, halböffentlicher oder öffentlicher Grund
- Zugänglichkeit: teilweise zeitliche Einschränkung (Öffnungszeiten)
- Nutzergruppen: Bürger:innen ; Pendelnde; Gäste und Touristen; Geschäftsreisende; Mobilitätsanbieter; Lieferdienste
- Ladetechnologie: Schnellladen bis 150 kW

VII. Straßenraum

Bspw. auf öffentlichen Parkplätzen oder im Straßenraum

- Eigentumsverhältnis: Öffentlicher Grund
- Zugänglichkeit: keine zeitliche Einschränkung
- Nutzergruppen: Bürger:innen; Gäste und Touristen; Mobilitätsanbieter
- Ladetechnologie: Normalladen (AC) bis 22 kW

Grundsätzlich wird zwischen privater und öffentlich zugänglicher LIS unterschieden. Diese Unterscheidung ist insbesondere relevant im Hinblick auf die technischen Anforderungen als auch für die geltenden Rechtsvorschriften. Die Unterscheidung von privater und öffentlich zugänglicher LIS wird noch durch die halböffentliche LIS ergänzt. Zur halböffentlichen LIS werden Ladepunkte auf Parkplätzen von Supermärkten, Einkaufszentren oder Ähnlichem gezählt. Diese zeichnen sich oft durch eine eingeschränkte Zugänglichkeit der LIS aus, angepasst an die Öffnungszeiten des zugehörigen Gewerbes. Gemäß Definition der Ladesäulenverordnung gibt es keine zusätzliche Unterscheidung und halböffentliche LIS zählt entsprechend zur öffentlichen LIS. Durch die Zugänglichkeit eines unbestimmten Personenkreises zum Ladepunkt ergeben sich besondere Herausforderungen an die LIS, hinsichtlich der Sicherheit, dem Aufbau und dem Betrieb, welche im Folgenden näher betrachtet werden.

6.1 Gesetzliche Anforderungen

6.1.1 Ladesäulenverordnung

Die Ladesäulenverordnung (LSV) regelt die technischen Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile sowie weitere Aspekte des Betriebes von Ladepunkten wie Authentifizierung, Nutzung und Bezahlung. Die LSV trat im Jahr 2016 in Kraft und wurde zuletzt im Jahr 2021 aktualisiert. Im Folgenden werden die wesentlichen Anforderungen der LSV zusammengefasst¹⁴:

- Ladepunkte, an denen Wechselstromladen möglich ist, müssen mindestens mit einer Steckdose oder Kupplung des Typs 2 nach der Norm DIN EN 62196-2, ausgestattet sein.
- Ladepunkte, an denen Gleichstromladen möglich ist, müssen mindestens mit einer Kupplung des Typs 2 Combo nach der Norm DIN EN 62196-3, ausgestattet sein.
- Betreiber von Ladepunkten haben der Regulierungsbehörde die Inbetriebnahme und die Außerbetriebnahme von Ladepunkten elektronisch anzuzeigen (ab einer Leistung von > 3.7 kW). Die Anzeigepflicht für neu errichtete Ladesäulen bei der Bundesnetzagentur besteht spätestens zwei Wochen nach Inbetriebnahme. Nach Außerbetriebnahme ist dies unverzüglich anzuzeigen.
- Betreiber von Schnellladepunkten haben der Regulierungsbehörde die Einhaltung der technischen Anforderungen bei Inbetriebnahme und auf Anforderung während des Betriebs nachzuweisen.

Gemäß der letzten Änderung der LSV vom 02.11.2021, welche ab dem 01.01.2022 in Kraft getreten ist, gelten folgende Punkte:

- Ladepunkte müssen über eine standardisierte Schnittstelle verfügen, mithilfe derer Autorisierungs- und Abrechnungsdaten sowie dynamische Daten zur Betriebsbereitschaft und zum Belegungsstatus übermittelt werden können. Es gilt eine Übergangsregelung zur Erfüllung dieser Anforderung bis Juli 2023.
- Der Betreiber eines öffentlich zugänglichen Ladepunkts hat an dem jeweiligen Ladepunkt oder in dessen unmittelbarer Nähe die für den bargeldlosen Zahlungsvorgang erforderliche Authentifizierung zu ermöglichen und einen kontaktlosen Zahlungsvorgang mindestens mittels eines gängigen Debit- und Kreditkartensystems anzubieten.
- Die Anzeigepflicht für neu errichtete Ladesäulen bei der Bundesnetzagentur besteht spätestens zwei Wochen nach Inbetriebnahme.

Ausgenommen von den genannten Anforderungen der LSV sind Ladepunkte mit einer Ladeleistung von höchstens 3,7 kW.

¹⁴ Ladesäulenverordnung (LSV), Stand 17.03.2022

Ergänzt wird die LSV durch die VDE-AR-E 2532-100, welche einheitliche Standards bei der Abwicklung, der Authentifizierung und bei den Abrechnungsvorgängen an Ladesäulen vorgibt. Konkret geht es um die datenschutzkonforme Authentifizierung über Remote Backendlösungen wie Apps und RFID-Transponder sowie Kredit-, Debit- oder Ladekarten. Die VDE sorgt somit dafür, dass die Mindeststandards für kontaktlose Zahlungen nach der LSV mit höchstmöglicher Datensicherheit eingehalten werden können.

6.1.2 Gesetz zum Aufbau einer Lade- und Leitungsinfrastruktur (GEIG)

Im Gesetzentwurf zum Aufbau einer gebäudeintegrierten Lade- und Leitungsinfrastruktur (GEIG) für die Elektromobilität (Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz – GEIG [Umsetzung der Richtlinie (EU) 2018/844]) werden Eigentümern von Revitalisierungs- oder Repositionierungsprojekten sowie von Neubauprojekten verschiedene Mindestanforderungen hinsichtlich E-Mobilität auferlegt. Das Gesetz ist bei den vorliegenden Ladeszenarien besonders beim Aufbau von LIS in Parkhäusern oder Quartiersgaragen zu beachten. Im Folgenden werden die für Nichtwohngebäude relevanten Kernaussagen des GEIG zusammengefasst:

- Wird ein Nichtwohngebäude mit mehr als sechs Stellplätzen errichtet bzw. ein Nichtwohngebäude mit mehr als zehn Stellplätzen einer größeren Renovierung unterzogen ist jeder dritte bzw. jeder fünfte Stellplatz mit Leitungsinfrastruktur auszustatten und mindestens ein Ladepunkt zu errichten (gemäß §7 und §9 GEIG).
- Ab dem 01.01.2025 ist jedes bestehende Nichtwohngebäude mit mehr als zwanzig Stellplätzen mit mindestens einem Ladepunkt auszustatten (gemäß §10 GEIG).

Das GEIG sieht folgende Ausnahmen vor (GEIG §1, §13):

- Das Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG) ist nicht anzuwenden auf Nichtwohngebäude, die sich im Eigentum von kleinen und mittleren Unternehmen befinden und überwiegend von diesen selbst genutzt werden (gemäß §1 Abs. 2 GEIG).
- Öffentliche Gebäude, die gemäß der Umsetzung der Richtlinie 2014/94/EU über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe bereits vergleichbaren Anforderungen unterliegen, sind von den Regelungen ausgenommen (gemäß §13 Abs. 2 GEIG).
- Bei einer größeren Renovierung eines bestehenden Gebäudes, bei der die Kosten für die Lade- und Leitungsinfrastruktur 7 % der Gesamtkosten der Renovierung des Gebäudes überschreiten, sind keine Stellplätze mit einer Lade- und Leitungsinfrastruktur auszustatten (gemäß §13 Abs.1 GEIG).

Eigentümer von entsprechenden Nichtwohngebäuden können sich durch die Bereitstellung von Parkflächen für den Aufbau von LIS auf das GEIG vorbereiten, um zukünftige Investitionskosten zu vermeiden.

Auch die Hessische Garagenverordnung – GaV schreibt einen Mindestausbau von Ladestationen in Garagen vor. So müssen gemäß §2 *Allgemeine Anforderungen Absatz (3)* der GAV 5 % der Stellplätze mit Ladepunkten ausgestattet werden.

6.2 Ladetechnologien und Marktüberblick

6.2.1 Ladetechnologien

Beim Laden von BEV und PHEV wird zwischen Normalladen bzw. AC-Laden mit Wechselstrom und Schnellladen / Hochleistungsladen bzw. DC-Laden mit Gleichstrom unterschieden. Des Weiteren kann induktives Laden zum Einsatz kommen. Beim induktiven Laden erfolgt Energieübertragung mittels des Transformatorprinzips.

Normalladung oder AC-Laden meint eine Ladung bis zu einer Ladeleistung von 22 kW. Bei der Normalladung wird das Fahrzeug an eine AC-Ladestation oder AC-Wallbox an Wechsel- bzw. Drehstrom angeschlossen und es wird das im Fahrzeug integrierte AC-Ladegerät verwendet. Das AC-Ladegerät bestimmt die Ladeleistung. Wenn ein Fahrzeug mit z.B. einem 7,6 kW Ladegerät ausgerüstet ist, lädt es auch an einer Ladestation die 22 kW liefern kann, nur mit 7,6 kW.

Von Schnellladung oder DC-Laden spricht man bei einer Ladeleistung größer 22 kW. Hochleistungsladen beginnt ab einer Ladeleistung von 150 kW. Weitere oft genutzte Begriffe sind das High-Power-Charging (HPC) sowie das Ultraschnellladen. Diese sind nicht genau definiert und beziehen sich in der Regel auf Ladeleistungen größer 150 kW. Sie sind somit gleichzusetzen mit dem zuvor beschriebenen Hochleistungsladen. Für die DC-Lademöglichkeiten wird ein stationäres Ladegerät verwendet und die Batterie über zusätzliche Gleichstromanschlüsse verbunden. Die Ladeleistung wird von der Leistungsfähigkeit des stationären Ladegerätes und der Schnellladefähigkeit der Batterie bestimmt. Das Batteriemangement des Fahrzeugs steuert dabei die Leistung der Schnellladestation. Die DC-Ladungsmethode unterscheidet sich von der AC-Ladungsmethode insofern, dass bei der Verwendung von DC-Ladepunkten eine schnellere Ladung der Batteriekapazitäten in kürzerer Zeit mit einem externen Ladegerät erreicht werden kann. Aktuelle DC-Schnellladestationen liegen im Leistungsbereich zwischen 50 und 500 kW. Eine Reichweite eines Fahrzeuges von 100 km kann z. B. in 4 Minuten nachgeladen werden. Die Leistungsaufnahme einer Schnellladestation (DC-Ladung) mit 6 Ladepunkten liegt ähnlich hoch wie ein Hochhaus mit 50 Obergeschossen und 100.000 m² Fläche, ca. 1,2 MW effektiv. Die verfügbare Ladeleistung hat sich über die vergangenen Jahre erhöht. Die aktuelle Batteriespannung vieler Fahrzeuge liegt bei rund 400 V. Porsche und Audi setzten bereits auf eine Systemspannung von ca. 800 V bei den leistungsfähigen Fahrzeugen. Voraussichtlich werden auch Fahrzeuge der Mittelklasse zukünftig mit der höheren Spannung gebaut, so dass es sich lohnt Hochleistungslader zu installieren, die bereits die „hohe“ Systemspannung liefern können.

Im Gegensatz zu konduktiven (kabelgebundenen) Ladetechnologien, beschreibt das induktive Laden die kontaktlose Übertragung elektrischer Energie mittels elektromagnetischer Induktion. Die Umsetzung eines solchen Systems erfordert sowohl eine fahrzeugseitige Spule wie auch eine Spule auf Seiten der Ladestation.

Fahrzeugseitig wird die Spule an der Unterseite des Fahrzeugs montiert, während die Spule der Ladestation in Form einer Bodenplatte installiert wird. Das Fahrzeug muss dann nur in der richtigen Position über der Bodenplatte parken und kann den Ladevorgang starten. Gemäß IEC 61980-3 ist eine minimale Positioniergenauigkeit von 75mm in Fahrtrichtung und 100 mm senkrecht vorgeschrieben, was die Nutzung einer Fahrzeug-

assistentenfunktion zur korrekten Positionierung unabdingbar macht.¹⁵ Hersteller von induktiven Ladesystemen schränken die Positionierungsgenauigkeit teils noch weiter ein. Die Anschlussbedingungen verhalten sich analog zu denen des induktiven Ladens und die Standardisierung sieht bisher Leistungsklassen bis zu 22 kW vor. Neben der genauen Positionierung ist auch die Energieeffizienz kritisch zu betrachten. Diese ist im Falle des induktiven Ladens im Wesentlichen von der Breite des Luftspaltes zwischen Bodenplatte und fahrzeugseitiger Spule abhängig. Smartphones nutzen die Technologie des induktiven Ladens schon länger und dort lässt sich eine signifikant schlechtere Energieeffizienz im Vergleich zu induktiven Lademethoden feststellen.

Die Umsetzung des induktiven Ladens bietet innovative Möglichkeiten, doch ist dafür die Vorbereitung der Ladetechnik fahrzeugseitig und auf Seiten der Ladestation notwendig. Diese Vorbereitung befindet sich noch in der Anfangsphase. Die Umsetzung des induktiven Ladens für die E-Mobilität erfolgt bisher nur im Rahmen von Pilotprojekten. Es ist davon auszugehen, dass die Technik zuerst im Bereich von Elektrobussen, E-Taxen und E-Lkw umgesetzt wird. Für den privaten Individualverkehr werden wahrscheinlich zuerst Fahrzeuge der Oberklasse mit der entsprechenden Technik ausgestattet, wobei abzuwarten ist, inwieweit sich diese Ladetechnik durchsetzen wird.¹⁶ Für die Versorgung von E-Pkw im öffentlichen Bereich sollte der Fokus auf induktiven Ladesystemen liegen.

Aufgrund des Fokus auf die Ladeszenarien Lade-Hub innerorts (Ladeszenario 4) sowie Laden im Straßenraum (Ladeszenario 7) berücksichtigt der folgende Marktüberblick das Normalladen bis 22 kW sowie das Schnellladen bis 150 kW. Für den Musterstandort Mobility Hub (innerorts) können auch Ladeleistungen > 150 kW zum Einsatz kommen.

6.2.2 Anforderungen an öffentliche Ladeinfrastruktur

Der Markt für LIS entwickelt sich schnell und dynamisch. Um aus der Vielzahl von Herstellern und Modellen eine Auswahl treffen zu können, wurden Mindestanforderungen für die LIS definiert, die an die zuvor beschriebenen Ladeszenarien (Ladehub-innerorts, Laden im Straßenraum) angepasst sind. Als Grundlage wurde der „Marktüberblick Low-Cost Ladeinfrastruktur“¹⁷ genutzt. Da sich dieser Marktüberblick auf AC-LIS und den Anwendungsfall in einem Parkhaus beschränkt, wurden zusätzliche Kriterien definiert, um weitere Aufstellungsmöglichkeiten (z.B. im Außenbereich) zu berücksichtigen. Die folgenden Mindestanforderungen stellen gleichzeitig die Auswahlkriterien für die Marktrecherche dar.

¹⁵ Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur Elektromobilität Version 4, Deutsche Kommission Elektrotechnik, 2021

¹⁶ <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/laden/induktives-laden-bei-e-autos-vielversprechende-technik-mit-groessem-potenzial/>

¹⁷ Dr. Sebastian Stütz, Fraunhofer IML, 2020

Zusammenfassung der technischen Mindestanforderungen an öffentliche LIS:

- Eichrechtskonformität
- Kommunikation zwischen Ladesäule und Backend über OCPP 1.6 oder höher
- Kommunikation zwischen Ladestation und E-Auto gemäß ISO 15118
- Nutzerauthentifizierung mittels App, RFID und Kartenleser für gängiges Kartensystem (Mastercard, Visa, Girocard) (VDE-AR-E 2532-100)
- IT-Kommunikationsschnittstellen mindestens Ethernet, RS485 (primär für Anwendungen in Parkhäusern oder Tiefgaragen) oder GSM (zur Nutzung im Außenbereich)
- Unterstützung von Lastmanagement
- Jeder Ladepunkt muss über mindestens einen Steckertyp gemäß DIN EN 62196 verfügen (Typ 2 für AC; Typ 2 Combo für DC)
- AC-Ladepunkte müssen mindestens 11 kW und DC-Ladepunkte mindestens 50 kW Ladeleistung pro Ladepunkt bereitstellen
- Schutzart mindestens IP 54
- Schlagfestigkeit mindestens IK 8

6.2.3 Normalladevorgänge bis 22 kW (AC)

Die Auswahl der AC-Lademodelle erfolgt auf Basis der Auswertung des Fraunhofer IML – Low Cost Ladeinfrastruktur (Stand 12/2020). Die Auswertung wurde anhand der oben genannten Mindestanforderungen aktualisiert. Des Weiteren wurde der Marktüberblick des Fraunhofer Instituts auf seine Aktualität überprüft und weitere Modelle mit in die Betrachtung aufgenommen. Die Aktualisierung der Marktrecherche stellt eine Momentaufnahme des Januar 2022 dar.

Vor dem Hintergrund der durchgeführten Auswertung sind die folgenden Produkte zum aktuellen Zeitpunkt für den Aufbau der gewünschten LIS geeignet:

Ladesäulen:

Hersteller	Produkt
ABL Sursum	eMC3
Mennekes	Amedio Premium 22
Mennekes	Amedio Smart 22
Mennekes	Amedio Professional
wallbe (Compleo)	MAX
wallbe (Compleo)	ZAS 4.0

Tabelle 9: Übersicht geeignete Ladesäulen nach Hersteller

Wallboxen:

Hersteller	Produkt
ABL Sursum	eMH3 Twin Controller+
Mennekes	Amtron Premium 11
Charge X	Aqueduct+ Pro

Tabelle 10: Übersicht geeignete Wallboxen nach Hersteller

6.2.4 Schnellladevorgänge ab 50 bis 150 kW (DC)

Für die DC-LIS wurde eine neue Marktrecherche durchgeführt. Um dem Anspruch des Schnellladens gerecht zu werden, werden im folgenden nur Ladestationen mit einer Leistung von mindestens 50 kW betrachtet. Als Ausgangspunkt der Recherche wurde die „Marktübersicht Ladestationen“¹⁸ der EnergieAgentur.NRW gewählt (Stand 12/2021). Die Liste bietet einen Überblick von Herstellern und Modellen unterteilt nach Ladetechnik (AC/DC) sowie der Installationsbedingung (Wallbox/Ladesäule). Zum Zeitpunkt der Recherche war die Liste die aktuellste Zusammenstellung von DC-Ladestationen. Des Weiteren wurden per Internetrecherche weitere Hersteller für DC-Schnellladestationen untersucht. Die Aktualisierung der Marktrecherche stellt eine Momentaufnahme des Januar 2022 dar.

Die Nettomaterialkosten müssen für die DC-Schnellladestationen bei den Herstellern individuell angefragt werden, da die Produkte in der Regel speziell konzipiert, angepasst und bepreist werden. Eine Ermittlung der Grobkosten erfolgt im Zuge der Bewertung der Musterstandorte im nächsten Kapitel. DC-Schnellladestationen bringen jedoch einen deutlich höheren Kostenaufwand mit sich als AC- Ladestationen. Weiterhin können Zusatzkosten bei der Installation entstehen, da für die hohen Leistungen der Ladestationen eine Erweiterung des Netzanschlusses oder die Integration eines Batteriespeichersystems notwendig werden können.

Die Liste der Anbieter für DC-Schnellladestationen fällt deutlich kürzer aus als die der AC- Ladestationen. Bei der Recherche war auffällig, dass ein großer Teil der angebotenen Produkte keine Eichrechtskonformität aufwies und somit nicht für den Einsatz im öffentlichen Bereich geeignet ist. Die folgenden Hersteller haben Produkte im Angebot die den oben aufgeführten technischen Mindestanforderungen genügen:

- Compleo
- Charge-V
- Delta

¹⁸ <https://www.elektromobilitaet.nrw/unser-service/marktuebersicht-ladestationen/>

Um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden noch drei weitere Hersteller berücksichtigt, die nach eigenen Angaben im Laufe des Jahres 2022 eine Eichrechtskonformität anbieten können:

- Siemens
- ABB
- Alpitronic

Mit Delta Electronics, ABB und Siemens sind drei internationale Elektronik/Automatisierungs-Unternehmen im Vergleich vertreten. Alpitronic, Compleo und Charge-V sind europäische Unternehmen, die sich primär im Elektromobilitätsmarkt positioniert haben. Alpitronic und Charge-V bieten nur DC-Schnellladestationen an, während Compleo auch AC-Ladestationen unter den Marken Compleo und Wallbe vertreibt. Tabelle 11 zeigt die Zusammenfassung der geeigneten Produkte.

Modell	Hersteller	Leistung max. [kW]	DC Ladepunkte	Leistung pro LP	AC Ladepunkte	Backend	IT-Schnittstellen	Authentifikation	Eichrecht	Empfehlung
Terra DC 124/184	ABB	180	2	geteilt*	1 LP optional	OCPP 1.6; OPC UA	GSM, Ethernet	RFID, PIN, App	optional	✓
Terra DC 24/54/94	ABB	94	1	-	-	OCPP 1.6; OPC UA	GSM, Ethernet	RFID, PIN, App	optional	-
Sicharge D	Siemens	300	2-4	geteilt*	22 kW AC-Dose	OCPP 1.6	GSM, Ethernet	RFID, Barcode, PIN	in Planung	✓
Hypercharger HYC 150	Alpitronic	150	2	geteilt*	22 kW AC-Dose optional	OCPP 1.6	GSM, Ethernet	RFID, Barcode, App	in Planung	-
Hypercharger HYC 300	Alpitronic	300	2	geteilt*	22 kW AC-Dose optional	OCPP 1.6	GSM, Ethernet	RFID, Barcode, App	in Planung	✓
cito 500	Compleo	50	1	50 kW	22 kW AC-Dose	OCPP 1.6	GSM, Ethernet	RFID, App	vorhanden	-
Satellite 160	Charge-V	160	1	160 kW	optional 22kW	OCPP 1.6	GSM, Ethernet	RFID, NFC, App	vorhanden	-
Smart 160	Charge-V	160	1	160 kW	optional 22kW	OCPP 1.6	GSM, Ethernet	RFID, NFC, App	vorhanden	-
UFC 200	Delta	200	2	geteilt*	zwei 22 kW AC-Dosen	OCPP 1.6	GSM, Ethernet	RFID, App	vorhanden	✓

*die maximale Leistung wird auf die genutzten Ladepunkte aufgeteilt

**keine Angaben im Datenblatt

***DC Ladepunkte beschreibt die parallel nutzbaren DC-Ladepunkte

Tabelle 11: Ergebnisdarstellung der DC-Schnellladestationen

Der Hersteller ABB bietet mit den Terra DC Ladestationen ein flexibles System mit Leistungsmodulen von 20 kW bis 180 kW an. Die Leistungsstufen verteilen sich auf 20 kW, 50 kW und 90 kW für einen Ladepunkt, sowie 120 kW und 180 kW für zwei Ladepunkte. Die Versionen mit je zwei Ladepunkten besitzen ein integriertes Lastmanagement zur Aufteilung der Leistung je nach Anforderung. Ein einzelnes Fahrzeug kann an dem leistungsstärksten Modul mit bis zu 180 kW laden, während bei der parallelen Nutzung der beiden Ladepunkte jeweils bis zu 90 kW möglich sind. Nach Angabe des Datenblatts können eichrechtskonforme Messgeräte integriert werden.

Das Modell Sicharge D von Siemens zeichnet sich durch ein hohes Leistungsspektrum von 160 kW – 300 kW aus. Standardmäßig werden 2 DC-Ladepunkte sowie eine 22 kW AC-Ladedose angeboten, jedoch lässt sich das System auf bis zu 4 DC-Ladepunkte erweitern, wodurch bis zu fünf Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden können. Die Ladeleistung wird dabei in 20 kW Schritten geteilt, das heißt ein einzelnes Fahrzeug kann mit bis zu 300 kW geladen werden, während bei zwei parallel ladenden Fahrzeugen mit unterschiedlicher fahrzeugseitiger Ladeleistung die Leistung z.B. auf 160 kW und 140 kW angepasst werden kann. Weiterhin ist hervorzuheben, dass das Modell einen 24-Zoll-Touchscreen verwendet, welcher durch seine überdurchschnittliche Größe zusätzliche kundenspezifische Inhalte anzeigen kann.

Die Hypercharger von Alpitronic werden in zwei Gehäusegrößen angeboten. HYC 150 kann mit bis zu zwei Leistungsmodulen je 75 kW ausgestattet werden und HYC 300 mit bis zu vier Leistungsmodulen je 75 kW für eine Gesamtleistung von bis zu 300 kW. Die modulare Bauweise der Ladesäule ermöglicht ein schnelles Nachrüsten der Leistungsmodule. Das Gehäuse HYC 300 bietet die Anschlussmöglichkeit von bis zu vier DC-Ladekabeln, lässt aber nur ein paralleles Laden von zwei DC-Ladevorgängen und einem AC-Ladevorgang zu. Die Eichrechtskonformität befindet sich derzeit im Zulassungsverfahren.

Compleo war der erste Hersteller, der eine eichrechtskonforme DC-Schnellladesäule anbot. Das Modell Cito 500 bietet bis zu drei Ladeanschlüsse, aufgeteilt auf zwei 50 kW DC-Anschlüsse und einem 24 kW AC-Anschluss. Parallel genutzt werden, können nur jeweils ein DC- und der AC-Anschluss.

Charge-V bietet zwei eichrechtskonforme Ladesäulen mit fast identischer technischer Ausstattung. Beide Modelle bieten einen DC-Ladepunkt mit bis zu 160 kW Leistung, sowie einen 22 kW AC-Ladepunkt. Der wesentliche Unterschied der beiden Modelle liegt im Design. Die Variante smart 160 bietet ein klassisches Säulenformat mit großem 15,6 Zoll Touchscreen. Das Modell satellite 160 weist eine V-Form auf und verwendet ein kleineres 7 Zoll Display. Im Gegensatz zu den anderen vorgestellten Systemen werden die Ladestationen von Charge-V zentral versorgt. Das bedeutet, dass eine PowerUnit die Leistungselektronik für bis zu drei Ladesäulen bereitstellt. Dadurch sind die Ladesäulen selbst deutlich leichter, dafür werden die zusätzlichen PowerUnits benötigt und müssen separat in der Nähe der Säulen installiert werden.

Das Modell UFC 200 von Delta bietet eine Gesamtleistung von bis zu 200 kW. Es ermöglicht simultanes DC-Laden von zwei Fahrzeugen und bietet die Möglichkeit zwei Typ 2 AC-Ladepunkte zu integrieren, wodurch simultan bis zu vier Fahrzeuge geladen werden können. Durch eine modulare Bauweise ist die Möglichkeit gegeben, mit geringerer Leistung zu starten und im Feld noch nach Bedarf nachzurüsten.

Alle betrachteten Modelle nutzen das Backend Kommunikationsprotokoll OCPP 1.6. Die IT-Schnittstellen sind standardmäßig GSM und Ethernet. RS485 Schnittstellen wurden in den Datenblättern nicht angegeben. Alle Anbieter bieten weitere individuelle Konfigurationsmöglichkeiten hinsichtlich der Ausstattung der Ladesäulen. Die standardisierten Steckertypen CCS und CHAdeMO werden von allen untersuchten Modellen unterstützt.

Generell lassen sich alle vorgestellten Ladesäulen im öffentlichen Bereich einsetzen, wenn die Eichrechtskonformität bis zum Zeitpunkt der Installation gegeben ist. Um den Installationsaufwand zu minimieren, empfiehlt es sich von Ladesäulen mit nur einem DC-Ladepunkt abzusehen. Die Auswahl der passenden Säule erfolgt je nach örtlichen Gegebenheiten des Musterstandort. Die Lieferzeiten der vorgestellten Modelle können sich aufgrund der aktuell gestörten Lieferketten erheblich verlängern. Teilweise wird aktuell von Lieferzeiten von bis zu 2 Jahren für einzelne Modelle ausgegangen. Daher sind die Lieferzeiten immer individuell anzufragen.

6.3 Brandschutz sowie Blitz- und Überspannungsschutz

Brandschutz

Zertifizierte Elektrofahrzeuge weisen laut Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft und des deutschen Feuerwehrverbands kein erhöhtes Brandrisiko gegenüber Autos mit Verbrennungsmotor auf.¹⁹ Wenn es jedoch zum Brand eines Elektro- oder Plug-In-Hybridfahrzeuges inkl. der Batterie kommt, ist für das Löschen eine erhöhte Wassermenge notwendig, um die Flammen zu löschen sowie die Batterien abzukühlen. Die Wassermenge eines Tanklöschfahrzeuges reicht i.d.R. nicht zum Abkühlen einer Batterie aus. Ferner entstehen während des Brands und des Löschens giftige Dämpfe durch die Entstehung von Flusssäure.

Ein Brand kann beispielsweise bei massiven Unfällen entstehen, z.B. wenn das brennbare Kältemittel der Klimaanlage in Brand gerät. Des Weiteren kann während der Ladung eine Brandgefahr durch Übergangswiderstände an Steckverbindern der LIS entstehen, z.B. durch Ladung an nicht geeigneten Stechverbindern (Schutzkontaktsteckdosen).

Bei der Planung der LIS können z. B. folgende Kompensationsmaßnahmen angewendet werden:

- Sichere LIS aufbauen (Typ 2 Steckverbinder).
- Ladestationen nicht direkt neben unternehmenskritischen Einrichtungen installieren, die durch einen Fahrzeugbrand beeinträchtigt werden könnten.
- Bei der Anordnung von LIS in Parkhäusern oder Tiefgaragen sollte darauf geachtet werden, dass ggf. ausgebrannte Fahrzeuge schnell und einfach durch ein Bergungsgerät aus dem Gebäude transportiert werden können.
- Ladeplätze so anordnen, dass eine ausreichende Löschwassermenge zur Verfügung steht, d.h. in Reichweite von Hydranten.
- Ist eine Brandmeldeanlage im Bereich der Ladestationen oder im Objekt vorhanden, so können die Ladestationen automatisch bei einem Brandalarm abgeschaltet werden. Ferner können für die Brandfrüherkennung lineare Rauchmelder in den Bereichen mit Ladestationen verwendet werden.
- LIS für die Feuerwehr einfach abschaltbar vorsehen, z.B. durch Abschaltmöglichkeit der zugehörigen Trafostation.
- Eine Notabschaltung für die gesamte LIS für die Feuerwehr sollte bei der Planung berücksichtigt werden, sodass ein zügiges Löschen möglich ist.

¹⁹ <https://www.gdv.de/de/medien/aktuell/e-autos-in-tiefgaragen-keine-erhoehte-brandgefahr-feststellbar-66230>
Letzter Aufruf – 17.03.2022 / <https://www.feuerwehrverband.de/keine-erhoehte-brandgefahr-durch-in-tiefgaragen-abgestellte-elektrofahrzeuge/>

- In der direkten Umgebung von LIS dürfen keine leicht entzündlichen Materialien gelagert werden.
- Stellplätze in geschlossenen Mittel- und Großgaragen können mittels Sprinkleranlage geschützt werden, um die Ausbreitung eines Brandes zu erschweren.
- In geschlossenen Garagen sollte die Möglichkeit eines wirksamen Rauch- Wärmeabzugs mit Funktionserhalt im Brandfall bestehen. Lüftungsanlagen sind aufgrund von fehlender Temperaturbeständigkeit und geringer Volumenströme nicht zur Entrauchung geeignet.
- Weiter sollten Melder in den Technikräumen (NSHV, Mittelspannung, Traforaum), sowie in den Doppelböden und über den Parkflächen der E-Fahrzeuge installiert werden.
- Bei Außenaufstellung von LIS bzw. der Trafostation sollte ein Mindestabstand von fünf Metern zu benachbarten Gebäuden oder technischen Geräten eingehalten werden. Abstandsunterschreitungen sind im Einzelfall zu prüfen.
- Informative Einbindung der Feuerwehr bei Aufbau von LIS im Innen- und Außenbereich

Für den organisatorischen Brandschutz einer Garage mit Ladestationen sollte eine Betriebsvorschrift gelten und allen Nutzenden bekannt gemacht werden, welche sich nach den Empfehlungen der VdS 3471 und VdS 3885 richten. Die Betriebsvorschrift kann unter anderem folgende Punkte enthalten:

- Rauchen, Feuer und offenes Licht ist in Garagen unzulässig. Dies schließt auch feuergefährliche Arbeiten wie Schweißen, Trennschleifen usw. mit ein.
- Außer Fahrzeugen dürfen in Garagen nicht ohne weiteres andere brennbare Gegenstände (z.B. Betriebsstoffe, Müllbehälter, Möbel) abgestellt werden.
- Die Stellplätze sind sauber und frei von Abfällen zu halten.
- Verunfallte oder beschädigte Elektrofahrzeuge, bei denen eventuell die Batterie in Mitleidenschaft geraten oder beschädigt sein könnte, stellen eine besondere Brandgefahr dar und sollten keinesfalls in Garagen abgestellt werden.

Blitz- und Überspannungsschutz

Ladestationen sind in das Blitz- und Überspannungsschutzkonzept einzubeziehen. Es ist eine Blitzschutzanlage nach VDE 0185 mindestens nach Klasse III vorzusehen.

Ladepunkte mit der Möglichkeit des direkten Blitzeinschlags, sind zu vermeiden. Zu vermeiden sind Ladeplätze z.B. auf der obersten Parkhausebene im Freien oder auf der Fläche eines großen Parkplatzes.

Idealerweise befinden sich Ladeplätze immer im Schutzbereich einer Fangeinrichtung. Die Fangeinrichtung kann indirekt auch eine Straßenbeleuchtung sein.

Durch einen Blitzeinschlag können Ladeeinrichtungen inklusive der dazugehörigen Hilfseinrichtungen sowie die zu ladenden Elektro- und Plug-In-Hybridfahrzeuge schwerwiegend beschädigt werden.

Für den Blitz- und Überspannungsschutz sind unter anderem folgende Normen zu beachten:

- DIN VDE 0100-722 (VDE 0100-722):2019-06 (Überspannungsschutz gegen transiente Überspannungen)
- Die DIN VDE 0100-534 (Maßnahmen zur Umsetzung des Überspannungsschutzes)

6.4 Ladeplätze

6.4.1 Formen, Anordnung und Ausstattung von Ladestationen und -plätzen

Für Ladestationen gibt es folgende gängige Bauformen:

- Wandmontage „Wallbox“
- Wallbox an Pfahl oder Standsäule montiert, dieser mit eigenem Fundament
- Freistehende Ladesäule mit eigenem Fundament

Die Wandmontage von Ladestationen ist die praktikabelste Installationsart. Bei dieser Variante sind keine Tiefbau- bzw. Fundamentarbeiten erforderlich. Ferner ist bei freistehenden oder hängenden Ladesäulen mit einem höheren Investitionsaufwand zu rechnen. Die Wandmontage kommt primär bei der Innenaufstellung z.B. in Parkhäusern zum Einsatz. Die Montage der Wallbox an einem Pfahl/Standsäule oder die freistehende Ladesäule mit eigenem Fundament kommt bevorzugt bei der Außenaufstellung zum Einsatz.

Für die Montageposition der Ladestationen gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten. In der Abbildung 13 werden die drei häufigsten Installationsvarianten der Wandmontage dargestellt.

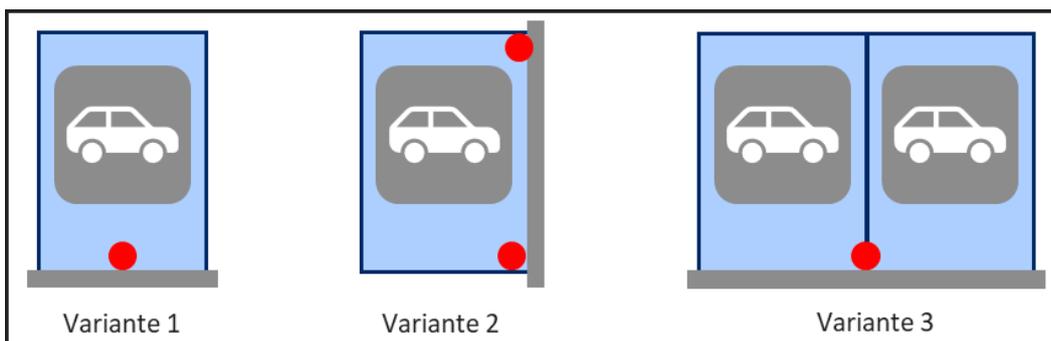


Abbildung 13: Wandmontagemöglichkeiten für Ladestationen

In der Praxis hat sich größtenteils die dritte Variante in Parkhäusern und Tiefgaragen durchgesetzt. Der Installationsaufwand ist im Verhältnis zur Variante eins und zwei geringer sowie die Verwendung funktionaler. Ferner hat sich in der Praxis etabliert, die Ladestationen mittig an der Wand zu montieren, um erforderliche Anfahrtschutze zu vermeiden und mehr Parkraum realisieren zu können.

In der Vorplanung sind die Bauweise sowie der Montagestandort festzulegen, um in der weiteren Planung die Elektroanschlüsse und den Platzbedarf für die Installation vorzuhalten. In der Ausführungsplanung sind die genauen Installationsvorgaben unter Berücksichtigung der Brandschutzauflagen zu erstellen. Ferner sind in der Planung die ausreichende Beleuchtung der Ladestationen (min. 50 Lux) sowie mechanische Sicherungen (z.B. Rammschutz) zu berücksichtigen. Bei einer Installation im Freien sind die Wetterfestigkeit (Sonne, Regen, Schnee, Laub, Hochwasser, etc.), die UV-Lichtbeständigkeit, der Korrosionsschutz und ggf. der Vibrationsschutz zu berücksichtigen.

6.4.2 Größe von Ladeplätzen

Eine Ladestation selbst benötigt je nach Bauform etwas Grundfläche am Parkplatz. Auch das Handling mit der Ladeleitung erfordert etwas Bewegungsfreiheit rund um das Fahrzeug. Die VDI 2166-2 empfiehlt deswegen die Parkplätze mindestens, um die Fläche der Ladestationen zu vergrößern (Mindestmaß für einen Parkplatz: 5 x 2,50 m). Hierbei ist zu beachten, dass oftmals bei Bestandsobjekten die Mindestgröße nicht realisierbar ist. Daher wird empfohlen, die Position der Ladestationen seitlich vor Kopf zu realisieren (vgl. Bild 1 – Abbildung 13). Bei der Installation von Ladestationen sollte folgendes berücksichtigt werden:

▪ **Anordnung von Ladestationen in Tiefgaragen**

Da die Ladestation eine gewisse Grundfläche beansprucht und aus Gründen des besseren Anfahrtschutzes, bewährt sich eine mittige Anordnung der Ladepunkte zwischen den Parkplätzen. Der Anschluss der Ladestation sollte auf ca. 1,40 m (Höhe) positioniert werden. Die Leitungsführung ist im oberen Bereich der Wand oder Decke möglich.

▪ **Anordnung von Ladestationen in Parkhäusern**

Je nach Bauform der Ladestation ist eine Montage an den Stützen an der Fassade möglich. Aus statischen Gründen darf nur geklemmt, nicht gebohrt werden. Die technische Montage ist mit dem Hersteller/Errichter des Parkhauses abzustimmen.

▪ **Montage im Mittelbereich von Parkhäusern**

Die Montage im Mittelbereich von Parkhäusern (vgl. Bild 2 – Abbildung 13) erfordert zusätzliche Halterungssysteme, z.B. Hängestiele. Ein Anfahrtschutz ist bei der Mittelposition schwierig. Auch hier sollten die Ladestationen zwischen den Plätzen angeordnet werden.

▪ Anordnung von Ladestationen im Außenbereich

Ladestationen im Außenbereich sind grundsätzlich aufwändiger und teurer zu realisieren als in Tiefgaragen und Parkhäusern. Die Verkabelung muss im Erdreich verlegt werden, Ladestationen erhalten Fundamente. Die Ladestationen für Standmontage sind in der Regel deutlich teurer als für Wandmontage.



Bild 1: Ladestation mittig angeordnet



Bild 2: Ladestation Mittelzone

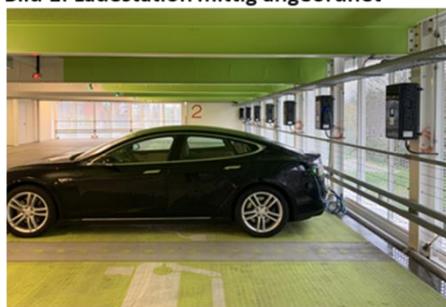


Bild 3: Ladestation, Fassadenbereich



Bild 4: Betriebliche Ladeinfrastruktur auf Parkplätzen

Abbildung 14: Beispiele zur Anordnung von Ladestationen

6.4.3 Dynamische Beschilderung

An Parkhäusern und Parkplätzen werden idealerweise die freien Ladestationen direkt angezeigt. Die Erfassung der Ladestationen bzw. freien Ladeplätze kann über Sensoren erfolgen, die am Ladeplatz installiert werden. Der Sensor erkennt, wann ein Fahrzeug auf dem Ladeplatz steht und kann diese Informationen in Echtzeit an die Anzeige weitergeben. Die Erfassung der Stellplätze kann optional auch durch ein Kamerasystem erfolgen. Sollte die LIS getrennt von normalen Stellplätzen errichtet werden (Ebene, Bereich Parkplatz) kann die Erfassung auch über ein Kontrollsystem bei Ein- und Ausfahrt erfolgen. Die Anzeige an den Parkhäusern bzw. Parkplätzen kann mit Anzeigen des städtischen Parkleitsystems kombiniert werden.



Abbildung 15: Anzeige freie Ladestationen

Bei der Anzeige der freien Ladeplätze im städtischen Parkleitsystem wird empfohlen besonders größere Ladeparks einzubinden und die freien Ladeplätze über die dynamische Beschilderung anzuzeigen. Ferner ist es vorstellbar freie Plätze über einen digitalen Service (bspw. App) anzuzeigen.

6.5 Netzinfrastruktur

Die Netzinfrastruktur dient zur Versorgung der Ladesäule mit dem notwendigen Strom, der Anbindung der Ladesäulen an das Internet sowie dem Lastmanagement. Des Weiteren sind die Stromverteiler sowie die Stromzähler Teil der Netzinfrastruktur.

6.5.1 Stromversorgung über Trafostation

Vorzugsweise sind die Ladestationen in einem Neubau mit einem eigenen Transformator zu versorgen. Die Trafostation kann als einfache Kompaktstation (vgl. Abbildung 17) ausgeführt werden. Der Aufstellungsort (indoor/outdoor) ist immer vom jeweiligen Standort abhängig und muss projektspezifisch vom Planer beurteilt werden. Ein zusätzlicher Transformator kommt dann in Frage, wenn die Bestandsanlage keine ausreichende elektrische Leistung für LIS zur Verfügung stellen kann bzw. nicht für die benötigte Gesamtleistung ausgelegt ist. Der Platzbedarf des Transformators ist abhängig von der noch zusätzlich zu bereitstellenden elektrischen Leistung und muss individuell betrachtet werden. Die Anbindung des Transformators an die Mittelspannung kann mit Stich- bzw. in Ringverkabelung (Abbildung 16) realisiert werden.

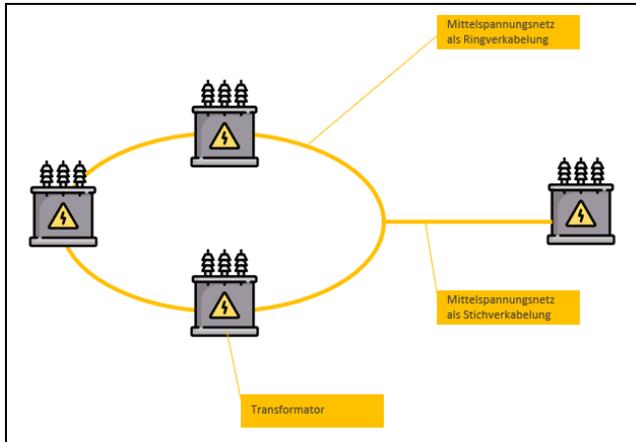


Abbildung 16: Mittelspannungsnetz als Ring- und Stichverkabelung

Das elektrische Netz einer Stadt ist üblicherweise als Ring ausgebildet und es besteht oftmals die Möglichkeit an das Ringnetz mit einer Stichleitung anzubinden. Ist eine Stichversorgung nicht möglich, muss die Station in die bestehende Ringverkabelung der Mittelspannung eingebunden werden. In beiden Fällen ist eine Abstimmung mit dem zuständigen Energieversorger notwendig.

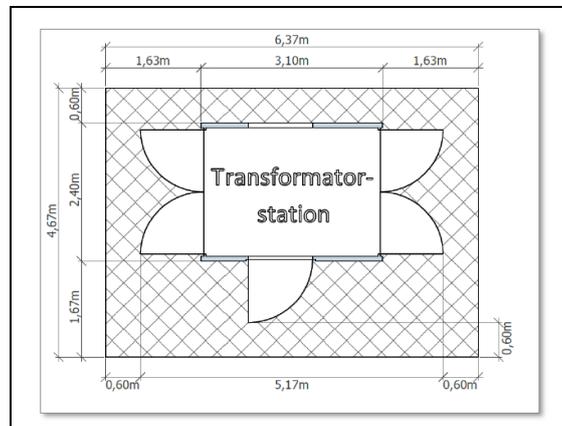


Abbildung 17: Beispiel einer Kompaktrafostation

Falls eine Versorgung über eine eigene Trafostation nicht wirtschaftlich darstellbar ist, können Ladestationen von bestehenden Hauptverteilungen versorgt werden. Die Ladestationen oder der Unterverteiler müssen dabei direkt von der Hauptverteilung abgezweigt werden.

In diesem Fall müssen die Leistungsbilanz und der Jahreslastgang vom jeweiligen Fachplaner und/oder ausführenden Firma genau geprüft werden. Der Vorgang ist notwendig, um sicherzustellen, dass die ermittelte Anzahl an Ladepunkten an die bestehende Verteilung angeschlossen werden kann.

Die Ladestationen dürfen aus Gründen der Netzurückwirkung und Abrechnung nicht von Unterverteilern anderer Verbraucher versorgt werden.

6.5.2 Verteiler und Zählkonzept

Dezentrale Verteiler-Systeme:

Die Energieverteilung erfolgt vorzugsweise sternförmig mit einem oder mehreren Unterverteilern (UV) im Parkbereich. Je nach Standort können auch größere UV verwendet werden. Die Ladestationen werden durch die sternförmige Anordnung in Gruppen versorgt. Der Aufstellort ist vom jeweiligen Standort sowie den örtlichen Gegebenheiten abhängig und muss individuell betrachtet werden.

Die dezentralen Unterverteiler können je nach örtlichen Gegebenheiten und Planungskonzepten ausgelegt werden. Es werden beispielweise bis zu sechs AC-Ladestationen mit 22 kW über eine Unterverteilung (Abbildung 18) versorgt.

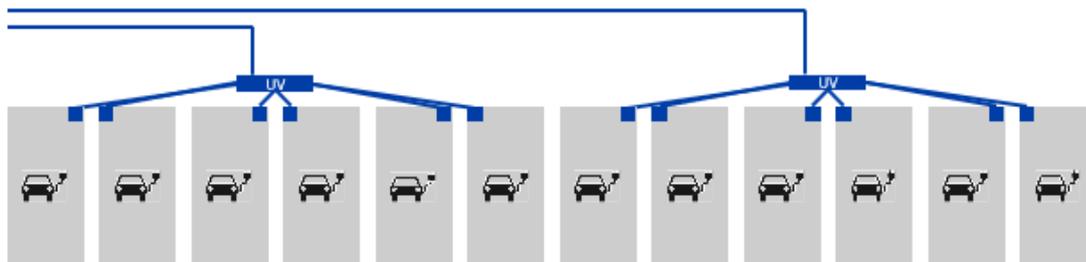


Abbildung 18: Dezentrale Verteiler

Die Unterverteiler werden normalerweise mit Eingangsschalter, Spannungskontrolle, Überspannungsschutz, Absicherungen und Abgangsklemmen ausgestattet (Abbildung 19).

Die Absicherung der Ladestationen wird nach Abstimmung mit dem jeweiligen Anbieter umgesetzt. Vorzugsweise wird ein Stromkreis je Ladepunkt vorgesehen.



Abbildung 19: Unterverteilungen für Ladestationen indoor und outdoor

Bei einer Verortung der Verteiler im Bereich der Stellplätze, müssen diese gegen Beschädigungen geschützt werden.

Für die DC-Ladestationen ist eine eigene Infrastruktur bestehend aus Verteilungen und Gleichrichter zu empfehlen. Die meisten Anbieter kombinieren derzeit die Ladeelektronik, Authentifizierung und die Anschlüsse in einem freistehenden Gehäuse der DC-Ladestation. Es können Ladestationen für Innen- und Außenbereich verwendet werden. Die DC-Ladestationen (z.B. Hypercharger mit Platzbedarf 80x90 cm) können modular aufgebaut werden.

Zentralisierte Verteiler-Systeme:

Einige Hersteller bieten Systeme an, bei denen die Systemelektrik für eine bestimmte Anzahl Ladestationen zentralisiert zusammengefasst ist. Für die Ladepunkte ist ein zentraler Schaltschrank, möglichst im Zentrum der Ladestationen vorzusehen, um die Leitungslängen möglichst gering zu halten.



Abbildung 20: Zentralisierte Ladesysteme, Firma Mahle System „ChargeBig“

Die Ladepunkte benötigen eine herstellerspezifische Verkabelung zwischen dem zentralen Schrank und den Ladepunkten. Beispielhafte Darstellung (Abbildung 21) der zentralen Versorgung:

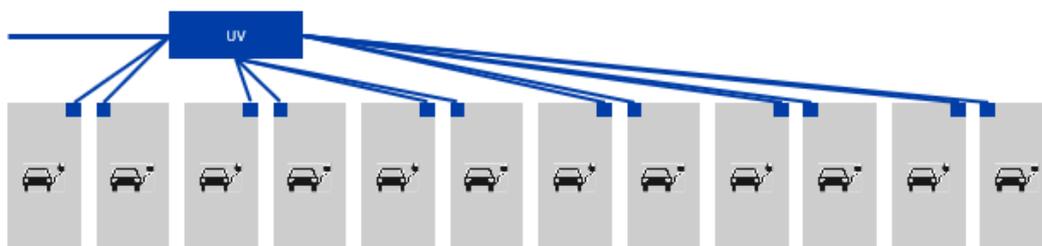


Abbildung 21: Zentrale Versorgung

Zählkonzept:

Für die Ladestation ist ein eigener Stromzähler vorzusehen. Für die Abrechnung sind eichrechtskonforme Ladestationen einzusetzen. Die Eichrechtskonformität kann über die Transparenzsoftware oder vorzugsweise über ein integriertes Messmodul erreicht werden.

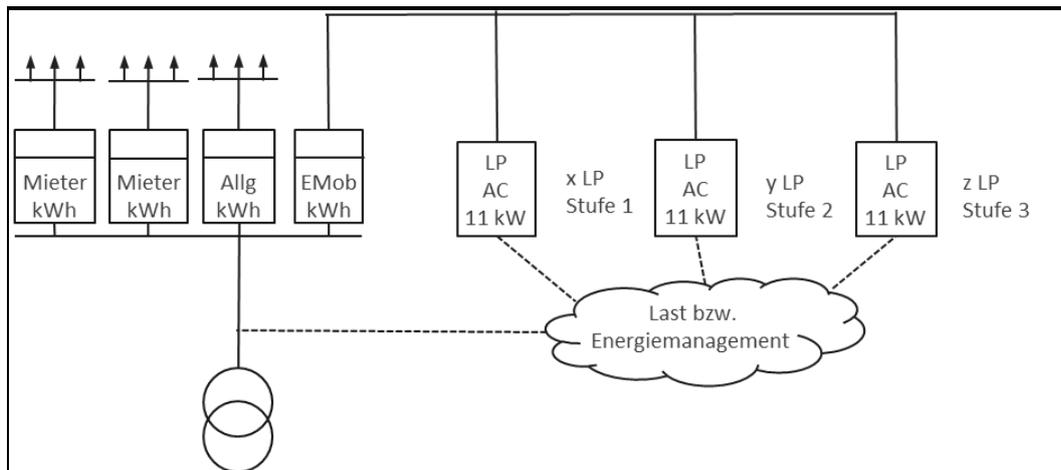


Abbildung 22: Muster getrennte Stromversorgung

Alle Teilleistungen der Hauptanschlüsse, z.B. PV, Batterie oder Ladepunkte müssen einzeln gemessen und auf ein Mess-, Visualisierungs- und Energiemesssystem gebracht werden. Sofern von den Ladestationen die entsprechenden Daten bereitgestellt werden, können auch diese verwendet werden.

6.5.3 Kommunikation der Ladestationen

Die Ladestationen benötigen eine permanente Datenverbindung über das Internet zum Dienstleister. Der Aufstellort der Datenverteilungen ist von den örtlichen Gegebenheiten abhängig und muss individuell betrachtet werden.

Datennetz:

Es sollte eine sternförmige (siehe Abbildung 23) Verkabelung aller Ladestationen mit einer strukturierten Datenverkabelung vorgesehen werden. Eine Reihenschaltung der Datenverkabelung für die Ladestationen ist nicht zu empfehlen, da bei einer Beschädigung des Datenkabels mehrere Stationen ausfallen können. Der Datenanschluss kann direkt an den Ladestationen vorgesehen werden. Alternativ kann der Datenanschluss am zentralen Schaltschrank oder an den Punkten der Lastmessung, z.B. Niederspannungshauptverteilung bzw. dem Standort des Lastmanagementsystems vorgesehen werden. Die Bedienung des Backend sollte online ermöglicht werden.

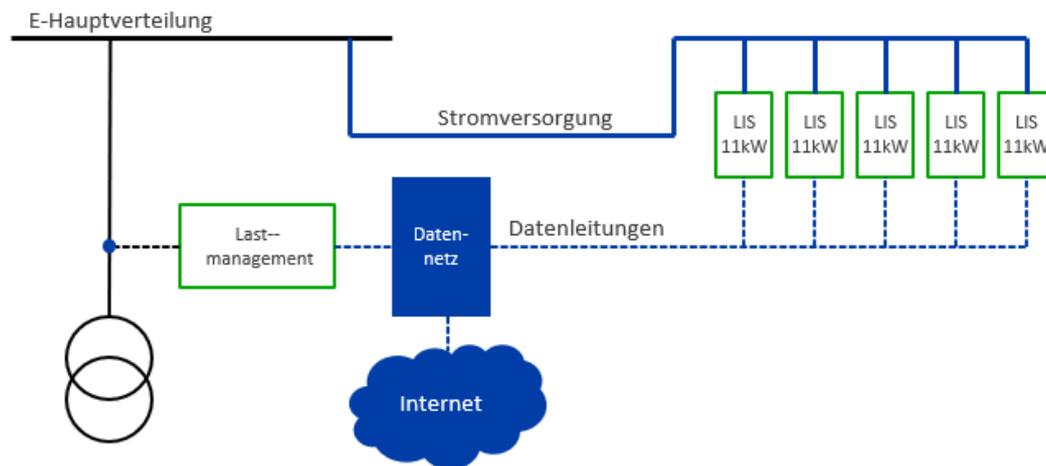


Abbildung 23: Beispiel Datenverkabelung

Datenanschlüsse:

Die Anzahl der Datenanschlüsse ist abhängig von den eingesetzten Ladestationen, z.B. Einzelladestationen, Doppelladestationen oder zentralisierte Systemen.

Datenverteiler:

Der Datenverteiler sollte im Bereich der Ladestationen verortet sein. Verteiler im Außenbereich sollten per Glasfaser angekoppelt werden, um eine Entkopplung bei Überspannungen (Blitzeinschlag) an den Ladestationen sicherzustellen.

Internetzugang:

Die LIS benötigt einen freien und permanenten Internetzugang, ggf. über einen eigenen Router, um funktionsfähig zu sein. In Gebäuden mit einem bestehenden Internetanschluss kann der Bestandszugang verwendet werden. Dazu wird eine Datenleitung zu der LIS verlegt. Wenn ein neuer Internetzugang hergestellt werden muss, kann dieser über Mobilfunk realisiert werden. Hierzu muss ein gesonderter Mobilfunkvertrag abgeschlossen werden.

6.5.4 Lastmanagement

Bei der Planung von LIS ist überwiegend ein Lastmanagement zu berücksichtigen. Wenn mehr als zwei Ladestationen installiert werden, sollte ein übergreifendes Lastmanagement vorgesehen werden. Durch das Lastmanagement wird die Ladeleistung an gleichzeitig ladenden Fahrzeugen automatisch begrenzt, um definierte Grenzwerte in der Stromversorgung nicht zu überschreiten.

Durch den Einsatz des Lastmanagements besteht die Möglichkeit, dass trotz des begrenzten Leistungsangebotes (Hausanschluss, Transformator) möglichst viele Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden können. Ferner kann dadurch eine teure Überdimensionierung des Netzanschlusses und der Elektroinfrastruktur verhindert werden.

Die Ladeleistung der BEV und PHEV ist nicht fixiert, sondern kann durch die Ladestation automatisiert ferngesteuert werden. Ein Fahrzeug, das mit 16 A (11 kW) lädt, kann durch die Ladestation bis auf 6 A (4,5 kW) reduziert werden. Die Ladezeit des Fahrzeugs verlängert sich bei geringerer Ladeleistung. Dabei gilt, geladene Kapazität = Ladeleistung x Ladezeit. Zusätzlich kann durch ein Lastmanagement eine Priorisierungslogik von Ladevorgängen umgesetzt werden.

In der Praxis wird das Lastmanagement in drei Lastmanagementkategorien unterschieden:

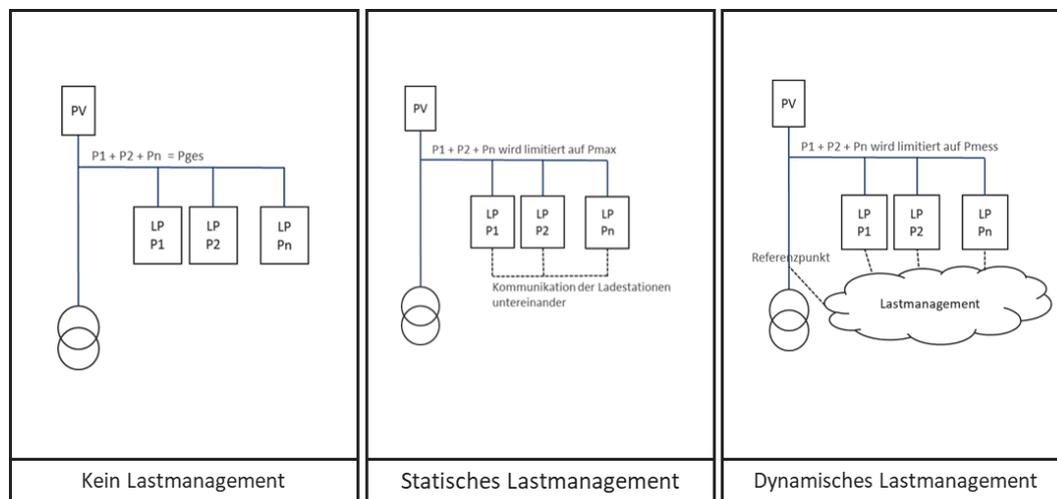


Abbildung 24: Darstellung der Lastmanagementkategorien

Beim Einsatz eines Lastmanagements wird zwischen dem statischen und dem dynamischen Lastmanagement unterschieden. Beide Varianten können für den Betrieb einer größeren LIS verwendet werden. Beim statischen Lastmanagement kommunizieren die Ladestationen untereinander, sodass eine Begrenzung der Bezugsleistung auf einen bestimmten Wert definiert wird. Das bedeutet, dass alle Ladepunkte dieselbe Ladeleistung aufweisen. Wird für DC- LIS in einem Parkhaus bspw. ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,4 angesetzt, können zehn Ladestationen mit je 150 kW effektiv mit insgesamt 600 kW in die elektrische Leistungsbilanz eingehen (bei zehn Ladestationen mit 150 kW > 1.500 kW $GLZ 0,4 = 600$ kW). Das dynamische Lastmanagement dagegen regelt auf einen Referenzpunkt z.B. Trafo, Hausanschluss und gewährleistet hierdurch die bestmögliche Ausnutzung der vorhandenen Stromversorgung oder des vereinbarten Leistungspreises. Die Ladestationen werden beim dynamischen Lastmanagement anhand der gleichzeitig stattfindenden Ladevorgänge gesteuert und nicht über einen statisch definierten Wert.

Die Skalierbarkeit, Interoperabilität und die zusätzlichen Funktionen des LMS sind abhängig vom Hersteller/Anbieter des jeweiligen Systems. Anbieter für LMS sind typischerweise Hersteller von Steuerungs- und Automatisierungstechnik, wobei teils auch Hersteller von Ladestationen systemeigene Lösungen für LMS zur Verfügung stellen. Es muss beachtet werden, dass manche LMS nur für bestimmte Ladestationen geeignet sind. Wird in dem Gebäude, in dem die LIS installiert werden soll, bereits ein Energiemanagementsystem (EMS) genutzt werden, sollte das LMS nach Möglichkeit dort integriert werden.

Folgende Punkte zeigen gängige technische Lösungsansätze:

- **Master-Slave-Prinzip:** Meist geschlossenes System, welches nur die Einbindung von Ladestationen eines Herstellers ermöglicht. Hierbei regelt eine Master-Ladestation die übrigen Slave-Ladestationen. Dazu müssen alle Ladestationen mittels Datenleitung (Ethernet oder RS485) vernetzt sein.
- **Steuerung mittels Ladecontroller:** Alle Ladestationen werden mittels Datenleitung mit einem separaten Ladecontroller vernetzt. Hierbei gibt es, je nach Hersteller, sowohl offene als auch geschlossene Systeme. Offene Systeme haben den Vorteil, dass Ladestationen unterschiedlicher Hersteller eingebunden werden können. Meist lassen sich mehrere Ladecontroller mittels Master-Slave-Prinzip kaskadieren, um eine größere Anzahl an Ladepunkten zu steuern. Die Systeme können sowohl rein lokal verwendet, als auch an ein Backend angeschlossen werden. Dazu muss der entsprechende Ladecontroller einen Internetzugang besitzen.
- **Backend-Systeme:** Die einzelnen Ladestationen werden über ein zentrales Backend geregelt. Dazu wird eine Schnittstelle zur Internetverbindung benötigt.

Generell ist der Markt für Energie- und Lastmanagementsysteme sehr dynamisch und es wird stetig an neuen oder verbesserten Lösungen gearbeitet. Derzeit scheint sich das Kommunikationsprotokoll OCPP (Open Charge Point Protocol) bei der Kommunikation von Ladesäule und Managementsystem durchzusetzen. Die meisten Anbieter von LMS bieten damit einhergehend auch Abbuchungs- und Fernwartungsservices an, da auch diese das OCPP nutzen.

6.6 Konzepte zur Vorbuchung und Reservierung von Ladeinfrastruktur

Die Reservierung bzw. Vorbuchung von (öffentlicher) Ladeinfrastruktur stellt in verdichteten Wohnquartieren eine Möglichkeit dar, die Verfügbarkeit der LIS für Anwohner:innen zu gewährleisten. Die Reservierungssysteme sollten dabei exklusiv für Anwohner:innen ohne Heimplademöglichkeit zur Verfügung stehen. Die Ladestationen sollten jedoch prinzipiell öffentlich zugänglich sein, solange keine Reservierung durch Anwohnende vorliegt. Aus den folgenden Gründen lassen sich Reservierungssysteme für Ladepunkte im öffentlichen Straßenraum bisher jedoch nur schwer umsetzen:

- Installation von zusätzlichen Anzeigesystemen, um darzustellen ob ein Ladepunkt frei oder reserviert ist.
- Installation von Schranken oder automatischen Parkbügeln, um das Blockieren eines reservierten Ladeplatzes zu verhindern.
- Wenn Schranken oder Parkbügel angebracht sind, die nur durch einen exklusiven Nutzerkreis durch Registrierung geöffnet werden können, gilt die Ladeinfrastruktur laut LSV nicht als öffentlich zugänglich.
- Alternativ zu Schranken oder Parkbügeln entsteht ein hoher Aufwand für die zuständige Behörde (Ordnungsamt) bei der Kontrolle der Ladestationen.

Neben der aufwendigen technischen bzw. organisatorischen Umsetzung ergeben sich auch für andere Nutzende des Ladepunktes Nachteile. Durch das Reservieren eines Ladeplatzes müssen alle Ladevorgänge zum Zeitpunkt des Reservierungsbeginns abgeschlossen und der Ladeplatz geräumt sein. Dadurch können Zeiträume entstehen, in denen es sich für andere potentielle Nutzer:innen nicht lohnt diesen LP anzufahren, wodurch die Auslastung des Ladepunktes sinkt. Außerdem kann zusätzlicher Parksuchverkehr durch Nutzer:innen entstehen, die keinen Ladeplatz reserviert haben.

Für Ladepunkte auf Parkplätzen mit zeitlich beschränkter Zugänglichkeit, wie zum Beispiel bei Supermärkten, dem Einzelhandel oder der Gastronomie können Reservierungssysteme zur Nutzung der Ladepunkte außerhalb der Öffnungszeiten dienen. Dadurch kann die Auslastung der Parkfläche und der Ladepunkte auf dem entsprechenden Parkplatz über die Öffnungszeiten hinaus erhöht werden. Voraussetzung hierbei ist die Zugänglichkeit des entsprechenden Parkplatzes außerhalb der Betriebszeiten des dazugehörigen Gewerbes. Durch die Vorabreservierung der Ladepunkte könnten die Nutzer identifiziert werden, um Zugang zum entsprechenden Parkplatz zu erhalten. Als Hindernis ist hier oftmals die Verkehrssicherungspflicht des Grundstückseigentümers zu nennen, die auch außerhalb der Öffnungszeiten gilt. Außerdem muss sichergestellt werden können, dass die Nutzer:innen die Ladepunkte bis zur Öffnung des Gewerbes wieder räumen, damit diese für die Kund:innen frei sind.

Im Falle von Parkhäusern bzw. Tiefgaragen mit Zugangsbeschränkung lassen sich Reservierungssysteme bspw. mit bestehenden Parkraummanagementsystemen integrieren. In Parkhäusern kann die Zufahrterlaubnis der Fahrzeuge (bspw. für Anwohner:innen) durch ein Schrankensystem überwacht werden. Die Reservierung von Ladepunkten kann bspw. durch eine LED optisch angezeigt werden.

Am Beispiel des Planungsraumes Westend wurden im E-Mobilitätskonzept der Landeshauptstadt Wiesbaden für den Individualverkehr verschiedene Verfahren für ein Reservierungssystem erarbeitet und bewertet. Diese werden im Folgenden zusammengefasst. Auf Basis von Mobilitätserhebungen wurden die typischen Standzeiten für das Wohnquartier (Planungsraum Westend) ermittelt. Die Standzeiten liegen größtenteils im nächtlichen Zeitraum ab 16/18 Uhr bis 8/9 Uhr morgens. Das primäre Ziel des Reservierungssystems soll die Sicherheit der Verfügbarkeit von LIS für die Anwohner:innen sein. Weiterhin sollte das System praktikabel sein und die spätere Erweiterung in Ausbaustufen ermöglichen. Dazu wurden mehrere Systeme mit unterschiedlichen Instrumenten zur Lenkung des Nutzerverhaltens betrachtet:

- **Dispo Vergabe:** Nutzende tragen ihr Wünsche für Zeitslots in ein Ranking ein. Die Wünsche werden nach Nutzenden und Ranking vergeben.
- **Los Vergabe:** Nutzende erhalten in festgelegten Zeitabständen per Zufall feste Zeitslots.
- **Rotierende Vergabe:** Nutzende erhalten eine fixe Anzahl Zeitslots zum Laden pro Woche zugewiesen. Diese rotieren nach einem Schema durch.
- **Preisdifferenzierte Vergabe:** Zeitslots können gegen Geld gebucht werden. Der Preis der Zeitslots ist von der zu erwartenden Nachfrage abhängig.

- **Kontingent Vergabe:** Zeitslots können gegen Punkte gebucht werden. Jedem Nutzenden wird ein gewisses Kontingent an Punkten zur Verfügung gestellt.

Die Systeme Dispo-, Los- und Rotierende Vergabe bieten eine geringe Planbarkeit sowie keine kurzfristigen Buchungsmöglichkeiten und werden somit als unpraktisch für die Nutzenden eingestuft.

Dem gegenüber stehen die Systeme Preisdifferenzierte- und Kontingentvergabe. Durch die kostenpflichtige Reservierung eines Zeitfensters verfügen die Nutzenden über Planbarkeit und Sicherheit bei der Wahl des Zeitfensters. Beliebte und unbeliebtere Zeiten können mittels Preissetzung gesteuert und angepasst werden. Nachteile der Systeme ergeben sich durch ihre Komplexität und der Gefahr des Missbrauchs eines solchen Systems, durch das indirekte Erkaufen eines Parkplatzes, auch wenn kein Ladebedarf besteht. Dem Nachteil des Missbrauchs kann über eine Verrechnung der Reservierungsgebühr mit dem Ladestrom entgegengewirkt werden. So können Nutzende ohne tatsächlichen Ladebedarf mit zusätzlichen Kosten abgeschreckt werden. In unbeliebteren Zeitslots (tagsüber) kann die Reservierungsgebühr gesenkt werden, während in den beliebteren Zeitslots (nachts) eine höhere Reservierungsgebühr anfällt, um die Parkplätze den Nutzenden mit hohem Ladebedarf vorzuhalten.

Zur Umsetzung eines solchen Systems kann eine digitale Anwendung, wie beispielsweise eine App, entwickelt werden. Folgende Rahmenbedingungen können dafür bestimmt werden, um den Nutzenden ein praktikables Reservierungssystem bereitzustellen:

- Maximale Vorbuchzeit
- Anzahl der reservierbaren Slots
- Erlaubte max. Stand- und Ladedauer (differenziert nach Tag und Nacht)
- Mindestabnahmemengen (differenziert nach Tag und Nacht)
- Ggf. Strafen bei Regelbrüchen)

6.7 Batteriespeicher und Photovoltaik

Grundsätzlich stellen Speichersysteme für elektrische Energie in Kombination mit LIS eine Alternative zum Netzausbau dar. Wenn durch Ladeinfrastruktur die Leistungsbezugsgrenze des Netzanschlusses überschritten wird, kann ein Speichersystem anstelle eines Netzausbaus eingesetzt werden. Dabei dient der Speicher als Puffer in Zeiten von Leistungsspitzen aber erhöht nicht die durch den Netzanschluss beschränkte verfügbare Energie.

Wenn man zum Beispiel von einem 300 kW Netzanschluss ausgeht, könnte dieser über den Tag hinweg maximal 7.200 kWh Energie zur Verfügung stellen. Wird dieser Netzanschluss mit einem 500 kW / 500 kWh Batteriespeicher ergänzt, könnte den Verbrauchern eine Stunde am Tag eine Leistung von bis zu 800 kW (300 kW Netzanschluss + 500 kWh Speicher) zur Verfügung gestellt werden. Die verfügbare Gesamtenergie würde sich nicht erhöhen, da der Speicher auch wieder beladen werden muss. Somit dient ein Speicher dem zeitversetzten Einsatz von Energie.

Daraus resultiert, dass der Einsatz von Speichersystemen dann sinnvoll sein kann, wenn nur zu bestimmten Zeiten am Tag besonders hohe Lasten (Lastspitzen) auftreten und am Netzanschluss nicht genug Leistung bereitgestellt werden kann.

Weiterhin kann sich der Einsatz von Speichersystemen in Kombination mit Eigenerzeugungsanlagen, vorrangig PV, lohnen. Der in der PV-Anlage erzeugte Strom kann zwischengespeichert werden, um dann genutzt zu werden, wenn tatsächlich Bedarf besteht. So kann die Ausnutzung der Eigenerzeugungsanlagen optimiert werden. Mit dem Einsatz eines Energiemanagementsystems können die Ansätze der Lastspitzenkappung und der PV-Zwischenspeicherung kombiniert werden, um den Speicher möglichst effektiv einzusetzen. Ein Beispiel für eine mögliche Umsetzung ist in Abbildung 25 dargestellt.

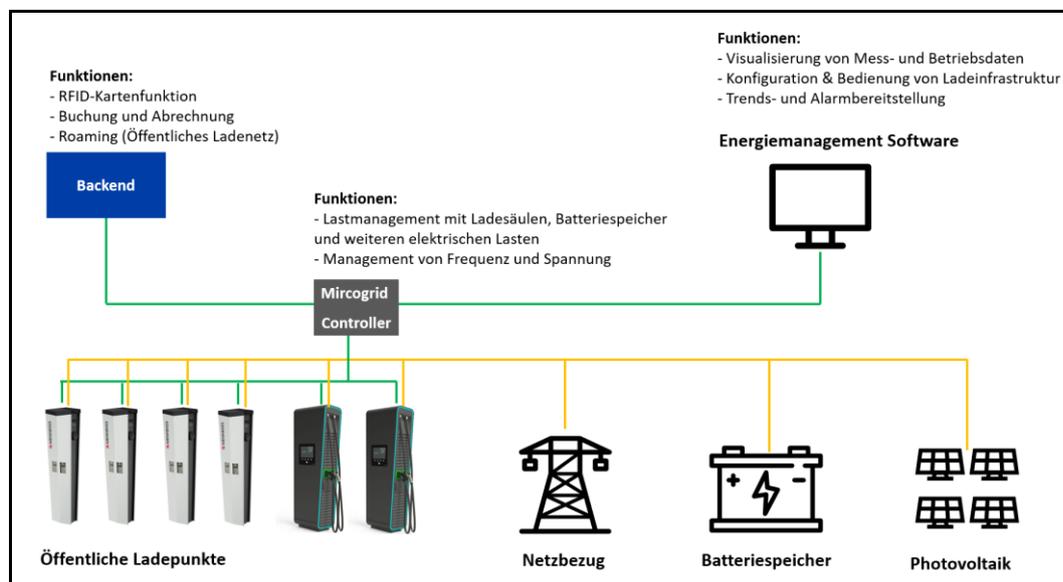


Abbildung 25: Schema Verknüpfung von Photovoltaik, Batteriespeicher und LIS

Zur technischen Umsetzung von Energiespeichersystemen gibt es verschiedene Ansätze. An dieser Stelle wird die Betrachtung auf Elektro-chemische Speicher (Batteriespeicher) beschränkt, da sich Batteriespeicher gut skalieren lassen, die Leistung sofort abrufbar ist und die Technologie bereits am Markt etabliert ist.

Die gängigen Technologien für Batteriespeicher sind Lithium-Ionen-Akkus, Redox-Flow-Batterien und Blei-Säure-Akkus²⁰.

Hier wird eine Empfehlung zu Gunsten der Lithium-Ionen-Akkus, auf Basis folgender Vorteile, getroffen:

- Lithium-Batterien weisen im Vergleich die höchsten Wirkungsgrade auf (90-95%)
- Hohe Energiedichte
- Vergleichsweise lange Lebensdauer bei intensiver Nutzung
- Sinkende Preise aufgrund der Verwendung in E-Autos

²⁰ Vor- und Nachteile verschiedener Energiespeichersysteme, Deutscher Bundestag, 2015

- Geringer Wartungsaufwand

Da Batteriespeichersysteme nur mit DC-Strom be- und entladen werden können, wird ein Wechselrichter benötigt, welcher die Ladung des Speichers aus dem Netz und die Entladung des Speichers ins Netz ermöglicht. Weiterhin wird ein Energiemanagementsystem und eine Schnittstelle zur Kommunikation (z.B. Ethernet, RS485) benötigt. Falls technisch verfügbar, ist auch eine Kopplung der Speicher auf die DC Ebene der LIS oder der PV direkt zulässig.

Die Verwendung von Second-Life-Batterien ermöglicht es, Lithium-Ionen-Akkus nachhaltiger zu nutzen. Die Idee dahinter ist es, Fahrzeugbatterien, die bei Erreichen von 80% ihrer ursprünglichen Kapazität ausgewechselt werden müssen, in Batteriespeichersystemen weiterzuverwenden. Fahrzeugbatterien eignen sich aufgrund ihrer technisch hohen Anforderungen gut für die Verwendung in Batteriespeichersystemen. Umso mehr E-Fahrzeuge in den nächsten Jahren genutzt werden, desto mehr Second-Life-Batterien werden zur Verfügung stehen. Somit sollte der Preis für solche Speichersysteme in den kommenden Jahren fallen. Audi hat Ende 2021 ein Pilotprojekt gestartet, in dem ein 2,45-MWh-Batteriespeicher, bestehend aus 26 Second-Life-Batterien, sechs Ladepunkte mit einer Ladeleistung von 960 kW versorgt. Die Netzanschlussleistung beträgt 200 kW und zusätzlich wird eine PV-Anlage mit 30 kWp eingesetzt. Es ist davon auszugehen, dass solche Systeme in Zukunft vermehrt eingesetzt werden²¹.

Die Wirtschaftlichkeit von Speichersystemen ist stark von der optimalen Dimensionierung des Batteriesystems, sowie vom notwendigen Verhältnis zwischen Leistung und Energie zur Überbrückung der Dauer aller Grenzüberschreitungen (Lastspitzen) abhängig²². Der wirtschaftliche Nutzen ergibt sich durch mögliche Einsparungen bei den vorgelegten Netzentgelten und dem damit reduzierten Leistungspreis des Endkunden. Die Lastspitzenkappung ist im Sinne der Verteilnetzbetreiber, da die lokalen Verteilnetzbetreiber Entgelte (in Abhängigkeit der Jahreshöchstlast) an die übergeordneten Netzbetreiber entrichten müssen. Gemäß §7 EnWG ist es Netzbetreibern nicht erlaubt selbst Eigentümer, Verwalter oder Betreiber von Energiespeicheranlagen zu sein. Somit liegen die Investitionskosten beim Endkunden. Aufgrund der Lebensdauer von Batteriespeichern, welche im Bereich von 10-20 Jahren liegen, ist die Abschreibungsdauer gegenüber eines konventionellen Netzausbaus verkürzt, da sich dieser über 40 Jahre abschreiben lässt. Der sinnvolle Einsatz eines Batteriespeichers muss für jeden Standort individuell geprüft werden.

²¹https://www.audi.de/de/brand/de/elektromobilitaet/laden/unterwegs/audi-charging-hub.html?gclid=aw.ds&gclid=EAlalQobChMIydnYg9jN9gIVW11oCR2F1gVCEAAAYASAAEgKdN_D_BwE
– letzter Aufruf 17.03.22

²² Modulare Batteriespeicher in Verbindung mit intelligenter Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, Europäisches Institut für Energieforschung EWIV, 2021



Abbildung 26: Beispiel Batteriespeicherkomplettlösungen klein (links) und groß (rechts)²³²⁴

Abbildung 26 (links) zeigt eine Batteriespeicher-Komplettlösung welche speziell für LIS ausgelegt ist. Der Batteriespeicher enthält einen Wechselrichter, Kühlung und ein Energiemanagementsystem. Die Batteriekapazität beträgt 140 kWh mit bis zu 920 V DC-Ausgangsspannung. Die Abmessungen betragen 1,3 x 1,3 x 1,4 m (L x B x H) und die Aufstellung ist sowohl im Innen- und im Außenbereich möglich.

Abbildung 26 (rechts) zeigt eine Batteriespeichersystem innerhalb eines Containers. Das Speichersystem ist modular aufgebaut und kann verschiedene Kapazitäten in Abhängigkeit von der Containergröße realisieren. Die dargestellte Ausführung entspricht der Größe 6,0 x 2,4 x 2,9 m (L x B x H) und hat eine Kapazität von bis zu 800 kWh. Das System ist für die Außenaufstellung konzipiert und beinhaltet alle notwendigen Komponenten wie Wechselrichter, Kühlung etc.



Abbildung 27: PV-Carport Lösung für Doppelstellplätze (links) und Einzelstellplätze (rechts)²⁵

In Abbildung 27 wird eine PV-Carport-Lösung dargestellt. Das System ist entweder für Doppelstellplätze oder Einzelstellplätze geeignet und bietet Platz für zehn bzw. fünf Stellplätze. Das Dach ist um 10 °Grad geneigt und die Dachfläche beträgt ca. 120 m² bei der Einzelstellplatzausführung und ca. 180 m² bei der Doppelstellplatzausführung. Damit kann eine PV-Leistung von ca. 24 kWp – 36 kWp installiert werden.

²³<https://www.mtu-solutions.com/eu/de/applications/power-generation/power-generation-products/energy-storage-system.html>

²⁴ <https://www.ads-tec-energy.com/charging/hpc-booster-dispenser/storaxe-hpc-booster-dispenser.html>

²⁵ <https://pmt.solutions/produkte/pmt-carport/>

Beide Systeme bieten optionales Zubehör wie integrierten Blitzschutz oder Montagehalterungen für LIS. Die Kabelführung kann in die Konstruktion integriert werden. Die Montage der Carports kann beispielsweise mittels Rammpfählen realisiert werden, was einen Verzicht auf Fundamentarbeiten ermöglicht. Zur optimalen Ausnutzung der PV-Module sollte sich der Parkplatz auf einer möglichst ebenen Fläche befinden und es sollte keine übermäßige Verschattung durch anliegende Gebäude oder Bäume entstehen. Herstellerspezifisch gibt es Mindestanforderungen an die Projektgröße. Dies ist individuell nach Standort zu prüfen.

6.8 Bidirektionalität – Vehicle-to-Grid (V2G)

Bidirektionales Laden beschreibt das bedarfsgesteuerte Be- und Entladen von Batterien. Ein Fahrzeug mit entsprechendem Batteriespeicher, welches über eine Ladestation mit dem Stromnetz verbunden ist, soll nicht nur Energie aus dem Netz beziehen können, sondern auch Energie ins Netz einspeisen können – so die Idee hinter Vehicle-to-Grid (V2G). Entwickelt wurde dieser Ansatz auf Basis von Studien, welche PKWs eine Standzeit von größer 90% am Tag nachweisen²⁶. Wenn E-PKWs den größten Teil des Tages stehen und ans Netz angeschlossen sind, ergibt sich ein erhebliches Lastverschiebungspotenzial. Dieses könnte genutzt werden, um die intelligente Sektorenkopplung von Energiewirtschaft und Verkehrssektor zu ermöglichen. Mögliche Anwendungsfälle von V2G sind die Erbringung von Systemdienstleistungen (z.B. Regelenergie), Vermarktung von Strom an den Strombörsen oder die Optimierung des lokalen Stromverbrauchs. Somit könnte V2G ähnliche Funktionen erfüllen, wie Batteriespeichersysteme. Daraus resultieren auch Vorteile für die Nutzenden von V2G, also den Besitzer des E-PKWs, welcher durch variable Stromtarife, Einspeisevergütungen oder Erhöhung der Eigenversorgung profitieren kann. Um diese Anwendungsfälle zu realisieren, ist eine zentrale Steuerung der Lade- und Entladevorgänge seitens der Energiewirtschaft notwendig.

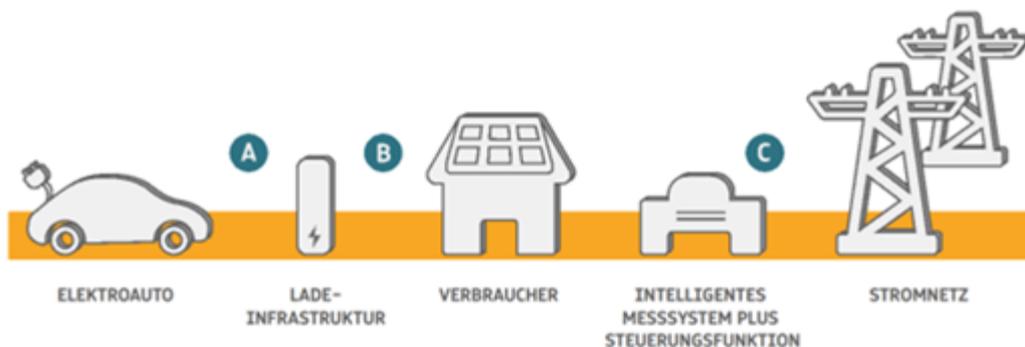


Abbildung 28: Komponenten eines V2G-Systems²⁷

²⁶ Mobilität in Deutschland 2008 (MiD 2008) S.42

²⁷ Factsheet „Vecicle to Grid“ – Kundennutzen und Netzintegration, NPM

Die technischen Anforderungen für die Umsetzung von V2G liegen in der Umwandlung des von der Batterie bereitgestellten Gleichstroms hin zum im Niederspannungsnetz genutzten Wechselstrom, sowie der intelligenten Kommunikation von Ladestation und Energiewirtschaft. Das Wechselrichten des Stroms kann entweder fahrzeugseitig oder auf Seiten der Ladestation erfolgen, beides ist technisch umsetzbar. Die aktuellen Normen für Kommunikationsprotokolle (Abb. 1 Markierung A), welche aktuell von europäischen und amerikanischen Automobilherstellern genutzt werden, sind nicht auf bidirektionales Laden ausgelegt. Allerdings wird bereits an einem entsprechenden Kommunikationsstandard (ISO 15118-20) gearbeitet. Dieser soll das bidirektionale Laden mittels Combined Charging System (CCS) sowohl über AC als auch DC ermöglichen. Andere Ladestandards, wie CHAdeMO (DC) oder GBT (AC und DC, chinesischer Standard) ermöglichen bereits bidirektionales Laden und sind schon seit mehreren Jahren fahrzeugseitig integriert. Die Funktionsfähigkeit der technischen Seite wurde schon in mehr als 50 erfolgreichen Pilotprojekten demonstriert.²⁸

Größere Hürden gibt es auf Seiten der Netz- und Energieseite. Während für Fahrzeuge und Ladestationen internationale Standards vorherrschen, ist die Energiewirtschaft deutlich regionaler geprägt. Durch die hohe Anzahl an Marktteilnehmern in Deutschland weist die Energiewirtschaft eine höhere Komplexität auf als der Fahrzeugmarkt. Damit V2G zentral gesteuert umgesetzt werden kann, muss ein flächendeckender Ausbau von intelligenten Messsystemen (Abb. 1 Markierung C) vorangetrieben werden. Ausschlaggebend hierfür ist das Smart Meter Gateway, welches zwingend für die Steuerung und Kommunikation vorbereitet werden muss. Dieses muss das sekundenschnelle dynamische Steuern von Be- und Entladevorgängen seitens der Netz- und Energieversorger ermöglichen. Die entsprechenden Kommunikationsprotokolle (Schutzprofile) müssen noch vom BSI vorbereitet werden. Weiterhin muss definiert werden, welche Marktteilnehmer an der Kommunikation und Steuerung beteiligt werden und welche regulatorischen Rahmenbedingungen für mobile Speicher gültig sind.

V2G birgt auch einige Kritik würdige Aspekte. Es ist fraglich, ob DC-Schnellladevorgänge für V2G geeignet sind, da diese dem Kunden ein schnelles Beladen der Fahrzeugbatterie ermöglichen sollen und ein zwischenzeitliches Entladen dazu nicht zweckdienlich wäre. Es ist davon auszugehen das an Schnellladeplätzen V2G nicht zum Einsatz kommt, sondern eher dort, wo Fahrzeuge über einen längeren Zeitraum abgestellt werden, wie der Arbeitsplatz oder der Heimstellplatz. Weiterhin muss V2G zwar zentral durch die Energiewirtschaft gesteuert werden, aber die Nutzenden (Besitzer des E-Fahrzeugs) müssen durch entsprechende Anreize und Informationsmaßnahmen überhaupt erst dazu angeregt werden, an V2G teilzunehmen. Solche Anreize sind bisher überwiegend monetärer Natur. Ein Punkt, der gegen die Teilnahme sprechen kann, ist der Garantieverfall der Fahrzeugbatterie, durch häufiges Be- und Entladen. Die Lebensdauer einer Batterie wird in Ladezyklen gemessen und könnte somit durch die Teilnahme an V2G abnehmen. Dazu sollte gesagt werden das V2G nicht darauf ausgelegt ist, die komplette Batterie zu Entladen, sondern maximal bis zu einem von Nutzenden festgelegten Ladestand.

²⁸ Factsheet „Vehicle to Grid“ – Kundennutzen und Netzintegration, NPM

Weiterhin wird sich die Belastung der einzelnen Batterie zukünftig reduzieren, umso mehr E-Fahrzeuge an V2G teilnehmen.

Der Volkswagen-Konzern will nach eigener Aussage im Jahr 2022 den Verkauf von bidirektionalen Elektroautos starten²⁹. Damit wäre VW der erste europäische Automobilhersteller, der serienmäßig V2G fähige Elektrofahrzeuge anbietet. Generell lässt sich sagen, dass die technischen Voraussetzungen für bidirektionales Laden bereits vorhanden sind, aber noch nicht vollständig am Markt etabliert sind. Es ist davon auszugehen, dass auch andere europäische Konzerne bald V2G fähige Fahrzeuge anbieten werden und sich auch die Hersteller von Ladestationen entsprechend darauf vorbereiten werden. Entscheidend für den zeitnahen Einsatz von V2G ist die Einführung der ISO 15118-20 und der Rollout von intelligenten Messsystemen mit Steuerfunktion. Da die technischen Voraussetzungen den regulatorischen voraus sind, ist ein zeitnaher Einsatz von bidirektionalem Laden in lokalen Netzwerken denkbar. Solche Anwendungen sind auch als Vehicle-to-Home (V2H) bekannt und könnten die Ausnutzung von erneuerbaren Energien in der Eigenerzeugung optimieren. Der Unterschied zu V2G liegt darin, dass bei V2H kein Strom ins öffentliche Netz eingespeist wird.

Für die folgenden Musterstandorte wird zunächst keine V2G Technik eingeplant. Die ausgewählte AC- LIS ist jedoch zukünftig in der Lage auch Fahrzeuge mit AC V2G Technik anzuschließen und eine Bidirektionalität zu realisieren, sobald die Technik vorhanden ist.

²⁹<https://www.handelsblatt.com/mobilitaet/elektromobilitaet/elektromobilitaet-bidirektionales-laden-so-will-volkswagen-am-speichern-von-strom-verdienen/27052182.html>

7 Musterstandorte

Die im Folgenden beschriebenen Musterstandorte dienen als Grundlage für die Flächen- und Standortfindung für ein Roll-Out Konzept zum Aufbau für öffentliche LIS für die gesamte LHS Wiesbaden sowie als Prototyp für die verschiedenen Arten von Lademöglichkeiten im Stadtgebiet. Gemeinsam mit der LHS Wiesbaden wurden insgesamt sechs Musterstandorte identifiziert, die für das Anwohnerladen in Betracht kommen. Die Musterstandorte enthalten jeweils eine Grobplanung, Kostenindikation sowie eine Checkliste für technische und bauliche Anforderungen.

7.1 Musterstandort 1: Parkhaus (Innenstadt)

Ein Innenstadtparkhaus bietet ein großes Potenzial, um eine hohe Anzahl an Ladepunkten in einem Gebiet mit hohem Ladebedarf bereitzustellen. Insbesondere können bereits an Anwohner:innen vermietete Stellplätze für das Nachtparken mit Ladepunkten ausgerüstet werden. Damit bieten Parkhäuser für den Bereich Anwohnerladen im Innenstadtbereich eine interessante und sichere Möglichkeit, um Parken und Laden miteinander zu verbinden. Zusätzlich fokussiert das Parkraummanagementkonzept eine Lenkung des Parkverkehrs in Richtung Parkhaus. Damit steht der knappe öffentliche Raum im Bereich der Innenstadt attraktiveren Nutzungen zur Verfügung.

7.1.1 Standortbeschreibung

Der Musterstandort 1 ist ein Parkhaus in der Innenstadt und befindet sich in öffentlicher Hand. Dies bietet einen gewissen Gestaltungsfreiraum, um speziell LIS für Anwohner:innen aufzubauen und bspw. den Ladestrompreis zu bezuschussen.

Betrachtet wird die Mauritiusgalerie in der Schwalbacher Str. 55, 65183 Wiesbaden. Das Parkhaus wurde im Jahr 1988/89 errichtet und im Jahr 2018 renoviert. Die Renovierung umfasste die Sanierung des Fahrbahnbelags, eine Betonsanierung sowie die Instandsetzung der technischen Einrichtungen. Die Gesamtfläche beträgt ca. 13.500 m² und beinhaltet ca. 380 PKW-Stellplätze. Eine uneingeschränkte Zugänglichkeit (24/7) soll möglich sein. Der Standort des Parkhauses liegt an der Grenze zwischen den Planungsräumen 11 und 81. Somit können gleich zwei Planungsräume mit der LIS des Parkhauses erschlossen werden.

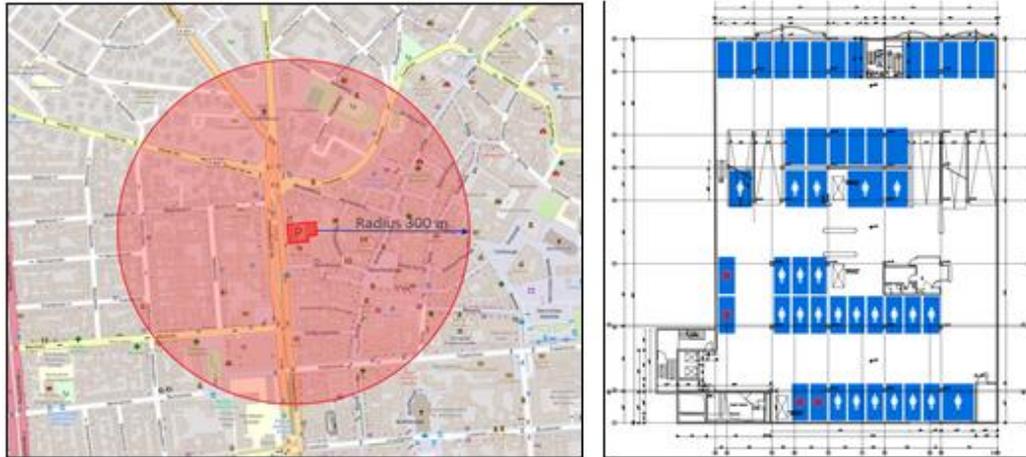


Abbildung 29: Parkhaus (Innenstadt) Mauritiusgalerie

7.1.2 Ladebedarf

Für den Musterstandort 1 wurde aus der vorausgegangenen Bedarfsermittlung ein Energiebedarf für das Jahr 2025 in Höhe von 1854 kWh/ Tag und für das Jahr 2030 in Höhe von 3222 kWh/ Tag berechnet. Aus diese Berechnung resultieren drei mögliche Varianten für den Aufbau von LIS. In der Variante 1 wird die maximale Anzahl der AC-Ladestationen berechnet. In Variante 2 wird die maximale Anzahl der DC-Ladestationen berechnet. Und in der Variante 3 die Kombination aus AC- und DC-Ladestationen. Eine Ladestation kann mehrere Ladepunkte haben. Für die beschriebenen Varianten wurden AC-Ladestationen mit je einem Ladepunkt und DC-Ladestationen ausgewählt (vgl. Abbildung 12).

	Ladeleistung	Anzahl Ladepunkte (Ladestationen) Ausbaustufe 2025	Anzahl Ladepunkte (Ladestationen) Ausbaustufe 2030
Variante 1: AC- Infrastruktur für reine Normalladevorgänge:	11 kW	79	115
Variante 2: DC- Infrastruktur für reine Schnellladevorgänge:	150 kW	26 (13)	36 (18)
Variante 3: AC- und DC- Infrastruktur als Kombination für Normall- und Schnellladevorgänge	11 kW	25	25
	150 kW	20 (10)	30 (15)

Tabelle 11: Bedarf an Ladepunkten Musterstandort 1 - Parkhaus (Innenstadt)

Um einer möglichst großen Anzahl an Anwohner eine geeignete Lademöglichkeit anzubieten, empfehlen wir die Variante 3 mit einer Kombination aus AC- und DC-Ladepunkten umzusetzen. Die Aufteilung zwischen AC- und DC-LIS ist ein Vorschlag der aus der aktuellen Projekterfahrung resultiert.

Die Aufteilung ist bei der Detailplanung des Standorts zu prüfen und ggfs. anzupassen. Die beispielhafte Anordnung der Ladestationen ist in Abbildung 30 und Abbildung 31 dargestellt. Die AC- und DC- Ladestationen wurden auf unterschiedlichen Etagen angeordnet, um die einfachere Beschilderung/ Verkehrsführung zu ermöglichen. Die Positionierung ist von Fabrikaten, Konzept und örtlichen Gegebenheiten abhängig und ist im Planungsverlauf zu überprüfen. Bei der Konzipierung der DC-Ladestationen wurde von platzsparenden Varianten ausgegangen, welche Leistungselektronik in den Ladesäulen integriert haben. Bei der Anordnung ist auf folgende Punkte zu achten:

- Ladeplätze nicht direkt neben unternehmenskritischen Einrichtungen bauen, die durch einen Fahrzeugbrand beeinträchtigt werden könnten.
- Ladeplätze so anordnen, dass eine ausreichende Löschwassermenge zur Verfügung steht, d.h. in Reichweite von Hydranten.
- Ladeplätze so anordnen, dass abgelöschte Fahrzeuge einfach geborgen werden können.

MAURITIUS GALERIE

Ebene 1 AC



Abbildung 30 - Anordnung der Ladepunkte Mauritius Galerie Ebene 1

MAURITIUS GALERIE
Ebene 2 DC



Abbildung 31 - Anordnung Ladepunkte Mauritius Galerie Ebene 2

Daraus resultiert eine elektrische Anschlussleistung von ca. 800 kW für die Ausbaustufe 2025 und eine elektrische Anschlussleistung von ca. 1.100 kW für die Ausbaustufe 2030. Die elektrische Anschlussleistung muss seitens des Energieversorgers berechnet und zur Verfügung gestellt werden. Nach einer ersten Anfrage bei der SW-Netz kann die Leistung zum aktuellen Zeitpunkt bereitgestellt werden.

Als Grundlage für die Berechnung wurden die Gleichzeitigkeitsfaktoren für AC-Ladepunkte mit 0,8 und für DC-Ladepunkte 0,4 verwendet. Der Gleichzeitigkeitsfaktor gibt an, wie viele elektrische Verbraucher gleichzeitig mit voller Leistung geladen werden können. Die Gleichzeitigkeitsfaktoren wurden für das öffentliche Parkhaus höher, als bei anderen Garagen/ Parkhäusern angesetzt, da davon auszugehen ist, dass die Parkdauer bei den meisten Fahrzeugen kurz (2-4 Stunden) betragen wird. Mit höherem Gleichzeitigkeitsfaktor und somit höherer Ladeleistung können die Fahrzeuge trotz kurzen Ladezeiten ausreichend schnell geladen werden. Für den Ausbau der Infrastruktur empfehlen wir die Vorrüstungen auf die Ausbaustufe im Jahr 2030 bereits in erster Stufe auszubauen. Dabei können passenden Varianten aus dem Kapitel 6.5 Netzinfrastruktur genauer untersucht und angewendet werden.

7.1.3 Grobkostenindikation

Die Grobkosten für insgesamt 25 AC- und 15 DC- Ladestationen belaufen sich auf ca. 0,81 Mio. Euro (netto). Dabei wurden die Kosten für die Ladestationen, Niederspannungsverteilungen, Stromversorgung der Ladestationen mittels Kabel und die Gruppenunterverteilungen für die Ladepunkte sowie einen zusätzlichen Transformator berücksichtigt. Die Grobkostenindikation stellt einen sehr groben Richtwert dar und ersetzt keine detaillierte Kostenermittlung unter Berücksichtigung der Vor-Ort Situation im Bestand. Die groben Kostenkennwerte beruhen auf Vergleichswerten aus dem Jahr 2021. Aufgrund der aktuell sehr volatilen Preise sind die Kosten für zukünftige Betrachtungen ggf. anhand der tatsächlichen Preisentwicklung anzupassen.

Die groben Kosten pro Ladepunkt setzen sich bei diesem Musterstandort wie folgt zusammen:

- Hardware: 30.000 € je DC-Ladepunkt und 4.000 € je AC-Ladepunkt
- Netzanschluss und Trafostation: 6.000 € je DC-Ladepunkt und 1.000 € je AC-Ladepunkt
- Bauleistungen und Materialkosten: 3.000 € je DC-Ladepunkt und 4.000 € je AC-Ladepunkt

7.1.4 Technische Anforderungen

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	<p>Überprüfung der Verfügbarkeit der elektrischen Anschlussleistung mit dem Netzbetreiber. Falls die elektrische Anschlussleistung nicht ausreichend ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Prüfung einer Erhöhung der bestehenden elektrischen Anschlussleistung über den Netzbetreiber (Erweiterung des Netzanschlusses auf eine höhere Leistung / Austausch und Vergrößerung des Netzanschlusskabels). b. Anfrage beim Netzbetreiber, ob die Erstellung eines zusätzlichen Hausanschlusses möglich ist. 	
2	<p>Prüfung der elektrischen Bestandsanlage durch eine Elektrofachkraft. Dabei sind folgende Punkte zu berücksichtigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Entspricht die Anlage den aktuellen Normen und Vorschriften? b. Ist die Anlage für die geplante Leistung der E-Mobilität ausreichend dimensioniert? c. Ist eine Erweiterung/ Nachrüstung der Bestandsanlage möglich? d. Prüfung, ob bei Änderung bzw. Ergänzung der Elektroanlage eine Anpassung an die geänderten Betriebsbedingungen notwendig ist. 	
3	<p>Prüfung der Einbindung einer PV-Anlage und/ oder eines Batteriespeichers:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Erste Einschätzung des Potenzials des Anschlusses eines Batteriespeichers für den Ausgleich von Lastspitzen sowie einer Platzreserve für einen möglichen Aufstellort. Der Platzbedarf kann je nach Batteriekapazität bspw. zwischen 2 – 15 m² betragen. b. Erste Einschätzung der Installationsmöglichkeiten einer PV-Anlage auf dem Dach oder an der Fassade. 	
4	Prüfung des Einsatzes eines Lastmanagementsystems, um die bestehenden Netzkapazitäten optimal zu verwenden.	
5	Prüfung, ob alle zum Betrieb notwendigen Einrichtungen 24h/365T für das Betriebspersonal zugänglich sind, um eine hohe Verfügbarkeit der Ladestation zu gewährleisten.	
6	<p>Brandschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Ist eine Brandmeldeanlage vorhanden? b. Ist die Garage in Brandabschnitte unterteilt? 	

7	<p>Übergreifende technische Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Bei Neuinstallation oder Erweiterung der bestehenden LIS sind die entsprechenden Teile der VDE 0100 zu berücksichtigen. b. Bei einem Blitzeinschlag müssen Sekundärschäden, z.B. an ladenden Elektrofahrzeugen, nach Möglichkeit ausgeschlossen werden. Es ist dazu ein mehrstufiger Überspannungsschutz auf dem Versorgungsnetz vorzusehen. 	
---	--	--

7.1.5 Bauliche Anforderungen

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	Prüfung der Platzverhältnisse und der Aufstellorte für eventuell benötigte Trafostationen. Je nach Art und Ausführung müssen für Trafostationen 1500 kVA von 25 m ² bis 40 m ² vorgesehen werden.	
2	Erste Einschätzung zu möglichen Positionen/ Wegen für zusätzliche Elektro- und EDV-Verteilungen zur Versorgung des Ladestation.	
3	<p>Prüfung der baulichen Anforderung für die Errichtung der Ladestationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Anordnung der Stellplätze: Sind die vorhandenen Stellplätze von ihrer Anordnung als Ladeplätze nutzbar oder ist eine Umstrukturierung notwendig? Mindestmaß für einen Parkplatz: 5 x 2,50 m. b. Prüfung, ob die Ladeplätze direkt an den Ein- und Ausfahrten angeordnet werden können. c. Prüfung, ob die Installation eines Anfahrschutzes möglich ist. Hinweis: Ladestationen müssen mit einem funktionalen Anfahrschutz gegen Beschädigungen durch Fahrzeuge geschützt werden. Der Anfahrschutz muss so stabil sein, dass er Fahrzeugberührungen in Schrittgeschwindigkeit ohne nennenswerte Beschädigungen aushält (primär für DC Ladesäulen). d. Prüfung, ob die Anbringung von Beschilderungen möglich ist. Hinweis: Die Ladeplätze müssen eindeutig ausgeschildert und leicht erkennbar sein. e. Prüfung, ob die Parkplätze mit einer flächigen, farbigen Bodenmarkierung ausgeführt werden können, um den Ladepunkt deutlich zu kennzeichnen. 	
4	<p>Erste Einschätzung, ob Aufstellflächen für weitere technische Komponenten vorhanden sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unterverteilung - Datenverteilungen - Lademanagement - Batteriespeicher etc. <p>Platzbedarf ist Konzeptabhängig und ist im Einzelfall genau zu betrachten.</p>	
5	Prüfung des Denkmalschutzes am Standort. Steht das Gebäude unter Denkmalschutz? Dies ist bspw. zu beachten, wenn die Trafostationen oder Ladestationen im Außen aufgestellt werden müssen.	

7.2 Musterstandort 2: Parkhaus (Quartiersgarage)

Die Quartiersgarage deckt einen hohen Anteil des im Quartier benötigten Stellplatzbedarfs der Anwohner:innen und reduziert den Fahrzeuganteil im öffentlichen Raum. Gleichzeitig bietet die Quartiersgarage ideale Voraussetzung zur Installation einer großen Anzahl an Ladepunkten.

7.2.1 Standortbeschreibung

Musterstandort 2 ist eine Quartiersgarage in der Klarenthaler Straße mit 430 Pkw-Stellplätzen. Das Objekt ist noch nicht realisiert und befindet sich in der Planung. Das Parkhaus soll primär von den angrenzenden Bewohnern genutzt werden. Es ist aber auch die Nutzung als P&R Parkhaus möglich. Auf dem Dach ist in der aktuellen Planung bereits eine Photovoltaik Anlage vorgesehen, die zur Versorgung von LIS genutzt werden kann. Der Standort des Parkhauses liegt an der Grenze zwischen Planungsräumen 61, 66 und 82, somit können gleich drei Planungsräume mit der LIS erschlossen werden.

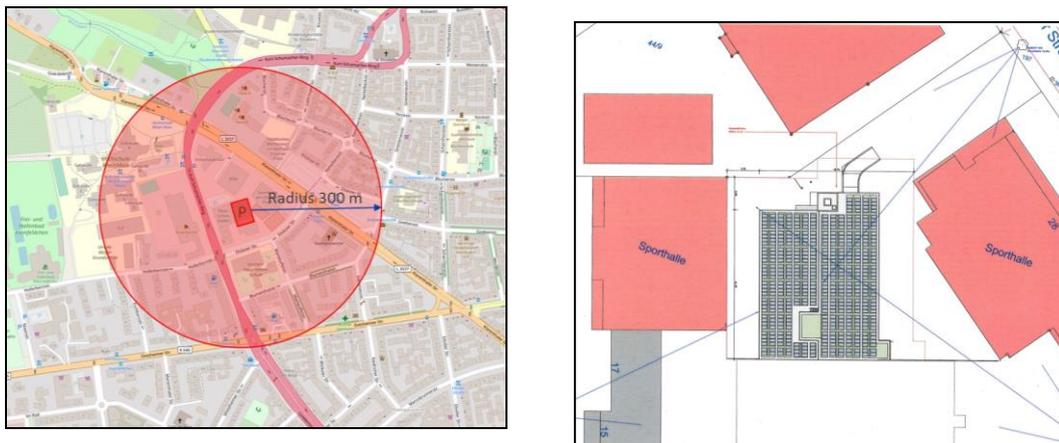


Abbildung 32: Parkhaus (Quartiersgarage) Klarenthaler Straße

7.2.2 Ladebedarf

Für den Musterstandort 2 (Quartiersgarage) wurde ein Energiebedarf für das Jahr 2025 in Höhe von 868 kWh/ Tag und für das Jahr 2030 in Höhe von 1491 kWh/ Tag berechnet.

	Ladeleistung	Anzahl Ladepunkte Ausbaustufe 2025	Anzahl Ladepunkte Ausbaustufe 2030
AC- Infrastruktur für reine Normalladevorgänge	11 kW	40	56

Tabelle 13: Bedarf an Ladepunkten Musterstandort 2 - Parkhaus (Quartiersgarage)

Um einer möglichst großen Anzahl an Anwohner:innen eine geeignete Lademöglichkeit anzubieten, empfehlen wir die AC-Infrastruktur mit AC-Ladepunkten umzusetzen. Die beispielhafte Anordnung der Ladestationen ist in Abbildung 30, Abbildung 34 und Abbildung 35 dargestellt.

Die Positionierung ist von Fabrikaten, Konzept und örtlichen Gegebenheiten abhängig und ist im Planungsverlauf zu überprüfen. Die AC- Ladestationen wurden in der Ein- Ausfahrtsnähe angeordnet, um im Notfall die Bergung schneller und einfacher zu ermöglichen. Bei der Anordnung soll auf folgendes geachtet werden:

- Ladeplätze nicht direkt neben unternehmenskritischen Einrichtungen bauen, die durch einen Fahrzeugbrand beeinträchtigt werden könnten.
- Ladeplätze so anordnen, dass eine ausreichende Löschwassermenge zur Verfügung steht, d.h. in Reichweite von Hydranten.
- Ladeplätze so anordnen, dass abgelöschte Fahrzeuge einfach geborgen werden können.

KLARENTHALER STRASSE

Ebene 0 / -0.5



Ausbaustufe 2025: 40 AC-Ladestationen
 Ausbaustufe 2030: 56 AC-Ladestationen

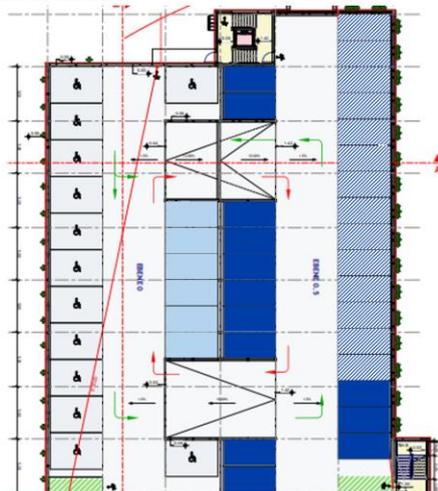
Ausbau Ebene 0: 6 AC-Ladestationen
 Ausbau Ebene -0.5: 21 AC-Ladestationen

11 kW AC-Ladeplatz (5 x 2,5 m) Ausbaustufe 2025

Abbildung 33 - Anordnung Ladepunkte Klarenthaler Straße Ebene 0 / -0.5

KLARENTHALER STRASSE

Ebene 0 / 0.5



Ausbaustufe 2025: 40 AC-Ladestationen
 Ausbaustufe 2030: 56 AC-Ladestationen

Ausbau Ebene 0: 6 AC-Ladestationen
 Ausbau Ebene 0.5: 27 AC-Ladestationen

11 kW AC-Ladeplatz (5 x 2,5 m) Ausbaustufe 2025
 11 kW AC-Ladeplatz (5 x 2,5 m) Ausbaustufe 2030

Abbildung 34 - Anordnung Ladepunkte Klarenthaler Straße Ebene 0 / 0.5

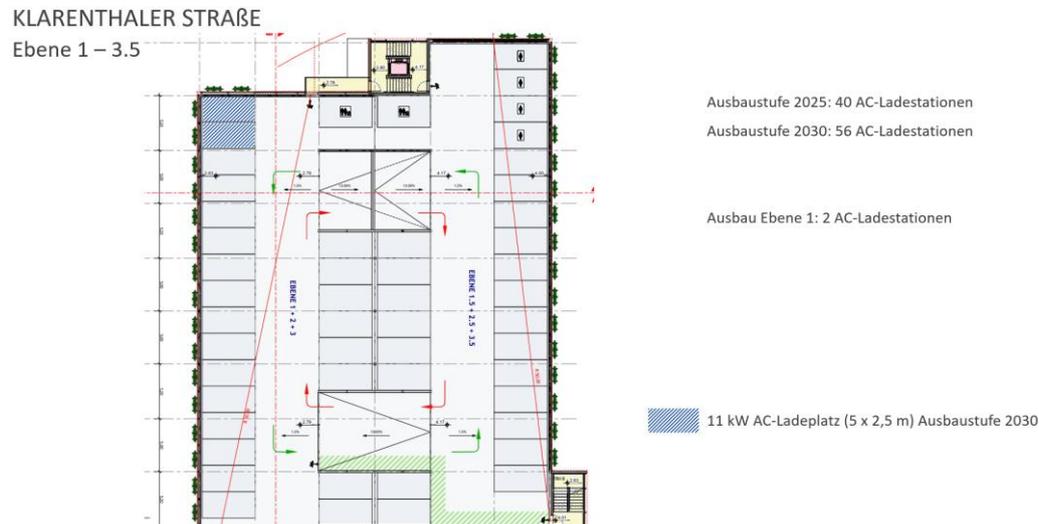


Abbildung 35 – Anordnung Ladepunkte Klarenthaler Straße Ebene 1-3.5

Aus den Ladebedarfen resultiert eine Anschlussleistung von ca. 150 kW für Ausbaustufe 2025 und eine Anschlussleistung von ca. 200 kW für die Ausbaustufe 2030. Die elektrische Anschlussleistung muss seitens des Energieversorgers berechnet und zur Verfügung gestellt werden. Nach einer ersten Anfrage bei der SW-Netz kann die Leistung zum aktuellen Zeitpunkt bereitgestellt werden. Als Grundlage für die Berechnung wurde ein Gleichzeitigkeitsfaktor für AC-Ladepunkte von 0,3 verwendet. Der Gleichzeitigkeitsfaktor bildet ab, wie viele elektrische Verbraucher gleichzeitig mit voller Leistung geladen werden können. Es ist davon auszugehen, dass die meisten Fahrzeuge über längere Zeit, z.B. nachts, geladen werden. Aus diesem Grund wurde der Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,3 gewählt. Für den Ausbau der Infrastruktur empfehlen wir die Vorrüstungen auf die Ausbaustufe im Jahr 2030 bereits in erster Stufe auszubauen. Dabei können passende Varianten aus dem Kapitel 6.5 Netzinfrastruktur genauer untersucht und angewendet werden.

7.2.3 Grobkostenindikation

Die Grobkosten für insgesamt 56 AC- Ladestationen belaufen sich auf ca. 0,5 Mio. Euro (netto) Dabei wurden anteilig die Kosten für die Ladestationen, Niederspannungsverteilungen, Stromversorgung der Ladestationen mittels Kabel und die Gruppenunterverteilungen für die Ladepunkte sowie für einen zusätzlichen Transformator berücksichtigt. Die Grobkostenindikation ist abhängig von zahlreichen Faktoren die Rahmen einer detaillierten Planung zu untersuchen sind und kann daher nur als sehr grober Richtwert verwendet werden. Die groben Kostenkennwerte beruhen auf Vergleichswerten aus dem Jahr 2021. Aufgrund der aktuell sehr volatilen Preise sind die Kosten für zukünftige Betrachtungen ggf. anhand der tatsächlichen Preisentwicklung anzupassen.

Die groben Kosten pro Ladepunkt setzen sich bei diesem Musterstandort wie folgt zusammen:

- Hardware: 4.000 € je AC-Ladepunkt
- Netzanschluss und Trafostation: 3.000 € je AC-Ladepunkt
- Bauleistungen und Materialkosten: 2.000 € je AC-Ladepunkt

7.2.4 Technische Anforderungen

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	<p>Überprüfung der Verfügbarkeit der elektrischen Anschlussleistung mit dem Netzbetreiber. Falls die elektrische Anschlussleistung nicht ausreichend ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Prüfung einer Erhöhung der bestehenden elektrischen Anschlussleistung über den Netzbetreiber (Erweiterung des Netzanschlusses auf eine höhere Leistung / Austausch und Vergrößerung des Netzanschlusskabels) b. Anfrage beim Netzbetreiber, ob die Erstellung eines zusätzlichen Hausanschlusses möglich ist. 	
2	<p>Prüfung der Einbindung einer PV-Anlage und/oder eines Batteriespeichers:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Erste Einschätzung des Potenzials des Anschlusses eines Batteriespeichers für den Ausgleich von Lastspitzen sowie einer Platzreserve für einen möglichen Aufstellort. Der Platzbedarf kann je nach Batteriekapazität bspw. zwischen 2 – 15 m² betragen. b. Erste Einschätzung der Installationsmöglichkeiten einer PV-Anlage auf dem Dach oder an der Fassade. 	
3	<p>Prüfung des Einsatzes eines Lastmanagementsystems, um die bestehenden Netzkapazitäten optimal zu verwenden.</p>	
4	<p>Prüfung, ob alle zum Betrieb notwendigen Einrichtungen 24h/365T für das Betriebspersonal zugänglich sind, um eine hohe Verfügbarkeit der Ladestation zu gewährleisten.</p>	
5	<p>Brandschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Ist eine Brandmeldeanlage vorhanden? b. Ist die Garage in Brandabschnitte unterteilt? 	
6	<p>Übergreifende technische Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Bei Neuinstallation oder Erweiterung der bestehenden LIS sind die entsprechenden Teile der VDE 0100 zu berücksichtigen. b. Bei einem Blitzeinschlag müssen Sekundärschäden, z.B. an ladenden Elektrofahrzeugen, nach Möglichkeit ausgeschlossen werden. Es ist dazu ein mehrstufiger Überspannungsschutz auf dem Versorgungsnetz vorzusehen. 	

7.2.5 Bauliche Anforderungen

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	Prüfung der Platzverhältnisse für die eventuell benötigten Trafostationen. Je nach Art und Ausführung müssen für Trafostationen 250 kVA von 10 m ² bis 15 m ² vorgesehen werden.	
2	Prüfung der Positionen/Wege für zusätzliche Elektro- und EDV-Verteilungen zur Versorgung des Ladestation.	
3	<p>Prüfung der baulichen Anforderung für die Errichtung der Ladestationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Anordnung der Stellplätze: Sind die vorhandenen Stellplätze von ihrer Anordnung als Ladeplätze nutzbar oder ist eine Umstrukturierung notwendig? Mindestmaß für einen Parkplatz: 5 x 2,50 m. b. Prüfung, ob die Ladeplätze direkt an den Ein- und Ausfahrten angeordnet werden können. c. Prüfung, ob die Installation eines Anfahrsschutzes möglich ist. Hinweis: Ladestationen müssen mit einem funktionalen Anfahrsschutz gegen Beschädigungen durch Fahrzeuge geschützt werden. Der Anfahrsschutz muss so stabil sein, dass er Fahrzeugberührungen in Schrittgeschwindigkeit ohne nennenswerte Beschädigungen aushält (primär für DC Ladesäulen). d. Prüfung, ob die Anbringung von Beschilderungen möglich ist. Hinweis: Die Ladeplätze müssen eindeutig ausgeschildert und leicht erkennbar sein. e. Prüfung, ob die Parkplätze mit einer flächigen, farbigen Bodenmarkierung ausgeführt werden können, um den Ladepunkt deutlich zu kennzeichnen. 	
4	<p>Erste Einschätzung, ob Aufstellflächen für weitere technische Komponenten vorhanden sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unterverteilung - Datenverteilungen - Lademanagement - Batteriespeicher etc. <p>Platzbedarf ist Konzeptabhängig und ist im Einzelfall genau zu betrachten.</p>	

7.3 Musterstandort 3: Park-and-Ride-Parkplatz

Park-and-Ride-Parkplätze (P+R) entlasten den innerstädtischen Verkehr in dem Sie an Verkehrsknotenpunkten zwischen Innenstadt und Außenbezirken einen Anschluss an den öffentlichen Nahverkehr bieten. Der P+R-Parkplatz steht somit nicht alleine, sondern ist Bestandteil eines vernetzten Mobilität- und Parksystem. Die Verfügbarkeit von LIS erhöht die Attraktivität des P+R-Parkplatzes. Zudem kann die LIS auch von den Anwohner:innen bspw. während der Nachtzeit genutzt werden.

7.3.1 Standortbeschreibung

Musterstandort 3 ist ein P+R-Parkplatz in der Kleinaustraße, 65201 Wiesbaden. Die ca. 50 PKW-Stellplätze liegen in einem Wohngebiet und werden von den angrenzenden Bewohner:innen, Sportplatzbesucher:innen sowie Hafenbesucher:innen genutzt. Der Standort liegt an der Grenze zwischen Planungsräumen 271 und 276. Somit können gleich zwei Planungsräume mit der LIS erschlossen werden.

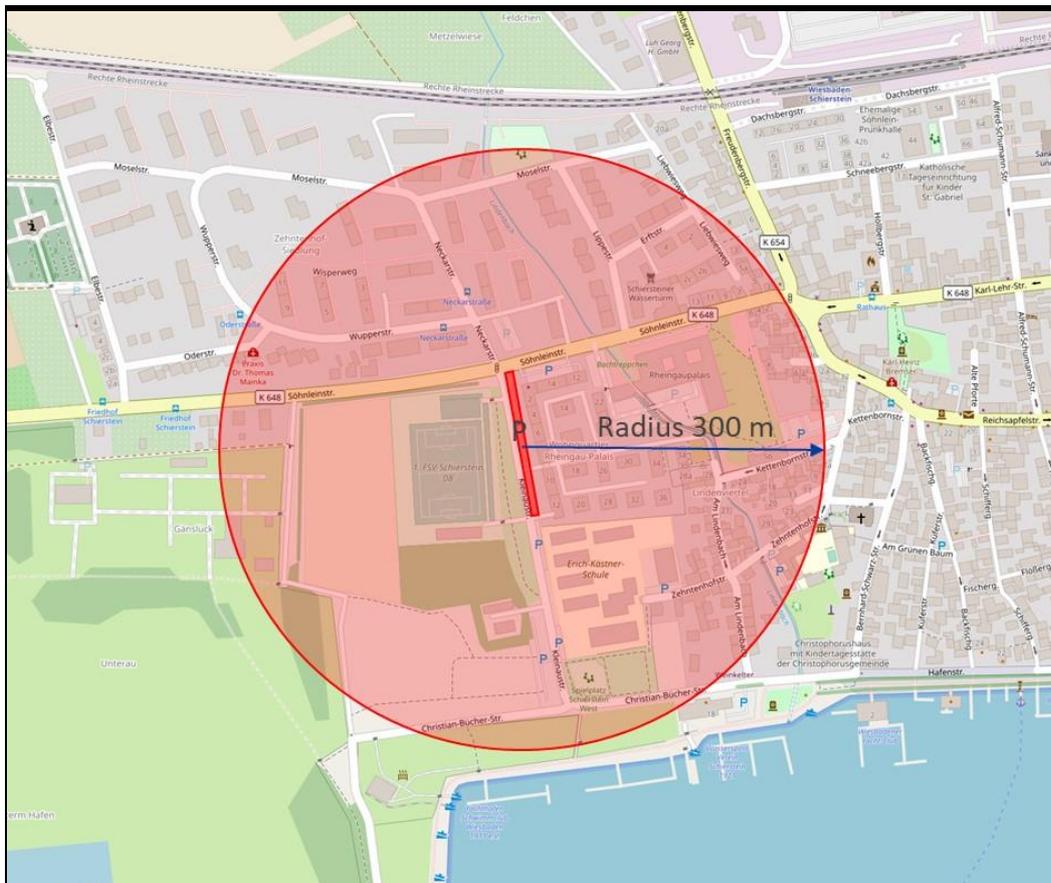


Abbildung 36: P+R-Parkplatz Kleinaustraße

7.3.2 Ladebedarf

Für den Musterstandort 3 P+R-Parkplatz wurde ein Energiebedarf für das Jahr 2025 in Höhe von 555 kWh/ Tag und für das Jahr 2030 in Höhe von 921 kWh/ Tag berechnet.

	Ladeleistung	Anzahl Ladepunkte (Ladestationen) Ausbaustufe 2025	Anzahl Ladepunkte (Ladestationen) Ausbaustufe 2030
Variante 1: AC- Infrastruktur für reine Normalladevorgänge	11 kW	25	34
Variante 2: DC- Infrastruktur für reine Schnellladevorgänge:	150 kW	10 (5)	14 (7)
Variante 3: AC- und DC- Infra- struktur als Kombination für Normall- und Schnellladevor- gänge	11 kW	10	10
	150 kW	6 (3)	10 (5)

Tabelle 12: Bedarf an Ladepunkten Musterstandort 3 – P+R-Parkplatz

Um einer möglichst großen Anzahl an Anwohner:innen eine geeignete Lademöglichkeit anzubieten, empfehlen wir die **Variante 3** mit einer Kombination aus AC- und DC-Ladepunkten umzusetzen. Die beispielhafte Anordnung der Ladestationen ist in Abbildung 37 dargestellt. Die Positionierung ist von Fabrikaten, Konzept und örtlichen Gegebenheiten abhängig und ist im Planungsverlauf zu überprüfen. Bei der Konzipierung der DC-Ladestationen wurde von platzsparenden Varianten ausgegangen, welche Leistungselektronik in den Ladesäulen integriert haben.

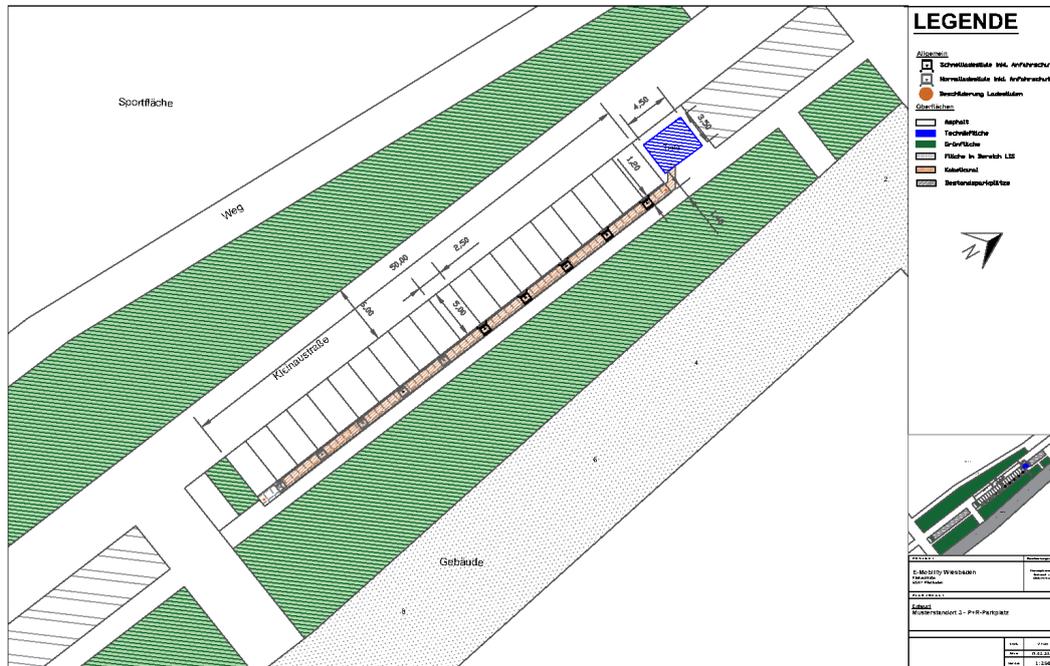


Abbildung 37 – Anordnung Ladepunkte P+R-Kleinaustraße (siehe Anlage 6)

Daraus resultiert eine Anschlussleistung von ca. 400 kW für Ausbaustufe 2025 und eine Anschlussleistung von ca. 500 kW für die Ausbaustufe 2030. Die elektrische Anschlussleistung muss seitens des Energieversorgers berechnet und zur Verfügung gestellt werden. Nach einer ersten Anfrage bei der SW-Netz kann die Leistung zum aktuellen Zeitpunkt bereitgestellt werden. Als Grundlage für die Berechnung wurden die Gleichzeitigkeitsfaktoren für AC-Ladepunkte mit 0,8 und für DC-Ladepunkte 0,4 verwendet. Der Gleichzeitigkeitsfaktor bildet ab, wie viele elektrische Verbraucher gleichzeitig mit voller Leistung geladen werden können. Die Gleichzeitigkeitsfaktoren wurden für den öffentlichen Parkplatz höher angesetzt als bei anderen Garagen/ Parkhäusern. Es ist davon auszugehen, dass die Parkdauer bei den meisten Fahrzeugen kurz (2-4 Stunden) gehalten wird. Mit höherem Gleichzeitigkeitsfaktor und somit höheren Ladeleistung können die Fahrzeuge trotz kurzen Ladezeiten ausreichend schnell geladen werden.

Für den Ausbau der Infrastruktur empfehlen wir die Vorrüstungen auf die Ausbaustufe im Jahr 2030 bereits in erster Stufe auszubauen. Dabei können passenden Varianten aus dem Kapitel 6.5 Netzinfrastruktur genauer untersucht und angewendet werden.

7.3.3 Grobkostenindikation

Die Grobkostenindikation für den Musterstandort 3 enthält folgende Kostenbestandteile der Errichtung (CAPEX):

- Hardware (Ladesäulen bzw. Ladepunkte)
- Netzanschluss und Trafostation
- Bauleistungen und Materialien (Kabeltiefbau, Kabel, Straßenbauarbeiten etc.)

Die Grobkostenindikation erfolgt auf Grundlage der zu errichtenden Ladepunkte. Am Musterstandort 3 – P+R-Parkplatz wird empfohlen, bis 2030 eine 20 Ladepunkte umfassende LIS zu errichten. Die LIS besteht aus 10 DC-Ladepunkten mit jeweils 150 kW Ladeleistung und 10 AC-Ladepunkten mit jeweils 11 kW Ladeleistung. Die Kosten pro Ladepunkt setzen sich wie folgt zusammen:

- Hardware: 30.000 € je DC-Ladepunkt und 4.000 € je AC-Ladepunkt
- Netzanschluss und Trafostation: 14.000 € je DC-Ladepunkt und 1.000 € je AC-Ladepunkt
- Bauleistungen und Materialkosten: 10.000 € je DC-Ladepunkt und 5.000 € je AC-Ladepunkt

Aus den Kostenbestandteilen ergeben sich für die Errichtung der 10 DC-Ladepunkte und 10 AC-Ladepunkte Kosten von etwa 0,64 Mio. Euro (netto). Die groben Kostenkennwerte beruhen auf Vergleichswerten aus dem Jahr 2021. Aufgrund der aktuell sehr volatilen Preise sind die Kosten für zukünftige Betrachtungen ggf. anhand der tatsächlichen Preisentwicklung anzupassen.

7.3.4 Technische Anforderungen

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	Überprüfung der Verfügbarkeit der elektrischen Anschlussleistung mit dem Netzbetreiber. Falls die elektrische Anschlussleistung nicht ausreichend ist: a. Prüfung einer Erhöhung der bestehenden elektrischen Anschlussleistung über den Netzbetreiber	
3	Prüfung der Einbindung einer PV-Anlage und/ oder eines Batteriespeichers: a. Erste Einschätzung des Potenzials des Anschlusses eines Batteriespeichers für den Ausgleich von Lastspitzen sowie einer Platzreserve für eine möglichen Aufstellort. Der Platzbedarf kann je nach Batteriekapazität bspw. zwischen 2 – 15 m ² betragen. b. Erste Einschätzung der Installationsmöglichkeiten einer PV-Anlage (bspw. Verwendung einer PV-Carports).	
4	Prüfung des Einsatzes eines Lastmanagementsystems, um die bestehenden Netzkapazitäten optimal zu verwenden.	

5	Prüfung, ob alle zum Betrieb notwendigen Einrichtungen 24h/365T für das Betriebspersonal zugänglich sind, um eine hohe Verfügbarkeit der Ladestation zu gewährleisten.	
6	Brandschutz: a. Werden brennbare Stoffe in unmittelbarer Nähe gelagert? b. Liegt der Aufstellort in Nachbarschaft zu einer Tankstelle?	
7	Idealerweise, aber nicht zwingend, werden für die Ladepunkte am Ladeplatz standardisierte Fundamente z.B. nach Open Plattform Infrastructure Standard (OPI2020) verwendet.	
8	Übergreifende technische Hinweise: a. Bei Neuinstallation oder Erweiterung der bestehenden LIS sind die entsprechenden Teile der VDE 0100 zu berücksichtigen. b. Bei einem Blitzeinschlag müssen Sekundärschäden, z.B. an ladenden Elektrofahrzeugen, nach Möglichkeit ausgeschlossen werden. Es ist dazu ein mehrstufiger Überspannungsschutz auf dem Versorgungsnetz vorzusehen.	

7.3.5 Bauliche Anforderungen

Die baulichen Anforderungen an den Musterstandort 3 – P+R-Parkplatz sind durch Prüfung von Bestandsunterlagen und durch Gespräche mit den zuständigen öffentlichen Stellen zu klären.

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	Prüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf dem Grundstück. a. Abruf des B-Plans über die öffentliche Verwaltung. b. Prüfung, ob die Errichtung durch Festsetzungen im B-Plan möglich ist. c. Prüfung des B-Plans auf Besonderheiten wie Stellplatzbaulasten, Festlegungen zu Grünflächen oder zur Gestaltung von Flächen etc.	
2	Prüfung der Platzverhältnisse für die eventuell benötigten Trafostationen. Je nach Art und Ausführung müssen für Trafostationen 500 kVA von 10 m ² bis 15 m ² vorgesehen werden.	
3	Prüfung der bestehenden Leitungstrassen (Sparten) am Standort: a. Beschaffung der Planunterlagen bei den einzelnen Spartenträgern – Strom – Wasser/ Abwasser – Kommunikation – Gas- und Fernwärmeversorgung b. Prüfung welche Trassen im Bau Feld verlaufen. c. Abstimmung mit Spartenträgern zu baulichen Anforderungen.	

4	<p>Prüfung der vorhandenen Fläche zur Verortung der LIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Prüfung anhand der „Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs – EAR 05“ der FGSV: <ul style="list-style-type: none"> – Parkstandbreite – Parkstandlänge – Fahrgassenbreite b. Prüfung anhand der „Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen – EFA“ der FGSV: <ul style="list-style-type: none"> – Mindestbreite Gehwege – Berücksichtigung von Gehwegen c. Prüfung anhand der „Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen – RAST“ der FGSV: <ul style="list-style-type: none"> – Grundmaße für Verkehrsräume – Sicherheitsräume bei Radverkehrsanlagen 	
5	<p>Prüfung der Gegebenheiten des Baugrunds:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Prüfung und Beschaffung vorliegender Baugrundgutachten b. Prüfung und Beschaffung vorliegender Kampfmitteluntersuchungen 	
6	<p>Prüfung des Denkmalschutzes am Standort:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Prüfung, ob Gebäude oder Flächen im Umfeld des Standorts unter Denkmalschutz stehen. b. Offizielle Anfrage bei der Unteren Denkmalschutzbehörde c. Abstimmung der baulichen Anforderungen an den Denkmalschutz 	
7	<p>Prüfung von Wasserschutzgebieten am Standort:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Prüfung, ob der Standort in einem Wasserschutzgebiet liegt. b. Offizielle Anfrage bei der Wasserbehörde c. Abstimmung der baulichen Anforderungen an den Gewässerschutz 	

7.4 Musterstandort 4: Lade-Hub innerorts

Der Ladehub (innerorts) deckt aufgrund der Fokussierung auf DC-LIS einen hohen Ladebedarf auf einer relativ kleinen Parkplatzfläche. Die Anwohner:innen können Ihr Fahrzeug am Lade-Hub aufladen und müssen das Fahrzeug anschließend auf einem öffentlichen Parkplatz abstellen. Dieser Ladehub-Typ ist sensibel im Quartier zu verorten, um Park-Such-Verkehre zu vermeiden.

7.4.1 Standortbeschreibung

Musterstandort 4 ist ein Parkplatz auf dem Gutenbergplatz, 65187 Wiesbaden. Der Gutenbergplatz stellt ein Beispiel für einen innerstädtischen Lade-Hub dar. Die besondere Lage im historischen Stadtgebiet (sowie ggf. denkmalschutzrelevante Randbedingungen) ist auch bei anderen potenziellen Standorten zu berücksichtigen. Die ca. 75 PKW-Stellplätze liegen in einem Wohngebiet und werden von den angrenzenden Bewohnern sowie Stadtbesuchern genutzt. Der Standort liegt an der Grenze zu den Planungsräumen 12, 13, 51 und 52 somit können gleich vier Planungsräume mit der LIS erschlossen werden.

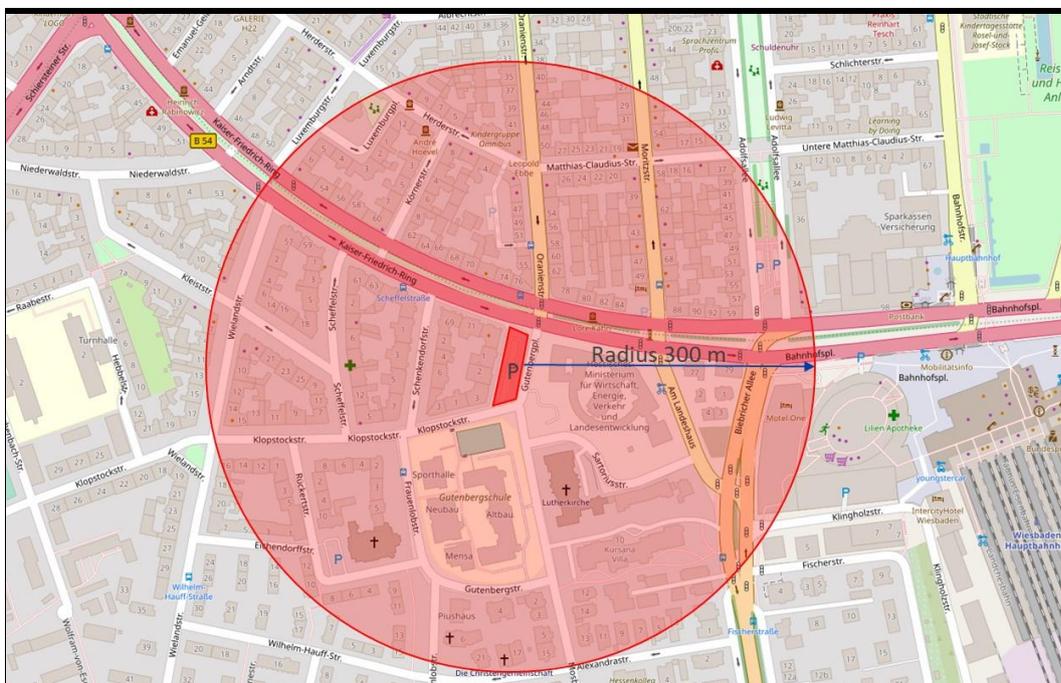


Abbildung 38: E-Mobilitätshub am Gutenbergplatz

7.4.2 Ladebedarf

Für den Musterstandort 4 wurde ein Energiebedarf für das Jahr 2025 in Höhe von 623 kWh/ Tag und für das Jahr 2030 in Höhe von 1038 kWh/ Tag berechnet.

	Ladeleistung	Anzahl Ladepunkte (Ladestationen) Ausbaustufe 2025	Anzahl Ladepunkte (Ladestationen) Ausbaustufe 2030
DC- Infrastruktur für reine Schnellladevorgänge:	150 kW	24 (12)	32 (16)

Tabelle 15: Bedarf an Ladepunkten Musterstandort 4 – Lade-Hub innerorts

Um einer möglichst großen Anzahl an Anwohner:innen und Besucher:innen eine geeignete Lademöglichkeit anzubieten, empfehlen wir die DC-Infrastruktur mit DC-Ladepunkten umzusetzen. Die beispielhafte Anordnung der Ladestationen ist in der Abbildung 39 dargestellt. Die neue Anordnung bietet Platz für 58 Stellplätze. Dies entspricht einer Reduktion von etwa 17 Stellplätzen gegenüber der aktuell genutzten Anordnung, da die mittlere Parkreihe zu Gunsten der Ladesäulen wegfällt. Bei der Konzipierung der DC-Ladestationen wurde von platzsparenden Varianten ausgegangen, welche Leistungselektronik in den Ladesäulen integriert haben. Die Positionierung ist von Fabrikaten, Konzept und örtlichen Gegebenheiten abhängig und ist im Planungsverlauf zu überprüfen.



Abbildung 39: Errichtungskonzept LIS am Gutenbergplatz (siehe Anlage 7)

Daraus resultiert eine Anschlussleistung von ca. 750 kW für Ausbaustufe 2025 und eine Anschlussleistung von ca. 1.000 kW für die Ausbaustufe 2030. Die elektrische Anschlussleistung muss seitens des Energieversorgers berechnet und zur Verfügung gestellt werden. Nach einer ersten Anfrage bei der SW-Netz kann die Leistung zum aktuellen Zeitpunkt bereitgestellt werden. Als Grundlage für die Berechnung wurde ein Gleichzeitigkeitsfaktor für AC-Ladepunkte von 0,4 verwendet. Der Gleichzeitigkeitsfaktor bildet ab, wie viele elektrische Verbraucher gleichzeitig mit voller Leistung geladen werden können. Es ist davon auszugehen, dass die Parkdauer bei den meisten Fahrzeugen kurz (2-4 Stunden) gehalten wird. Mit hoher Ladeleistung bei DC-Ladepunkten und mittlerem Gleichzeitigkeitsfaktor, können die Fahrzeuge trotz kurzen Ladezeiten ausreichend geladen werden.

Für den Ausbau der Infrastruktur empfehlen wir die Vorrüstungen auf die Ausbaustufe im Jahr 2030 bereits in erster Stufe auszubauen. Dabei können passenden Varianten aus dem Kapitel 6.5 Netzinfrastruktur genauer untersucht und angewendet werden.

7.4.3 Grobkostenindikation

Die Grobkostenindikation für den Musterstandort 4 enthält folgende Kostenbestandteile der Errichtung (CAPEX):

- Hardware (Ladesäulen bzw. Ladepunkte)
- Netzanschluss und Trafostation
- Bauleistungen und Materialien (Kabeltiefbau, Kabel, Straßenbauarbeiten etc.)

Die Grobkostenindikation erfolgt auf Grundlage der zu errichtenden Ladepunkte. Am Musterstandort 4 – Lade-Hub innerorts wird empfohlen bis 2030 eine 32 Ladepunkte umfassende LIS zu errichten. Die LIS besteht aus 16 DC-Ladesäulen mit jeweils 150 kW Ladeleistung. Die Kosten pro Ladepunkt setzen sich wie folgt zusammen:

- Hardware: 30.000 € je DC-Ladepunkt
- Netzanschluss und Trafostation: 5.000 € je DC-Ladepunkt
- Bauleistungen und Materialkosten: 10.000 € je DC-Ladepunkt

Aus den Kostenbestandteilen ergeben sich für die Errichtung der 32 DC-Ladepunkte Kosten von etwa 1,44 Mio. Euro (netto). Die groben Kostenkennwerten beruhen auf Vergleichswerten aus dem Jahr 2021. Aufgrund der aktuell sehr volatilen Preise sind die Kosten für zukünftige Betrachtungen ggf. anhand der tatsächlichen Preisentwicklung anzupassen.

7.4.4 Technische Anforderungen

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	<p>Überprüfung der Verfügbarkeit der elektrischen Anschlussleistung mit dem Netzbetreiber. Falls die elektrische Anschlussleistung nicht ausreichend ist:</p> <p>a. Prüfung einer Erhöhung der bestehenden elektrischen Anschlussleistung über den Netzbetreiber.</p>	
3	<p>Prüfung der Einbindung einer PV-Anlage und/oder eines Batteriespeichers:</p> <p>a. Erste Einschätzung des Potenzials des Anschlusses eines Batteriespeichers für den Ausgleich von Lastspitzen sowie einer Platzreserve für einen möglichen Aufstellort. Der Platzbedarf kann je nach Batteriekapazität bspw. zwischen 2 – 15 m² betragen.</p> <p>b. Erste Einschätzung der Installationsmöglichkeiten einer PV-Anlage (bspw. Verwendung eines PV-Carports).</p>	
4	<p>Prüfung des Einsatzes eines Lastmanagementsystems, um die bestehenden Netzkapazitäten optimal zu verwenden.</p>	
5	<p>Prüfung, ob alle zum Betrieb notwendigen Einrichtungen 24h/365T für das Betriebspersonal zugänglich sind, um eine hohe Verfügbarkeit der Ladestation zu gewährleisten.</p>	
6	<p>Brandschutz:</p> <p>a. Werden brennbare Stoffe in unmittelbarer Nähe gelagert?</p> <p>b. Liegt der Aufstellort in Nachbarschaft zu einer Tankstelle?</p>	
7	<p>Idealerweise, aber nicht zwingend, werden für die Ladepunkte am Ladepark standardisierte Fundamente z.B. nach Open Plattform Infrastructure Standard (OPI2020) verwendet.</p>	
8	<p>Übergreifende technische Hinweise:</p> <p>a. Bei Neuinstallation oder Erweiterung der bestehenden LIS sind die entsprechenden Teile der VDE 0100 zu berücksichtigen.</p> <p>b. Bei einem Blitzeinschlag müssen Sekundärschäden, z.B. an ladenden Elektrofahrzeugen, nach Möglichkeit ausgeschlossen werden. Es ist dazu ein mehrstufiger Überspannungsschutz auf dem Versorgungsnetz vorzusehen.</p>	

7.4.5 Bauliche Anforderungen

Die baulichen Anforderungen an den Musterstandort 4 – Lade-Hub innerorts sind durch Prüfung von Bestandsunterlagen und durch Gespräche mit den zuständigen öffentlichen Stellen zu klären.

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	Prüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf dem Grundstück: a. Abruf des B-Plans über die öffentliche Verwaltung. b. Prüfung, ob die Errichtung durch Festsetzungen im B-Plan möglich ist. c. Prüfung des B-Plans auf Besonderheiten wie Stellplatzbaulasten, Festlegungen zu Grünflächen oder zur Gestaltung von Flächen etc.	
2	Prüfung der Platzverhältnisse für die eventuell benötigten Trafostationen. Je nach Art und Ausführung müssen für Trafostationen 1000 kVA von 15 m ² bis 20 m ² vorgesehen werden.	
3	Prüfung der bestehenden Leitungstrassen (Sparten) am Standort: a. Beschaffung der Planunterlagen bei den einzelnen Spartenträgern <ul style="list-style-type: none"> – Strom – Wasser / Abwasser – Kommunikation – Gas- und Fernwärmeversorgung b. Prüfung welche Trassen im Baufeld verlaufen. c. Abstimmung mit Spartenträgern zu baulichen Anforderungen.	
4	Prüfung der vorhandenen Fläche zur Verortung der LIS: a. Prüfung anhand der „Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs – EAR 05“ der FGSV: <ul style="list-style-type: none"> – Parkstandbreite – Parkstandlänge – Fahrgassenbreite b. Prüfung anhand der „Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen – EFA“ der FGSV <ul style="list-style-type: none"> – Mindestbreite Gehwege – Berücksichtigung von Gehwegen c. Prüfung anhand der „Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen – RAST“ der FGSV <ul style="list-style-type: none"> – Grundmaße für Verkehrsräume – Sicherheitsräume bei Radverkehrsanlagen 	
5	Prüfung der Gegebenheiten des Baugrunds: a. Prüfung und Beschaffung vorliegender Baugrundgutachten. b. Prüfung und Beschaffung vorliegender Kampfmitteluntersuchungen.	

6	Prüfung des Denkmalschutzes am Standort: a. Prüfung, ob Gebäude oder Flächen im Umfeld des Standorts unter Denkmalschutz stehen. b. Offizielle Anfrage bei der Unteren Denkmalschutzbehörde. c. Abstimmung der baulichen Anforderungen an den Denkmalschutz.	
7	Prüfung von Wasserschutzgebieten am Standort: a. Prüfung, ob der Standort in einem Wasserschutzgebiet liegt. b. Offizielle Anfrage bei der Wasserbehörde. c. Abstimmung der baulichen Anforderungen an den Gewässerschutz.	

7.5.2 Ladebedarf

Für den Musterstandort 4 (Parkplätze im Straßenraum) wurde ein Energiebedarf für das Jahr 2025 in Höhe von 687 kWh/ Tag und für das Jahr 2030 in Höhe von 1047 kWh/ Tag berechnet.

	Ladeleistung	Anzahl Ladepunkte Ausbaustufe 2025	Anzahl Ladepunkte Ausbaustufe 2030
AC- Infrastruktur für reine Normalladevorgänge	11 kW	29	38

Tabelle 17: Bedarf an Ladepunkten Musterstandort 2 – Parkplätze im Straßenraum

Um einer möglichst großen Anzahl an Anwohner:innen und Besucher:innen eine geeignete Lademöglichkeit anzubieten, empfehlen wir die **AC-Infrastruktur** mit AC-Ladepunkten umzusetzen. Die beispielhafte Anordnung der Ladestationen ist in Abbildung 41 dargestellt. Die gebündelte Anordnung im Bereich der Schlossmauer ermöglicht die Ausnutzung von Synergien bei der Energie- und Datenversorgung der Ladestationen (bspw. Nutzung einer gemeinsamen Datenleitung) im Vergleich zum Aufbau von einzelnen Ladesäulen in den Straßen des angrenzenden Wohngebiets. Des Weiteren können Besucher:innen des Schlossparks die LIS nutzen. Bei der Konzipierung der DC-Ladestationen wurde von platzsparenden Varianten ausgegangen, welche Leistungselektronik in den Ladesäulen integriert haben. Die Positionierung ist von Fabrikaten, Konzept und örtlichen Gegebenheiten abhängig und ist im Planungsverlauf zu überprüfen.



Abbildung 41 - Platzhalter für Anordnung der Ladepunkte (siehe Anlage 8)

Daraus resultiert eine Anschlussleistung von ca. 500 kW für Ausbaustufe 2025 und eine Anschlussleistung von ca. 600 kW für die Ausbaustufe 2030. Die elektrische Anschlussleistung muss seitens des Energieversorgers berechnet und zur Verfügung gestellt werden. Nach einer ersten Anfrage bei der SW-Netz kann die Leistung zum aktuellen Zeitpunkt bereitgestellt werden. Als Grundlage für die Berechnung wurde ein Gleichzeitigkeitsfaktor für AC- Ladepunkte von 0,6 verwendet. Der Gleichzeitigkeitsfaktor bildet ab, wie viele elektrische Verbraucher gleichzeitig mit voller Leistung geladen werden können. Die Gleichzeitigkeitsfaktoren wurden für die öffentliche Parkplätze höher, als bei anderen Garagen/ Parkhäusern angesetzt. Es ist davon auszugehen, dass die Parkdauer bei den meisten Fahrzeugen tagsüber kurz (2-4 Stunden) gehalten wird. Mit höherem Gleichzeitigkeitsfaktor und somit höheren Ladeleistung können die Fahrzeuge trotz kurzen Ladezeiten ausreichend geladen werden.

Für den Ausbau der Infrastruktur empfehlen wir die Vorrüstungen auf die Ausbaustufe im Jahr 2030 bereits in erster Stufe auszubauen. Dabei können passenden Varianten aus dem Kapitel 6.5 Netzinfrastruktur genauer untersucht und angewendet werden.

7.5.3 Grobkostenindikation

Die Grobkostenindikation für den Musterstandort 5 enthält folgende Kostenbestandteile der Errichtung (CAPEX):

- Hardware (Ladesäulen bzw. Ladepunkte)
- Netzanschluss
- Bauleistungen und Materialien (Kabeltiefbau, Kabel, Straßenbauarbeiten etc.)

Die Grobkostenindikation erfolgt auf Grundlage der zu errichtenden Ladepunkte. Am Musterstandort 5 – Parkplätze im Straßenraum wird empfohlen bis 2030 eine 38 Ladepunkte umfassende LIS zu errichten. Die LIS besteht aus 38 AC-Ladepunkten mit jeweils 11 kW Ladeleistung. Die Kosten pro Ladepunkt setzen sich wie folgt zusammen:

- Hardware: 4.000 € je AC-Ladepunkt
- Netzanschluss und Trafostation: 3.500 € je AC-Ladepunkt
- Bauleistungen und Materialkosten: 7.000 € je AC-Ladepunkt

Aus den Kostenbestandteilen ergeben sich für die Errichtung der 38 AC-Ladepunkte Kosten von etwa 0,55 Mio. Euro (netto). Die groben Kostenkennwerte beruhen auf Vergleichswerten aus dem Jahr 2021. Aufgrund der aktuell sehr volatilen Preise sind die Kosten für zukünftige Betrachtungen ggf. anhand der tatsächlichen Preisentwicklung anzupassen.

7.5.4 Technische Anforderungen

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	<p>Überprüfung der Verfügbarkeit der elektrischen Anschlussleistung mit dem Netzbetreiber. Falls die elektrische Anschlussleistung nicht ausreichend ist:</p> <p>a. Prüfung einer Erhöhung der bestehenden elektrischen Anschlussleistung über den Netzbetreiber.</p>	
3	<p>Prüfung der Einbindung einer PV-Anlage und/oder eines Batteriespeichers:</p> <p>a. Erste Einschätzung des Potenzials des Anschlusses eines Batteriespeichers für den Ausgleich von Lastspitzen sowie einer Platzreserve für eine möglichen Aufstellort. Der Platzbedarf kann je nach Batteriekapazität bspw. zwischen 2 – 15 m² betragen.</p> <p>b. Erste Einschätzung der Installationsmöglichkeiten einer PV-Anlage (bspw. Verwendung eine PV-Carports).</p>	
4	<p>Prüfung des Einsatzes eines Lastmanagementsystems, um die bestehenden Netzkapazitäten optimal zu verwenden.</p>	
5	<p>Prüfung, ob alle zum Betrieb notwendigen Einrichtungen 24h/365T für das Betriebspersonal zugänglich sind, um eine hohe Verfügbarkeit der Ladestation zu gewährleisten.</p>	
6	<p>Brandschutz:</p> <p>a. Werden brennbare Stoffe in unmittelbarer Nähe gelagert?</p> <p>b. Liegt der Aufstellort in Nachbarschaft zu einer Tankstelle?</p>	
7	<p>Idealerweise, aber nicht zwingend, werden für die Ladepunkte am Ladepunkt standardisierte Fundamente z.B. nach Open Plattform Infrastructure Standard (OPI2020) verwendet.</p>	
8	<p>Übergreifende technische Hinweise:</p> <p>a. Bei Neuinstallation oder Erweiterung der bestehenden LIS sind die entsprechenden Teile der VDE 0100 zu berücksichtigen.</p> <p>b. Bei einem Blitzeinschlag müssen Sekundärschäden, z.B. an ladenden Elektrofahrzeugen, nach Möglichkeit ausgeschlossen werden. Es ist dazu ein mehrstufiger Überspannungsschutz auf dem Versorgungsnetz vorzusehen.</p>	

7.5.5 Bauliche Anforderungen

Die baulichen Anforderungen an den Musterstandort 5 – Parkplätze im Straßenraum sind durch Prüfung von Bestandsunterlagen und durch Gespräche mit den zuständigen öffentlichen Stellen zu klären.

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	Prüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf dem Grundstück: a. Abruf des B-Plans über die öffentliche Verwaltung. b. Prüfung ob die Errichtung durch Festsetzungen im B-Plan möglich ist. c. Prüfung des B-Plans auf Besonderheiten wie Stellplatzbaulasten, Festlegungen zu Grünflächen oder zur Gestaltung von Flächen etc.	
2	Prüfung der Platzverhältnisse für die eventuell benötigten Trafostationen. Je nach Art und Ausführung müssen für Trafostationen 630 kVA von 15 m ² bis 20 m ² vorgesehen werden.	
3	Prüfung der bestehenden Leitungstrassen (Sparten) am Standort: a. Beschaffung der Planunterlagen bei den einzelnen Spartenträgern: <ul style="list-style-type: none"> – Strom – Wasser / Abwasser – Kommunikation – Gas- und Fernwärmeversorgung b. Prüfung welche Trassen im Baufeld verlaufen. c. Abstimmung mit Spartenträgern zu baulichen Anforderungen.	
4	Prüfung der vorhandenen Fläche zur Verortung der LIS: a. Prüfung anhand der „Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs – EAR 05“ der FGSV: <ul style="list-style-type: none"> – Parkstandbreite – Parkstandlänge – Fahrgassenbreite b. Prüfung anhand der „Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen – EFA“ der FGSV: <ul style="list-style-type: none"> – Mindestbreite Gehwege – Berücksichtigung von Gehwegen c. Prüfung anhand der „Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen – RAST“ der FGSV: <ul style="list-style-type: none"> – Grundmaße für Verkehrsräume – Sicherheitsräume bei Radverkehrsanlagen 	
5	Prüfung der Gegebenheiten des Baugrunds: a. Prüfung und Beschaffung vorliegender Baugrundgutachten. b. Prüfung und Beschaffung vorliegender Kampfmitteluntersuchungen.	
6	Prüfung des Denkmalschutzes am Standort: a. Prüfung, ob Gebäude oder Flächen im Umfeld des Standorts unter Denkmalschutz stehen. b. Offizielle Anfrage bei der Unteren Denkmalschutzbehörde. c. Abstimmung der baulichen Anforderungen an den Denkmalschutz.	
7	Prüfung von Wasserschutzgebieten am Standort: a. Prüfung, ob der Standort in einem Wasserschutzgebiet liegt. b. Offizielle Anfrage bei der Wasserbehörde. c. Abstimmung der baulichen Anforderungen an den Gewässerschutz.	

7.6 Musterstandort 6: Mobility Hub (Stadtrand)

Ein Mobility Hub ist ein Ort oder eine Immobilie (bspw. Parkhaus), an dem unterschiedliche Mobilitätsangebote und Services miteinander verknüpft werden und ein einfacher Zugang zu diesen gewährt wird. Dieser Zugang ermöglicht die Inanspruchnahme unterschiedlichster Mobilitätsangebote an einem Ort (Car Sharing, ÖPNV, LIS, City Logistik etc.).

7.6.1 Standortbeschreibung

Der Musterstandort 6 liegt an der Berliner Straße und stellt einen potentiellen Mobility Hub dar. Der Standort liegt an der Grenze der Standorte 042, 043, 044 und 045. Die Nutzerstruktur des Mobility Hubs an diesem Standort ist vielfältig. Die LIS soll den in der Umgebung lebenden Anwohner:innen, Einpendler:innen in die Innenstadt sowie Besucher:innen des Berufsschulzentrums und des Sportparks zur Verfügung stehen. Des Weiteren sollen die Besucher:innen der Britta-Arena sowie Mitarbeitende der umliegenden Arbeitgeber die LIS nutzen können. Zusätzlich ist im Umkreis eine neue Wohnbebauung geplant, deren Stellplatznachweis in diesem Parkhaus erfolgen soll. Die Planungsräume 043 und 044 weisen eine sehr geringe Einwohnerdichte und daraus abgeleitet einen niedrigen Bedarf an öffentlicher LIS auf. Für die Auslegung der LIS werden am Musterstandort die Planungsgrundlagen der LHS Wiesbaden verwendet. Demnach sollen 574 Stellplätze mit LIS ausgestattet werden.

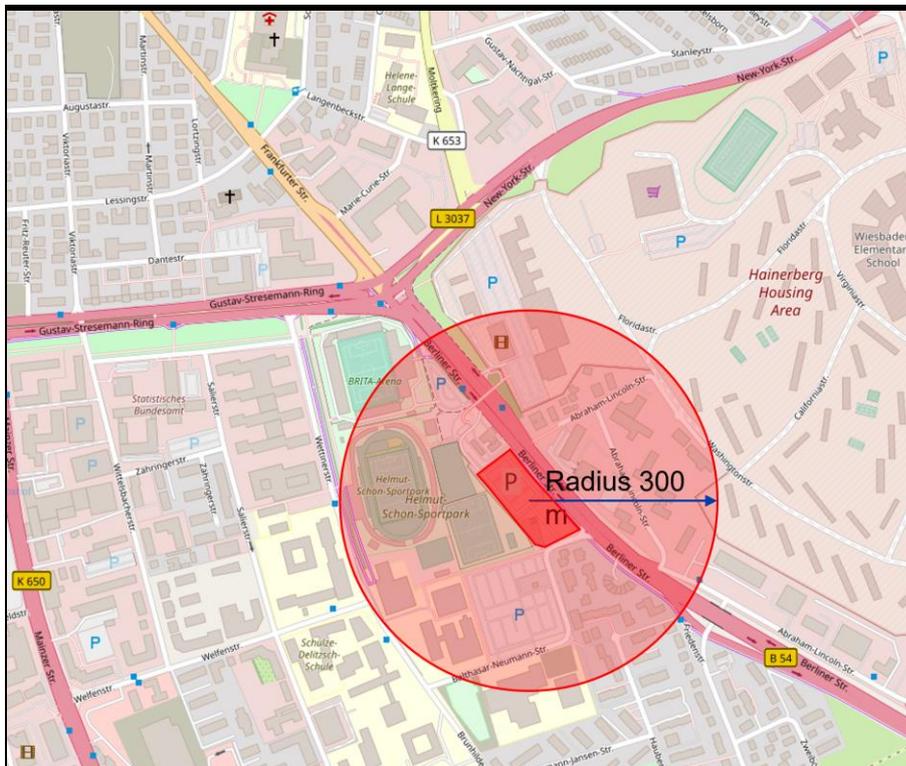


Abbildung 42: Mobility Hub Berliner Straße

7.6.2 Definition und Charakteristika eines Mobility Hubs

Der Begriff des Mobility Hubs ist vergleichsweise neu und hat bereits in einigen nationalen und internationalen Veröffentlichungen Bestand. Hierzu ist er den Begriffen Mobilitätshub, Mobilitätsstation, Mobilitätszentrale oder Mobilpunkt, wie sie im deutschsprachigen Raum verwendet werden, gleichzusetzen. Basierend auf den in Fachpublikationen verwendeten Definitionen, wird ein Mobility Hub wie folgt definiert: Ein Mobility Hub ist ein Ort oder eine Immobilie (bspw. Parkhaus), an dem unterschiedliche Mobilitätsangebote und Services miteinander verknüpft werden und ein einfacher Zugang zu diesen gewährt wird. Durch die Vernetzung mehrerer Mobilitätsangebote wird Multimodalität und Intermodalität gefördert und eine Mobilitätsgarantie, auch ohne privaten PKW, geschaffen. Zur ganzheitlichen und nachhaltigen Funktion können dem Mobility Hub ebenso der Stadt dienende Nutzungen hinzugefügt werden.

Um ein einheitliches Verständnis über die Charakteristika von Mobilitätshubs zu schaffen, werden nachfolgend relevante Merkmale dargestellt. Grundsätzlich ist festzustellen, dass der Mobility Hub einen einfachen sowie zeitlich uneingeschränkten Zugang aufzuweisen hat. Dieser Zugang ermöglicht die Inanspruchnahme unterschiedlichster Mobilitätsangebote an einem Ort. Jene haben sich anhand einer nachhaltigen Mobilität auszurichten und legen einen besonderen Fokus auf Sharing-Angebote sowie emissionsarme Mobilitätsformen. Um Vorteile gezielt zu nutzen, hat eine Verortung des Mobilitätshubs in gut erreichbaren und attraktiven Standortlagen zu erfolgen. Im Idealfall als zentraler Baustein innerhalb einer Quartiersentwicklung oder an städtischen Verkehrsknotenpunkten.

7.6.3 Ausstattung und Bausteine eines Mobility Hubs

Im Allgemeinen kann ein Mobility Hub aus drei wesentlichen Nutzungsbausteinen bestehen. Aufgrund seiner Funktion zur Förderung inter- und multimodaler Mobilität ist die Integration von nachhaltigen Mobilitätsangeboten der maßgebende Bestandteil. Den zweiten Nutzungsbaustein stellt die Bereitstellung von Parkflächen dar, da der ruhende Verkehr einen hohen Flächenbedarf in Städten aufweist. Ergänzende bzw. der Stadt dienenden Nutzungen stellen den dritten Baustein dar. Hierzu zählen sowohl Nahversorgungs- und Gemeinbedarfsinfrastrukturen, medizinische Einrichtungen, aber auch Büro-, Gewerbe und Logistiktutzungen.

Aufgrund der potentiellen Diversität der Nutzungsbausteine eines Mobility Hubs können aufgrund verfügbarer Flächen als auch aus ökonomischen Gründen nicht an jedem Mobility Hubs alle möglichen Angebote bereitgestellt werden. Ggf. ist aufgrund der Lage auch keine ausreichende Nachfrage nach allen möglichen Nutzungsbausteinen vorhanden. Deshalb hat standortspezifisch eine Abwägung zu erfolgen, welche Nutzungsbausteine sinnvoll integriert werden können. Die gesammelten Ausstattungsvorschläge können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

	Ausstattungsvorschläge für einen Mobility Hub
Fahrzeuge	(E-) Carsharing
	Mietwagen
	(E-) Bikesharing
	Lastenräder
	E-Scooter
ÖPNV	ÖPNV-Haltestelle
	Haltestelle On-Demand-Shuttle
Ladeinfrastruktur	Schnellladepunkte (DC)
	Normalladepunkte (AC)
	Ladepunkte für E-Bikes / Lastenräder
	Ladeinfrastruktur für Busse
Ruhender Verkehr	Anwohnerparken / Quartiersgarage
	Parkflächen für Besucher / Gäste
	P+R-Flächen
	Parkflächen für Logistikfahrzeuge
	Radabstellplätze
Services / Dienstleistungen	City-Logistik
	Servicestation für Fahrräder / Fahrradwerkstatt
	Lieferservice
Ergänzende Nutzungen	Nahversorgung
	Gemeinbedarf
	Co-Working / Büronutzung

Tabelle 13: Ausstattungsvorschläge für einen Mobility Hub

7.6.4 Nachhaltige verkehrliche Anbindung eines Mobility Hubs

7.6.4.1 ÖV / ÖPNV

Der ÖPNV stellt das Rückgrat der städtischen Mobilität dar. Busse und Bahnen ermöglichen eine Nachfragebündelung und sind besonders flächen- und energieeffizient sowie sicher und kostengünstig in der Nutzung. Mobility Hubs sollten in unmittelbarer Nähe zu Knotenpunkten des ÖPNV errichtet werden, um einfaches umsteigen zu ermöglichen. Ein direkter Anschluss des Mobility Hubs an den ÖV bzw. den Fernverkehr ermöglicht das intermodale / multimodale Reisen auf längeren Strecken. Fußläufige Entfernungen zu Haltestellen des ÖPNV / ÖV von maximal 300 m gelten grundsätzlich als sehr Nutzerfreundlich.

7.6.4.2 P+R

Um den Mobility Hub als P+R-Möglichkeit in ein städtisches Verkehrskonzept einzubinden, sind zwei Faktoren zu beachten. Einerseits muss die Nähe zum ÖPNV wie unter Ziffer 7.6.4.1 beschrieben gegeben sein. Andererseits ist es entscheidend den Mobility Hub an einer Haupteinfahrtsstraße mit hohem Verkehrsaufkommen zu verorten.

Dazu sind die Pendlerverkehre in die jeweilige Stadt zu betrachten bzw. das Verkehrsaufkommen zu den Spitzenzeiten.

7.6.4.3 Sharing

Car- und Bikesharing stellt eine organisierte Nutzung von Fahrzeugen dar, indem ein flexibles Angebot für unterschiedliche Nutzungszwecke geschaffen wird. Kennzeichnend ist eine gemeinschaftliche, vom Eigentum unabhängige Nutzung von Kraftfahrzeugen und Fahrrädern, was zu einer Reduzierung der finanziellen Belastungen für die einzelnen Nutzenden wie auch der Umweltauswirkungen des MIV beitragen kann. Die Angebotsformen des Sharings differenzieren sich in das stationsgebundene sowie das stationsungebundene (freefloating) Car-/Bikesharing. Für Mobility Hubs ist besonders ein stationsgebundenes System interessant. Es ist darauf zu achten, dass der Mobility Hub sinnvoll in ein bereits bestehendes System eingebunden wird. Sollte bereits ein Netz an stationsbasierten Standorten bestehen, müssen Standorte ggf. in den Mobility Hub verlegt werden.

7.6.4.4 Fuß-/ und Radverkehr

Ziel sollte es sein, den Mobility Hub durch sichere und qualitativ hochwertige Fuß- und Radwegenetze an umliegende Ziele anzubinden. Dazu gehören sichere Überwege an Straßen und verständliche Beschilderungen vom und zum Mobility Hub. Ferner sollte ein Mobility Hub bestmöglich in ein bereits bestehendes System integriert werden.

7.6.5 Ladebedarf

Für den Musterstandort 6 sind insgesamt 574 Stellplätze mit LIS geplant. Die Aufteilung in AC- und DC- Infrastruktur ist stark von der zukünftigen Nutzung/Planung abhängig. Für die Aufteilung der AC/DC- Ladepunkte wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Die überwiegende Anzahl der Fahrzeuge haben längere Standzeiten (> 5 h) und können somit über einen längeren Zeitraum geladen werden. Die Parkplätze werden daher mit AC-Ladepunkten ausgestattet.
- Für Carsharing-Fahrzeuge, Mietwagen und Busse wurde mit DC-Ladepunkten gerechnet, um die Fahrzeuge in kürzerer Zeit aufzuladen.

	Ladeleistung	Anzahl Ladepunkte (Ladestationen)
AC- und DC- Infrastruktur als Kombination für Normall- und Schnellladevorgänge	11 kW	426 (213)
	150 kW	148 (74)

Tabelle 12: Bedarf an Ladepunkten Musterstandort 6 – Mobility Hub (Stadtrand)

Die beispielhafte Anordnung der Ladestationen ist in Abbildung 30 dargestellt. Bei der Konzipierung der DC-Ladestationen wurde von platzsparenden Varianten ausgegangen, welche Leistungselektronik in den Ladesäulen integriert haben. Die Positionierung ist von Fabrikaten, Konzept und örtlichen Gegebenheiten abhängig und ist im Planungsverlauf zu überprüfen.

PARKHAUS BERLINER STRASSE

EG AC/DC



Abbildung 43 - Anordnung der Ladepunkte Parkhaus Berliner Straße Ebene 0

Für die angenommene Anzahl der AC- und DC- Ladestationen resultiert eine Anschlussleistung von ca. 5.000 kW. Die elektrische Anschlussleistung muss seitens des Energieversorgers berechnet und zur Verfügung gestellt werden. Nach einer ersten Anfrage bei der SW-Netz kann die Leistung zum aktuellen Zeitpunkt nicht ohne eine tiefere Untersuchung des vorhandenen elektrischen Netzes bereitgestellt werden. Als Grundlage für die Berechnung wurden die Gleichzeitigkeitsfaktoren für AC-Ladepunkte mit 0,3 und für DC-Ladepunkte 0,3 verwendet. Der Gleichzeitigkeitsfaktor bildet ab, wie viele elektrische Verbraucher gleichzeitig mit voller Leistung geladen werden können. Es ist davon auszugehen, dass die meisten Fahrzeuge über längere Zeit (6-9 Stunden) in dem Parkhaus geladen werden. Aus diesem Grund wurde der Gleichzeitigkeitsfaktor reduziert.

7.6.6 Grobkostenindikation

Die Grobkosten für insgesamt 426 AC- und 74 DC- Ladestationen belaufen sich auf ca. 11,5 Mio. Euro (netto). Dabei wurden anteilig die Kosten für die Ladestationen, Niederspannungsverteilungen, Stromversorgung der Ladestationen mittels Stromschienen und die Gruppenunterverteilungen für die Ladepunkte sowie zusätzlichen Transformatoren berücksichtigt. Die Grobkostenindikation ist abhängig von vielen Faktoren und kann daher nur als sehr grober Richtwert verwendet werden.

Die groben Kosten pro Ladepunkt setzen sich bei diesem Musterstandort wie folgt zusammen:

- Hardware: 30.000 € je DC-Ladepunkt und 4.000 € je AC-Ladepunkt
- Netzanschluss und Trafostation: 5.000 € je DC-Ladepunkt und 500 € je AC-Ladepunkt

- Bauleistungen und Materialkosten: 10.000 € je DC-Ladepunkt und 7.000 € je AC-Ladepunkt

7.6.7 Technische Anforderungen

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	<p>Überprüfung der Verfügbarkeit der elektrischen Anschlussleistung mit dem Netzbetreiber. Falls die elektrische Anschlussleistung nicht ausreichend ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Prüfung einer Erhöhung der bestehenden elektrischen Anschlussleistung über den Netzbetreiber (Erweiterung des Netzanschlusses auf eine höhere Leistung / Austausch und Vergrößerung des Netzanschlusskabels). b. Anfrage beim Netzbetreiber, ob die Erstellung eines zusätzlichen Hausanschlusses möglich ist. 	
2	<p>Prüfung der Einbindung einer PV-Anlage und/ oder eines Batteriespeichers:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Erste Einschätzung des Potenzials des Anschlusses eines Batteriespeichers für den Ausgleich von Lastspitzen sowie einer Platzreserve für einen möglichen Aufstellort. Der Platzbedarf kann je nach Batteriekapazität bspw. zwischen 2 – 15 m² betragen. b. Erste Einschätzung der Installationsmöglichkeiten einer PV-Anlage auf dem Dach oder an der Fassade. 	
3	Prüfung des Einsatzes eines Lastmanagementsystems, um die bestehenden Netzkapazitäten optimal zu verwenden.	
4	Prüfung, ob alle zum Betrieb notwendigen Einrichtungen 24h/365T für das Betriebspersonal zugänglich sind, um eine hohe Verfügbarkeit der Ladestation zu gewährleisten.	
5	<p>Brandschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Ist eine Brandmeldeanlage vorhanden? b. Ist die Garage in Brandabschnitte unterteilt? 	
6	<p>Übergreifende technische Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Bei Neuinstallation oder Erweiterung der bestehenden LIS sind die entsprechenden Teile der VDE 0100 zu berücksichtigen. b. Bei einem Blitzeinschlag müssen Sekundärschäden, z.B. an ladenden Elektrofahrzeugen, nach Möglichkeit ausgeschlossen werden. Es ist dazu ein mehrstufiger Überspannungsschutz auf dem Versorgungsnetz vorzusehen. 	

7.6.8 Bauliche Anforderungen

Lfd. Nr.	Prüfkriterium	Kommentar
1	Prüfung der Platzverhältnisse für die eventuell benötigten Trafostationen. Je nach Art und Ausführung müssen für Trafostationen 6500 kVA von 50 m ² bis 80 m ² vorgesehen werden.	
2	Prüfung der Positionen/ Wege für zusätzliche Elektro- und EDV-Verteilungen zur Versorgung des Ladestation.	
3	<p>Prüfung der baulichen Anforderung für die Errichtung der Ladestationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Anordnung der Stellplätze: Sind die vorhanden Stellplätze von ihrer Anordnung als Ladeplätze nutzbar, oder ist eine Umstrukturierung notwendig? Mindestmaß für einen Parkplatz: 5 x 2,50 m. b. Prüfung, ob die Ladeplätze direkt an den Ein- und Ausfahrten angeordnet werden können. c. Prüfung, ob die Installation eines Anfahrschutzes möglich ist. Hinweis: Ladestationen müssen mit einem funktionalen Anfahrschutz gegen Beschädigungen durch Fahrzeuge geschützt werden. Der Anfahrschutz muss so stabil sein, dass er Fahrzeugberührungen in Schrittgeschwindigkeit ohne nennenswerte Beschädigungen aushält (primär für DC Ladesäulen). d. Prüfung, ob die Anbringung von Beschilderungen möglich ist. Hinweis: Die Ladeplätze müssen eindeutig ausgeschildert und leicht erkennbar sein. e. Prüfung, ob die Parkplätze mit einer flächigen, farbigen Bodenmarkierung ausgeführt werden können, um den Ladepunkt deutlich zu kennzeichnen. 	
4	<p>Erste Einschätzung, ob Aufstellflächen für weitere technische Komponenten vorhanden sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unterverteilung - Datenverteilungen - Lademanagement - Batteriespeicher etc. <p>Platzbedarf ist konzeptabhängig und ist im Einzelfall genau zu betrachten.</p>	

8 Wirtschaftlichkeit und Betreibermodelle

8.1 Wirtschaftlichkeit von Ladeinfrastruktur

Die Wirtschaftlichkeit von LIS hängt von mehreren Faktoren ab. Dabei sind die Kostenbestandteile der Errichtung (CAPEX) und des Betriebs (OPEX) den Einnahmen durch den Stromverkauf gegenüberzustellen.

Die maßgebenden Kosten für CAPEX und OPEX der LIS können in folgende Bestandteile gegliedert werden:

- Die Kosten der eigentlichen LIS hängen von der Art der Ladetechnologie (AC oder DC), der Ladeleistung je Ladepunkt und der Anzahl an Ladepunkten pro Standort ab.
- Die Kosten für den Netzanschluss des Ladestandorts enthalten den Baukostenzuschuss, der an den Netzbetreiber entrichtet werden muss und die Kosten für die Anschlussleistungen. Ferner entstehen Kosten für ggf. erforderliche MS/NS-Transformatoren.
- Die Baukosten für die Errichtung der LIS im Außenbereich enthalten Bestandteile für den Kabeltiefbau, die Fundamentarbeiten sowie ggf. notwendige Straßenbauarbeiten. In Gebäuden sind Kosten für die Installationsarbeiten und Arbeiten an der technischen Anlage des Gebäudes zu berücksichtigen.
- Netzentgelte für die Nutzung des Stromnetzes sind Teile der Betriebskosten. Des Weiteren fallen Betriebskosten für die gesetzliche Wartung, Entstörung, Abrechnung und den Betrieb des Backends an.

Aufwendungen für die Hardware und den Betrieb sind weitestgehend unabhängig von der Standortwahl und somit mit einer hohen Kostensicherheit zu prognostizieren. Die notwendigen Investitionen in den Bau und den Netzanschluss der LIS sind hingegen sehr variabel und standortabhängig. Dabei ist besonders beim Bedarf von MS/NS-Transformatoren der Abstand zur bestehenden MS-Leitung entscheidend für die Netzanschlusskosten. Außerdem können hohe Kosten für notwendige Netzverstärkungsmaßnahmen anfallen (50% Anschlussnehmer). Die Baukosten sind stark abhängig von den baulichen Gegebenheiten am Standort. Besonders Standorte im Außenbereich, die aktuell noch nicht als Parkflächen fungieren, können hohe Baukosten verursachen. Bei Standorten in Parkhäusern oder Tiefgaragen ist vor allem der Zustand der elektrischen Anlage ausschlaggebend für die Höhe der Installationskosten.

Die Einnahmen aus dem Stromverkauf ergeben sich aus folgenden drei Faktoren:

- Die Anzahl an Ladevorgängen, die täglich an der Ladesäule stattfinden. Je mehr Ladevorgänge stattfinden, desto höher ist die Auslastung der Ladesäule.

- Die durchschnittlich verladene Energiemenge je Ladevorgang. Multipliziert mit der Anzahl an Ladevorgängen je Tag ergibt sich die gesamte Energiemenge (kWh), die je Ladepunkt täglich abgenommen wird.
- Der Strompreis je kWh, der am Ladepunkt für den verladenen Strom verlangt wird. Das Delta zwischen den Kosten je kWh (CAPEX/OPEX) und dem Preis je kWh stellt den Gewinn je kWh dar.

Die Auslastung der Ladepunkte und die verladene Energiemenge je Ladevorgang wird voraussichtlich aufgrund des Hochlaufs an Elektromobilität in den nächsten Jahren steigen (siehe Ziffer 5.2.2). Als Referenz für den Strompreis an öffentlichen Ladepunkten dient der Strompreis an privater LIS.

Um eine Entscheidungsgrundlage für die Wahl zwischen AC- und DC-LIS für den öffentlichen Raum zu schaffen, wurden die Kostenbestandteile (CAPEX / OPEX) auf die Ladeenergie umgelegt. Dadurch ergibt sich ein Wert in ct/kWh für die verladene Energie an einem Ladepunkt. Als Ansatz für die Ladeenergie je Tag und Ladepunkt wurden die Prognosewerte der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur für 2030 verwendet (siehe Ziffer 4.2). Für die erforderliche Umlegung der CAPEX und OPEX wurde eine Annuität von 8 Jahren angenommen. Ferner wurden praxisnahe Annahmen für die Anzahl an Ladepunkten je Standort getroffen (Verteilung der Netzanschlusskosten). Die Baukosten für die Errichtung der LIS wurden aufgrund der Volatilität in der Modellrechnung nicht berücksichtigt. Eine Vollkostenrechnung ist immer nur im Einzelfall möglich, da sich Standort, Ladeverhalten und Netzanschluss deutlich unterscheiden können. Die detaillierten Grundlagen^{30, 31} und Ergebnisse können der Tabelle 14 entnommen werden.

	AC 11 kW	DC 150 kW
Zahl der Ladepunkte pro Standort	8	6
Leistung pro Ladepunkt [kW]	11	150
Gesamtleistung pro Standort [kW]	88	900
Ladeenergie pro Ladepunkt [kWh/d]	28,50	172,50
Ladeenergie pro Ladepunkt [kWh/a]	10.402,50	62.962,50
Kosten Ladepunkte		
Kosten Hardware pro LP [€]	4.000,00 €	30.000,00 €
Netzanschlusskosten		
Netzanschlusskosten pro LP [€]	250,00 €	16.666,67 €
Gesamtkosten LIS und Netzanschluss		
Summe pro Standort [€]	34.000,00 €	280.000,00 €
Summe pro Ladepunkt [€]	4.250,00	46.666,67
Gesamtkosten pro Ladepunkt [€/kWh]	0,05 €	0,09 €
Betriebskosten		
Betriebskosten [€/kWh]	0,02 €	0,01 €
Nutzungsentsgelte		
Kosten Netznutzung [€/kWh]	0,06 €	0,07 €
Gesamtkosten [€/kWh]	0,14 €	0,17 €

Tabelle 14: Modelrechnung Wirtschaftlichkeit AC-/DC-LIS

³⁰ Kenngrößen Drees & Sommer aus Vergleichsprojekten, 2021

³¹ Agora Verkehrswende - Schnelllade fördern, Wettbewerb stärken, 2022

Trotz der deutlich höheren Errichtungskosten (CAPEX) für einen DC-Ladepunkt führt die höhere Energieabgabe pro Tag dazu, dass die Kosten pro kWh in einer vergleichbaren Größenordnung mit den Kosten eines AC-Ladepunktes liegen. Die Gesamtkosten eines DC-Ladepunktes mit 150 kWh liegen in der Modelrechnung bei ca. 17 ct/kWh. Die Gesamtkosten des AC-Ladepunktes bei etwa 14 ct/kWh. Wie oben beschrieben, können die Kosten je Standort variieren.

Zu den in der Modellrechnung ermittelten Kosten in Cent pro Kilowattstunde kommen noch weitere Kostenbestandteile, die den Abgabepreis am jeweiligen Ladepunkt bestimmen. Dazu gehören die Kosten für die Stromerzeugung mit ca. 14,5 ct/kWh sowie Steuern, Abgaben und Umlagen in Höhe von ca. 14,6 ct/kWh.³² Die Kostenbestandteile stellen durchschnittliche Werte dar und sind abhängig von diversen Faktoren wie bspw. des Jahresverbrauchs am Standort oder den Aufschlägen des Stromlieferanten. Mit den in der Modellrechnung ermittelten Kosten und den weiteren durchschnittlichen Kostenbestandteilen ergibt sich ein durchschnittlicher Abgabepreis von 42,1 ct/kWh beim AC-Ladepunkt und 44,1 ct/kWh bei einem DC-Ladepunkt. Zusätzlich müssen noch die Errichtung-/Baukosten am jeweiligen Standort berücksichtigt werden. Diese fallen bei Schnellladeinfrastruktur (DC) durchschnittlich höher als bei Normalladeinfrastruktur (AC) aus.

Anhand der Grobkostenindikationen (siehe Ziffer 7) ergeben sich folgende Abgabepreise an den jeweiligen Musterstandorten:

- **Musterstandort 1 – Parkhaus (Innenstadt):**
 - AC-Ladepunkte: 0,50 €/kWh
 - DC-Ladepunkte: 0,46 €/kWh

- **Musterstandort 2 – Parkhaus (Quartiersgarage):**
 - AC-Ladepunkte: 0,50 €/kWh

- **Musterstandort 3 – P&R-Parkplatz:**
 - AC-Ladepunkte: 0,51 €/kWh
 - DC-Ladepunkte: 0,50 €/kWh

- **Musterstandort 4 – Lade-Hub innerorts:**
 - DC-Ladepunkte: 0,48 €/kWh

- **Musterstandort 5 – Parkplätze im Straßenraum:**
 - AC-Ladepunkte: 0,55 €/kWh

- **Musterstandort 6 – Mobility Hub (Innenstadt):**
 - AC-Ladepunkte: 0,54 €/kWh
 - DC-Ladepunkte: 0,48 €/kWh

³² BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 04/2022

Der Strompreis im bundesdeutschen Durchschnitt lag am 01.04.2022 bei 37,1 Cent je kWh³³. Der Abgabepreis pro Ladepunkt einer für den Errichter/ Betreiber wirtschaftlichen LIS liegt damit bereits ohne Berücksichtigung der baulichen Kosten ca. 13,5% bzw. 18,9 % über dem durchschnittlichen Strompreis. Mit Berücksichtigung der Errichtungskosten liegt der Bezugspreis zwischen 46 Cent und 55 Cent je kWh. Die deutlich höheren Errichtungskosten bei der DC-LIS werden durch die Mehrmenge an abgegebenen Strom überkompensiert (Annahme zur Auslastung siehe Ziffer 4.2). Dies entspricht einer durchschnittlichen Betrachtung und ist derzeit noch nicht an jedem Standort Realität, weshalb die Abgabepreise variieren können und derzeit bei AC-LIS eher geringer sind als bei DC-LIS.

Nicht berücksichtigt wurden Einnahmen, die durch die Vermarktung der THG-Quote für Ladesäulen durch die Betreiber erzielt werden. Diese können je nach verkaufter Strommenge, Größe des Ladenetzes und Art der Energieerzeugung zwischen 5 – 15 Cent/kWh liegen. Aktuell ist nicht bekannt, ob die Gewinne an die Kunden weitergegeben werden bzw. sich die Bezugspreise durch die Einnahmen senken.

Eine Untersuchung des ADAC im April 2022 zu den Tarifmodellen der Ladeinfrastrukturbetreiber ergab bei der AC-LIS Abgabepreise zwischen 0,38 €/kWh – 0,59 €/kWh. Die Preise sind teilweise abhängig von Standzeiten oder Grundgebühren. Die Abgabepreise bei DC-LIS liegen zwischen 0,49 €/kWh – 0,89 €/kWh.³⁴ Die durch die Grobkostenindikationen ermittelten Abgabepreise in Wiesbaden würden somit im Durchschnitt der Abgabepreise in Deutschland liegen.

8.2 Betreibermodelle für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur

Beim Betrieb von öffentlicher LIS müssen verschiedene Akteure berücksichtigt werden. Im Zentrum steht dabei der LIS-Betreiber (Charge Point Operator (CPO)). Der CPO errichtet und betreibt die LIS. Dies beinhaltet die Stromlieferverträge mit einem Stromanbieter, die Abrechnung für Ad-Hoc-Bezahlvorgänge sowie alle Wartungs- und Meldepflichten. Gemäß § 3 Nr.25 EnWG (Energiewirtschaftsgesetz) gilt der CPO als Letztverbraucher des Stroms und unterliegt somit nicht den Kennzeichnungs- und Genehmigungsverpflichtungen eines Energieversorgungsunternehmens.³⁵ CPOs sind entweder die Eigentümer der Ladestation oder von diesen beauftragt die Betreiberpflichten zu übernehmen (siehe Abbildung 44). Eine Anbindung der LIS an ein Backend-System ist in jedem Fall zu empfehlen, da dieses zusätzliche Abrechnungsmöglichkeiten, Remote-Dienste und Statistiken über den Status und die Belegung der Ladestation zur Verfügung stellt. Weiterhin ermöglicht das Backend-System eine Verbindung mit einer externen eRoaming-Plattform. Dabei kann der CPO selbst als E-Mobility-Service-Provider (EMP) auftreten oder einen Zugangsvertrag mit einem EMP abschließen.

³³ Bundesnetzagentur, 04/2022

³⁴ ADAC, Ladestationen für Elektroautos: Das kostet der Strom, 04/2022

³⁵ Wissenschaftliche Begleitung „Betreibermodelle für (halb-) öffentliche Ladeinfrastruktur“ im Rahmen des Projekts e-MOTICON, Technische Hochschule Rosenheim, 2019

Mittels der Anbindung an eine eRoaming-Plattform haben alle Kunden von angeschlossenen EMPs Zugriff auf die Ladestationen des CPOs und der CPO wird entsprechend für die Nutzung vergütet. Somit erhöht die Anbindung an die eRoaming-Plattform die Auslastung der Ladestation und erhöht aus Sicht der Nutzenden die Sichtbarkeit und den Nutzungskomfort der Ladestation. Die Anbindung an eine eRoaming-Plattform wird im öffentlichen Bereich empfohlen.

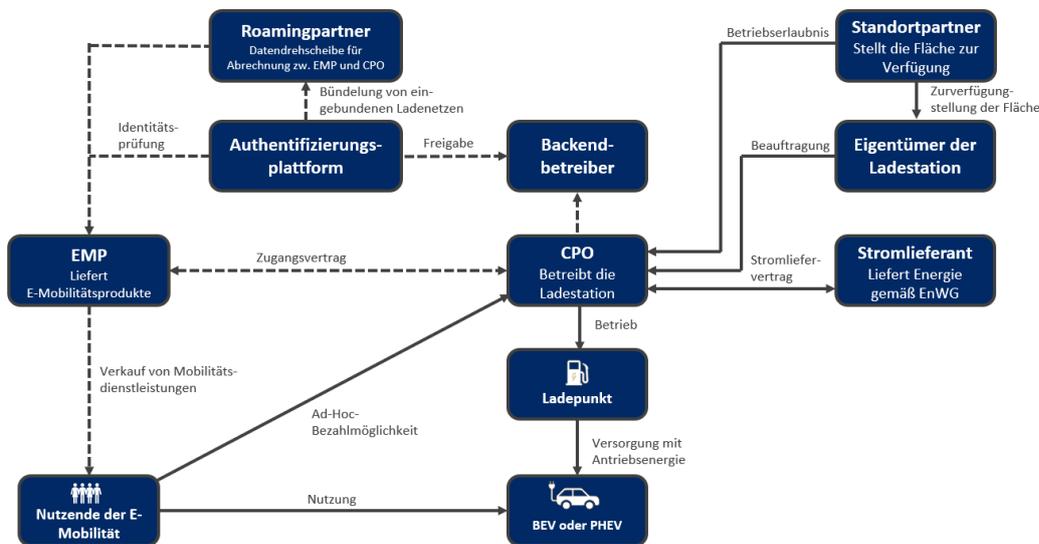


Abbildung 44: Öffentliche LIS – Akteure

Aus Sicht von Kommunen bieten sich verschiedene Betreiberkonzepte an. Je nach Konzept kann Einfluss auf die Wahl des Standortes, die Gestaltung, den Preis pro Ladevorgang und die Ausstattung der LIS genommen werden. Eine Übersicht der Betriebsmodelle ist in Abbildung 45 dargestellt.³⁶

Bei der Wahl des Betriebsmodells ist der Aufwand für die Kommune möglichst gering zu halten. Hier empfiehlt sich bspw. eine Konzessionsausschreibung. Bei diesem Konzept liegt das unternehmerische Risiko beim Betreiber der LIS. Neben dem Ausschreibungsverfahren entsteht kein weiterer Arbeitsaufwand für die Kommune. Dafür liegt die Preisgestaltung voll beim Betreiber der LIS. Es ist davon auszugehen, dass die Attraktivität für Bewerber der Ausschreibung im Wesentlichen vom prognostizierten Ladebedarf und der ausgeschriebenen Ladetechnik (AC/DC) abhängt.

Für Standorte mit einer geringen prognostizierten Auslastung wird das dritte Betriebsmodell empfohlen (vgl. Abbildung 45). Dabei werden die Investitionskosten für die LIS und die Errichtung seitens der Kommune übernommen und nur der Betrieb an einen externen Anbieter vergeben.

³⁶ Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung, DIN SPEC 91433, 2020

Bei diesem Modell ist die LIS Eigentum der Kommune und die Anfangsinvestitionen reduzieren das unternehmerische Risiko für potentielle Betreiber. Alternativ ist eine die oben aufgeführte Konzessionsausschreibung, in Kombination mit einem Zuschuss den die Kommune an den Betreiber der LIS zahlt, möglich.

Falls Einfluss auf den Preis der Ladevorgänge genommen werden soll, empfiehlt sich die Übernahme der Investitions- und Betriebskosten. In diesem Modell kann ein vertraglich festgelegter Teil der Betriebskosten übernommen werden, um ein Preisgestaltungsrecht zu erwirken. Dies geht mit hohen Aufwänden für die Kommune einher und ist nur in Ausnahmefällen zu empfehlen. Der komplette Eigenbetrieb der LIS durch die Kommune oder eine städtische Gesellschaft ist aufgrund des hohen unternehmerischen Risikos nicht zu empfehlen.

	Einfluss auf den Preis für Ladevorgänge	Relativer Arbeitsaufwand ^a für die Kommune ^b	Investitionskosten für die Kommune	Betriebskosten für die Kommune	Erlöse bei der Kommune verbleibend	Ladeinfrastruktur ist Eigentum der Kommune
Konzession für Ladeinfrastruktur ausschreiben	nein	gering	0 %	0 %	keine	nein
Einzelne Standorte ausschreiben oder für die Errichtung und den Betrieb vergeben	nein	mittel	0 %	0 %	keine	nein
Übernahme der Investitionskosten durch die Kommune	nein	hoch	100 %	0 %	keine	ja
Übernahme der Investitions- und Betriebskosten durch die Kommune	Ja	hoch	100 %	0 % bis 100 %	vertragsabhängig	ja
Ladeinfrastruktur selbst betreiben	ja	sehr hoch	100 %	100 %	vollständig	ja

^a Der Arbeitsaufwand ist hier relativ zu den anderen Betreibermodellen abgeschätzt. Die absolute Höhe des Aufwands ist nicht Gegenstand der Darstellung.

^b Kommune kann in dieser Tabelle auch ein Eigenbetrieb der Kommune sein.

Abbildung 45: Risikomatrix Betriebsmodelle

9 Vergabemöglichkeiten zum Aufbau öffentlicher LIS

Grundsätzlich bestehen zwei Vergabemöglichkeiten zum Aufbau öffentlich zugänglicher LIS im Stadtgebiet Wiesbaden. Einerseits können die Ausbauziele über eine Konzessionsausschreibung erreicht werden. Andererseits ist es möglich, den Aufbau von öffentlicher LIS über die Schließung von Gestattungsverträgen zu gestalten. Im Folgenden werden die beiden Möglichkeiten kurz beschrieben und potentielle Vor- bzw. Nachteile genannt:

9.1.1 Konzessionsausschreibung

Unter einer Konzessionsvergabe versteht man allgemein eine vertragliche Regelung, die dann in Betracht kommt, wenn der geschätzte Auftrags- oder Vertragswert den aktuell gültigen EU-Schwellenwert von 5.382.000 Euro übersteigt. Als Unterschied zu einem öffentlichen Auftrag setzt eine Konzession den Übergang des Betriebsrisikos auf den Konzessionsnehmer voraus. Innerhalb der Ausschreibung können sowohl die Errichtung als auch der Betrieb der LIS an einen Konzessionär vergeben werden. In der Leistungsbeschreibung zur Konzessionsausschreibung können detaillierte Vorgaben zur Errichtung und dem Betrieb der LIS gemacht werden. U.a. können folgende Inhalte dem Bieter/Konzessionär vorgegeben werden:

- Anzahl der zu errichtenden öffentlichen Ladepunkte
- Wahl bzw. Verteilung der Ladetechnologie
- Standorte zur Errichtung
- technische Standards der LIS
- bauliche Standards der LIS
- Anforderungen an den Betrieb (Wartung, Entstörung, Reaktionszeiten etc.)
- Gestaltung der LIS
- Anforderungen an die Nutzerauthentifizierung
- usw.

Die Vergabe per Konzessionsausschreibung bietet dem Auftraggeber, wie oben beschrieben, ein sehr hohes Maß an Einflussnahme. Des Weiteren kann die Errichtung und der Betrieb einer großen Anzahl an Standorten bzw. Ladepunkten mit einer Ausschreibung an einen Ladeinfrastrukturbetreiber vergeben werden. Der Konzessionszeitraum ist im Vertrag festzulegen. Ferner können Zeitpunkte zur Anpassung der Errichtungsziele vertraglich vereinbart werden, um eine gewisse Flexibilität zu erhalten.

Bei einer Konzessionsvergabe ist zu beachten, dass die Vorbereitung der Ausschreibungsunterlagen sowie der Ausschreibungs- und Vergabeprozess selbst einen relativ langen Zeitraum benötigen. Außerdem sind Standorte, die durch einen zukünftigen Konzessionär errichtet werden, weiterhin durch eine Sondernutzungserlaubnis bzw. Gestattung freizugeben. Das heißt, für die Prüfung der Anträge fällt weiterhin ein Aufwand bei der öffentlichen Verwaltung an. Eine Verlängerung des Konzessionsvertrags ist nur in Ausnahmefällen möglich. Grundsätzlich kann im Konzessionsvertrags geregelt werden, was mit der LIS nach Ablauf der Sondernutzung zu geschehen hat.

9.1.2 Gestattungsvertrag / Sondernutzung

Der Aufbau von öffentlich zugänglicher LIS über Gestattungsverträge bzw. Sondernutzungserlaubnis bietet die rechtliche Möglichkeit, mit einer größeren Zahl an Interessenten (Ladeinfrastrukturbetreibern) den Aufbau im Stadtgebiet voranzutreiben. Eine straßenrechtliche Sondernutzung ist immer dann erforderlich, wenn öffentlicher Straßenraum umgewidmet werden soll, wie beispielsweise bei der Errichtung einer Ladesäule mit zugehörigen Ladeflächen. Mit einer Gestattung erhält der Gestattungsnehmer die Erlaubnis der LHS Wiesbaden als Grundstückseigentümerin, auf einem öffentlichen Grundstück LIS aufzubauen und zu betreiben. Die LHS Wiesbaden ist verpflichtet, alle Marktteilnehmer bei der Gestattung von Sondernutzungen gleich zu behandeln. Ein Gestattungsvertrag bietet im Vergleich zur Konzessionsausschreibung nur eine eingeschränkte Möglichkeiten zur Einflussnahme durch die LHS Wiesbaden. Es können u.a. folgende Inhalte in einem Gestattungsvertrag geregelt werden:

- Errichtungsstandort
- Geltungsdauer der Gestattung
- Haftungsregelungen
- grundsätzliche Verpflichtungen des Gestattungsnehmers
- Entgelte für die Grundstücksnutzung
- Regelungen nach Beendigung des Vertrags

Die Standortsuche obliegt dem Gestattungsnehmer. Der Antrag zur Gestattung ist inkl. der geforderten Nachweise bei der LHS Wiesbaden einzureichen. Je Standort ist ein gesonderter Gestattungsvertrag zu schließen. Dadurch entsteht ein hoher Verwaltungsaufwand bei der LHS Wiesbaden. Ferner besteht die Gefahr, dass durch eine hohe Anzahl an Gestattungsnehmern ein sehr heterogenes öffentliches Ladenetz entsteht. Besonders für die Nutzende der LIS kann dies Einbußen beim Nutzungskomfort bedeuten, da unterschiedliche Systeme zur Authentifizierung und Bezahlung zum Einsatz kommen können.

Ein Vorteil der Gestattungsverträge ist die sehr flexible Steuerung der Errichtung von Ladestationen. Außerdem kann die Umsetzung ohne hohen Zeitverzug für lange Ausschreibungs- und Vergabeprozesse erfolgen.

10 Fazit und Empfehlung

In der LHS Wiesbaden zeigt sich in den letzten Jahren ein überdurchschnittlich hoher Trend bei der Zulassung von Elektrofahrzeugen. Dementsprechend muss der Ausbau öffentlich zugänglicher LIS mitziehen, um den Trend nicht zu gefährden bzw. den Bürger:innen der LHS ausreichend Lademöglichkeiten bereit zu stellen. Besonders im verdichteten Innenstadtbereich der LHW, wo wenig private Stellplätze zur Verfügung stehen, müssen Ladepunkte im öffentlichen Raum errichtet werden.

Die vorliegende Studie ergibt einen Bedarf von 1.284 Ladepunkten im Jahr 2025 und 1.686 Ladepunkten im Jahr 2030, die im öffentlichen Raum errichtet werden sollten. Dem öffentlichen Raum wird dabei ebenfalls der halböffentliche Raum auf privaten Flächen zugeordnet. Bei der Bedarfsermittlung im Rahmen dieser Studie wurde angenommen, dass zukünftig ein hoher Teil der Ladevorgänge im privaten Raum stattfinden. Diese Annahmen beruhen auf Untersuchungen der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur. Die Annahmen konnten in der LHS Wiesbaden nicht ausreichend verifiziert werden, da Daten von privaten Ladepunkten (Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser und Unternehmen) aufgrund von Datenschutzanforderungen nicht zugänglich sind. Um langfristig eine bedarfsgerechte öffentliche LIS aufbauen zu können, sind diese Daten als Prognosebasis bzw. zu Soll-Ist-Vergleichen von hoher Bedeutung.

Aufgrund des sehr dynamischen Hochlaufs der Elektromobilität sind die im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Ausbauziele als Basis zu verstehen, die regelmäßig zu überprüfen sind. Im Bericht wurden diverse Faktoren genannt, die zu einer signifikanten Veränderung der Marktsituation führen können und die eine Fortschreibung der Ausbauziele erfordern würden. Um diese Entwicklungen im Blick zu behalten und den Ausbau der LIS in der LHS Wiesbaden steuernd zu begleiten, schlagen wir vor einen Steuerkreis Ladeinfrastruktur zu bilden. Dieser Steuerkreis sollte aus den wichtigsten Stakeholdern beim Aufbau von LIS in LHS Wiesbaden bestehen. Neben der Begleitung des Aufbaus hat der Steuerkreis die Funktion, die gegenseitige Abhängigkeit der Entwicklungen von LIS im privaten, öffentlichen und halböffentlichen Raum im Blick zu behalten, um die Ausbauziele je Betrachtungsraum gezielt steuern zu können.

Um die Ausbauziele der LHS Wiesbaden erreichen zu können, schlagen wir eine Konzessionsvergabe für den öffentlichen Raum vor. Der besondere Mehrwert bei der Konzession liegt in der Einflussmöglichkeit der öffentlichen Verwaltung auf die LIS, welche durch den Konzessionsnehmer in der LHS errichtet wird. Ferner können im Vergleich zum Gestattungsvertrag Ausbauziele für das gesamte Stadtgebiet vertraglich definiert werden und den Nutzenden wird zukünftig eine einheitliche LIS zur Verfügung gestellt. Die Modellrechnungen im Rahmen dieser Arbeit zeigen, dass die LIS in Wiesbaden zu marktüblichen Preisen betrieben werden kann. Wir empfehlen deshalb vorerst keine zusätzlichen Gebühren für die Flächennutzung zu erheben, um die Abgabepreise des Ladestroms nicht weiter zu erhöhen und dadurch einen großen Unterschied zum sonstigen Strompreis zu schaffen. Ebenso erachten wir eine Subventionierung des Ladestroms durch die LHS Wiesbaden zum aktuellen Zeitpunkt als nicht erforderlich. Ladepunkte weisen je nach Standort und täglicher Stromabgabe eine unterschiedliche Wirtschaftlichkeit auf, die durch die Verteilung der Ladestationen im Stadtgebiet gemittelt wird.

Es wird empfohlen, Standorte zu wählen, die für möglichst viele Nutzergruppen gut erreichbar sind, um eine hohe Auslastung an den Ladepunkten zu schaffen. Diese Auslastung ist mitentscheidend für die Wirtschaftlichkeit der Ladestationen. In der Studie wird aufgezeigt, dass DC-Ladepunkte mit entsprechend hoher Auslastung aufgrund der abgegebenen Strommenge günstiger betrieben werden können als AC-Ladepunkte. Aufgrund dieser Tatsache und der Entwicklung am Fahrzeugmarkt hin zu rein elektrischen Fahrzeugen mit großem Akku (BEV) wird empfohlen, an Standorten mit hohem Durchlauf überwiegend Schnellladeinfrastruktur aufzubauen. Ferner wird empfohlen, sowohl Normalladepunkte als auch Schnellladepunkte möglichst gebündelt bereitzustellen, um Suchverkehr zu vermeiden und die Sichtbarkeit der LIS für die Nutzende zu erhöhen.

In einem technischen Leitfaden wurden die wesentlichen technischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Aufbau von öffentlicher LIS beschrieben. Es wurden Marktrecherchen für AC- und DC-LIS durchgeführt und eine Empfehlung für aktuell verfügbare Modelle ausgesprochen. Hierbei hat sich herausgestellt, dass aufgrund der aktuell gestörten Lieferketten und der hohen Nachfrage teils mit erheblichen Lieferzeiten für Ladestationen von mehreren Monaten bis zu Jahren gerechnet werden muss. Diese Lieferkettenprobleme müssen in der Terminplanung für den Aufbau von LIS im Stadtgebiet berücksichtigt werden. Da die Netzanschlussleistung häufig einen limitierenden Faktor für den Aufbau von LIS darstellt, wurden die Möglichkeiten von Lastmanagementsystem und Batteriespeichern aufgezeigt, um den elektrischen Leistungsbedarf der LIS zu optimieren. Des Weiteren enthält der technische Leitfaden Vorschläge zur Reservierung von Ladepunkten sowie Hinweise zum Brand- und Blitzschutz. Wir empfehlen die erarbeiteten technischen Mindestanforderungen mit in die Leistungsbeschreibung zur Konzessionsausschreibung aufzunehmen.

Um die Auswahl von potenziellen Standorten für die Errichtung von LIS im Stadtgebiet zu erleichtern und die standortspezifischen technischen und baulichen Anforderungen aufzuzeigen, wurden sechs Musterstandorte definiert. Die Musterstandorte decken dabei Standorte im Innenbereich (Parkhaus, Quartiersgarage, Mobility Hub) sowie Außenaufstellungen ab (Lade-Hub innerorts, Parkplätze im Straßenraum). Jeder Musterstandort enthält jeweils eine Checkliste für technische und bauliche Anforderungen. Anhand dieser Checklisten können mögliche Standorte im Vorfeld auf Ihre Eignung überprüft werden. Das Ziel für den Projektbaustein 2 ist auf Basis der Musterstandorte bis zu 10 potenzielle Standorte im Stadtgebiet auszuwählen und zu konzeptionieren.

Dieser Bericht umfasst 110 Seiten (inkl. Deckblatt ohne Anlagen).

Frankfurt, 15.09.2022

Drees & Sommer SE

Dr. Jörg Schlenger

Johannes Bracke

Martin Huber