

Konzept zum Aufbau einer bedarfsorientierten Ladeinfrastruktur in der Stadt Castrop-Rauxel



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	10
2	Ausgangssituation und Ziele	15
3	Annahmen zur Entwicklung des Ladeinfrastrukturbedarfs	19
4	Methodik	27
4.1	Entwicklung und Prognose des (E-)Fahrzeugbestands	29
4.1.1	Entwicklung Zulassungen und Gesamtfahrzeugbestands in Deutschland 2010/11 bis 2017	30
4.1.2	Prognose zur allgemeinen Entwicklung des Gesamtfahrzeugbestand bis 2030	31
4.1.3	Entwicklung der Zulassungen von Elektrofahrzeugen 2008 – 2018	37
4.1.4	Prognose zur allgemeinen Entwicklung des Bestands von Elektrofahrzeugen nach 2018	37
4.2	Szenarien zur allgemeinen Bestandsentwicklung von Elektromobilität	40
4.2.1	Grundannahmen für alle Szenarien	40
4.2.2	Szenario 1 (moderat)	42
4.2.3	Szenario 2 (dynamisch)	42
4.2.4	Szenario 3 (progressiv)	42
4.3	Räumliche Verteilung von Elektrofahrzeugen	43
4.3.1	Elektrofahrzeuge bei privaten Haushalten	44
4.3.2	Elektrofahrzeuge bei Unternehmen	45
4.3.3	Elektrofahrzeuge an Points of Interest	46
4.4	Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs	46
4.4.1	Ladepunkte für Elektrofahrzeuge bei privaten Haushalten	46
4.4.2	Ladepunkte für Elektrofahrzeuge von Beschäftigten bei Unternehmen	48
4.4.3	Ladepunkte für Elektrofahrzeuge an Points of Interest	49
4.4.4	Ermittlung und Typisierung von Parkflächen	49
4.4.5	Verteilung der Ladepunkte auf die Parkflächen nach Parktyp	57
4.4.6	Verteilung von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten	58
4.4.7	Verteilung von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge bei Unternehmen	58
4.4.8	Verteilung von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge an Points of Interest	58
4.5	Datengrundlagen der Analyse	58
5	Entwicklung des Fahrzeugbestandes in der Stadt Castrop-Rauxel	60
5.1	Elektrofahrzeuge gesamt	60
5.2	Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten	64
5.3	Elektrofahrzeuge bei Unternehmen	66
5.4	Elektrofahrzeuge an Points of Interest	70
6	Entwicklung Ladevorgänge in der Stadt Castrop-Rauxel	72
6.1	Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten mit eigenem Stellplatz	76
6.2	Ladevorgänge bei Unternehmen	78
6.3	Ladevorgänge im halböffentlichen Raum	80
6.4	Ladevorgänge im öffentlichen Raum	82
7	Prognose des Bedarfs für Ladeinfrastruktur in der Stadt Castrop-Rauxel	85
7.1	Ladepunkte auf privaten Stellflächen	87
7.2	Ladepunkte bei Unternehmen	89
7.3	Ladepunkte im halböffentlichen Raum	92
7.4	Ladepunkte im öffentlichen Raum	94
7.5	Abgleich des aktuellen Bestands mit der prognostizierten Entwicklung	96
7.6	Potenziale zur Reduzierung des Bedarfs für Ladepunkte im öffentlichen Raum	98
7.6.1	Ladeparks	98
8	Bürgerbeteiligung im Projekt	101
8.1	DC-Schnellladepunkte	102
8.2	Geeignete Ladepunkte für Pedelecs	103
9	Zeit- und Kostenplan	Fehler! Textmarke nicht definiert.
10	Maßnahmen zur Förderung des Aufbaus von Ladeinfrastruktur in Castrop-Rauxel	104
10.1	Einrichtung einer zentralen Beratungs- und Koordinierungsstelle	104
10.2	Einrichtung einer zentralen Koordinierungsstelle Ladeinfrastruktur	104
10.3	Installation einer Möglichkeit zur online Bedarfsmeldung	105

10.4 Berücksichtigung Elektromobilität bei der Konzessionsvergabe Stromnetz.....	105
10.5 Schaffung von rechtlichen Rahmenbedingungen.....	105
10.6 Weiterentwicklung von Angeboten der Energieversorgungsunternehmen (EVU).....	105
10.7 Erstellung Masterplan Netzausbau	106
10.8 Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts zum Laden auf Parkflächen.....	106
10.9 Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts zum Laden in Mietimmobilien	107
11 Schlusswort.....	108

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Durchschnittliche Fahr- und Stehzeiten je Werktag (24 h).....	20
Abb. 2: Fahrzeugbestand und Anteil der Stellplätze von Fahrzeugen über Nacht nach Gemeindegröße.....	20
Abb. 3: Prognose Bedarf Ladeinfrastruktur 2020	26
Abb. 5: Entwicklung CarSharing 1997 – 2016	32
Abb. 6: Akzeptanz von CarSharing als Ersatz für das eigen Auto.....	33
Abb. 7: Entwicklung Gesamtbestand PKW.....	35
Abb. 8: Durchschnittliche Fahrleistung p.A.....	36
Abb. 9: Durchschnittliches Fahrzeugalter	36
Abb. 10: Entwicklung Zulassungen Elektrofahrzeuge 2009 – 2018	37
Abb. 11: Markthochlauf E-Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur	39
Abb. 12: Antizipierte Entwicklung Gesamtfahrzeugbestand in Deutschland	41
Abb. 13: Entwicklung Anteil E-Fahrzeuge CarSharing am Gesamtbestand PKW	41
Abb. 14: Entwicklung der Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen	43
Abb. 15: Entwicklung der Anteile von Elektrofahrzeugen am Gesamtfahrzeugbestand (EV-Quote).....	43
Abb. 16: Parkflächen nach der Zusammenführung aus den Datenquellen	50
Abb. 17: Parktyp an Wohnorten vor Nachkartierung	51
Abb. 18: Parktyp an Gewerben vor Nachkartierung	52
Abb. 19: Parktyp an Points of Interest vor Nachkartierung.....	53
Abb. 20: Parkflächen nach der Kombinierung	54
Abb. 21: Parktyp an Wohnorten nach Kartierung	55
Abb. 22: Parktyp an Gewerben nach Kartierung	56
Abb. 23: Parktyp an Points of Interest nach Kartierung.....	56
Abb. 24: Kartierung einer Tiefgarage bei einer Ortsbegehung	57
Abb. 25: Verteilungsschema für Ladepunkte nach Parktypen.....	57
Abb. 26: Zahl Elektrofahrzeuge 2020	62
Abb. 27: Zahl Elektrofahrzeuge 2025	62
Abb. 28: Zahl Elektrofahrzeuge 2030	63
Abb. 29: Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2020	64
Abb. 30: Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2025	65
Abb. 31: Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2030	65
Abb. 32: Dienstfahrzeuge mit Elektroantrieb 2020	66
Abb. 33: Dienstfahrzeuge mit Elektroantrieb 2025	67
Abb. 34: Dienstfahrzeuge mit Elektroantrieb 2030	67
Abb. 35: Elektrofahrzeuge von Beschäftigten 2020.....	68
Abb. 36: Elektrofahrzeuge von Beschäftigten 2025.....	68
Abb. 37: Elektrofahrzeuge von Beschäftigten 2030.....	69
Abb. 38: Elektrofahrzeuge an Points of Interest 2020	70
Abb. 39: Elektrofahrzeuge an Points of Interest 2025	71
Abb. 40: Elektrofahrzeuge an Points of Interest 2030	71
Abb. 41: Ladevorgänge gesamt / Anteile nach Ladetypen 2020	73
Abb. 42: Ladevorgänge gesamt / Anteile nach Ladetypen 2025	73
Abb. 43: Ladevorgänge gesamt / Anteile nach Ladetypen 2030	73
Abb. 44: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge insgesamt 2020.....	74
Abb. 45: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge insgesamt 2025.....	74
Abb. 46: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge insgesamt 2030.....	75
Abb. 47: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2020.....	76
Abb. 48: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2025.....	77
Abb. 49: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2030.....	77
Abb. 50: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge bei Unternehmen (Dienstfahrzeuge und Fahrzeuge von Beschäftigten) 2020	78
Abb. 51: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge bei Unternehmen (Dienstfahrzeuge und Fahrzeuge von Beschäftigten) 2025	79
Abb. 52: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge bei Unternehmen (Dienstfahrzeuge und Fahrzeuge von Beschäftigten) 2030	79

Abb. 53: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im halböffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest) 2020	81
Abb. 54: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im halböffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest) 2025	81
Abb. 55: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im halböffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest) 2030	82
Abb. 56: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest und Fahrzeuge von Haushalten ohne eigenen Stellplatz) 2020	83
Abb. 57: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest und Fahrzeuge von Haushalten ohne eigenen Stellplatz) 2025	83
Abb. 58: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest und Fahrzeuge von Haushalten ohne eigenen Stellplatz) 2030	84
Abb. 59: Ladepunkte gesamt/Anteile nach Ladetypen 2020	86
Abb. 60: Ladepunkte gesamt/Anteile nach Ladetypen 2025	86
Abb. 61: Ladepunkte gesamt/Anteile nach Ladetypen 2030	86
Abb. 62: Ladepunkte auf privaten Stellflächen 2020	88
Abb. 63: Ladepunkte auf privaten Stellflächen 2025	88
Abb. 64: Ladepunkte auf privaten Stellflächen 2030	89
Abb. 65: Ladepunkte auf Stellflächen von Unternehmen 2025	90
Abb. 66: Ladepunkte auf Stellflächen von Unternehmen 2025	91
Abb. 67: Ladepunkte auf Stellflächen von Unternehmen 2030	91
Abb. 68: Ladepunkte auf halböffentlichen Stellflächen 2020	92
Abb. 69: Ladepunkte auf halböffentlichen Stellflächen 2025	93
Abb. 70: Ladepunkte auf halböffentlichen Stellflächen 2030	93
Abb. 71: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2020	95
Abb. 72: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2025	95
Abb. 73: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2030	96
Abb. 74: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2020 (mit aktuellem Ladeinfrastrukturbestand)	97
Abb. 75: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2025 (mit aktuellem Ladeinfrastrukturbestand)	98
Abb. 76: Öffentliche Ladepunkte im Jahr 2025 ohne Nachtladen (0%)	100
Abb. 77: Öffentliche Ladepunkte im Jahr 2025 mit Nachtladen (100%)	100
Abb. 78: Öffentliche Ladepunkte im Jahr 2030 ohne Nachtladen (0%)	100
Abb. 79: Öffentliche Ladepunkte im Jahr 2030 mit Nachtladen (100%)	100
Abb. 80: Geeignete Orte für Schnellladeinfrastruktur	102
Abb. 81: Geeignete Ladepunkte für Pedelecs	103
Abb. 82: Batterie-E-Kfz	112
Abb. 83: Batterie-E-Kfz mit Range Extender	112
Abb. 84: Plug-In-Hybridfahrzeug	113
Abb. 85: Voll-Hybridfahrzeug	113
Abb. 86: Mild-Hybridfahrzeug	114
Abb. 87: Brennstoffzellenfahrzeug	114
Abb. 88: Gesamtumweltbilanz BEV/PHEV/Verbrenner	117
Abb. 89: Weltweite Preisentwicklung von Lithium-Ionen-Akkus	118
Abb. 90: Vollkostenkostenvergleich VW Golf 1,0 TSI BMT und VW eGolf	120
Abb. 91: Vollkostenkostenvergleich/km VW Golf 1,0 TSI BMT und VW eGolf	120
Abb. 92: Vollkosten VW Golf 1,0 TSI BMT	120
Abb. 93: Vollkosten VW eGolf	121
Abb. 94: Gesamte THG-Emissionen der einzelnen Fahrzeugvarianten 2014	124
Abb. 95: Zusätzlicher Strombedarf alternativer Kraftstoffarten	125
Abb. 96: Energieeffizienz und Energiebedarf alternativer Kraftstoffarten	126
Abb. 97: Bestand an Erdgastankstellen in Deutschland von 2001 bis 2017	128
Abb. 98: Ladebetriebsarten	132
Abb. 99: Entwicklung Ladeinfrastruktur in Deutschland	136
Abb. 100: Einfluss der Maßnahmen auf die Durchdringung mit Ladepunkten pro Haushalt (in Prozent)	143

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Nutzergruppen und Ladebedarf.....	25
Tab. 2: Neuzulassungsquote in Deutschland im Verhältnis zum Fahrzeugbestand in Deutschland	31
Tab. 3: Jährliches Wachstum des Fahrzeugbestandes in Deutschland	31
Tab. 4: Entwicklung des Elektrofahrzeugbestands von privat und gewerblich zugelassenen Fahrzeugen	60
Tab. 5: Entwicklung des Elektrofahrzeugbestands bei Unternehmen	60
Tab. 6: Entwicklung des Elektrofahrzeugbestands an Points of Interest	61
Tab. 7: Prognostizierte Entwicklung von Ladevorgängen nach Parktyp (absolut).....	72
Tab. 8: Prognostizierter Bedarf für Ladepunkte nach Parktyp (absolut).....	85
Tab. 9: Prognostizierter Bedarf für Ladepunkte (absolut) nach Parktyp mit Nachtladen 0%	100
Tab. 10 Prognostizierter Bedarf für Ladepunkte (absolut) nach Parktyp mit Nachtladen 100%	100
Tab. 11: Durchschnittskosten Ladeinfrastruktur im öffentlichen Bereich	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tab. 12: Szenario für eine Umsatzbeteiligung an Ladeinfrastruktur	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tab. 13: Kostenvergleichsrechnung Leasing / Eigenbetrieb	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tab. 14: Entwicklung der Gesamtkosten bei prognostizierter Anzahl der Ladepunkte.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tab. 15: Übersicht der Arten von Elektrofahrzeugen.....	110
Tab. 16: Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2019 nach ausgewählten Kraftstoffarten	127
Tab. 17: Beispiele zur Aufnahmekapazitäten von BEV	135
Tab. 18: Beispiele für Ladezeiten	135
Tab. 19: Zugangs- und Bezahlmedien für öffentliche Ladeinfrastruktur	138

Anhang

Anhang 1: Grundlagen der Elektromobilität.....	110
Anhang 1.1: Allgemeiner Überblick	110
Anhang 1.2: Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen	117
Anhang 1.3: Bedeutung anderer alternativer Antriebsarten und Kraftstoffe	121
Anhang 2: Grundlagen der Ladeinfrastruktur	131
Anhang 2.1: Ladebetriebsarten	131
Anhang 2.2: Ladevarianten	132
Anhang 2.3: Ladeinfrastrukturtypen.....	133
Anhang 2.4: Ladezeiten.....	134
Anhang 2.5: Öffentliches Laden	136
Anhang 2.6: Schnellladeinfrastruktur.....	140
Anhang 2.7: Stromnetze.....	141
Anhang 2.8: Rechtlicher Rahmen.....	144

Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere, Ampere
AC	alternating current (Wechselstrom)
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
App	Applikation (application)
bcs	Bundesverband CarSharing e.V.
BEV	Battery Electric Vehicle (Batterieelektrisches Fahrzeug)
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CEE	Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment
CNG	compressed natural gas
DC	direct current für Gleichstrom
dena	Deutsche Energieagentur
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EV	electric vehicle (Elektrofahrzeug)
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
g/km	Gramm pro Kilometer
GIS	Geoinformationssystem
H ₂	Molekularem Wasserstoff
HEV	Hybrid Electric Vehicle
HPC	High Power Charger
IC-CPD	In Cable Control and Protection Device
KBA	Kraftfahrtbundesamt
Kfz	Kraftfahrzeuge
kVA	Kilovoltampere
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
LPG	Liquefied Petroleum Gas
LSV	Ladesäulenverordnung
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P&R	Park&Ride
PAngV	Preisangabenverordnung
PHEV	plug-in hybrid electric vehicle (Plug-In-Hybridfahrzeug)
PKW	Personenkraftwagen
POI	Points-of-Interest
PV	Photovoltaik
RCD	Residual Current Device
REEV	Range Extended Electric Vehicle
RFID	radio-frequency identification
StromStV	Stromsteuerverordnung
SUV	Sport Utility Vehicle
TCO	Total Cost of Ownership
THG	Treibhausgas
V	Volt, Volt
WLTP	Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure

1 Zusammenfassung

Für einen erfolgreichen Zuwachs der Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr (MIV) in Deutschland bedarf es einer ausreichend dimensionierten, bedarfsorientierten und wirtschaftlich tragfähigen Ladeinfrastruktur und einem alternativen Angebot von E-Fahrzeugen.

Im Gegensatz zum Tanken von flüssigen oder gasförmigen Kraftstoffen findet das Laden von Elektrofahrzeugen fast immer dann statt, wenn das Kraftfahrzeug über einen längeren Zeitraum steht. Dies rührt daher, dass die Energieaufnahme von Strom deutlich länger dauert als das Tanken von Kraftstoffen. Da Kraftfahrzeuge im Durchschnitt über 90% des Tages stehen, bietet sich somit vorrangig die Nacht oder die Arbeitszeit als Zeitfenster zur Energieaufnahme an.

Eine Ausnahme stellt das Schnellladen mit Gleichstrom ab ca. 150 kW (DC-Schnellladen) dar, mit dem zum heutigen Tanken vergleichbare Geschwindigkeiten zur Energieaufnahme erreicht werden können.

Mittel- bis langfristig kann davon ausgegangen werden, dass Elektrofahrzeuge bei einer mittleren Reichweite von 300 km überwiegend dort geladen werden, wo sie länger stehen, also an Wohngebäuden, bei Unternehmen und auf halböffentlichen Stellflächen (z.B. in Parkhäusern, auf Parkflächen des Einzelhandels oder vgl. Parkflächen). Sowohl die Nationale Plattform Elektromobilität als auch diese Untersuchung gehen davon aus, dass über 80% aller Ladepunkte in diesen Bereichen benötigt werden.

Bei Fahrten oberhalb der Fahrzeugreichweite ist ein Nachladen während der Fahrt, analog zum heutigen Tanken, vorwiegend im Bereich von Autobahnen und verkehrsreichen Straßen notwendig.

Eine besondere Herausforderung stellen verdichtete Quartiere (Ortszentren und Innenstadtbereiche) dar, die heute durch starkes Straßenrandparken und zum Teil auch hohen Parkdruck gekennzeichnet sind. Auch hier sollte es das Ziel sein, private oder halböffentliche Stellflächen zu aktivieren, auf denen Ladeinfrastruktur privatwirtschaftlich errichtet und betrieben werden kann. Alternativ können diese Quartiere auch über ein Netz von DC-Schnellladestationen abgedeckt werden. Hier stellt sich jedoch immer die Herausforderung der hohen Netzanschlussleistungen und der wirtschaftlichen Tragfähigkeit langfristiger Geschäftsmodelle.

Aktuell befinden wir uns jedoch in der beginnenden Zuwachphase, die dadurch gekennzeichnet ist, dass zwar ein starker Anstieg von Elektrofahrzeugen erwartet wird, bisher aber noch wenige Fahrzeuge im Straßenbild zu sehen sind. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Anstieg in den kommenden Jahren exponentiell verlaufen wird. Die Automobilindustrie, vorrangig getrieben durch die EU-weiten CO₂-Grenzwerte für die Flotten der Hersteller und die Entwicklungen auf dem asiatischen Markt, wird in den kommenden Jahren hinsichtlich Modellvielfalt und Kosten ein attraktives Angebot präsentieren.

Der Aufbau von Ladeinfrastruktur muss analog zum Fahrzeugangebot wachsen, um nicht zur Bremse des Markthochlaufs zu werden.

Aufgrund der noch geringen Fahrzeugzahlen und Angebote der Hersteller ist die öffentliche Sensibilität für diese Herausforderung noch sehr gering ausgeprägt. Darüber hinaus ist die Entwicklung aus Gründen der wirtschaftlichen Tragfähigkeit von Ladeangeboten wie z.B. Ladehubs in Form von Ladeparks oder DC-Schnellladestationen, durch die Privatwirtschaft im halböffentlichen Bereich, in absehbarer Zeit nur schwer vorstellbar.

In der aktuellen Phase kommt der öffentlichen Hand eine besondere Bedeutung zu. Neben der finanziellen Förderung von Ladeinfrastruktur bei Privatpersonen und Unternehmen, der Schaffung eines notwendigen Rechtsrahmens, sowie der Weiterentwicklung der Stromnetze und Strukturen bei den Netzbetreibern, besteht im kommunalen Bereich die Notwendigkeit, den Aufbauprozess zu initiieren und zu moderieren. Auch die Errichtung öffentlicher Ladeinfrastruktur ist dabei eine wichtige Säule.

Dem Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur kommt neben der allgemeinen öffentlichen Wahrnehmung als Initialzündler, insbesondere dort eine besondere Bedeutung für den Markthochlauf zu, wo private Lösungen nicht in der notwendigen Geschwindigkeit und in ausreichendem Maße entstehen werden. Dies sind im Wesentlichen die verdichteten Quartiere. Solange keine privatwirtschaftlich tragbaren Ladeangebote entstehen, muss zur Sicherstellung gleichwertiger Lebensbedingungen für alle Bürger eine Grundversorgung mit öffentlicher Ladeinfrastruktur geschaffen werden. Dies gilt sowohl für mittelschnelles Laden mit AC Wechselstrom bis 22 kW, als auch für das DC-Schnellladen.

Damit der Aufbau von Ladeinfrastruktur an Wohngebäuden und bei Unternehmen, vor allem aber auf öffentlichen und halböffentlichen Stellflächen, bedarfsgerecht und wirtschaftlich sinnvoll erfolgt, ist die Ermittlung der geeigneten Aufstellorte mit einem mittel- und langfristigen Marktpotenzial erforderlich. Dabei sind die Bedarfe der Wohnbevölkerung genauso zu berücksichtigen wie die von Mitarbeitern dort ansässiger Betriebe, Kunden, Besucher und Touristen.

Die Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs erfolgt auf der Grundlage einer Prognose zur Zuwachphase in Deutschland für den Zeitraum 2019-2035. Hierbei wird angenommen, dass im Jahr 2025 27 % der neu zugelassenen Fahrzeuge einen Elektroantrieb haben. Der Bestand in Castrop-Rauxel beträgt im Jahr 2025 rd. 2.954 Elektrofahrzeuge, also 7,3 % des Gesamtbestandes. Der exponentielle Steigerungsfaktor für dieses Szenario liegt bei 1,40.

Basierend auf dieser Prognose erfolgte mit der EECHARGIS-Methode eine GIS-basierte Simulationsberechnung zur Bedarfsermittlung und der räumlichen Verteilung von Ladeinfrastruktur auf der Zeitachse des Prognosezeitraums.

Hierbei wurden u.a. soweit möglich, verfügbare private, gewerbliche, halböffentliche und öffentliche Parkflächen, PKW-Bestandszahlen des Kraftfahrtbundesamtes, die Zahl konventioneller und elektrischer Erst-/Zweit- und Dritt-PKW der Wohnbevölkerung zu den verschiedenen Zeitpunkten sowie die soziodemografischen Parameter der Sinus-Geo-Milieus[®] mit einbezogen. Darüber hinaus wurden georeferenzierte Informationen zu Haushalten, Gewerbebetrieben, Berufspendlern, Kunden des Einzelhandels sowie Tages- und Mehrtagesbesuchern von Points-of-Interest (POI)¹ und des Gastgewerbes unter Einbeziehung von Einzugsbereichen des prognostizierten Ladebedarfs und der Aufenthaltsdauer berücksichtigt.

¹ Points of Interest (POI) sind Orte, die im täglichen Leben eine besondere Bedeutung aufweisen. Sie können an der Befriedigung des täglichen Bedarfs orientiert sein (z.B. Supermärkte, Baumärkte etc.) oder sich mit reisespezifischen Bedürfnissen befassen (z. B. Gastronomie, Unterkünfte, Tankstellen, Bankautomaten oder Parkhäuser). Andere POI sind Anlaufstellen in dringenden Situationen (z.B. Autowerkstätten, Apotheken oder Krankenhäuser), oder sie stehen für touristische Attraktionen und Freizeitangebote, (z.B. Kinos, Sportstadien, Museen und andere Sehenswürdigkeiten).

Grundsätzlich wird bei der Analyse davon ausgegangen, dass für den Ladebedarf eines Elektrofahrzeugs je nach Herkunft zunächst Ladepunkte auf einer Stellfläche im privaten Bereich, bei Points of Interest oder Unternehmen benötigt werden. Nur wenn keine Stellflächen in diesen Bereichen verfügbar ist, wird ein Ladepunkt im öffentlichen Bereich ermittelt.

Die Analyse zeigt, dass der erwartete Ladeinfrastrukturbedarf überwiegend im privaten Bereich, also auf privaten Flächen (Stellplatz am Eigenheim, Garage am Mietshaus, Garagenhof, privater Parkplatz, Tiefgarage etc.), sowie bei Unternehmen auf den eigenen Grundstücken gedeckt wird. Die Analyse zeigt deutlich auf, dass mit einem Anteil an der gesamt benötigten Ladeinfrastruktur von 88 % im Jahr 2020, 91 % im Jahr 2025 und 92 % in 2030, der überwiegende Teil, der in den kommenden Jahren benötigten Ladeinfrastruktur, auf privaten Stellflächen entstehen wird.

Da jedoch nicht für alle privat genutzten Fahrzeuge, insbesondere in den verdichteten Gebieten der Stadt Castrop-Rauxel, die Möglichkeit besteht, an Ladepunkten auf privaten Flächen zu laden, entsteht mit dem größeren Bestand an Elektrofahrzeugen auch ein wachsender Bedarf für Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum. Dieser Bedarf kann zu etwa gleichen Teilen über Stellflächen bei Unternehmen und im halböffentlichen Raum (z.B. Parkhäuser oder Supermärkte) in geografischer Nähe gedeckt werden.

Weiterer Bedarf für Ladeinfrastruktur im halböffentlichen und öffentlichen Raum entsteht aus dem Ladebedarf von gewerblich genutzten Fahrzeugen und Berufspendlern bei Unternehmen, die nicht über ausreichend eigene Stellflächen verfügen, sowie von Kunden, Besuchern und Touristen an Points of Interest.

Der Anteil der benötigten öffentlichen Ladeinfrastruktur liegt im Jahr 2020 bei 3 %, 2025 und 2030 nur noch bei 2 % bezogen auf den Gesamtbestand. Der Gesamtbedarf liegt damit bis 2020 bei ca. 7, bis 2025 bei ca. 44 und bis 2030 bei ca. 136 öffentlichen Ladepunkten im Stadtgebiet. Auch wenn der Anteil der öffentlichen Ladeinfrastruktur am Gesamtbedarf gering ist, so stellen die absoluten Werte doch eine nicht zu vernachlässigende Größe dar, insbesondere, da der Aufbau und Betrieb von öffentlicher Ladeinfrastruktur mit vielen Herausforderungen verbunden ist.

Bisher wurden im Stadtgebiet zwölf AC (und ein DC) Ladepunkte durch die Stadtwerke Castrop-Rauxel und andere Betreiber z.B. einer Crowdfunding Kampagne eingerichtet. Betrachtet man die benötigten Ladepunkte im öffentlichen und halböffentli-

chen Bereich, können rund 72 % des maximalen Gesamtbedarfs für das Jahr 2020 gedeckt werden. Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit ist dies eine gute Grundlage für die Startphase der nächsten 1 bis 2 Jahre. Ggf. kann es künftig vorkommen, dass an einzelnen Standorten trotzdem zusätzliche Ladepunkte nachgerüstet werden müssen.

Für den weiteren Zuwachs an E-Fahrzeugen besteht insbesondere in den verdichteten Zentren der Bedarf, weitere öffentliche Ladeinfrastruktur im AC- bzw. DC-Bereich zu errichten oder alternative Lösungsansätze zur Deckung des Ladeinfrastrukturbedarfs zu entwickeln.

2 Ausgangssituation und Ziele

Schon seit vielen Jahren gibt es in der Allgemeinheit gefühlte und reale Hemmnisse bei der Einführung und Nutzung von Elektromobilität. Als wesentliche Faktoren hierfür werden immer wieder die höheren Anschaffungskosten im Verhältnis zu den heutigen konventionellen Fahrzeugen, ein geringes Fahrzeugangebot, eingeschränkte Reichweiten und lange Ladezeiten, sowie ein fehlendes Netz von Ladestationen genannt. In allen vier Bereichen können in den letzten Jahren jedoch deutliche Fortschritte aufgezeigt werden.

- Angesichts der verfallenen Restwerte für gebrauchte Diesel-Fahrzeuge auf Grund des Dieselskandals, geringeren Betriebskosten und öffentlichen Förderungen, haben Elektrofahrzeuge zum Teil heute schon geringere Vollkosten (Total Cost of Ownership/TCO) als vergleichbare Fahrzeuge mit konventionellem Verbrennungsantrieb. Durch technische Verbesserungen und höhere Produktionszahlen sind die Kosten für Batterien seit 2010 um 80 Prozent gefallen. Für die nächsten Jahre werden hier weitere Kostensenkungen erwartet.
- Fahrzeuge der neuen Generation haben realistische Reichweiten von 200 – 300 km, bis 2020 werden Reichweiten von bis zu 500 km zum Standard werden.
- Bis 2020 haben alle Hersteller deutliche Weiterentwicklungen bei den Modellpaletten im Bereich der E-Fahrzeuge angekündigt. Alle großen Fahrzeughersteller in Europa sind dabei, ihre Produktionskapazitäten für die kommenden Jahre weitreichend auf die Produktion von Elektrofahrzeugen umzustellen.
- Neue Anbieter aus dem In- und Ausland, insbesondere aus dem asiatischen Raum, bereiten sich intensiv darauf vor, auf dem europäischen Markt einzusteigen.
- Das Ladestationsnetz wird intensiv ausgebaut. Über unterschiedliche Förderprogramme hat sich die Zahl an Ladepunkten im Jahr 2019 auf etwa 17.400

erhöht. Der Anteil der Schnellladestationen wird mit rd. 12 % also 2100 Stück angegeben.²

- In vielen Bereichen wurden wichtige rechtliche Anpassungen vorgenommen. Mit der Ladesäulenverordnung wurden die Grundlagen für ein standardisiertes und einfach zu nutzendes Ladestationsnetz in Deutschland gelegt.
- Die meisten Elektrofahrzeuge müssen außer bei Fernreisen i.d.R. nicht mehr tagsüber nachgeladen werden. Für die tägliche Mobilität (80 Prozent aller Wege) reicht die regelmäßige oder gelegentliche Nachtladung. Schnellladungen sind nur bisweilen notwendig.

Trotz einer immer noch vorhandenen Zurückhaltung bei der Elektromobilität ist deutlich zu erkennen, dass der Umschwung bereits begonnen hat und in den kommenden Jahren weiter erheblich an Dynamik gewinnen wird.

Für einen erfolgreichen Zuwachs der Elektromobilität im MIV in Deutschland bedarf es einer ausreichend dimensionierten, bedarfsorientierten und wirtschaftlich tragfähigen Ladeinfrastruktur.

Auch wenn kurzfristig zur Stimulierung des beginnenden Markthochlaufs der Aufbau eines Grundstocks an Ladeinfrastruktur (insbesondere im Bereich DC Schnellladen) über Subventionen und öffentliche Fördermittel sinnvoll und notwendig ist, wird der weitere Aufbau und insbesondere Betrieb bei einem steigenden Markthochlauf im Wesentlichen nicht eine öffentliche, sondern vielmehr eine privatwirtschaftliche Aufgabe sein.

Um sicherzustellen, dass der Aufbau öffentlicher und halböffentlicher sowie gewerblicher und privater Ladeinfrastruktur in den kommenden Jahren strukturiert, bedarfsgerecht und wirtschaftlich sinnvoll erfolgt, ist die Ermittlung der Orte erforderlich, an denen in den nächsten Jahren mittel- und langfristig Bedarf und somit ein Marktpotenzial an langsamen, mittelschnellen und schnellen Lademöglichkeiten im öffentlichen

²<https://www.handelsblatt.com/auto/nachrichten/elektromobilitaet-zahl-der-ladepunkte-fuer-e-autos-waechst-in-deutschland/24193184.html?ticket=ST-1506594-ado4PyNfmpe2IoxGumaZ-ap1>

oder halböffentlichen Raum entsteht. Dabei sind die Bedarfe der Wohnbevölkerung genauso zu berücksichtigen wie die der Mitarbeiter der dort ansässigen Betriebe sowie die von Kunden, Besuchern und Touristen.

Die vorliegende Analyse hat das Ziel, über eine möglichst detaillierte und auf die regionalen und lokalen Bedingungen der Stadt Castrop-Rauxel eingehende Prognose des künftigen Ladeinfrastrukturbedarfs eine Grundlage für künftige politisch-strategische Entscheidungen zu schaffen sowie zur Entwicklung von operativen Maßnahmen qualitativ beizutragen. Sie soll so bei der Sensibilisierung von Entscheidern und Akteuren aus Politik und Verwaltung, Energieversorgungsunternehmen, Netz- und Parkhausbetreiber sowie Unternehmen unterstützen.

Ergebnisse:

- Schaffung von Transparenz der zu erwartenden Entwicklung der Zulassungs- und Bestandszahlen in der Stadt.
- Identifizierung der Straßenzüge und Quartiere, in denen private, gewerbliche, halböffentliche und öffentliche Ladeinfrastruktur, differenziert nach Art (Ladegeschwindigkeit) und Menge zu verschiedenen Zeitpunkten (2020, 2025, 2030) benötigt wird.
- Ermittlung des Strombedarfs, der an diesen Orten für das Laden der Fahrzeuge tagsüber und nachts benötigt wird. Damit wird eine Grundlage zur Auswahl der konkreten Aufstellorte von Ladeinfrastruktur mit dem Ziel geschaffen, die Kosten für die Netzertüchtigung zu den verschiedenen Zeitpunkten des Markthochlaufs insgesamt möglichst gering zu halten. Der Netzertüchtigungsbedarf wird nicht nur für die zum jeweiligen Zeitpunkt, sondern für die gesamte Zeitspanne bis 2030 berücksichtigt.
- Sicherstellung eines bedarfsgerechten Ausbaus, sowohl zeitlich als auch örtlich und hinsichtlich der Leistungsfähigkeit (langsam, mittel, schnell).
- Identifizierung der Haushalte und Betriebe, die frühzeitig auf Elektromobilität umsteigen, damit die Stadtwerke und sonstigen Energieversorger diese gezielt auf die Installation eigener Ladeinfrastruktur ansprechen können.
- Schaffung einer Grundlage für die Investitionsplanung z.B. für die Stadtwerke und die sonstigen Energieversorger bzw. insbesondere Netzbetreiber und somit Vermeidung von Fehlinvestitionen

Neben den in diesem Bericht dargestellten übergreifenden Ergebnissen, erhalten die handelnden Akteure in der Region, alle Informationen auch als detaillierte Geodaten und somit ein Werkzeug, mit dem gezielte Maßnahmen auf kleinräumiger Ebene unterstützt werden können.

Damit eignet sich die Analyse sowohl zur grundsätzlichen Fortentwicklung der Ladeinfrastrukturplanung als auch zur Bearbeitung konkreter Stadtteile/Gewerbegebiete, ggf. auch im Rahmen von Bürgerbeteiligungen und Einbindung der Unternehmen.

Die Analysemethode beruht auf einer Mischung von hoch individualisierten Basisdaten (u.a. zu Parkflächen, Garagen, Fahrzeugbeständen, Soziodemografie, Haushalten und Unternehmen sowie Points of Interest (POI)) und individualisierten Parametern (u.a. zum Nutzerverhalten und Modal Split, zu Einzugsgebieten von Pendlern und Besuchern, zur Erreichbarkeit von Ladepunkten und Nutzung von betrieblichen bzw. halböffentlichen Parkflächen sowie zur Fahrzeugentwicklung). Da die Berechnung auf Grundlage statistischer Methoden sowie Durchschnittswerten und Annahmen erfolgt, sind die Ergebnisse als Richtwerte und Planungsgrundlage zu verstehen, können jedoch nicht als exakte Vorausschau angesehen werden.

3 Annahmen zur Entwicklung des Ladeinfrastrukturbedarfs

Wo wird wann wie viel und wie oft geladen? Dies sind die Kernfragen zum Aufbau einer bedarfsorientierten Ladeinfrastruktur. Damit dieser Aufbau nicht nach dem Gießkannenprinzip erfolgt, sondern auf den Bedarf künftiger Nutzer passt und somit auch wirtschaftlich nachhaltig betrieben werden kann, sind zwei wesentliche Aspekte zu betrachten, die einander und das Gesamtkonzept beeinflussen. Insbesondere die Frage, wie oft geladen wird, wird maßgeblich von der Akkukapazität und somit der Reichweite künftiger Fahrzeuge beeinflusst. Die Reichweiten der 2018 bis 2021 neu verfügbaren Fahrzeuge liegen i.d.R. zwischen 300 und 400 km. Bei einer durchschnittlichen Laufleistung von 14.000 km pro Jahr in Deutschland und einer täglichen maximalen Fahrtstrecke von unter 80 km bei 80 % aller Fahrten, muss ein Elektrofahrzeug im Regelfall ca. einmal pro Woche intensiv (bis ca. 50 kW je Ladevorgang über mittelschnelle Lader bis 22 kWh AC) oder täglich nur gering (bis ca. 15 kW je Ladevorgang über 8 Stunden langsam mit 3,6 kWh bzw. 11 kW AC) geladen werden.

Der zweite wesentliche Aspekt leitet sich aus der Art der Nutzung sowie den möglichen Ladeorten ab, woraus sich die nachfolgenden modellhaften Nutzergruppen ergeben.

Eigenheimbesitzer/-mieter

Für einen Großteil der privaten Nutzer werden Ladevorgänge künftig dort erfolgen, wo die Fahrzeuge am längsten stehen, nämlich am Eigenheim, Wohneigentum oder der Mietwohnung, sofern dies möglich ist, d.h. wenn ein elektrifizierbarer Parkplatz z.B. Garage oder Carport, bzw. Stellplatz auf dem Grundstück besteht.

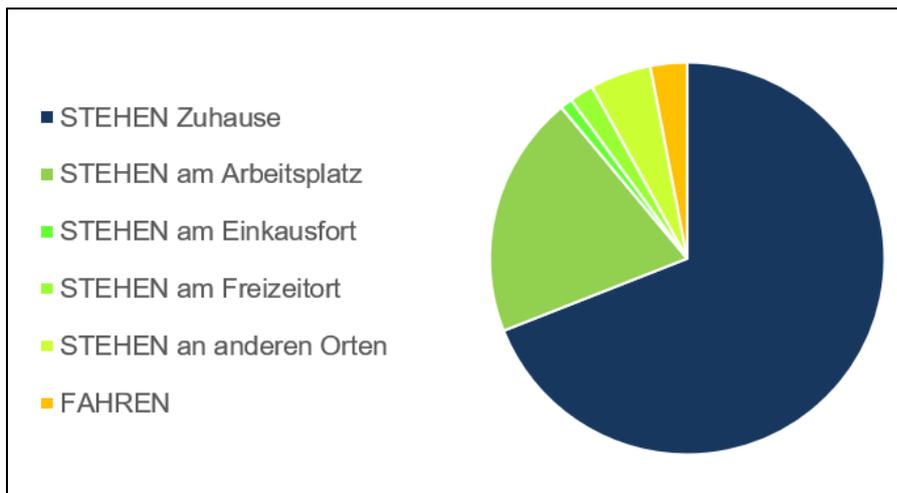


Abb. 1: Durchschnittliche Fahr- und Stehzeiten je Werktag (24 h)
(Eigene Darstellung, Quelle: Ökoinstitut 2016)

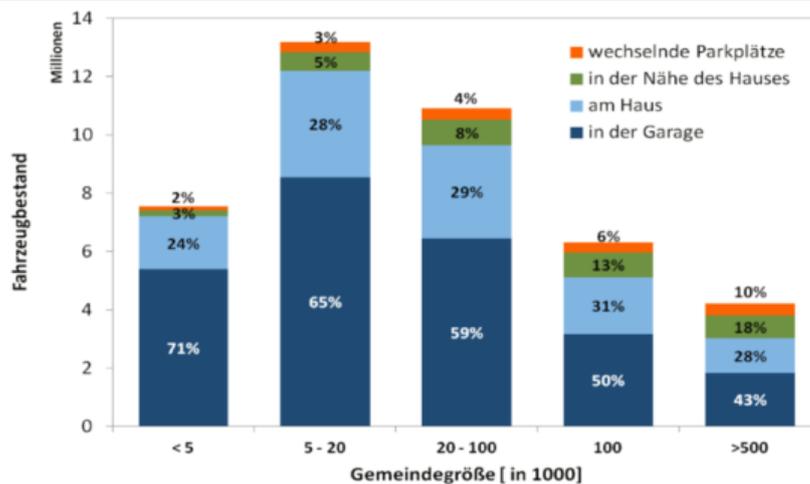
Diese Nutzergruppe wird künftig zu Hause i.d.R. täglich und nachts, geringe Mengen zu relativ geringen Kosten durch einfache Ladeinfrastruktur, günstigen Nachtstrom, sowie gleichmäßiges Laden mit geringen Stärken laden (geringe Netzbelastung).

Für Mieter in Mehrfamilienhäusern können jedoch höhere Kosten für Infrastruktur und Betrieb durch einen Dienstleister anfallen.

Die Mehrzahl der Pkw-Nutzer hat eine Garage/Stellplatz und wohnt außerhalb der Großstädte

Fahrzeugbestand und Anteil der Stellplätze von Fahrzeugen über Nacht nach Gemeindegröße.

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus MiD 2002. Die Kategorie "unbekannt / keine Angabe" ist aufgrund von Werten unter einem Prozent nicht dargestellt.



© Fraunhofer ISI
Seite 4

Fraunhofer
ISI

Abb. 2: Fahrzeugbestand und Anteil der Stellplätze von Fahrzeugen über Nacht nach Gemeindegröße

Mitarbeiter mit Firmenparkplätzen

Für private Nutzer, die nicht die Möglichkeit haben, am Eigenheim zu laden, bietet sich aufgrund der langen Stehzeiten das Laden am Arbeitsplatz an. Vergleichbar zum Eigenheim kann auch hier künftig tagsüber mit geringer Leistung durch einfache Ladeinfrastruktur geladen werden. In Abhängigkeit vom Stromtarif des Arbeitgebers kann dies sogar günstiger sein als zu Hause zu laden. Im Normalfall reicht es, wenn ein/e MitarbeiterIn ein bis zwei Mal pro Woche lädt, sodass sich die Ladeinfrastruktur durchschnittlich mit vier weiteren KollegInnen geteilt werden kann.

P&R Parker

Analog zum Laden am Arbeitsplatz bietet sich auch das Laden an P&R-Stationen an. Das Ladeverhalten und die Ladezeiten dieser Nutzergruppe ist nahezu identisch zu dem der MitarbeiterInnen mit Firmenparkplätzen. Die Kosten liegen für diese Nutzergruppe jedoch aufgrund höherer Kosten für Infrastruktur und Betrieb spürbar höher. Hier besteht durch günstige Stromtarife Potenzial zur Attraktivierung des ÖPNV.

Stationsfreie Nachtlader

Private Nutzer insbesondere in innerstädtischen Quartieren mit hoher Wohnraumverdichtung und einem i.d.R. knappen Parkraumangebot, die weder am Eigenheim, der Eigentums- oder der Mietwohnung noch am Arbeitsplatz oder einem P&R-Platz laden können, werden in Zukunft durchschnittlich einmal pro Woche nachts an neuen Lademöglichkeiten auf bestehenden privaten Parkflächen, z.B. Supermarktparkplätzen, Tiefgaragen oder Parkhäusern laden. Das Ladeverhalten ist analog zur Gruppe der Eigenheimbesitzer/-mieter. Die Kosten für diese Nutzergruppe sind jedoch vergleichbar mit denen von P&R Plätzen zzgl. Parkgebühren und somit recht hoch.

Stationsfreie Gelegenheitslader

Diese Gruppe verfügt wie die Gruppe der stationsfreien Nachtlader über keine Lademöglichkeiten zu Hause oder am Arbeitsplatz. Aber anstatt sich jede Woche einmal über Nacht auf einem (Supermarkt-)Parkplatz einzubuchen, laden sie immer dort, wo es zwischendurch möglich ist: beim Einkauf auf dem Supermarktparkplatz, im Parkhaus beim Kinobesuch etc. Dabei versuchen sie stets, Sonderangebote und Cross-Selling-Aktionen in Anspruch zu nehmen. Insgesamt beschreibt dies eine eher hektische und spontane Art des Ladens, möglicherweise ist sie aber sogar günstiger als die bequemeren Varianten. Sie laden im Regelfall mit 11 oder 22 kWh, manchmal auch am Schnelllader.

CarSharing-Nutzer

Da der Reichweitenbedarf bei CarSharing-Nutzern aufgrund der wechselnden Personen und Bedarfe schwankt und die Standzeiten zwischen den Nutzungen variieren, kann nicht so gut prognostiziert werden, wie viel Strom regelmäßig benötigt wird. Daher empfiehlt es sich, kleinere Stationen mit 11 kW auszustatten und größere Stationen mit einem Anteil an 22-kW-Ladern zu ergänzen. Im Regelfall wird es dabei reichen, dass die Fahrzeuge über Nacht vollladen, und die Standzeiten tagsüber zum Nachladen verwenden. Auch wenn mit DC-Schnellladungen > 50 kWh der Energiebedarf schneller gedeckt werden könnte, so ist diese Variante aufgrund der nicht prognostizierbaren Standzeiten für Schnellladungen während dieser Zeiten nicht geeignet, da hierdurch die Ladesäulen unverhältnismäßig lange belegt werden und somit die Kosten mit Blick auf die Nutzerakzeptanz zu hoch sind.

Tagesgäste privat

Freizeiteinrichtungen haben oftmals Einzugsbereiche von mehreren hundert Kilometern. Um auch weiterhin für Tagesgäste mit Elektrofahrzeugen attraktiv zu sein, besteht die Notwendigkeit, ein Angebot zum Nachladen zu schaffen. Der Bedarf der Nutzergruppe „Tagesgäste privat“ ist durch eine mehrstündige Verweildauer und somit potenzieller Ladezeit gekennzeichnet. Je kürzer die Verweildauer und je größer das Einzugsgebiet ist, desto höher muss die angebotene Leistung der Ladeinfrastruktur sein. Geeignet ist hierfür vorzugsweise langsames Laden bis 11 kW sowie mittelschnelles Laden bis 22 kW AC. DC-Schnellladen ist in den meisten Fällen nicht erforderlich.

Tagesgäste geschäftlich

Mit der Nutzergruppe der geschäftlichen Tagesgäste werden Besucher von Unternehmen bezeichnet. Der Ladebedarf dieser Gruppe unterscheidet sich grundsätzlich nicht von der Nutzergruppe der privaten Tagesgäste. Da diese oftmals nur Termine von ein bis zwei Stunden Dauer haben, sollten Unternehmen für diese Besucher Ladeinfrastruktur für mittelschnelles Laden bis 22 kW AC vorhalten. Die Voraussetzung hierfür ist, dass die Unternehmen regelmäßig Besucher aus größeren Entfernungen bekommen; Besucher aus der näheren Umgebung benötigen im Regelfall keine Lademöglichkeit.

Übernachtungsgäste

Da diese Nutzergruppe i.d.R. längere Aufenthaltszeiten an der Übernachtungsstelle (7-10 Stunden) hat, aber auch aufgrund des reisebedingten höheren Reichweitenbedarfs oftmals größere Strommengen (bis ca. 50 kW je Ladevorgang) benötigt, um das Kfz wieder vollständig aufzuladen, reicht für diese Nutzergruppe eine gemischte Ladeinfrastruktur aus 3,7 und 11 kW-Ladern.

Durchreisende

Für diese Nutzergruppe werden im wesentlichen Ladesäulen für DC-Schnellladungen > 50 kWh benötigt, da sie im Regelfall keinen längeren Aufenthalt im Umfeld der Ladeinfrastruktur wünschen und somit in kurzer Zeit (ca. 30 Minuten) große Strommengen (bis ca. 50 kW je Ladevorgang) geladen werden müssen. Diese Form des Ladens wird aufgrund einer kostenintensiven Infrastruktur durch deutlich höhere Kosten gekennzeichnet sein. Damit der wirtschaftliche Betrieb durch eine hohe Auslastung sichergestellt werden kann, sollte die Ladeinfrastruktur vornehmlich an markanten Punkten der Bundesstraßen und -autobahnen eingerichtet werden, wo sich die Nutzer während des Ladens die Ladezeit von ca. 30 Minuten vertreiben können. Damit sie bei Bedarf gleichzeitig auch von der umliegenden Bevölkerung genutzt werden kann, empfehlen sich weniger die bisherigen Autobahntankstellen, sondern Orte, wie sie heute von den Autohöfen an den Übergängen von Autobahn zu Bundesstraße gewählt wurden.

Taxen

Mit den neuen Fahrzeuggenerationen und Reichweiten von 300 bis 500 km wird der Einsatz von Elektromobilität auch im Taxibereich interessant. Im Schnitt legen Taxen pro Tag nicht mehr als 200 km zurück (abgesehen von einzelnen weitreichenden Fahrten). Dieser Strombedarf lässt sich mit 22 kW in den nächtlichen Standzeiten laden. Nachladen während der Wartezeiten am Taxistand verringert den nächtlichen Ladebedarf. Bei Bedarf kann an der bestehenden öffentlich zugänglichen DC-Ladeinfrastruktur kurzfristig nachgeladen werden.

Notfallladen

Notfallladen kann für jede Nutzergruppe notwendig werden, wenn die eigentliche, optimale Ladevariante nicht greift. Da im Notfall keine längeren Ladezeiten möglich sind, erfolgen Notfallladevorgänge mindestens mit 22 kWh oder an Ladeinfrastruktur

für DC-Schnellladungen > 50 kWh an der gleichen Einrichtung wie für Durchreisende.

Tab. 1: Nutzergruppen und Ladebedarf

Gruppe	Langsame Lader	Mittelschnelle Lader	Schnelle Lader	Ort
Eigenheimbesitzer/-mieter	x			zu Hause
Mitarbeiter mit Firmenparkplatz	x			am Arbeitsplatz
P&R Parker	x			am P&R Parkplatz
CarSharing-Nutzer		x		CarSharing-Platz
Tagesgäste privat		x	(x)	Freizeiteinrichtung, zentraler Parkplatz
Tagesgäste geschäftlich		x		Unternehmen
Übernachtungsgäste	x			Hotel
Durchreisende			x	Tankstellen an Autobahnen und Bundesstraßen
Taxen	x	x	x	Wohnorte, Taxihöfe, zentrale Taxi-Punkte
Stationsfreier Nachtlader	x			Supermarkt-Parkplatz, Tiefgarage etc.
Stationsfreier Gelegenheitslader		x	x	Supermarkt-Parkplatz, Tiefgarage etc.
Notfallladen (Vergessen...)			x	Tankstellen an Autobahnen und Bundesstraßen

Vor diesem Hintergrund prognostizierte die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) bereits 2014, dass 2020 85 Prozent der benötigten Ladeinfrastruktur im privaten Bereich, zehn Prozent im halböffentlichen Raum (davon 7.100 Schnellladepunkte) und lediglich fünf Prozent der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum (ca. 70.000 AC-Ladepunkte) liegen werden. Die NPE geht ferner davon aus, dass ein wirtschaftlicher Betrieb bei öffentlicher Ladeinfrastruktur, auch bei hoher Nachfrage bis 2020, nicht realistisch sein wird, da die spezifischen Vollkosten pro Kilowattstunde an diesen Ladepunkten doppelt so hoch wären, als etwa an der heimischen Ladestation.

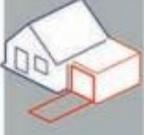
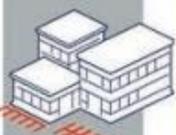
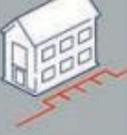
Bedarfsprognose	AC: 1.022.000 DC: 0		Öffentlich zugänglich AC: 103.000 DC: 7.100		AC: 70.000 DC: 0	
	85 % privat		10 % halböffentlich		5 % öffentlich	
Standorttypen	Heimstellplatz	Unternehmensgelände	Parkhäuser	Fernverkehr	Wohnort	Zentrale Stellen
	 Eigene Garage oder Stellplatz	 Arbeitnehmerparkplätze	 Kundenparkplätze, z.B. Einkaufszentrum	 Rastplatz, Autohof, Tankstelle	 Straßenrand	 Öffentliche Parkplätze
Besitzfläche für Ladestationen	Privat		Privat	Privat, Öffentlich	Öffentlich	
Stromversorgung	Über Hausanschluss/ Anschlussnehmer (Hauseigentümer)		Über Anschluss/ Kundenanlage der Liegenschaft oder separate Netzanschluss	Neu zu erschließen/ Netzanschluss von Netzbetreiber	Neu zu erschließen/ Netzanschluss von Netzbetreiber	
Anschluß	Ggf. separater Lieferpunkt/ Zähler		Ggf. separater Lieferpunkt/ Zähler	Ggf. Nutzung vorhandener Anschlüsse	Ggf. Nutzung vorhandener Anschlüsse	
Ladedauer	6 h (AC 3,7 kW)		1 h (AC/DC 22 kW)	0,5 h (DC 50 kW)	6 h (AC 3,7 kW)	1-2 h (AC/DC 11-22 kW)

Abb. 3: Prognose Bedarf Ladeinfrastruktur 2020³

³ Quelle: Nationale Plattform Elektromobilität, Fortschrittsbericht 2014, http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_Fortschrittsbericht_2014_Barrierefrei.pdf

4 Methodik

Aufbauend auf den zuvor dargestellten Grundannahmen wurde mit EECHARGIS sowohl eine Methode als auch das zur Umsetzung notwendige IT-System entwickelt, mit dem eine GIS-basierte Simulationsberechnung zur Bedarfsermittlung für Ladeinfrastruktur und deren räumlicher Verteilung auf der Zeitachse des Prognosezeitraums erstellt werden kann.

Hierzu werden private, gewerbliche, halböffentliche und öffentliche Parkflächen, PKW-Bestandszahlen des Kraftfahrtbundesamtes, sowie die Anzahl konventioneller und elektrischer Erst-/Zweit- und Dritt-PKW der Wohnbevölkerung zu den verschiedenen Zeitpunkten sowie die Kaufkraft der Haushalte einbezogen. Dabei dient die Kaufkraft als Indikator für den Kaufzeitpunkt eines Elektrofahrzeugs. Haushalte mit einer höheren Kaufkraft haben damit eine höhere Wahrscheinlichkeit, sich frühzeitig ein Elektrofahrzeug zuzulegen. Des Weiteren werden georeferenzierte Informationen zu Haushalten, Gewerbebetrieben, Berufspendlern, Kunden des Einzelhandels sowie Tages- und Mehrtagesbesuchern von Points of Interest, von Hotels und des Gastgewerbes unter Einbeziehung von Einzugsbereichen des prognostizierten Ladebedarfs und der Aufenthaltsdauer im Untersuchungsraum berücksichtigt.

Ziel ist die Erstellung einer statistischen Prognose, wann wie viel Ladeinfrastruktur auf privaten Parkflächen und Parkplätzen von Unternehmen sowie im halböffentlichen und vor allem im öffentlichen Bereich in den kommenden Jahren benötigt wird. Hierbei wird im ersten Schritt davon ausgegangen, dass der Grundbedarf über Laden mit Wechselstrom (AC) mit möglichst niedriger Leistung (einphasig bis 3,6 kW) bei längeren Standzeiten der Fahrzeuge mit intelligentem Lastmanagement am Wohnort auf privaten oder halböffentlichen Flächen (Nachtladen) oder beim Arbeitgeber gedeckt wird, da dies sowohl für die Nutzer als auch das Gesamtsystem (Netzausbau) der ressourcenschonendste, effizienteste und kostengünstigste Weg ist.

Im zweiten Schritt wird davon ausgegangen, dass die Nutzer je nach Akkustand und Nutzungsprofil bei längeren Standzeiten auch mit höheren Leistungen (AC dreiphasig bis 22 kW) im halböffentlichen und öffentlichen Bereich laden (z.B. Tagesbesucher).

Im dritten Schritt wird simuliert, welche Auswirkung der Einsatz von Schnellladeinfrastruktur (DC 50-350 kW) auf die ermittelte AC Ladeinfrastruktur hat, d.h. inwieweit

halböffentliche und öffentliche AC-Ladepunkte durch DC-Ladepunkte substituiert werden (können).

Auf dieser Bedarfsprognose kann ein Umsetzungsplan für Ladeinfrastruktur im öffentlichen Bereich für die Stadt Castrop-Rauxel erstellt werden. Darüber hinaus können Maßnahmen zur Förderung des Aufbaus halböffentlicher, gewerblicher (bei Unternehmen) und privater Ladeinfrastruktur entwickelt werden.

Die Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs mit der EECHARGIS Methode erfolgt in sechs Stufen:

Stufe 1:

Ermittlung des Bestandes an Fahrzeugen insgesamt für ein Bezugsjahr und Verteilung dieser Fahrzeuge auf die Haushalte, Unternehmen und Points of Interest im Untersuchungsgebiet.

Stufe 2:

Aufbauend auf Stufe 1, Ableitung des Bestandes an Elektrofahrzeugen.

Stufe 3:

Ermittlung des Ladebedarfs in Form von erwarteten Ladevorgängen der in Stufe 2 ermittelten Elektrofahrzeuge.

Stufe 4:

Ableitung der für in Stufe 3 ermittelten Ladevorgänge benötigten Ladeinfrastruktur in Form von Ladepunkten.

Stufe 5:

Identifizierung der Installationsorte für die Ladepunkte (Ladeorte) differenziert nach

privaten Parkflächen:

Garagen und Parkflächen, welche sich auf privatem Grund befinden und außer durch die Anwohnerfahrzeuge durch kein anderes Fahrzeug belegt werden können.

gewerblichen Parkflächen (Parkflächen von Unternehmen):

Parkflächen, welche tagsüber i.d.R. für Dienstwagen oder durch Beschäftigte eines Unternehmens genutzt werden. Zudem besteht die Möglichkeit, diese Flächen und die dort installierte Ladeinfrastruktur nachts (außerhalb der Betriebszeiten) auch externen Nutzern zur Verfügung zu stellen. Dies gilt im Besonderen für Unternehmen,

die in Wohngebieten angesiedelt sind, in denen ein hoher Parkplatzdruck herrscht und wo Anwohner heute am Straßenrand parken.

halböffentlichen Parkflächen:

Private Parkflächen, welche zwar durch jedermann zugänglich sind, aber Zugangsbeschränkungen wie Parkgebühren oder Beschränkung der Parkdauer durch eine Parkscheibe unterliegen (z.B. Parkhäuser und bewirtschaftete Parkplätze, Parkflächen des Einzelhandels, etc.).

öffentlichen Parkflächen:

Parkflächen im öffentlichen Raum, die für jedermann zugänglich sind. Auch diese Parkflächen haben i.d.R. Zugangsbeschränkungen wie Parkgebühren oder Beschränkung der Parkdauer durch eine Parkscheibe.

Stufe 6:

Simulation des Potenzials für DC-Schnelladeinfrastruktur und die daraus resultierenden Auswirkungen auf den prognostizierten Bedarf der halböffentlichen und öffentlichen AC-Ladepunkte.

4.1 Entwicklung und Prognose des (E-)Fahrzeugbestands

Da die Entwicklung des Fahrzeugbestands insgesamt und speziell die des Markthochlaufs von Elektrofahrzeugen von vielen Faktoren beeinflusst wird, wurden für die EECHARGIS Analyse zunächst drei Szenarien zum Markthochlauf in Deutschland für den Prognosezeitraum 201-2035 entwickelt. Diese wurden im Laufe des Projekts mit den Verantwortlichen der Energieversorgung Mittelrhein diskutiert und modifiziert.

Ausgangslage für alle drei Szenarien sind die allgemeinen Entwicklungen des Fahrzeugbestandes 2010-2017 auf Grundlage der Daten des Kraftfahrtbundesamtes (KBA), sowie die Entwicklung der Zulassungen von Elektrofahrzeugen zwischen 2003 und 2017.

Darauf aufbauend wurde eine Prognose zur grundsätzlichen Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Neuzulassungen in Deutschland entwickelt.

Für jedes Szenario wurden dann auf Grundlage unterschiedlicher Quellen Annahmen zur Neuzulassungsquote von Elektrofahrzeugen getroffen.

- Szenario (moderat): 2025 haben 15 % der neu zugelassenen Fahrzeuge einen Elektroantrieb.

- Szenario (dynamisch): 2025 haben 27 % der neu zugelassenen Fahrzeuge einen Elektroantrieb.
- Szenario (progressiv): 2025 haben 71 % der neu zugelassenen Fahrzeuge einen Elektroantrieb.

Allen Szenarien liegen Annahmen zugrunde, die auf dem heutigen Kenntnisstand beruhen. Besonders in Bezug auf den großen Betrachtungszeitraum sind damit Annahmen und Unsicherheiten verbunden. Deshalb ist es notwendig, die Ergebnisse in regelmäßigen Abständen zu evaluieren und auf Grundlage neuer Erkenntnisse zu aktualisieren.

Für die Berechnung der Szenarien wurden drei wesentliche Parameter betrachtet:

- Entwicklung des Gesamtfahrzeugbestands
 - Dieser Wert bestimmt die absolute Zahl aller Fahrzeuge und somit die absolute Zahl der Elektrofahrzeuge
- Entwicklung der Neuzulassungen
 - Dieser Wert bestimmt die grundsätzliche Lebensdauer von Fahrzeugen in Deutschland und bestimmt die Austauschgeschwindigkeit von Fahrzeugen (Revolving)
- Entwicklung der Zulassungen für Elektrofahrzeuge
 - Dieser Wert definiert den Anteil von Elektrofahrzeugen an den jährlichen Neuzulassungen und bestimmt in Verbindung mit der Gesamtentwicklung der Neuzulassungen den Anteil der Elektrofahrzeuge am Gesamtbestand.

Als Elektrofahrzeuge werden im Rahmen der Szenarien alle Fahrzeuge mit batterieelektrischem (BEV) und Plug-In Hybrid (PHEV) Antrieb bezeichnet.

4.1.1 Entwicklung Zulassungen und Gesamtfahrzeugbestands in Deutschland 2010/11 bis 2017

Im Zeitraum von 2011 bis 2017 lag die jährliche Neuzulassungsquote in Deutschland im Verhältnis zum Fahrzeugbestand bei durchschnittlich 7,2% (Mittelwert und Median).

Tab. 2: Neuzulassungsquote in Deutschland im Verhältnis zum Fahrzeugbestand in Deutschland⁴

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
7,5%	7,2%	6,8%	6,9%	7,2%	7,4%	7,5%

Das jährliche Wachstum des Fahrzeugbestandes lag im Zeitraum 2010 bis 2017 in Deutschland bei durchschnittlich 1,3% (Mittelwert und Median).

Tab. 3: Jährliches Wachstum des Fahrzeugbestandes in Deutschland⁵

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1,0%	1,4%	1,5%	1,2%	1,0%	1,3%	1,5%	1,5%

4.1.2 Prognose zur allgemeinen Entwicklung des Gesamtfahrzeugbestand bis 2030

CarSharing und autonome Mobilität werden, insbesondere in ihrer Kombination und in Verbindung mit Elektromobilität, in der nächsten Dekade zunehmend an Bedeutung gewinnen.⁶ Die nachfolgende Grafik des Bundesverbandes CarSharing (bcs) zeigt, das in den letzten fünf Jahren deutlich beschleunigte Wachstum des CarSharing-Angebots in Deutschland. Mit Eintreten der Automobilhersteller (insbesondere Mercedes und BMW, in Kooperation mit den Autovermietern Europcar und Sixt) hat sich in dieser Zeit die Fahrzeugzahl der CarSharing-Fahrzeuge in Deutschland verfünffacht. Aktuelle Zahlen bestätigen diesen rasanten Trend nochmals. Zum 01.01.2017 waren rund 1,7 Mio. Menschen bei CarSharing-Anbietern registriert. Dies entspricht einem Zuwachs von 36 % zum Vorjahr.

⁴Quelle: KBA/eigene Berechnungen

⁵Quelle: KBA/eigene Berechnungen

⁶<https://www.carsharing.de/einsatz-szenarien-fuer-autonome-fahrzeuge-carsharing-oePNV>
elektroauto-news.net: Wie Car2go autonome Carsharing-Flotten plant
<https://www.elektroauto-news.net/2017/wie-car2go-autonome-carsharing-flotten-plant>
<https://www.vdv.de/position-autonome-fahrzeuge.pdf>
<http://www.frost.com/sublib/display-report.do?id=MB4D-01-00-00-00>
<https://share2drive.de/>

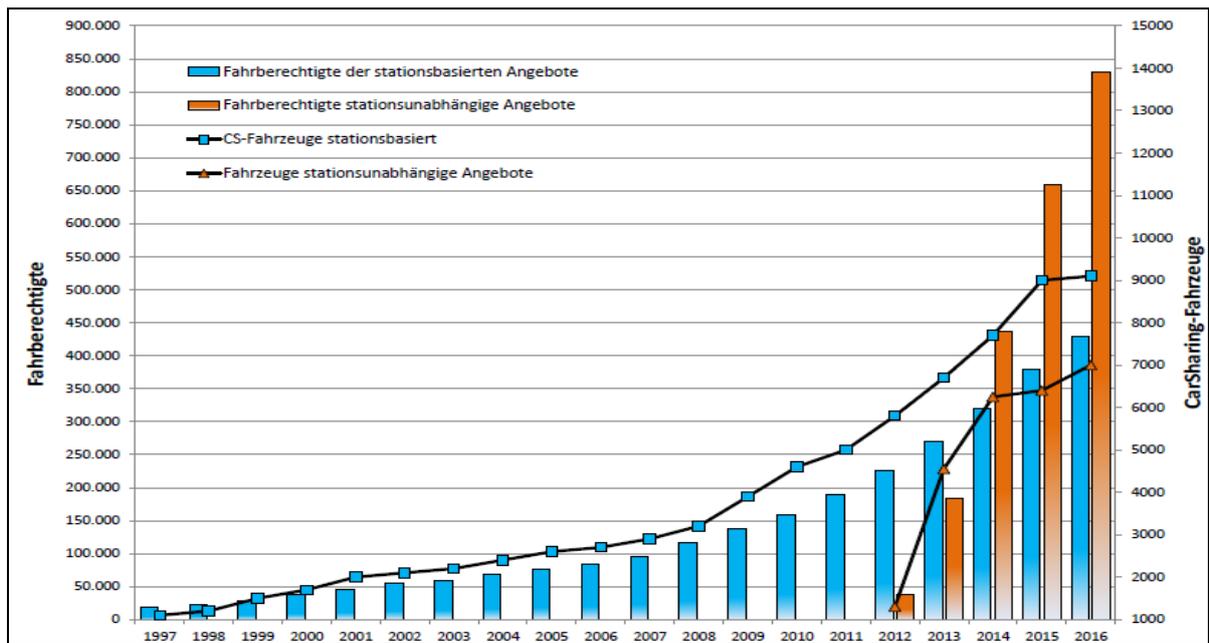


Abb. 4: Entwicklung CarSharing 1997 – 2016 ⁷

Es ist zu erwarten, dass sich dieser Trend fortsetzen wird. Eine Untersuchung von Nordlight Research zeigt, dass sich jeder vierte Bundesbürger vorstellen kann zukünftig auf ein eigenes Auto zu verzichten und stattdessen CarSharing zu nutzen.

⁷ Quelle: Bundesverband CarSharing e.V

Akzeptanz von Carsharing als Ersatz für das eigene Auto



Jeder vierte Bundesbürger kann sich vorstellen, zukünftig auf ein eigenes Auto zu verzichten und stattdessen Carsharing zu nutzen. Allen voran Jüngere und Großstädter. Ältere, Frauen und Bewohner ländlicher Räume halten hingegen stärker am privaten Autobesitz fest.



Quelle: «Trendmonitor Deutschland», Nordlight Research. Ausgabe: Q3 / 2018 - Dezember 2018. Gesamtstichprobe: 1.015 Privatpersonen ab 18 Jahren in deutschen Haushalten mit Internetanschluss.

Abb. 5: Akzeptanz von CarSharing als Ersatz für das eigen Auto⁸

Auch wenn stationsunabhängiges sog. „Freefloating“ CarSharing aktuell eine noch negative Wirkung hat, da durch diese Form des CarSharings der Fahrzeugbestand aktuell noch ansteigt⁹, ist in Kombination mit autonomer Mobilität mit einer starken Reduktion des gesamten Fahrzeugbestandes zu rechnen. So kommt die Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft PricewaterhouseCoopers GmbH (PwC) in ihrer Studie „eascy – die fünf Dimensionen der automobilen Transformation“ 2017 zu dem Schluss, dass sich der europäische Automobilmarkt 2030 in einem radikalen Wandel befinden wird. Aufgrund neuartiger Sharing-Konzepte in Verbindung mit autonomer Mobilität könnte der Fahrzeuggesamtbestand in Europa im Zeitraum von 2024 bis 2030 um 80 Millionen Fahrzeuge auf 200 Millionen sinken. D.h. innerhalb von sechs Jahren würde der Gesamtfahrzeugbestand um 29 % abnehmen.

⁸ Quelle: Nordlight Research in <https://intellicar.de/service/trendstudie-car-sharing-sharing-economy/>

⁹ <https://www.carsharing.de/presse/pressemitteilungen/carsharing-ist-nicht-gleich-carsharing>

Der wesentliche Effekt, der für das disruptive Wachstum von CarSharing verantwortlich und notwendig sein wird, ist eine autonome Verteilung und Zubringung von Fahrzeugen zum Nutzer mit niedrigen Geschwindigkeiten (bis max. 50 km/h) sog. Autonomes „Freefloating“ CarSharing.

Dieser Effekt macht CarSharing für jedermann zu jeder Zeit an dem Ort verfügbar, an dem ein Fahrzeug benötigt wird, indem dieses einfach über das Smartphone bestellt wird. Das Fahrzeug muss nicht geparkt werden und fährt sich selbst zum nächsten Kunden oder zum Laden bzw. Parken. Vorbehalte gegenüber autonomem Fahren spielen keine Rolle, da die eigentliche Fahrt noch durch einen Fahrer erfolgen kann. Der autonome Betrieb ist dafür nicht zwingend notwendig. Durch die autonome Verteilung kann eine maximale Auslastung der Fahrzeuge sichergestellt werden, sodass derartige Angebote skalierbar und sowohl für Betreiber als auch für Nutzer wirtschaftlich attraktiv sind. Damit können CarSharing-Fahrzeuge sowohl in städtischen als auch in ländlichen Räumen eingesetzt werden.

Technisch ist autonomes Fahren schon heute möglich, insbesondere wenn es mit niedrigen Geschwindigkeiten stattfindet¹⁰. Es gibt aber noch rechtliche Hürden, für deren Abbau das Verkehrsministerium (BMVI) jedoch im Frühjahr 2019 einen Gesetzentwurf vorlegen will, damit autonomes Fahren auch auf deutschen Straßen möglich wird.¹¹ Darüber hinaus wird erwartet, dass auch Fahrzeuge, die sich noch im Eigentum von Unternehmen und Privatpersonen befinden, durch die oben beschriebenen Wirkmechanismen des autonomen Fahrens, eine Mehrfachnutzung innerhalb von Familien, privaten Nutzergruppen, Unternehmen oder sogar übergreifend haben werden, wodurch der Bedarf an Fahrzeugen zusätzlich sinkt.

¹⁰ Linkamp, Markus in Status-Elektromobilität-2018 https://www.researchgate.net/publication/323486141_Status-Elektromobilität-2018-HL; S.49

¹¹ <https://www.morgenpost.de/politik/article215941461/Andreas-Scheuer-Gesetz-fuer-autonomes-Fahren-kommt-2019.html>

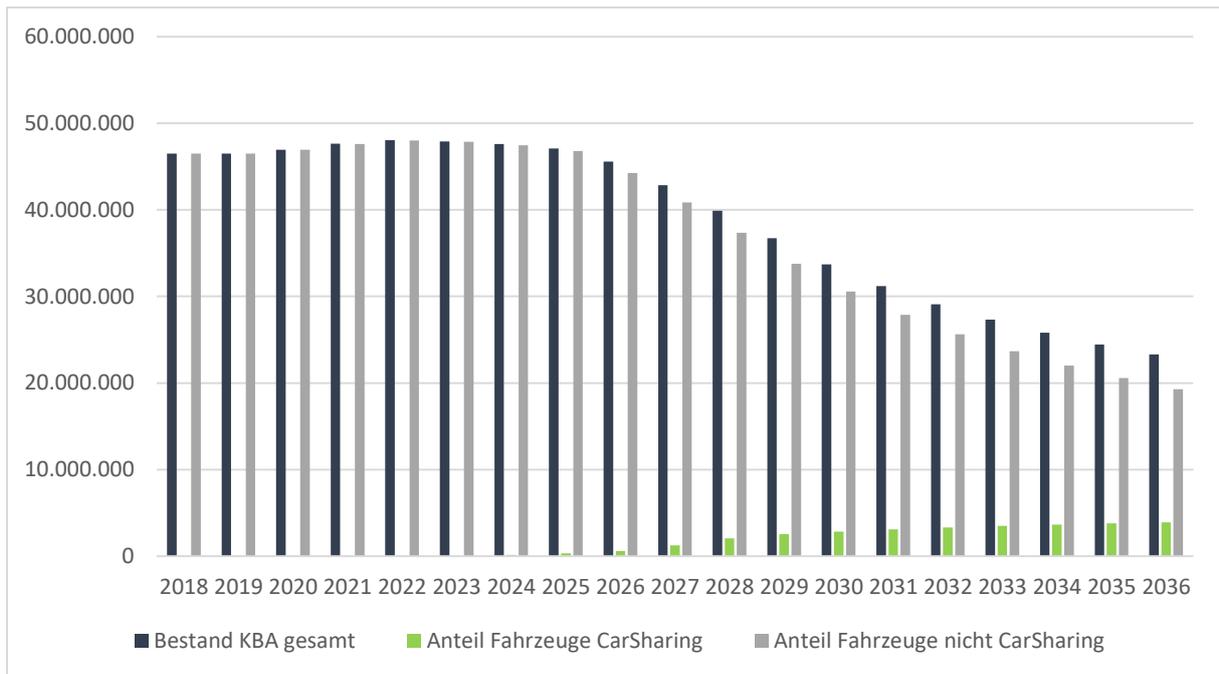


Abb. 6: Entwicklung Gesamtbestand PKW

Die rückläufige Entwicklung beim Fahrzeugbestand durch Sharing-Konzepte bedeutet nicht, dass die Zahl der zurückgelegten Wege und Länge der Wegstrecken schrumpfen wird. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass durch sehr kostengünstige und einfach zu nutzende Angebote bei gleichzeitig steigenden Mobilitätsbedürfnissen der Bevölkerung mehr Kilometer als heute zurückgelegt werden. Gemäß der PwC Studie werden die zurückgelegten Personenkilometer bis 2030 in Europa um 23 % steigen. Aufgrund der intensiven und gewerblichen Nutzung kann angenommen werden, dass das durchschnittliche Alter der Fahrzeuge gerade beim CarSharing mit vier Jahren deutlich unter dem von nicht CarSharing-Fahrzeugen liegen wird. Aber auch bei den nicht CarSharing-Fahrzeugen wird in der Zeit des Technologiewechsels und -wandels zwischen 2021 und 2035 erwartet, dass die noch vorhandenen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor deutlich früher einer Zweitverwertung, d.h. einem Gebrauchtwagenmarkt außerhalb von Deutschland zugeführt werden. Damit sinkt das durchschnittliche Fahrzeugalter, bezogen auf die Nutzung innerhalb von Deutschland (Zulassung in Deutschland). Diese beiden Effekte führen dazu, dass die Zahl der jährlichen Neuzulassungen bis 2030 um ein Drittel auf mehr als 24 Millionen Autos stei-

gen könnte ¹², was wiederum zu einer Beschleunigung der Umstellung auf Elektromobilität und zum Wechsel auf CarSharing führen wird.

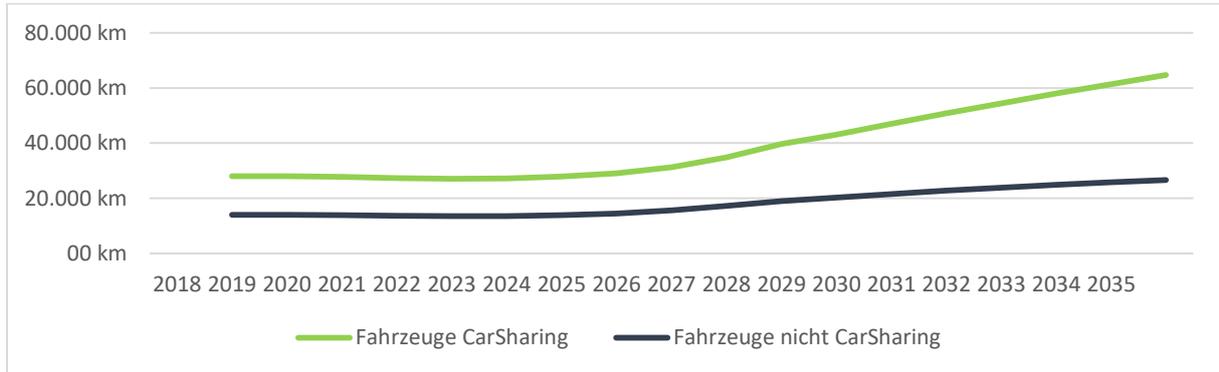


Abb. 7: Durchschnittliche Fahrleistung p.A.

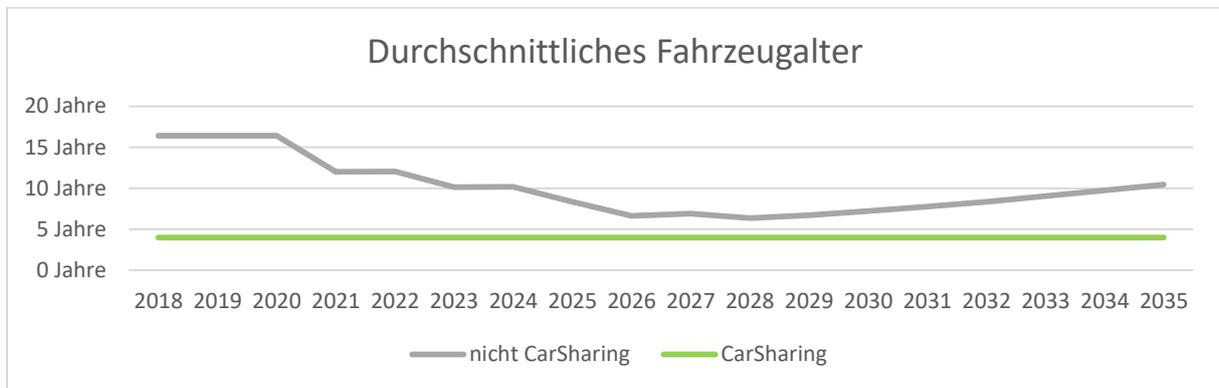


Abb. 8: Durchschnittliches Fahrzeugalter

¹² PricewaterhouseCoopers GmbH 2017: „eascy – die fünf Dimensionen der automobilen Transformation“
https://www.pwc.de/de/automobilindustrie/pwc_automotive_eascy-studie.pdf
<https://www.pwc.de/de/pressemitteilungen/2017/2030-braucht-der-verkehr-in-europa-80-millionen-weniger-autos-als-heute.html>

4.1.3 Entwicklung der Zulassungen von Elektrofahrzeugen 2008 – 2018

Im Zeitraum von 2009 bis 2018 zeigt sich bei den Zulassungszahlen für Elektrofahrzeuge ein exponentielles Wachstum mit einem Exponentialfaktor im Median von 1,8.

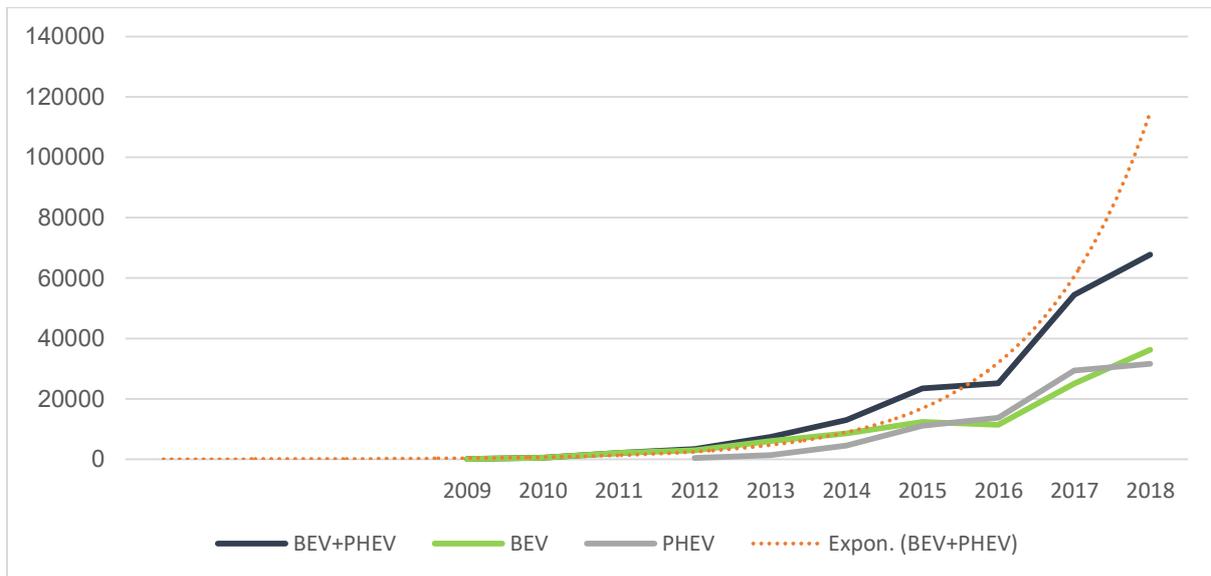


Abb. 9: Entwicklung Zulassungen Elektrofahrzeuge 2009 – 2018 ¹³

4.1.4 Prognose zur allgemeinen Entwicklung des Bestands von Elektrofahrzeugen nach 2018

Wie bereits dargestellt, wird ab 2020/2021 ein signifikanter Umschwung beim Angebot für Elektrofahrzeuge, insbesondere in Bezug auf die deutschen Markenhersteller, erwartet.

Um die Entwicklung des Markthochlaufs ab 2020 zu prognostizieren, wurden für die Entwicklung der dargestellten Szenarien unterschiedliche Quellen ausgewertet, die nachfolgend dargestellt werden. Da sich die Entwicklung seit 2016/17 durch einen grundlegenden Strategiewechsel der deutschen Automobilindustrie, ausgelöst durch den Dieselskandal in Kombination mit der NO_x-Thematik, sowie einem deutlich aufwachsenden asiatischen Angebot, auszeichnet, wurden nur Quellen berücksichtigt, die nach 2016 entstanden sind. Quellen, die vor 2015 veröffentlicht wurden, berücksichtigen diese beinahe disruptive Entwicklung überwiegend noch nicht. Aufgrund

¹³ Quelle: Eigene Darstellung / Daten KBA

dieser Voraussetzung konnte nur eine begrenzte Auswahl von Untersuchungen genutzt werden.

ING Bank - Breakthrough of electric vehicle threatens European car industry¹⁴

Die Untersuchung der ING Bank aus dem Jahr 2017 betrachtet die Auswirkungen des Markthochlaufs auf die europäische Automobilindustrie und prognostiziert eine überwiegend lineare Entwicklung. Sie geht davon aus, dass im Jahr 2025 20 % aller Neuzulassungen in Europa batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) sein werden. Ab 2035 wird eine Neuzulassungsquote für BEV von 100 % erwartet.

PwC - eascy - die fünf Dimensionen der automobilen Transformation¹⁵

Die bereits erwähnte Untersuchung aus dem Jahr 2017 beschäftigt sich, ähnlich wie die Untersuchung der ING Bank, mit den Auswirkungen des Markthochlaufs von Elektromobilität in Verbindung mit einem grundlegenden Paradigmenwechsel in der Personenmobilität. Sie kommt zu der Annahme, dass 2030 55 % aller Neuzulassungen einen Elektroantrieb haben. Hierbei wird nicht zwischen BEV und PHEV unterschieden.

Wuppertal Instituts - Aus für Benzin- und Dieselfahrzeuge ab 2030¹⁶

Die Darstellung zeigt die Auswirkungen des Pariser Klimaschutzabkommens auf. Gemäß der dort vereinbarten Ziele und infolge der Forderung des Bundesrats sollen ab 2030 EU-weit nur noch emissionsfreie PKW zugelassen werden.

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) - Fortschrittsbericht 2018

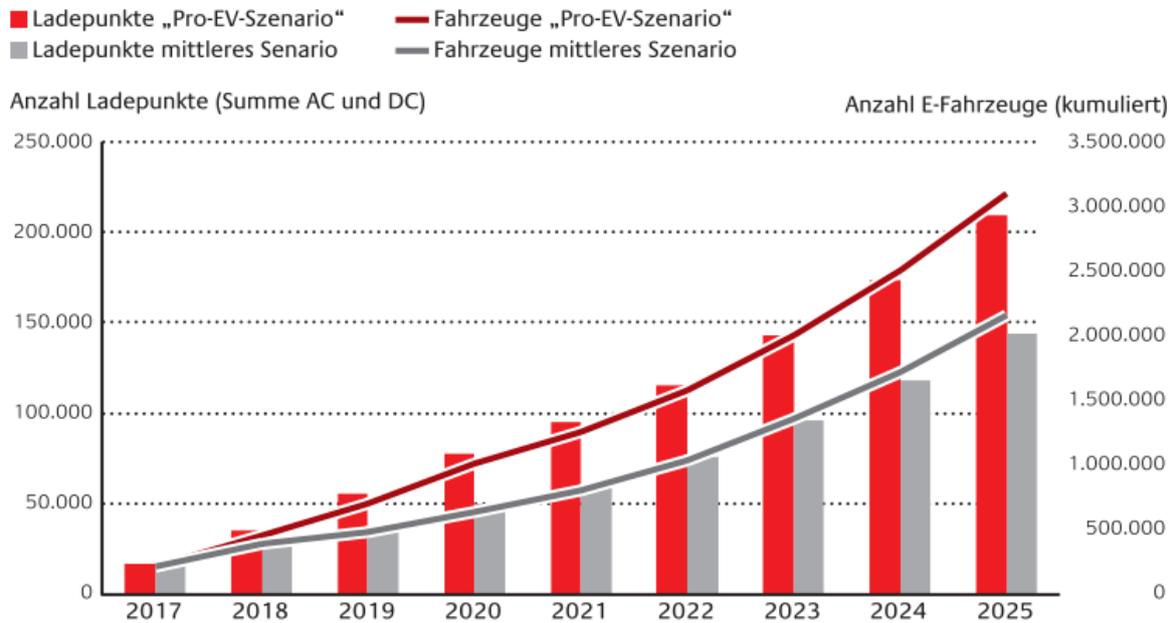
Die Prognose für den weiteren Markthochlauf bis 2025 gründet auf der aktuellen Marktentwicklung, einem angenommenen PKW-Marktanteil zwischen 15 und 25 Prozent (im Jahr 2025) und der darauf basierenden Fortschreibung des NPE-Hochlaufmodells mit einem konservativen und einem optimistischen Verlauf. Davon ausgehend wird erwartet, dass im Jahr 2025 die kumulierten Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen, je nach Szenario, auf zwischen 1,7 und 3,1 Millionen Fahrzeuge

¹⁴ https://www.ing.nl/media/ing_ebz_breakthrough-of-electric-vehicle-threatens-european-car-industry_tcm162-128687.pdf

¹⁵ https://www.pwc.de/de/automobilindustrie/pwc_automotive_eascy-studie.pdf

¹⁶ https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6594/file/6594_Schneidewind.pdf

ansteigen; dies würde einem Marktanteil zwischen 4 und 6,5 Prozent entsprechen. Bis 2030 kann sich die Zahl auf etwa 4,2 bis 7 Millionen Elektrofahrzeuge bei einem Marktanteil von 10 bis 15 Prozent erhöhen.¹⁷



Bis 2025 ergibt sich ein Bedarf von 145 Tsd. bis 210 Tsd. Ladepunkten im öffentlichen Bereich und von 2,4 bis 3,5 Mio. Ladepunkten im privaten Bereich.

Abb. 10: Markthochlauf E-Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur¹⁸

Aussagen in der Presse

1. Rupert Stadler, Vorstand Audi AG, in Automobilwoche (Mai 2018)

„Audi will im Jahr 2025 ein Drittel seiner Fahrzeuge mit Elektromotor verkaufen. Vorstandschef Rupert Stadler gibt das Ziel von 800.000 Autos vor - und will Daimler und BMW abhängen.“¹⁹

2. TU München, Prof. Lienkamp, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, in ADAC Motorwelt (Mai 2018)

¹⁷ http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_Fortschrittsbericht_2018_barrierefrei.pdf

¹⁸ http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_Fortschrittsbericht_2018_barrierefrei.pdf

¹⁹ <https://www.automobilwoche.de/article/20180509/AGENTURMELDUNGEN/305089887/1276/stadler-will-audi-zur-nummer-eins-machen-audi-peilt-fuer-rund-e-auto-verkaeufe-an>

„Schon im Jahr 2025 werden 30 Prozent der Neuwagen Elektroautos...sein.“²⁰

3. Andreas Haffner, Personalvorstand Porsche AG, in Handelsblatt (August 2018)

„Ich schätze, dass ab dem Jahr 2025 mehr Autos mit Elektroantrieb als mit Verbrennungsmotor auf deutschen Straßen zugelassen werden.“²¹

4. Jochen Hermann, Entwicklungsleiter für Elektromobilität Daimler AG, in Automobilwoche (April 2018)

„Wir rechnen für 2025 mit einem Anteil von 15 bis 25 Prozent rein elektrischer Fahrzeuge. Dann sollte klar sein, dass der Antriebsstrang eines Elektrofahrzeugs bei der Marge auf einem Niveau mit dem Verbrennungsmotor ist.“²²

5. Dr. Richard Randoll, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, in spiegel-online (September 2017)

"2026 kommt das Aus für den Verbrennungsmotor.“²³

4.2 Szenarien zur allgemeinen Bestandsentwicklung von Elektromobilität

4.2.1 Grundannahmen für alle Szenarien

Aufbauend auf den Annahmen der PwC Studie „eascy“ wird für die nachfolgend dargestellten Szenarien davon ausgegangen, dass sich der Gesamtbestand von PKW in Deutschland bis 2030 um rd. 25 bis 30 % und bis 2035 um 42 bis 49 % reduzieren wird. Gleichzeitig wird der Anteil von CarSharing-Fahrzeugen bis 2035 auf rd. 23-29% ansteigen.

²⁰ <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/interview-e-mobilitaet-professor-lienkamp/>

²¹ <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/beruf-und-buero/chef-zu-gewinnen/andreas-haffner-personalvorstand-bei-porsche-das-auto-wird-immer-mehr-zum-rollenden-smartphone/22727784.html?ticket=ST-6745215-dtjhneS5v2adflCbFFb-ap4>

²² <https://www.automobilwoche.de/article/20180428/BCONLINE/180429925/exklusiv---daimler-entwicklungschef-hermann-e-autos--so-profitabel-wie-verbrenner>

²³ <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/elektromobilitaet-der-durchbruch-kommt-2022-a-1166688.html>

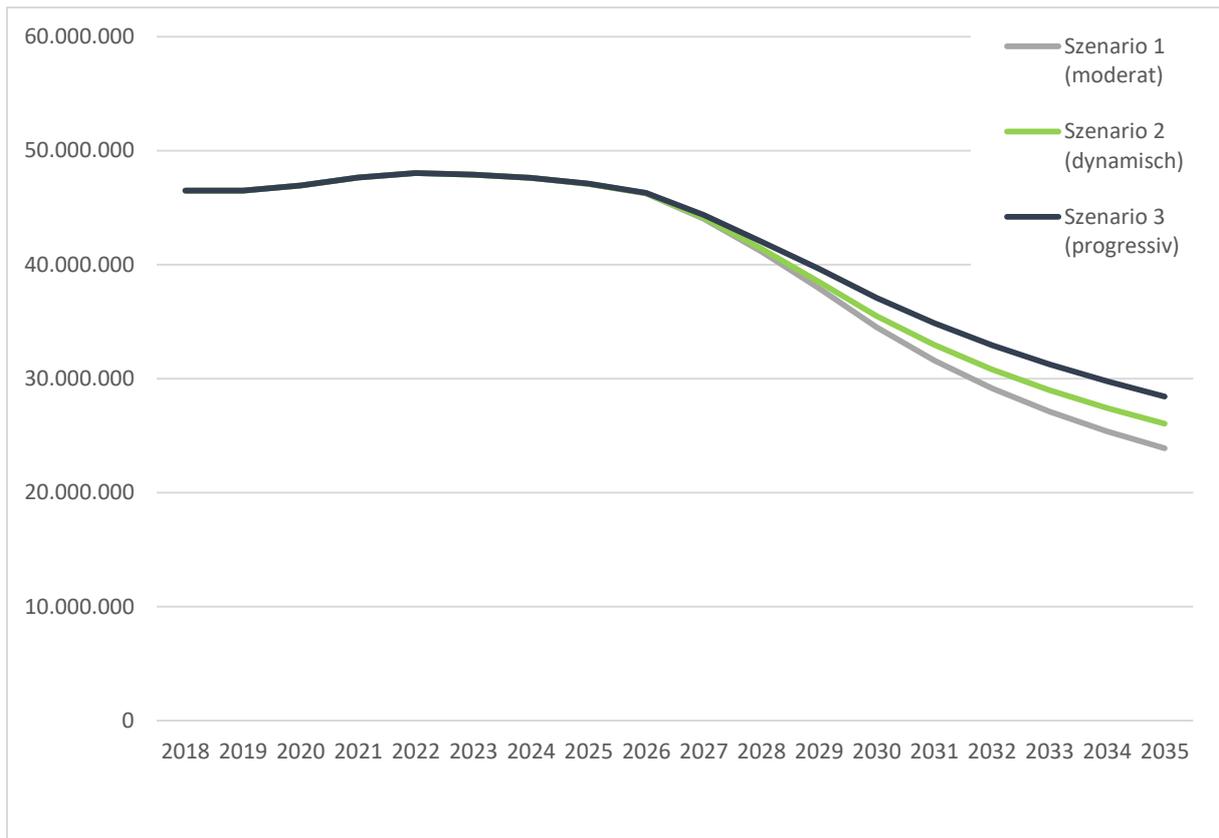


Abb. 11: Antizipierte Entwicklung Gesamtfahrzeugbestand in Deutschland

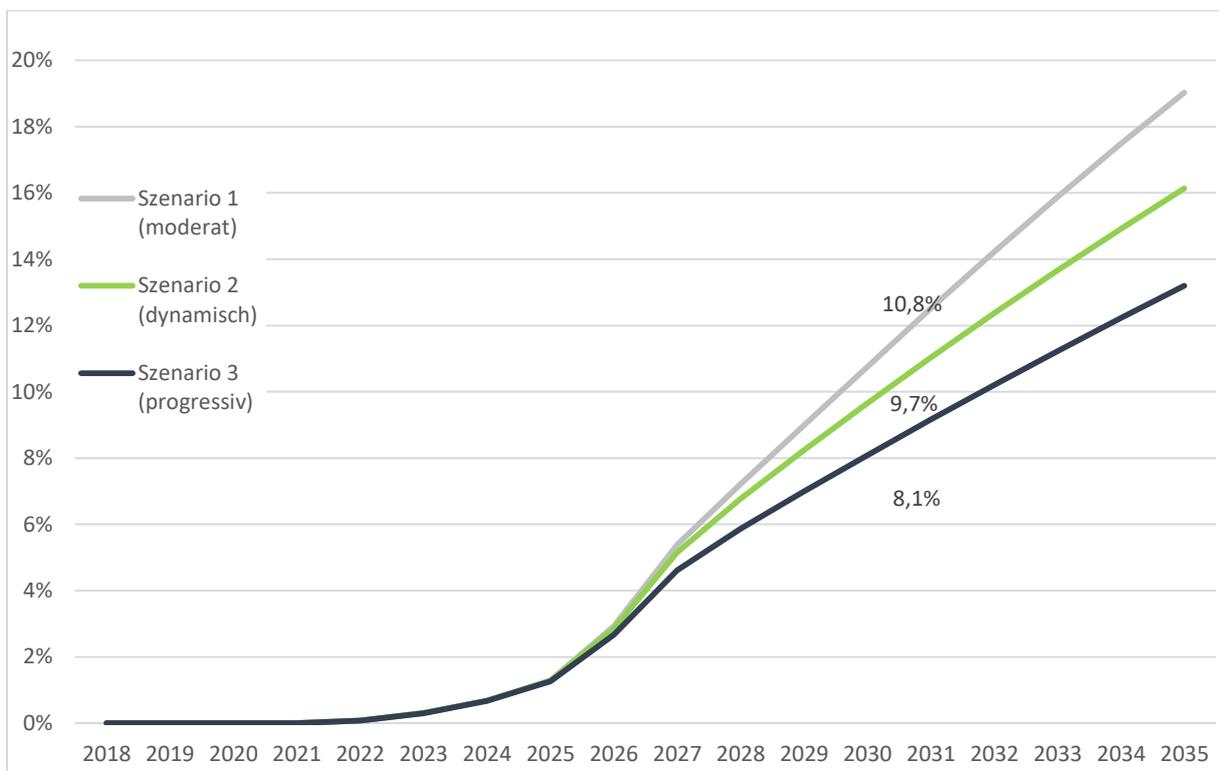


Abb. 12: Entwicklung Anteil E-Fahrzeuge CarSharing am Gesamtbestand PKW

Darüber hinaus, gehen alle drei Szenarien von einem exponentiellen Wachstum bei der Neuzulassung von Elektrofahrzeugen aus.

4.2.2 Szenario 1 (moderat)

Aufbauend auf den Studien der ING Bank und PwC sowie des Fortschrittsberichts 2018 der NPE wird angenommen, dass 2025 rd. 15 % der neu zugelassenen Fahrzeuge einen Elektroantrieb haben. Der Bestand der Elektrofahrzeuge liegt in diesem Jahr in Deutschland bei rd. 2,8 Mio. Fahrzeugen, was 6 % des Gesamtbestandes entspricht. Für die Stadt Castrop-Rauxel liegt der Bestand der Elektrofahrzeuge bei rd. 4.400 Fahrzeugen. Der Exponentialfaktor für dieses Szenario liegt bei 1,25. Der maximale Anteil von Elektrofahrzeugen (BEV und PHEV) am Gesamtfahrzeugbestand liegt bei 80 %.

4.2.3 Szenario 2 (dynamisch)

Aufbauend auf den Presseinformationen 1-4, der Darstellung des Wuppertalinstituts sowie des Fortschrittsberichts 2018 der NPE wird angenommen, dass 2025 rd. 27 % der neu zugelassenen Fahrzeuge einen Elektroantrieb haben. Der Bestand Elektrofahrzeuge liegt in diesem Jahr in Deutschland bei rd. 3,9 Mio. Fahrzeugen, was 8,3 % des Gesamtbestandes entspricht. Für alle vier Städte liegt der Bestand der Elektrofahrzeuge bei rd. 6.100 Fahrzeugen. Der Exponentialfaktor für dieses Szenario liegt bei 1,4. Der maximale Anteil von Elektrofahrzeugen (BEV und PHEV) am Gesamtfahrzeugbestand liegt bei 90 %.

4.2.4 Szenario 3 (progressiv)

Aufbauend auf den Berechnungen von Dr. Richard Randoll (Presseinformationen 5) wird angenommen, dass 2025 rd. 71 % der neu zugelassenen Fahrzeuge einen Elektroantrieb haben. Der Bestand Elektrofahrzeuge liegt in diesem Jahr in Deutschland bei rd. 7,1 Mio. Fahrzeugen, was 15,3 % des Gesamtbestandes entspricht. Für das Untersuchungsgebiet liegt der Bestand von Elektrofahrzeugen bei rd. 11.300. Der Exponentialfaktor für dieses Szenario liegt bei 1,7. Der maximale Anteil von Elektrofahrzeugen (BEV und PHEV) am Gesamtfahrzeugbestand liegt bei 95 %.

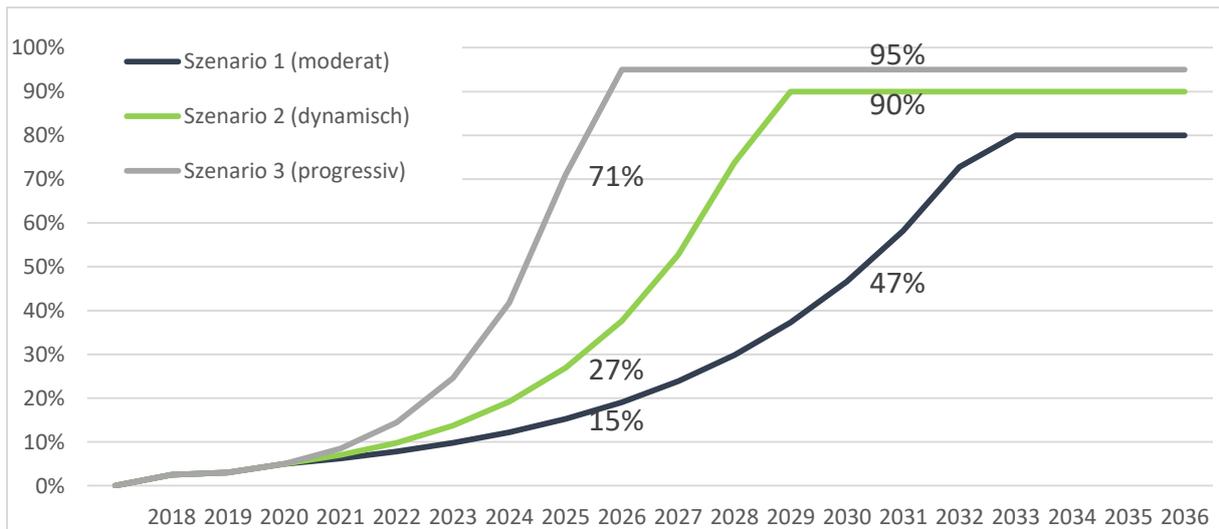


Abb. 13: Entwicklung der Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen

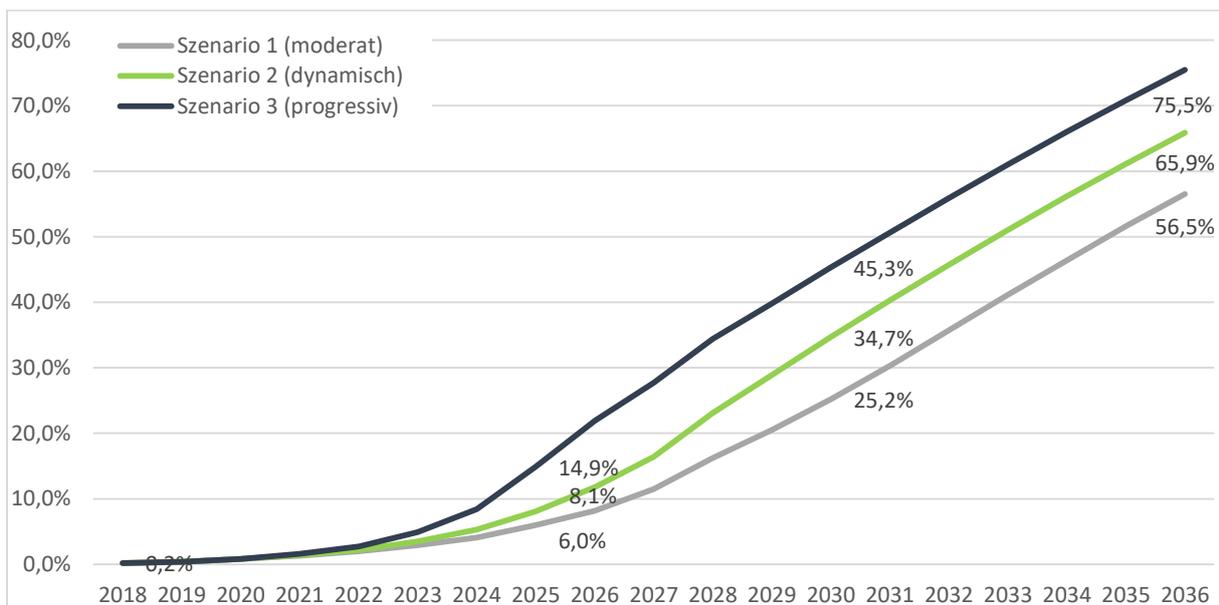


Abb. 14: Entwicklung der Anteile von Elektrofahrzeugen am Gesamtfahrzeugbestand (EV-Quote)

4.3 Räumliche Verteilung von Elektrofahrzeugen

Auf Grundlage der grundsätzlichen Frage, wann es wie viele Elektrofahrzeuge geben wird, ist es für den Aufbau der benötigten Ladeinfrastruktur von entscheidender Bedeutung, wo, wann und wie viele Elektrofahrzeuge künftig laden werden.

Ausgehend davon, dass Elektrofahrzeuge dort laden werden, wo sie länger stehen, also an den Wohnorten, bei Unternehmen und an Points of Interest, muss zunächst auf Grundlage der zuvor dargestellten Entwicklung eine Prognose zum Fahrzeugaufwuchs erstellt werden. Das bedeutet, es muss ermittelt werden, wie viele private

Elektrofahrzeuge an Wohnorten zu erwarten sind, wie hoch der Anteil von Dienstwagen mit Elektroantrieb an Unternehmensstandorten sein wird und wie viele Beschäftigte dort ihre Elektrofahrzeuge laden werden. Darüber hinaus muss festgelegt werden, wie mit welchem Anteil von Elektrofahrzeugen an Points of Interest zu rechnen ist, die an diesen Punkten einen Ladebedarf haben.

4.3.1 Elektrofahrzeuge bei privaten Haushalten

Grundlage der Verteilung bilden die Zulassungsdaten für private PKW und Kleintransporter des Kraftfahrzeugbundesamtes (KBA) zum Stichtag 01.01.2018, die quartiersgenau²⁴ und getrennt nach privat und gewerblich zugelassenen Fahrzeugen vorliegen.

Ausgehend vom Kraftfahrzeugbestand zum o.a. Stichtag, erfolgt sowohl eine Hochrechnung des Gesamtfahrzeugbestandes als auch des Anteils von Elektrofahrzeugen für das jeweilige Betrachtungsjahr.

Beispiel Szenario 2 dynamisch 2025:

- Veränderung Gesamtfahrzeugbestand im Vergleich zum Referenzjahr 2018: +6,25%
- Davon Anteil Elektrofahrzeuge: 6,0 %

Die individuelle PKW-Quote je Haushalt²⁵ leitet sich aus der sozialen Struktur des jeweiligen Straßenzugs ab, die auf Grundlage der Kaufkraft ermittelt wurde. Anhand dieser PKW-Quote je Haushalt werden alle in einem Quartier privat zugelassenen PKW und Kleintransporter auf die Haushalte²⁶ im Quartier verteilt.

Die räumliche Verteilung der ermittelten Elektrofahrzeuge erfolgt auf Grundlage der Affinitäten zur Beschaffung von Elektrofahrzeugen des jeweiligen Haushalts. Hierbei werden u.a. Faktoren wie Preissensibilität, Präferenz für Neu- oder Gebrauchtfahrzeuge und Zweitwagenquote zugrunde gelegt, welche, wie zuvor auch schon bei der Ermittlung der individuellen PKW Quote je Haushalt, aus der Kaufkraft abgeleitet

²⁴ Bei Quartieren handelt es sich um ursprünglich aus Stimmbezirken gebildete Gebietseinheiten mit durchschnittlich 400 Haushalten, welche größtmögliche Homogenität aufweisen.
<https://www.nexiga.com/geomarketing-blog/mein-wohnquartier-meine-nachbarschaft/>

²⁵ Anteil von Kfz je Haushalt.

²⁶ <https://www.nexiga.com/produkte/localdata/geodaten>

werden. Darüber hinaus wird im Besonderen auch die Verfügbarkeit eines Stellplatzes als wesentliches Kriterium einbezogen.

4.3.2 Elektrofahrzeuge bei Unternehmen Dienstfahrzeuge

Die Ermittlung der Zahlen von Dienstfahrzeugen mit Elektroantrieb basiert auf einer vergleichbaren Methodik, wie sie zuvor für die privaten Haushalten angewandt wurde.

Grundlage bilden hier die gewerblich zugelassenen Fahrzeuge je Quartier, die auf die im Quartier liegenden Unternehmen verteilt werden. Analog zur Haushaltsgröße und zu der Kaufkraft, werden hierbei die Zahl der Mitarbeiter sowie die Spezifika des jeweiligen Wirtschaftszweigs (WZ08)²⁷ verwendet.

Auch hier erfolgt ausgehend vom Kraftfahrzeugbestand zum Stichtag 31.12.2017, basierend auf den Werten des jeweiligen Szenarios zunächst eine Hochrechnung des Gesamtfahrzeugbestandes und in der Folge des Anteils von Elektrofahrzeugen für das jeweilige Betrachtungsjahr.

Fahrzeuge von Beschäftigten

Der Prognose für die Elektrofahrzeuge von Beschäftigten liegt neben der Beschäftigtenzahl insbesondere der Anteil der Beschäftigten, die mit dem Kfz zum Unternehmen kommen (Modal Split), zugrunde.

Der Modal Split leitet sich aus dem Sinus-Milieu Profil des jeweiligen Wirtschaftszweiges²⁸ ab, welches wiederum auf den Daten des Sinus-Instituts sowie den Ergebnissen des BMVI „Fahrradmonitors 2017“²⁹ basiert.

Darüber hinaus wird für die Ermittlung des Modal Splits die individuelle Lage des Unternehmens (Zentralität: Lage zum ÖPNV) berücksichtigt.

²⁷ https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/klassifikationwz2008_erl.pdf?__blob=publicationFile

²⁸ Datenquelle: <https://www.sinus-institut.de>

²⁹ https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/fahrradmonitor-2017-ergebnisse.pdf?__blob=publicationFile

Wie schon zuvor, erfolgt auch hier ausgehend vom Kraftfahrzeugbestand zum Stichtag 31.12.2017 eine Hochrechnung des Gesamtfahrzeugbestandes und in der Folge die Ermittlung des Anteils von Elektrofahrzeugen für das jeweilige Betrachtungsjahr und Szenario.

4.3.3 Elektrofahrzeuge an Points of Interest

Die Ermittlung der erwarteten Elektrofahrzeuge an Points of Interest basiert auf den Parametern

- durchschnittliche Zahl der Besucher pro Tag/Nacht
- Anteil des PKW am Modal Split

Diese Parameter werden entweder über eine grundsätzliche Typisierung von Points of Interest definiert (z.B. Supermarkt, Baumarkt, Mall, Gericht, Verwaltung etc.) bzw. in Abstimmung mit lokalen Akteuren spezifisch für den jeweiligen Point of Interest festgelegt.

Aus der Zahl der Besucher wird in Kombination mit dem Modal Split die grundsätzliche Fahrzeugzahl pro Tag für diesen Point of Interest ermittelt.

Bei Points of Interest, deren Parameter über die grundsätzliche Typisierung festgelegt werden, wird, wie auch schon bei der Prognose für die Elektrofahrzeuge von Beschäftigten, bei der Ermittlung des Modal Splits die individuelle Lage des Point of Interest (Zentralität: Lage zum ÖPNV) berücksichtigt.

Wie bei allen Berechnungen zuvor, erfolgt die Berechnung des Anteils von Elektrofahrzeugen für das jeweilige Betrachtungsjahr und Szenario.

4.4 Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs

4.4.1 Ladepunkte für Elektrofahrzeuge bei privaten Haushalten

Die Ermittlung sowohl der Zahl von Ladevorgängen als auch deren Dauer und die geladene Strommenge erfolgt grundsätzlich auf Basis der nachfolgenden Parameter für alle Elektrofahrzeuge an privaten Haushalten:

- durchschnittliche Jahresfahrleistung je Kfz
- durchschnittliche Reichweite je Kfz
- durchschnittlicher Verbrauch je 100 km
- Ladeverhalten (Nachladen bei einem bestimmten Akkustand)

Über die Parameter lässt sich die Häufigkeit errechnen, wie oft ein Fahrzeug geladen werden muss.

Beispiel:

Fahrleistung pro Tag:	40 km
durchschnittliche Reichweite:	150 km
durchschnittlicher Verbrauch:	0,17 kWh/km
Ladeverhalten:	Nachladen bei 40% Akkustand
<u>Ergebnis:</u>	
Ladevorgänge pro Woche:	3,1
Anteilige Ladevorgänge pro Tag:	0,44
Aufnahme pro Ladevorgang:	15,3 kW
Anteilige Aufnahme pro Tag:	6,8 kW

Ladepunkte für Elektrofahrzeuge bei privaten Haushalten mit eigenem Stellplatz

Bei Haushalten mit eigenem Stellplatz liegt die Wahrscheinlichkeit, das Fahrzeug zu laden, bei nahezu 100%, da die meisten Personen ihr Fahrzeug unabhängig vom Akkustand, analog zum heutigen Umgang mit Smartphones, abends zum Laden anschließen werden.

Selbst bei einem Ladebedarf von 20 kWh (ca. 120 km) ist es bei einer Leistung von 3,6 kW und 80 % Wirkungsgrad möglich, den Akku in rd. sieben Stunden weitestgehend nachzuladen.

Aus diesem Grund wird einem Haushalt mit Elektrofahrzeug und einem eigenen Stellplatz, unabhängig vom Bedarf, ein Ladepunkt zugeordnet.

Ladepunkte für Elektrofahrzeuge bei privaten Haushalten ohne eigenen Stellplatz

Bei Haushalten, die keinen eigenen Stellplatz besitzen bzw. nutzen können, ist die Wahrscheinlichkeit, das Auto täglich zum Laden anzuschließen, deutlich geringer, da ein Ladevorgang mit deutlich mehr Aufwand und Kosten verbunden ist. Deshalb wird in der Regel nur geladen, wenn tatsächlich geladen werden muss.

Die Berechnung der Zahl von Ladepunkten erfolgt daher auf Grundlage der ermittelten gleichzeitig stattfindenden Ladevorgängen und deren Dauer.

Durchschnittliche Standzeit

Über die durchschnittliche Standzeit am Ladepunkt wird ermittelt, wie lange das Fahrzeug den Ladepunkt faktisch belegt. Denn die Zeit, in der das Fahrzeug geladen wird, entspricht in der Regel nicht der Zeit, in der ein Ladepunkt belegt ist. Bei einer durchschnittlichen Standzeit von z.B. 8 Stunden am Wohnort kann ein Ladepunkt mit einer maximalen Verfügbarkeit von 18 Stunden maximal 2,25 Ladevorgänge aufnehmen.

Für die Ermittlung des Bedarfs an Ladepunkten wird der geringere Wert herangezogen, im o.a. Beispiel somit 2,25 Ladevorgänge aus der durchschnittlichen Standzeit anstelle von 47 Ladevorgängen aus der grundsätzlichen Leistungsfähigkeit des Ladepunkts.

Es wird davon ausgegangen, dass 40 % der Fahrzeuge von privaten Haushalten, die keinen eigenen Stellplatz haben, nicht am Wohnort, also z.B. beim Arbeitgeber oder an P&R Parkplätzen, geladen werden.

4.4.2 Ladepunkte für Elektrofahrzeuge von Beschäftigten bei Unternehmen

Ladepunkte für Elektrofahrzeuge von Beschäftigten

Die Ermittlung der Ladevorgänge erfolgt grundsätzlich nach der gleichen Systematik wie bei den privaten Haushalten.

Abweichend wird hier jedoch die Fahrleistung pro Tag nicht über die durchschnittliche Jahresfahrleistung je Kfz abgeleitet, sondern ermittelt aus den Pendlerdistanzen/Einzugsgebieten der Beschäftigten und einer Ladewahrscheinlichkeit bezogen auf die Einzugsgebiete.

Die Berechnung der Ladepunkte erfolgt ebenfalls grundsätzlich nach der o.a. Systematik, wobei auf Grundlage der Wirtschaftsbereiche mögliche Einflüsse durch Arbeitsschichten berücksichtigt werden.

Ladepunkte für Dienstfahrzeuge

Die Ermittlung der Ladevorgänge erfolgt auch hier grundsätzlich nach der gleichen Systematik wie bei den privaten Haushalten.

Die Fahrleistung pro Tag wird über die durchschnittliche Jahresfahrleistung je Kfz, abhängig vom jeweiligen Wirtschaftsbereich, ermittelt.

Abweichend von der bisherigen Ermittlungssystematik, entspricht die Zahl der benötigten Ladepunkte der ermittelten Zahl an Ladevorgängen pro Tag. D.h., wenn bei

zehn Fahrzeugen täglich fünf Ladevorgänge stattfinden, werden fünf Ladepunkte benötigt.

4.4.3 Ladepunkte für Elektrofahrzeuge an Points of Interest

Die Ermittlung der Zahl der Ladevorgänge an Points of Interest folgt einer anderen Systematik als der, die bei privaten Haushalten und Unternehmen angewandt wird.

Die Ableitung erfolgt aus

- der Zahl der Besucher mit Elektrofahrzeugen nach Einzugsgebieten (< 10 km, < 30 km, < 50 km, > 50 km)
- dem Anteil der Fahrzeuge nach Reichweitenklasse (bis 80 km, 150 km, 250 km oder über 250 km)
- der Ladewahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Einzugsgebiet und Aufenthaltsdauer

Mit der Ladewahrscheinlichkeit wird auf Grundlage der Aufenthaltsdauer berücksichtigt, dass Elektrofahrzeuge erst bei einer bestimmten Mindestaufenthaltsdauer an einen Ladepunkt angeschlossen werden, d.h. wer nur wenige Minuten an einem Point of Interest verweilt, wird sich i.d.R. nicht die Mühe machen einen Ladevorgang zu beginnen.

Die Ermittlung der Ladepunkte findet anschließend über die mittlere Aufenthaltsdauer am Point of Interest statt. Halten sich also üblicherweise gleichzeitig drei Fahrzeuge mit Ladebedarf am Point of Interest auf, werden drei Ladepunkte generiert.

4.4.4 Ermittlung und Typisierung von Parkflächen

Ermittlung von Parkflächen

Die Parkflächen des Untersuchungsgebietes bilden die wesentliche Basis der Analyse. Sie werden aus drei verschiedenen Datenquellen zusammengeführt. Aus dem amtlichen Liegenschaftskataster (ALKIS) werden u.a. Garagen der Privathaushalte, Tiefgaragen und Parkflächen extrahiert. OpenStreetMap liefert weitere öffentliche und halböffentliche Parkflächen. Außerdem werden alle dem Auftraggeber verfügbaren Parkflächen in das System integriert. Alle Parkflächen werden um zusätzliche Informationen (Attribute) ergänzt. Hierbei handelt es sich u.a. um die Stellplatzzahl, den Stellplatztyp (Parkplatz, Tiefgarage, Parktasche, Garage) und die Zugangsart (privat, privat (Gewerbe), halböffentlich, öffentlich). Nach Erfassung der Bestandsdaten werden die Flächen ermittelt, die im Anschluss nachbearbeitet bzw. nachkartiert

werden müssen. Je nach Datenlage wird die Nachkartierung durch Auswertung von Luftbildern, weiteren Datenquellen und Befragungen ergänzt. Abschließend werden Ortsbegehungen durchgeführt. Diese Parkflächen werden über den Algorithmus zusammengeführt und zu einem Datensatz verschmolzen.

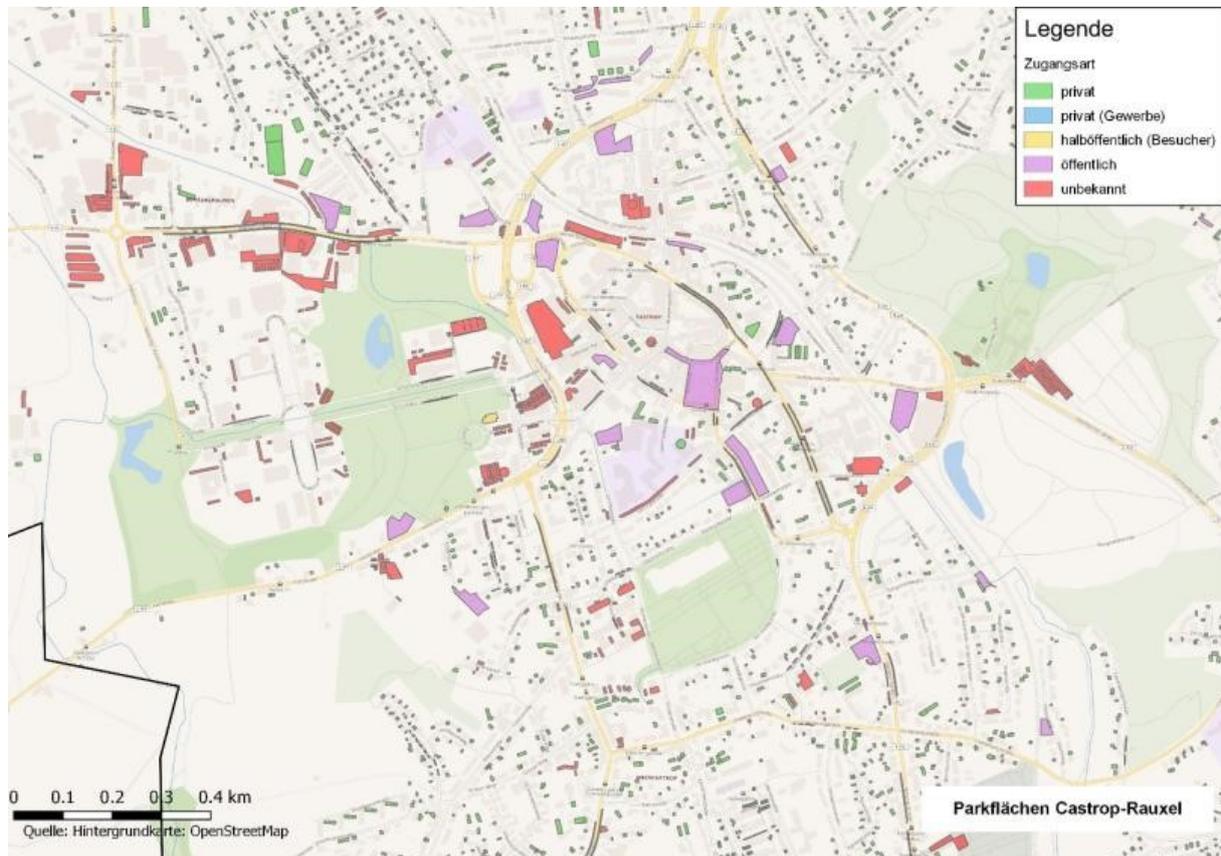


Abb. 15: Parkflächen nach der Zusammenführung aus den Datenquellen

Festlegung von Parktypen

Der Parktyp beschreibt die Art der Stellflächen, welchem der PKW eines Haushaltes, eines Gewerbes oder eines Point of Interest zugeordnet wird.

- **privat:** Stellflächen auf privaten Grundstücken, die Wohngebäuden zugeordnet sind und nur von einer definierten Gruppe von Fahrzeugen genutzt werden können (Fahrzeuge von privaten Haushalten)
- **privat (Gewerbe):** Stellflächen auf privaten Grundstücken, die Gewerbebetrieben (Unternehmen) zugeordnet sind und i.d.R. nur von einer definierten Gruppe von Fahrzeugen genutzt werden können (dienstliche Fahrzeuge und Fahrzeuge von Beschäftigten des Gewerbebetriebes)
- **halböffentlich:** Stellflächen auf privaten Grundstücken, die zumindest zeitweise öffentlich zugänglich sind und von Fahrzeugen eines unbestimmten oder nur

nach allgemeinen Merkmalen bestimmbarer Personenkreis tatsächlich befahren werden können (z.B. Parkflächen des Handels, privat bewirtschaftete Parkflächen und -häuser etc.)

- **öffentlich:** Stellflächen auf öffentlichen Grundstücken, die zumindest zeitweise öffentlich zugänglich sind und von Fahrzeugen eines unbestimmten oder nur nach allgemeinen Merkmalen bestimmbarer Personenkreis tatsächlich befahren werden können

Nach der Zusammenführung werden, die den Haushalten zugeordneten PKW auf die im Umkreis verfügbaren Garagen verteilt. Sind die Garagen ausgeschöpft, verteilt der Algorithmus die PKW auf eine Parkfläche, welche in zumutbarer Gehdistanz zum Wohnort liegt und für Privatpersonen ohne Einschränkungen zugänglich ist.

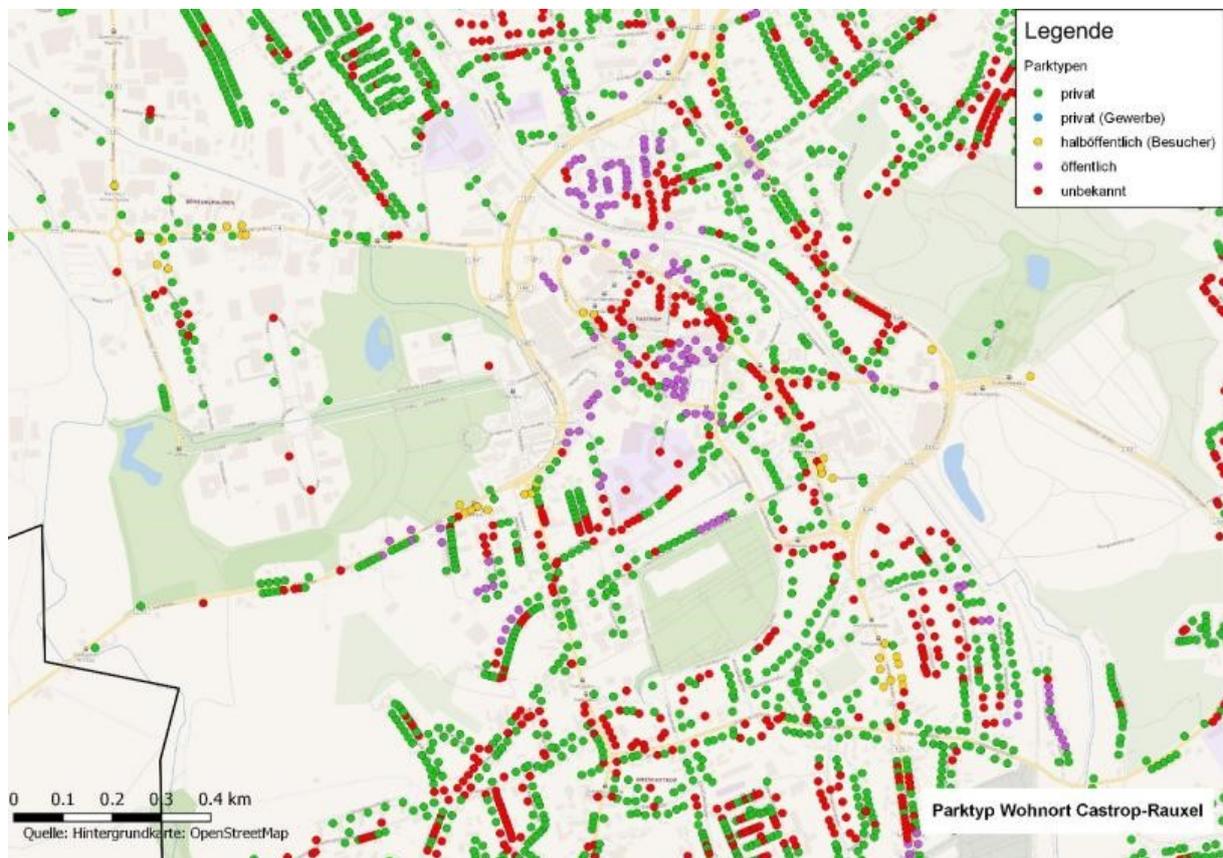


Abb. 16: Parktyp an Wohnorten vor Nachkartierung

Ist der Parkfläche keine Zugangsart zugewiesen, oder sind nicht mehr genügend Stellplätze verfügbar, auf welche die Fahrzeuge der Haushalte verteilt werden können, werden Haushalte, Gewerbe und Points of Interest, welchen die PKW zugeordnet sind, als Haushalte ohne zugeordnete Parkfläche rot markiert.

Durch diesen Schritt ist es möglich, Gebiete zu identifizieren, in welchen mehr PKW als Parkflächen vorhanden sind. Die Datenerfasser können so auf den Luftbildern gezielter nach noch nicht erfassten Parkflächen suchen.

Das Vorgehen ist an Gewerbestandorten und Points of Interest ähnlich. Jedoch können PKW von Gewerbestandorten nur Gewerbeparkflächen und öffentlichen oder halböffentlichen Parkflächen zugeordnet werden, nicht aber privaten Garagen oder Stellplätzen. An Points of Interest können PKW nur öffentlichen und halböffentlichen Parkflächen zugeordnet werden, privaten und gewerblichen Parkflächen jedoch nicht.

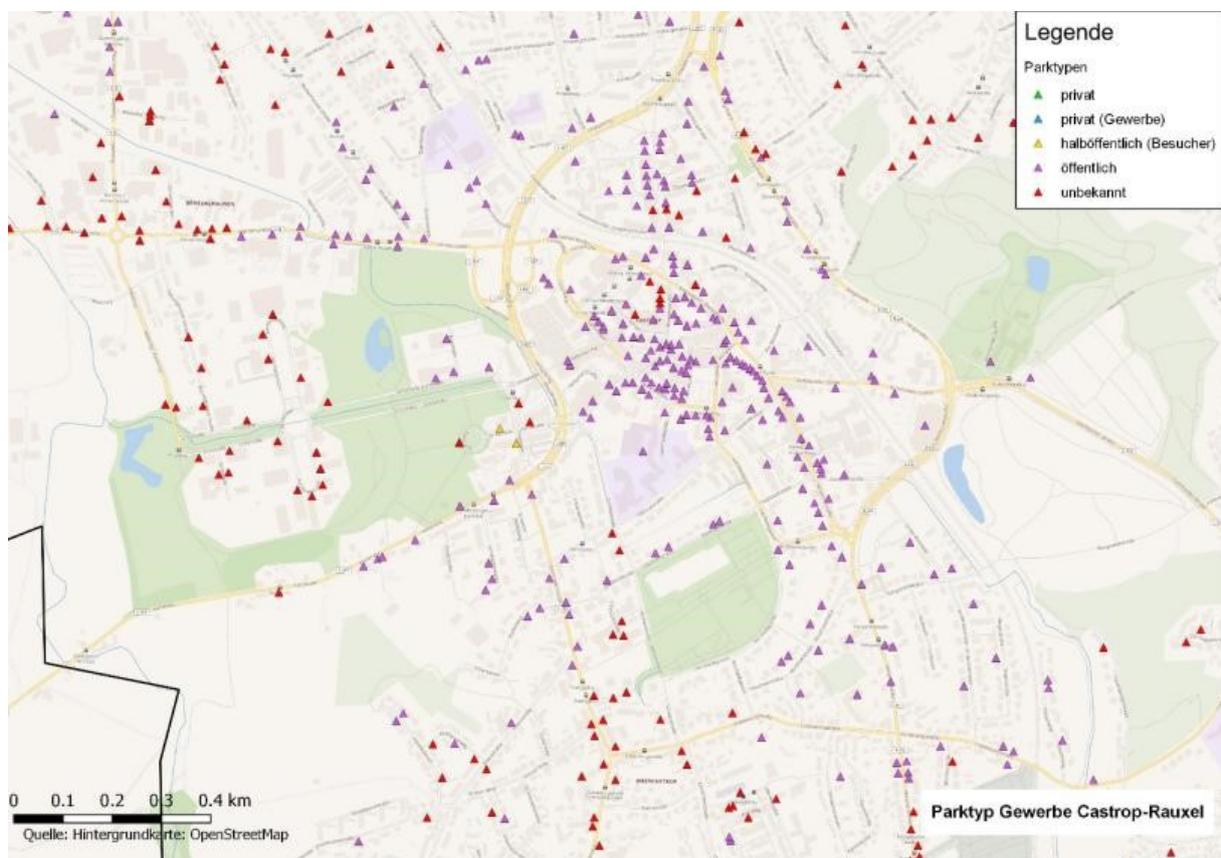


Abb. 17: Parktyp an Gewerben vor Nachkartierung

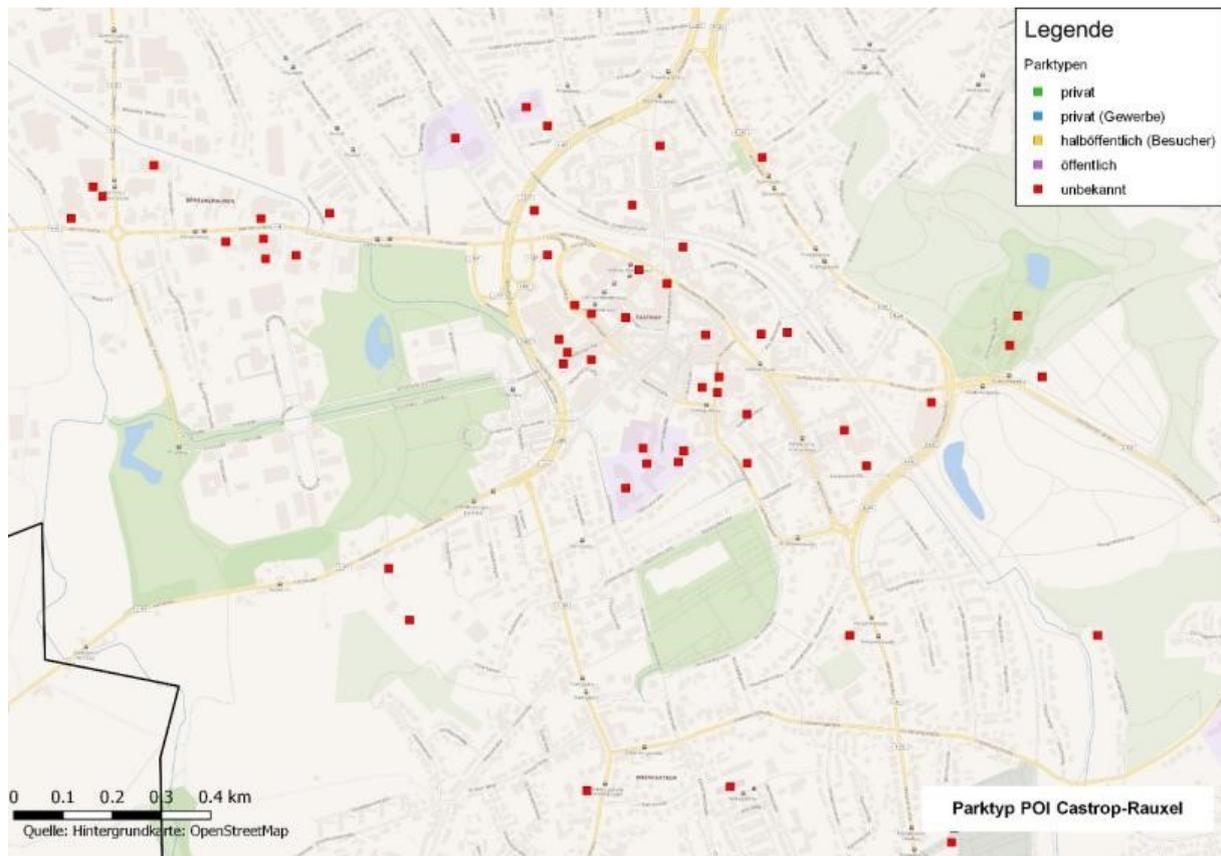


Abb. 18: Parktyp an Points of Interest vor Nachkartierung

Mit Abschluss der Nacherfassung sind alle aus Luftbildern recherchierbaren Parkflächen inklusive der eingetragenen Attribute vorhanden.

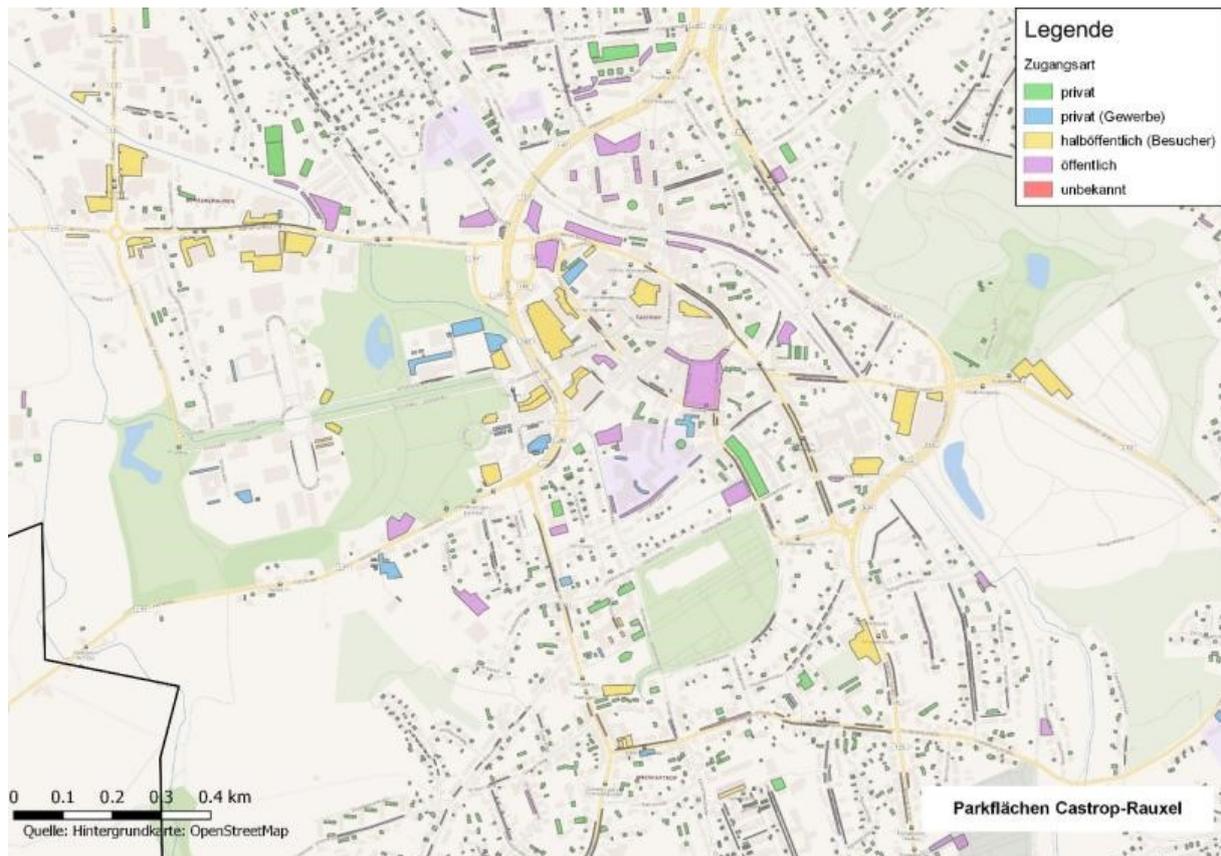


Abb. 19: Parkflächen nach der Kombination

Nun können am Wohnort deutlich mehr Fahrzeuge einer der umliegenden Parkflächen zugeordnet werden. Die Zahl der roten Haushalte, also Haushalte, welchen keine Parkfläche zugeordnet werden kann, hat deutlich abgenommen.

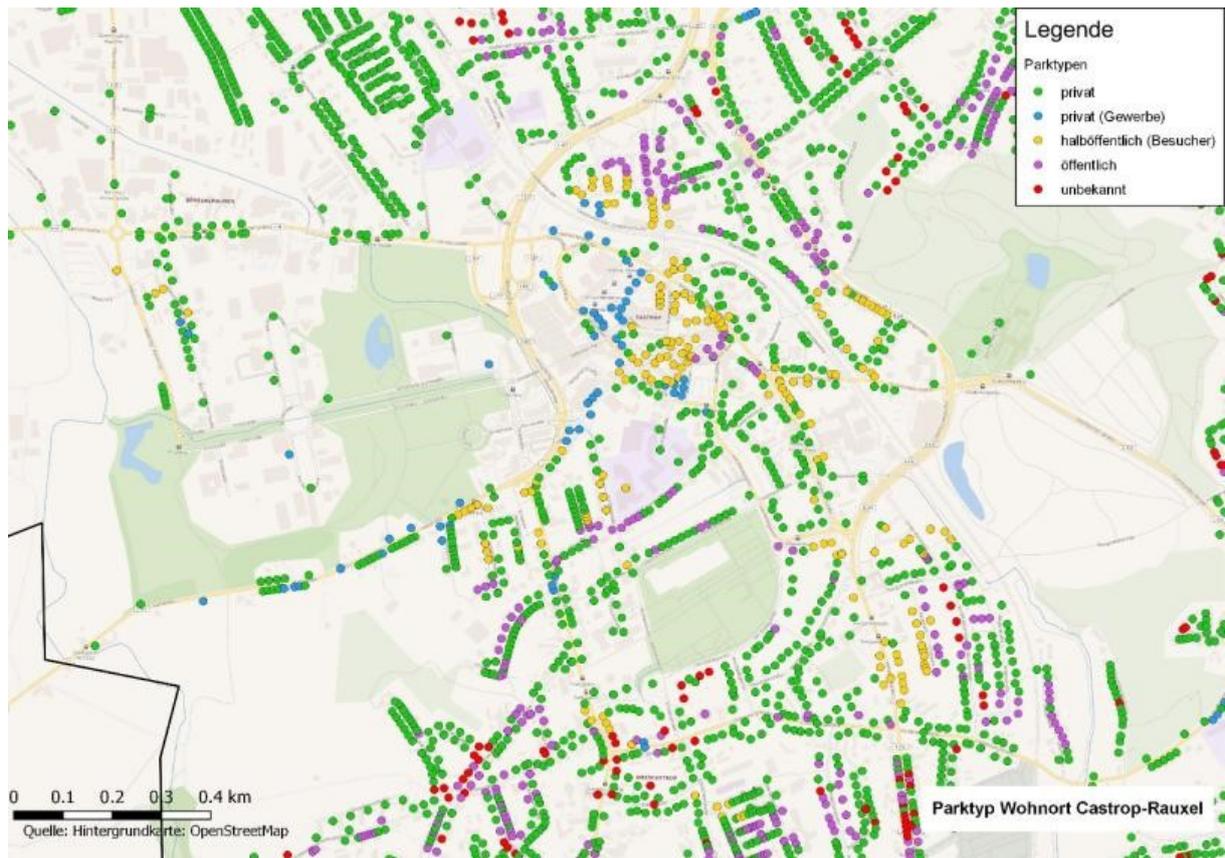


Abb. 20: Parktyp an Wohnorten nach Kartierung

Auch an Gewerben und Points of Interest können die meisten Fahrzeuge einem der umliegenden Stellplätze zugewiesen werden.

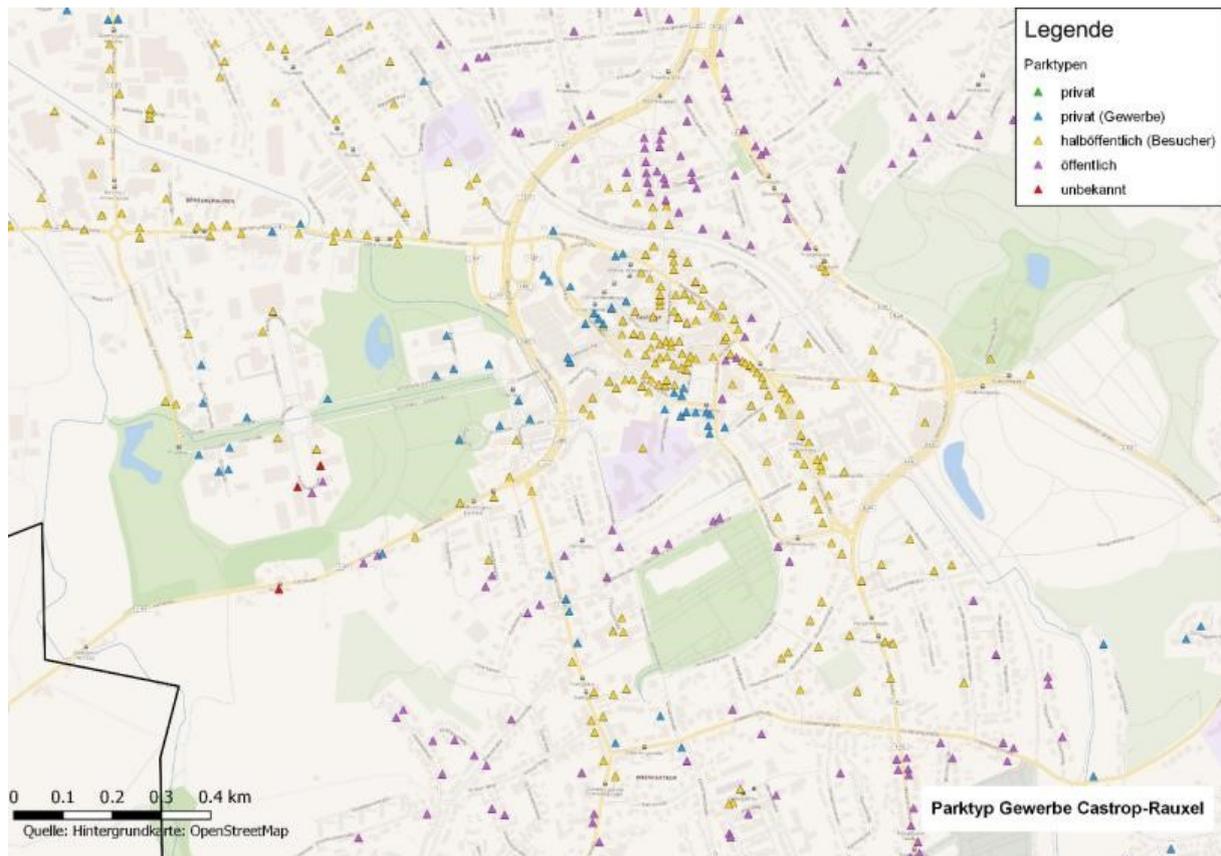


Abb. 21: Parktyp an Gewerben nach Kartierung

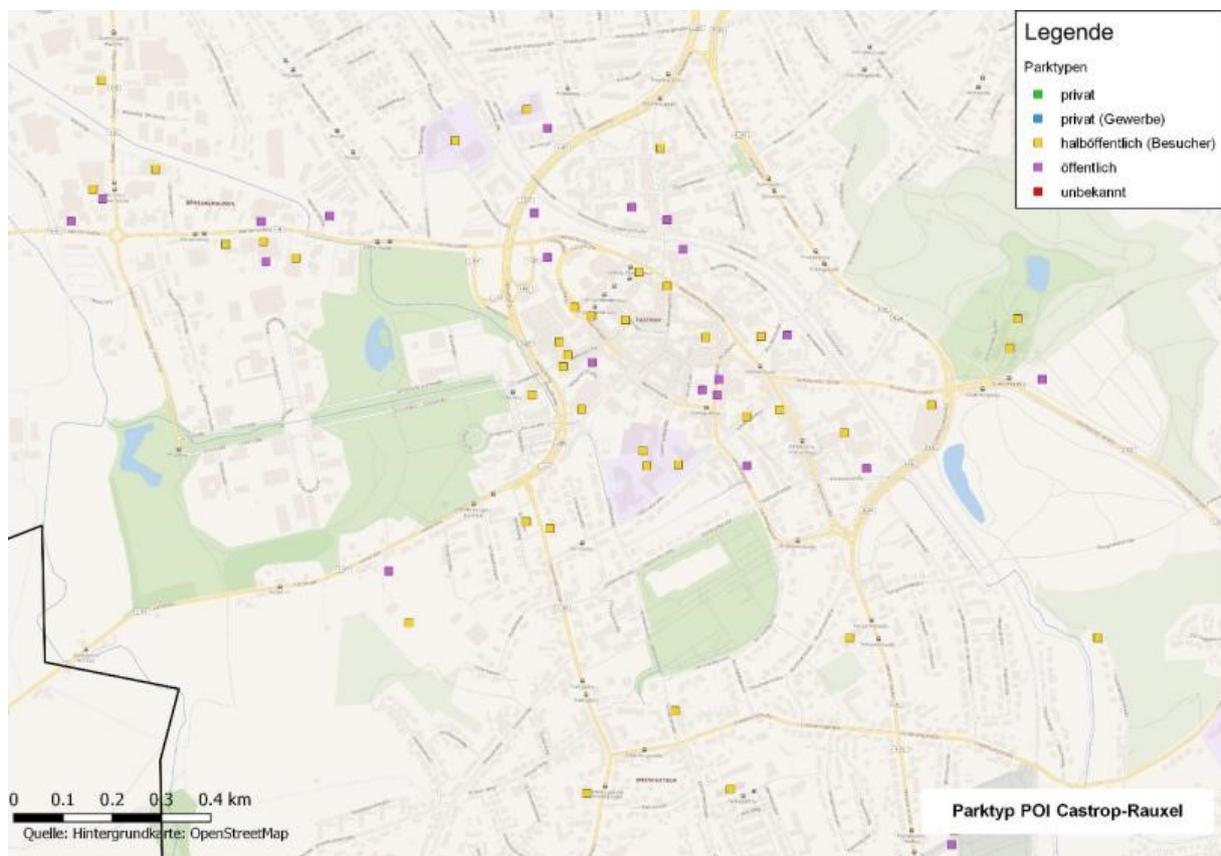
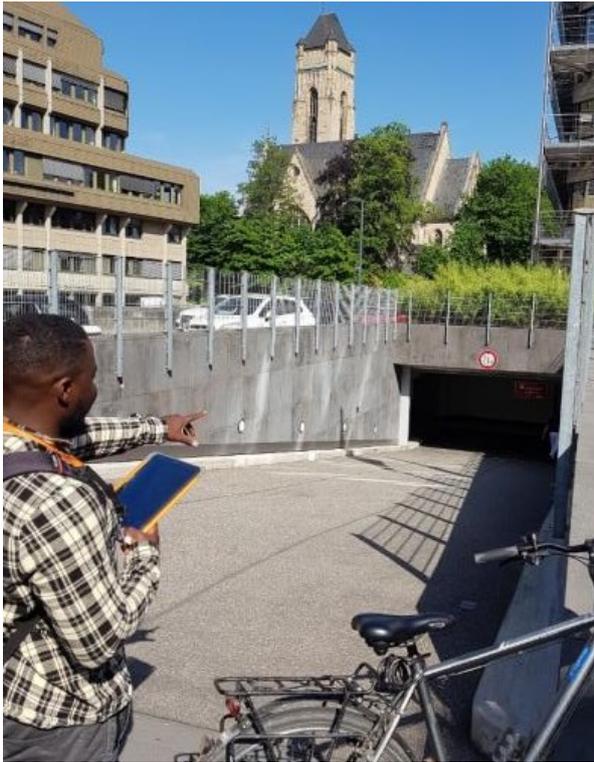


Abb. 22: Parktyp an Points of Interest nach Kartierung



Nachdem ein Großteil der Fahrzeuge (ca. 80 %) einer Parkfläche zugewiesen werden können, verbleiben weiterhin 20 % ohne Parkmöglichkeit. Für Bereiche, in denen sich Haushalte ohne Parkmöglichkeiten häufen, werden Ortsbegehungen durchgeführt, um ggf. Tiefgaragen oder andere bisher nicht bekannte Parkmöglichkeiten zu identifizieren. Entsprechende Gebiete werden durch Ortsbegehungen systematisch auf weitere Parkmöglichkeiten untersucht und identifizierte Parkflächen nachkartiert.

Abb. 23: Kartierung einer Tiefgarage bei einer Ortsbegehung

4.4.5 Verteilung der Ladepunkte auf die Parkflächen nach Parktyp

Die nachfolgende Darstellung soll veranschaulichen, wie nach der Ermittlung der Ladepunkte die Verteilung auf die unterschiedlichen Parkflächen erfolgt. Wie bereits zu Anfang beschrieben, wurden die sogenannten Parktypen ermittelt, bei welchen die Fahrzeuge auf die umliegenden Parkflächen verteilt wurden. An der nach dem Parktyp kategorisierten Parkfläche wird das Fahrzeug später auch geladen. Die Pfeildicke gibt dabei an, wohin Fahrzeuge und damit Ladepunkte vorrangig verteilt werden. Dabei gibt es jedoch einige Besonderheiten.

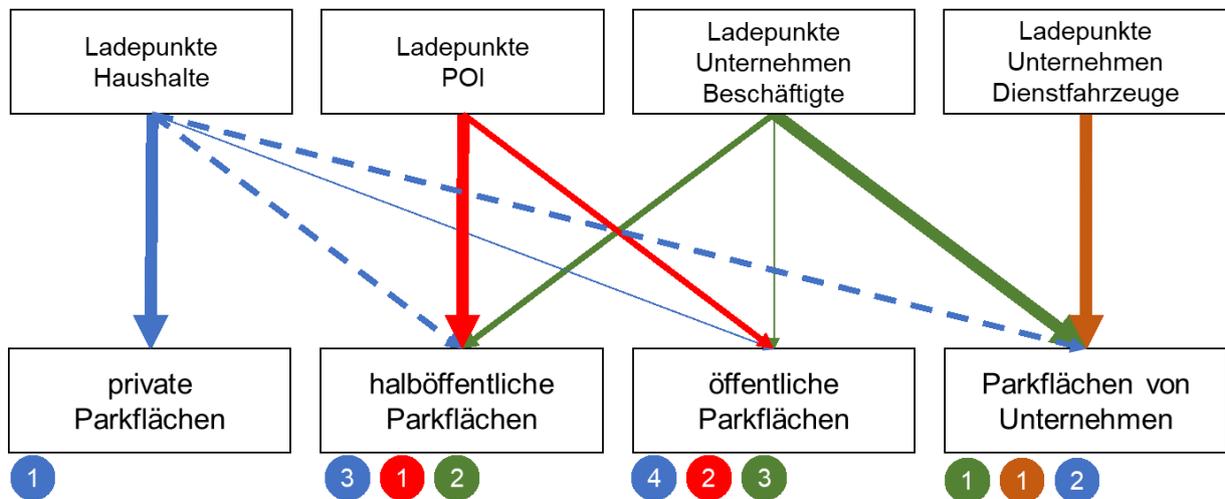


Abb. 24: Verteilungsschema für Ladepunkte nach Parktypen

(die Werte in den Kreisen geben die Priorität der Verteilung von Ladepunkten auf die Flächen an)

4.4.6 Verteilung von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten

Bei Haushalten werden die Ladebedarfe von Fahrzeugen und somit auch die Ladepunkte vorrangig auf private Stellplätze (Priorität 1) verteilt. Sind keine privaten Stellplätze mehr vorhanden, auf welche die Fahrzeuge und damit die Ladevorgänge verteilt werden können, werden diese in folgender Reihenfolge auf andere im Umfeld verfügbare Parkflächen verteilt.

Priorität 2: Parkflächen von Unternehmen

Priorität 3: halböffentliche Parkflächen

Priorität 4: öffentliche Parkflächen

Hierbei besteht die Möglichkeit, den Anteil der zu berücksichtigenden Parkflächen von Unternehmen und im halböffentlichen Bereich anzupassen.

4.4.7 Verteilung von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge bei Unternehmen

Bei Unternehmen werden die Ladevorgänge und Ladepunkte für Dienstfahrzeuge/n immer, die von Beschäftigten soweit möglich auf den Stellplätzen des Unternehmens (Priorität 1) verteilt.

Reicht dies nicht aus, werden die Ladebedarfe von Beschäftigten wie folgt verteilt:

Priorität 2: halböffentliche Parkflächen

Priorität 3: öffentliche Parkflächen

4.4.8 Verteilung von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge an Points of Interest

An Points of Interest werden die Fahrzeuge und somit auch die Ladepunkte vorrangig im halböffentlichen Bereich (Priorität 1) verteilt. Sind in der Umgebung keine halböffentlichen Stellplätze mehr vorhanden, auf welche die Fahrzeuge verteilt werden können, werden diese im öffentlichen Bereich (Priorität 2) verortet.

4.5 Datengrundlagen der Analyse

Im Laufe der Analyse wurden insgesamt 53.153 Stellplätze aus verschiedenen Datenquellen zusammengeführt und ein Großteil dieser durch Datenerfasser nacherfasst. Von den insgesamt 53.153 Stellplätzen konnten 26.635 als private Stellplätze, 2.257 als gewerbliche Stellplätze, 10.770 als halböffentliche Stellplätze und 13.491 als öffentliche Stellplätze identifiziert werden.

Es wurden 36.138 Haushalte mit 38.087 in der Stadt Castrop-Rauxel gemeldeten Fahrzeugen für den Ladeinfrastrukturbedarf der Haushalte ausgewertet. Außerdem wurden 2.472 Unternehmen mit 20.052 Mitarbeitern und 1.895 an den Gewerben gemeldeten Fahrzeugen für den Ladeinfrastrukturbedarf an Unternehmen analysiert. Damit ergibt sich eine Gesamtanzahl an von in Castrop-Rauxel gemeldeten Fahrzeugen von 39.982.

Gemeinsam mit dem Auftraggeber wurde entschieden, die Analyse für das Szenario 2 (dynamisch) durchzuführen.

5 Entwicklung des Fahrzeugbestandes in der Stadt Castrop-Rauxel

5.1 Elektrofahrzeuge gesamt

Auf Grundlage der Fahrzeugentwicklung gem. Szenario 2 wird sich die Zahl von Elektrofahrzeugen zwischen 2020 und 2025 verneunfachen. Bis 2030 wird sich die Zahl um den Faktor 26 erhöhen. Mit dann rd. 8.520 Elektrofahrzeugen wird gut ein Fünftel aller in der Stadt zugelassenen Fahrzeuge einen vollständigen batterieelektrischen oder einen Plug-In Hybrid Antrieb haben.

Tab. 4: Entwicklung des Elektrofahrzeugbestands von privat und gewerblich zugelassenen Fahrzeugen

Jahr	Elektrofahrzeuge Wohnort und Dienstwagen gesamt	Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten am Wohnort	Elektrische Dienstwagen bei Unternehmen
2020	323	308	15
2025	2,948	2,823	126
2030	8,520	8,168	352

Bei den Unternehmen wird mit einem Anteil von 78 % die überwiegende Zahl von Elektrofahrzeugen aus dem Bereich der Beschäftigten erwartet. Sofern die Beschäftigten aus der Stadt Castrop-Rauxel kommen, werden diese nicht bei den Haushalten berücksichtigt, um eine Dopplung zu vermeiden. Die Werte beziehen sich auf die zu erwartenden Fahrzeuge pro Tag, wobei für die Berechnung der Ladepunkte davon ausgegangen wird, dass die Dienstfahrzeuge auch täglich am Unternehmensstandort stehen.

Tab. 5: Entwicklung des Elektrofahrzeugbestands bei Unternehmen

Jahr	Elektrofahrzeuge bei Unternehmen gesamt	Elektrofahrzeuge von Beschäftigten	Elektrische Dienstwagen	Elektrische Transporter
2020	124	97	15	11
2025	1,020	796	126	98
2030	2,889	2,264	352	272

Eine große Menge von Elektrofahrzeugen wird an Points of Interest erwartet. Sofern die Besucher aus der Stadt Castrop-Rauxel kommen, werden auch diese zu den zugelassenen Elektrofahrzeugen am Wohnort addiert.

Tab. 6: Entwicklung des Elektrofahrzeugbestands an Points of Interest

Jahr	Elektrofahrzeuge an Points of Interest
2020	366
2025	3,385
2030	9,855

Im Rahmen der Analyse wird, wie bereits dargestellt, auf Grundlage des aktuellen Fahrzeugbestands, der Entwicklung des Gesamtbestands sowie der erwarteten Entwicklung von Elektrofahrzeugen der Aufwuchs von Elektrofahrzeugen prognostiziert. Diese Berechnungsmethode führt dazu, dass gerade in der Anfangsphase an einigen Orten bei einem geringen Ist-Bestand an Fahrzeugen auch Werte unterhalb eines Fahrzeugs ermittelt werden (z.B. 0,2 Fahrzeuge). In den nachfolgenden Karten werden nur Werte dargestellt, die mindestens ein vollständiges Fahrzeug repräsentieren.

Die übergreifende Betrachtung über alle Standort- bzw. Herkunftsarten (Haushalte, Unternehmen, Points of Interest) zeigt, dass der Aufwuchs von Elektrofahrzeugen in Castrop-Rauxel entlang der Nord- / Südachse vom Südbahnhof über den Hauptbahnhof bis nach Habinghorst deutlich ausgeprägter ist, als in den übrigen Gebieten, was vorrangig auf die Elektrofahrzeuge an Haushalten, an einzelnen Punkten in Verbindung mit Points of Interest zurückzuführen ist.

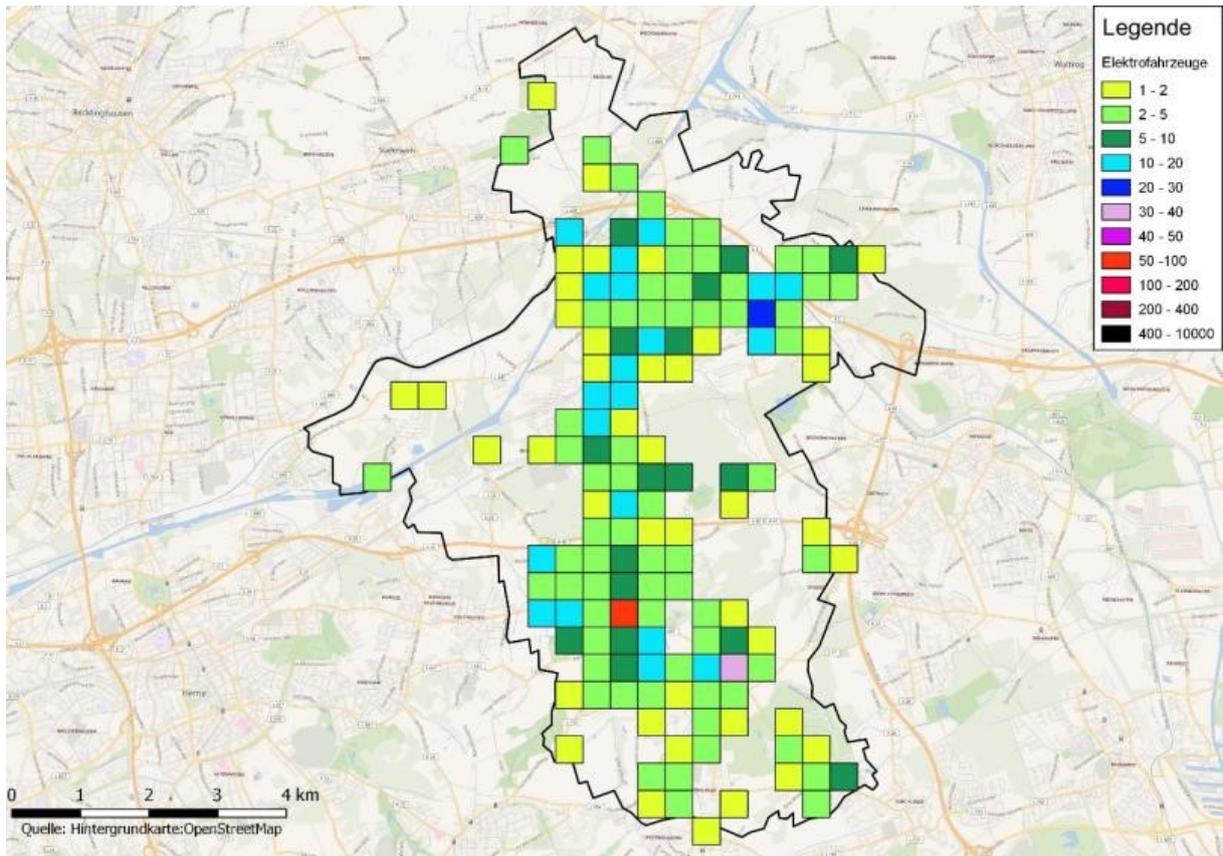


Abb. 25: Zahl Elektrofahrzeuge 2020

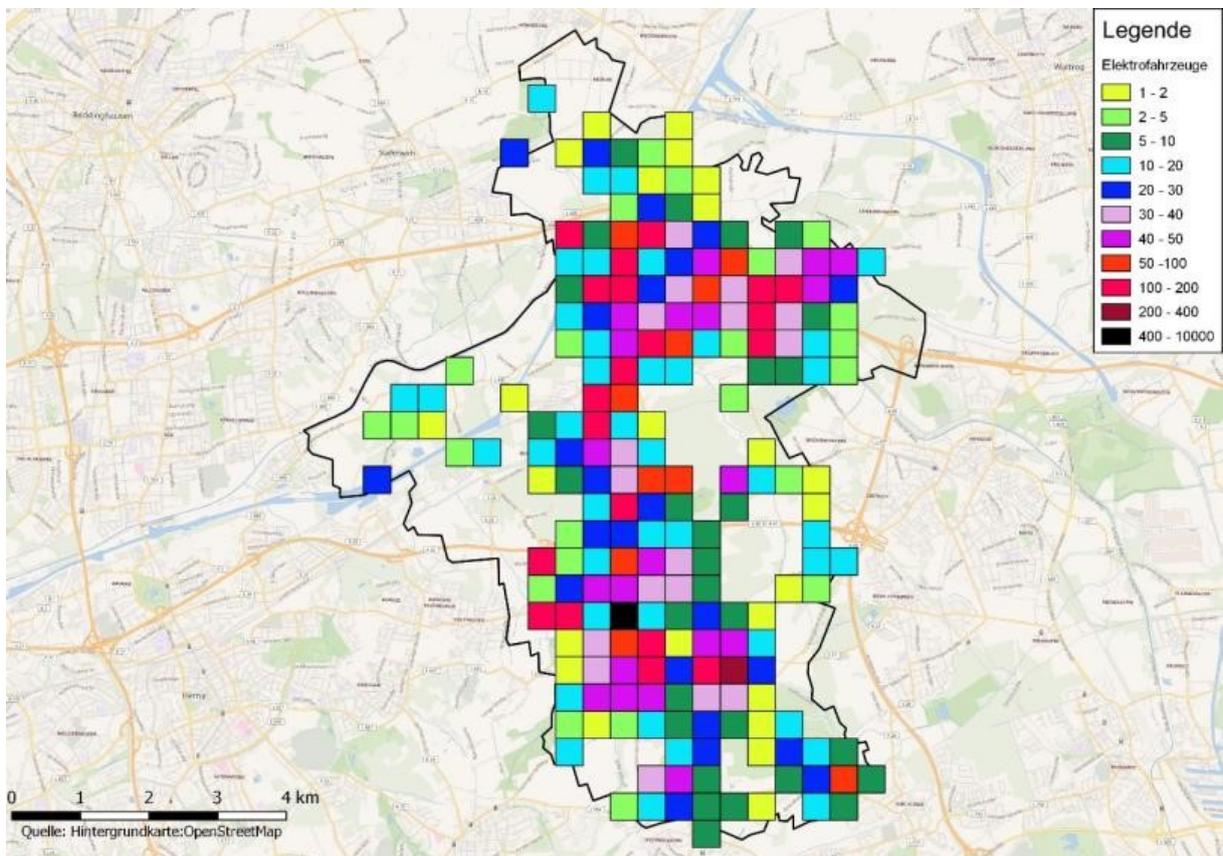


Abb. 26: Zahl Elektrofahrzeuge 2025

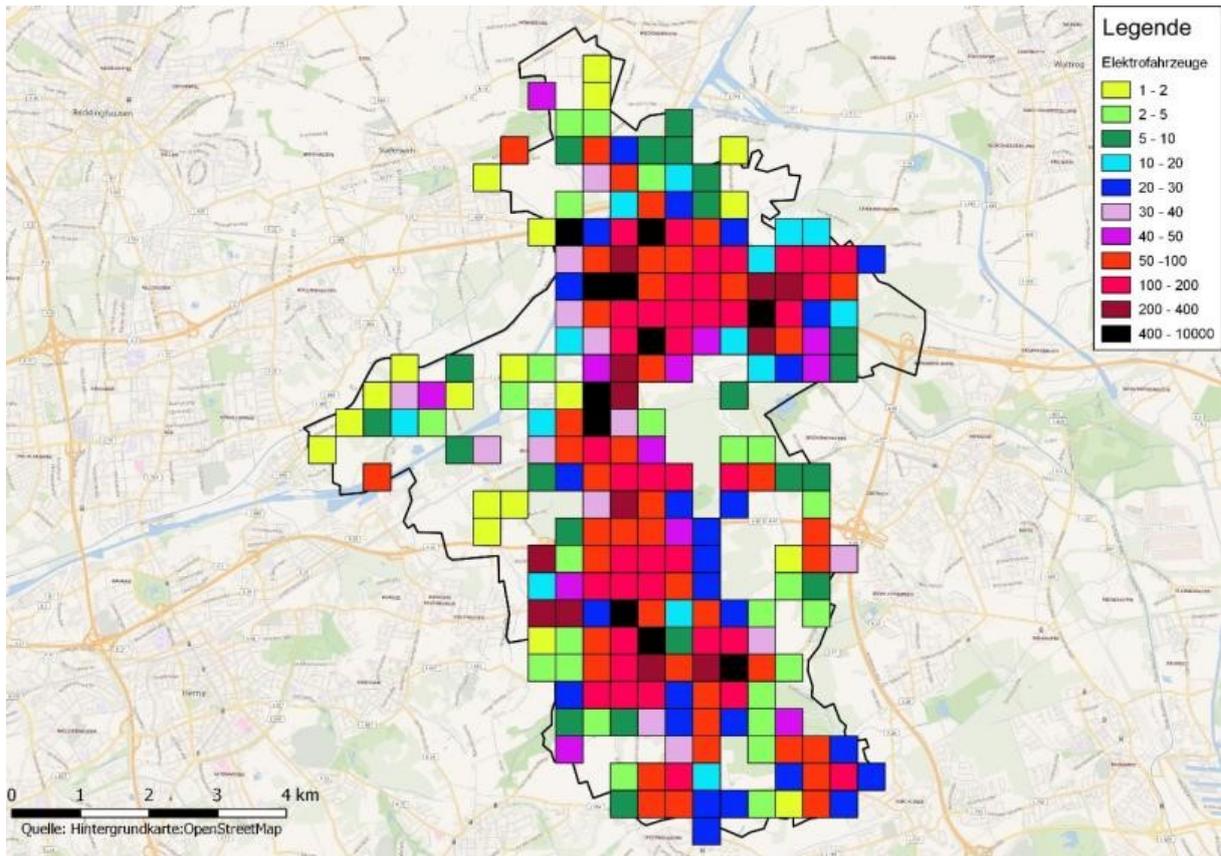


Abb. 27: Zahl Elektrofahrzeuge 2030

5.2 Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten

Wesentlicher Grund für die oben dargestellte Gesamtentwicklung ist die Entwicklung von Elektrofahrzeugen in privaten Haushalten am Wohnort. In den Stadtteilen Henrichenburg, Ickern und Habinghorst, sowie von Bladenhorst bis Obercastrop wird der massivste Aufwuchs von Elektroautos stattfinden. In den ländlich geprägteren Gebieten an den Stadträndern sind auf die Fläche gesehen weniger Elektrofahrzeuge zu erwarten.

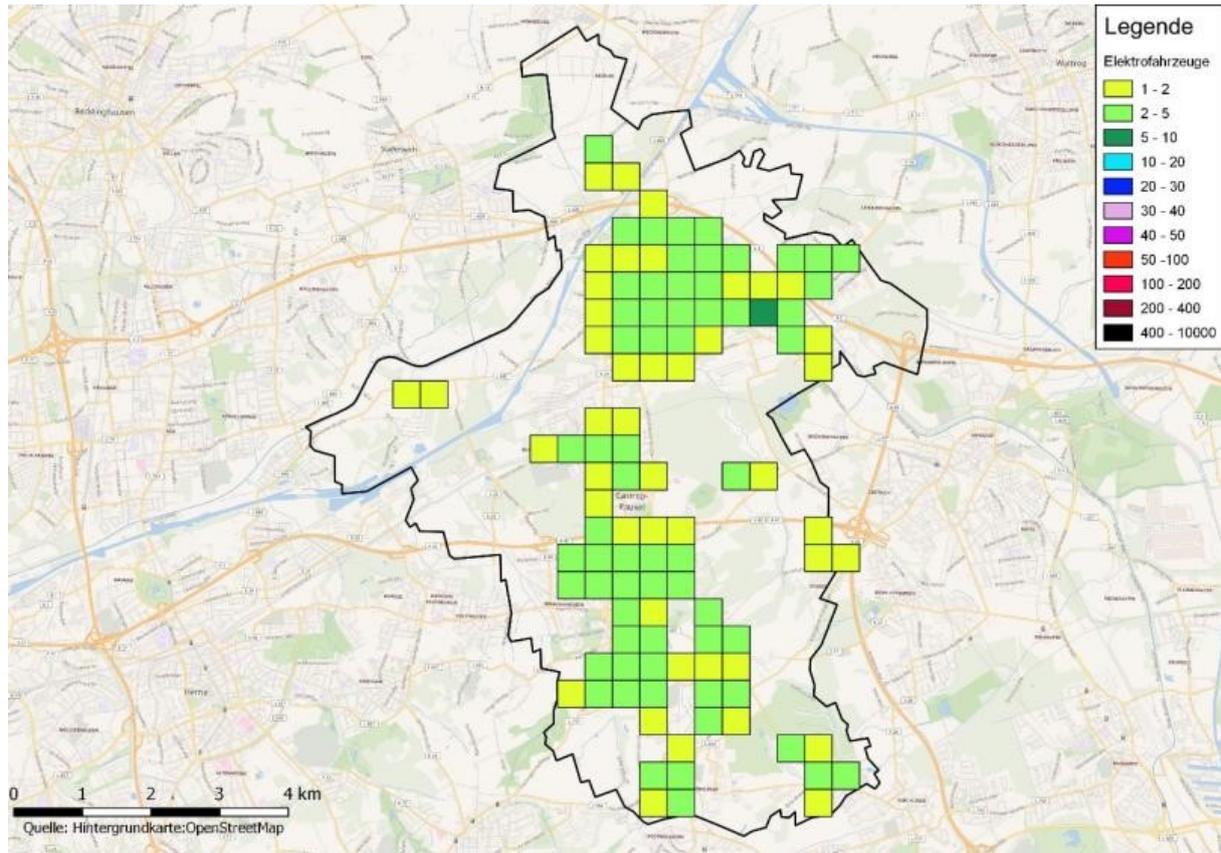


Abb. 28: Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2020

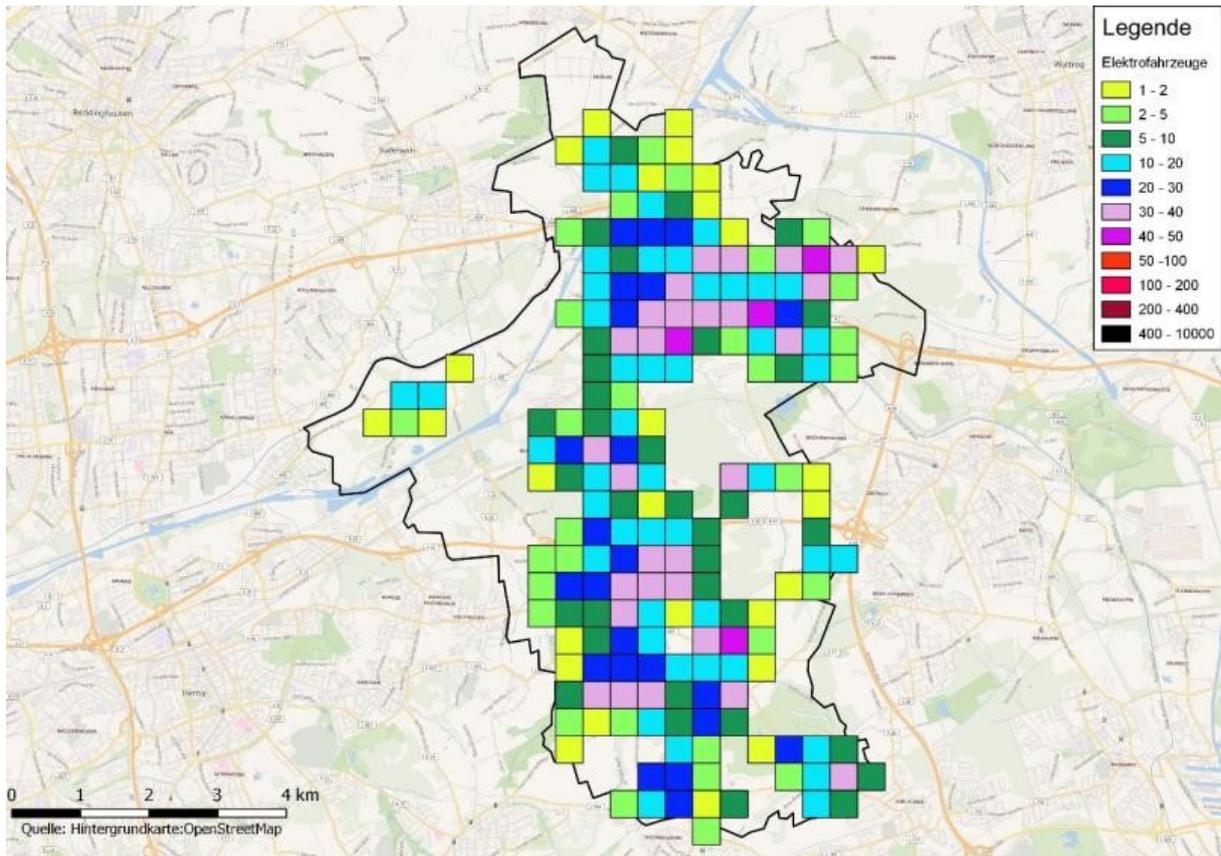


Abb. 29: Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2025

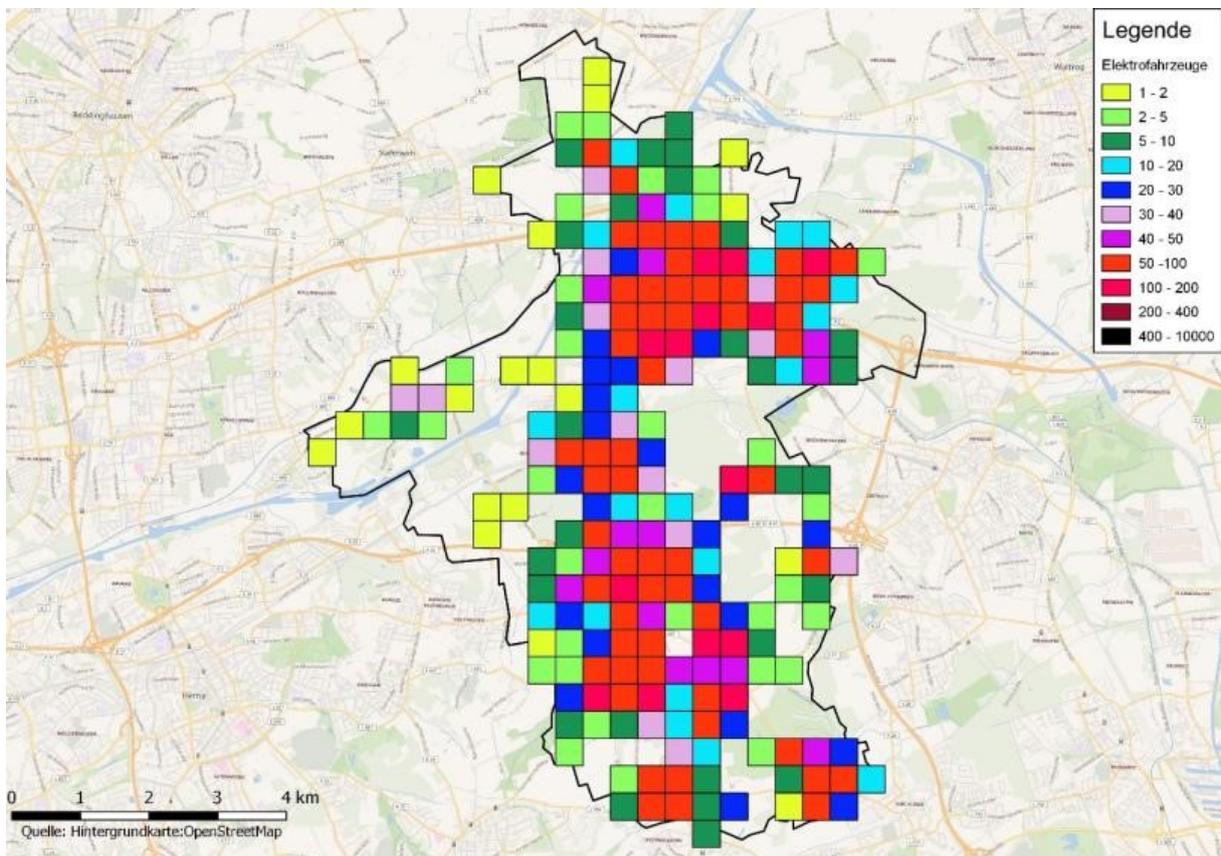


Abb. 30: Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2030

5.3 Elektrofahrzeuge bei Unternehmen

Der Anstieg von Elektrofahrzeugen bei Unternehmen ist zweigeteilt. Es ist klar zu erkennen, dass Elektrofahrzeuge mit dienstlicher Nutzung einen geringeren Anteil haben als die von Beschäftigten. Bei den Dienstfahrzeugen wird erwartet, dass diese sich insbesondere in den dichter besiedelten Zonen stärker entwickeln werden.

Bei den Elektrofahrzeugen von Beschäftigten sind aber insbesondere mit steigendem Markthochlauf bis 2030 Hotspots zu erkennen. Diese sind vor allem rund um das Industriegebiet Henrichenburg, Industriegebiet Habinghorst am Bahnhof Süd und am Sankt Rochus Hospital zu erkennen.

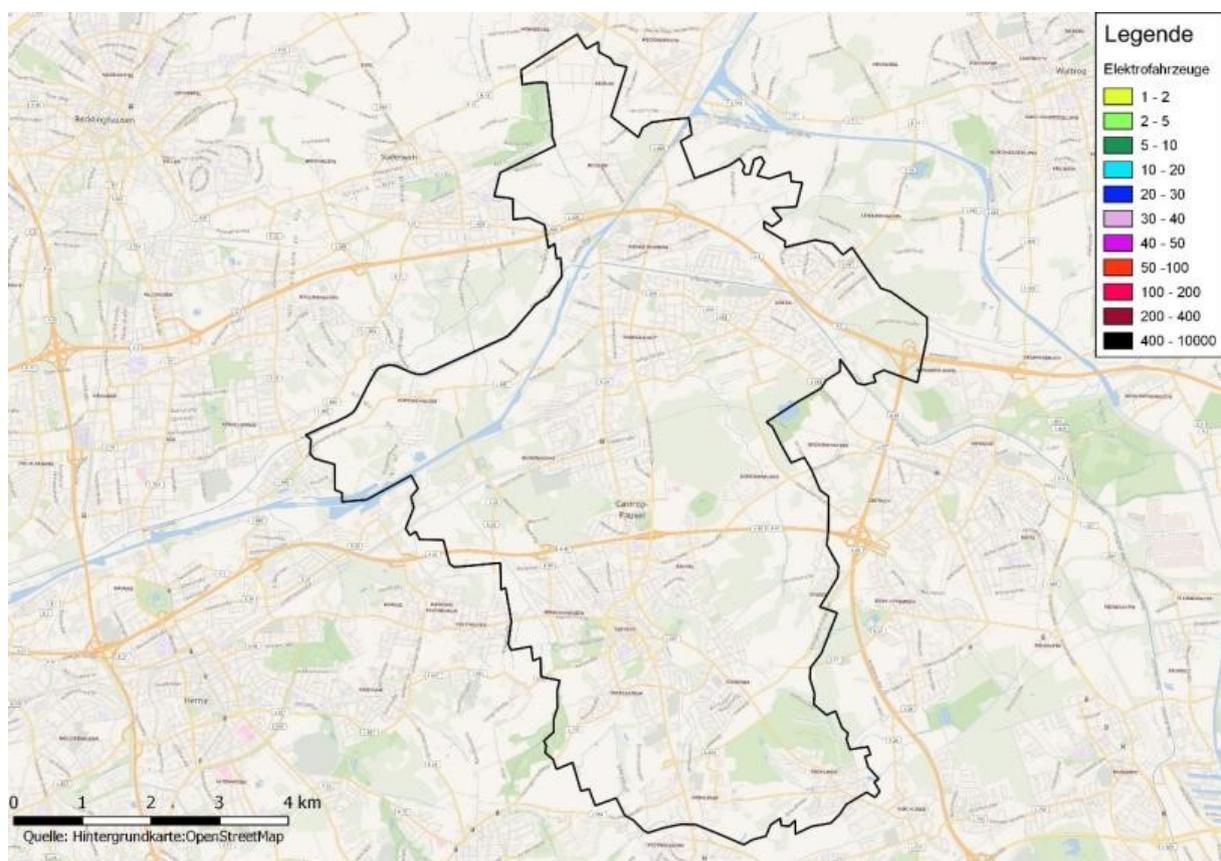


Abb. 31: Dienstfahrzeuge mit Elektroantrieb 2020

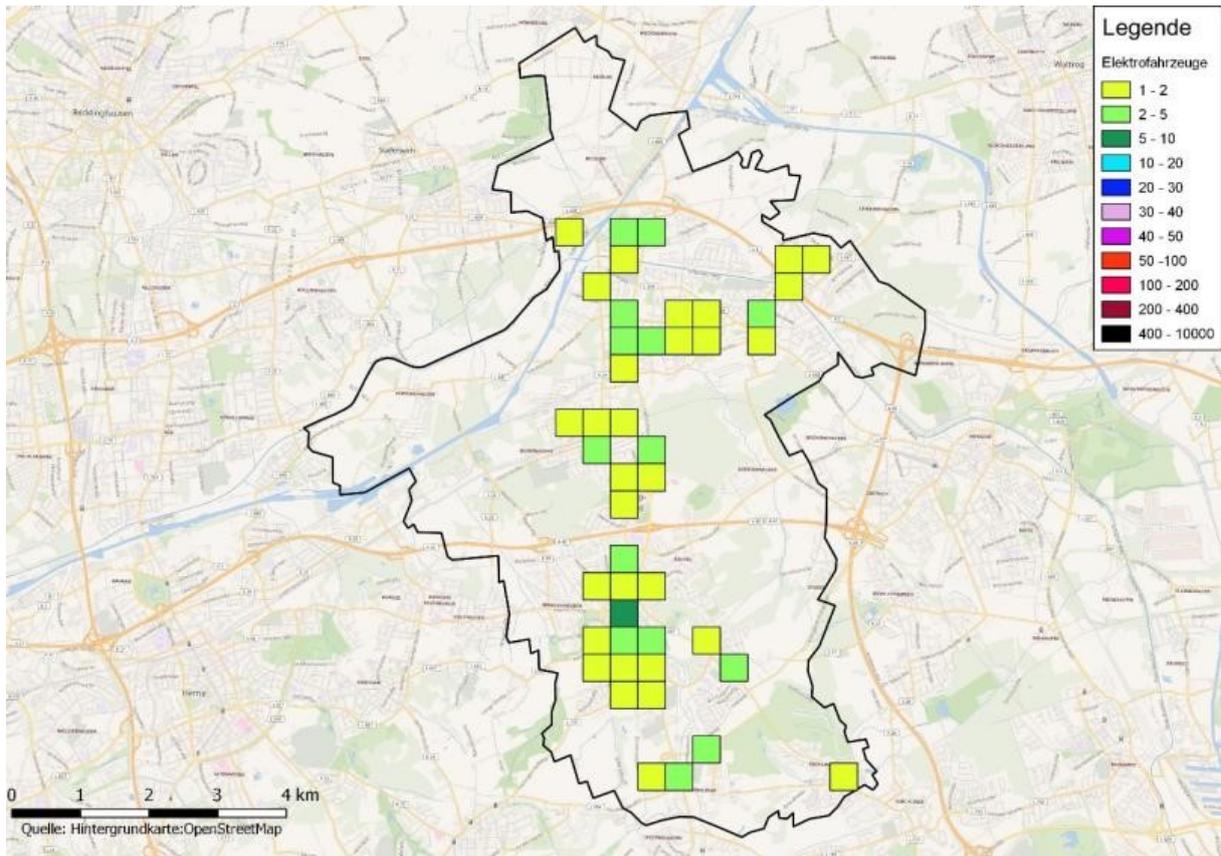


Abb. 32: Dienstfahrzeuge mit Elektroantrieb 2025

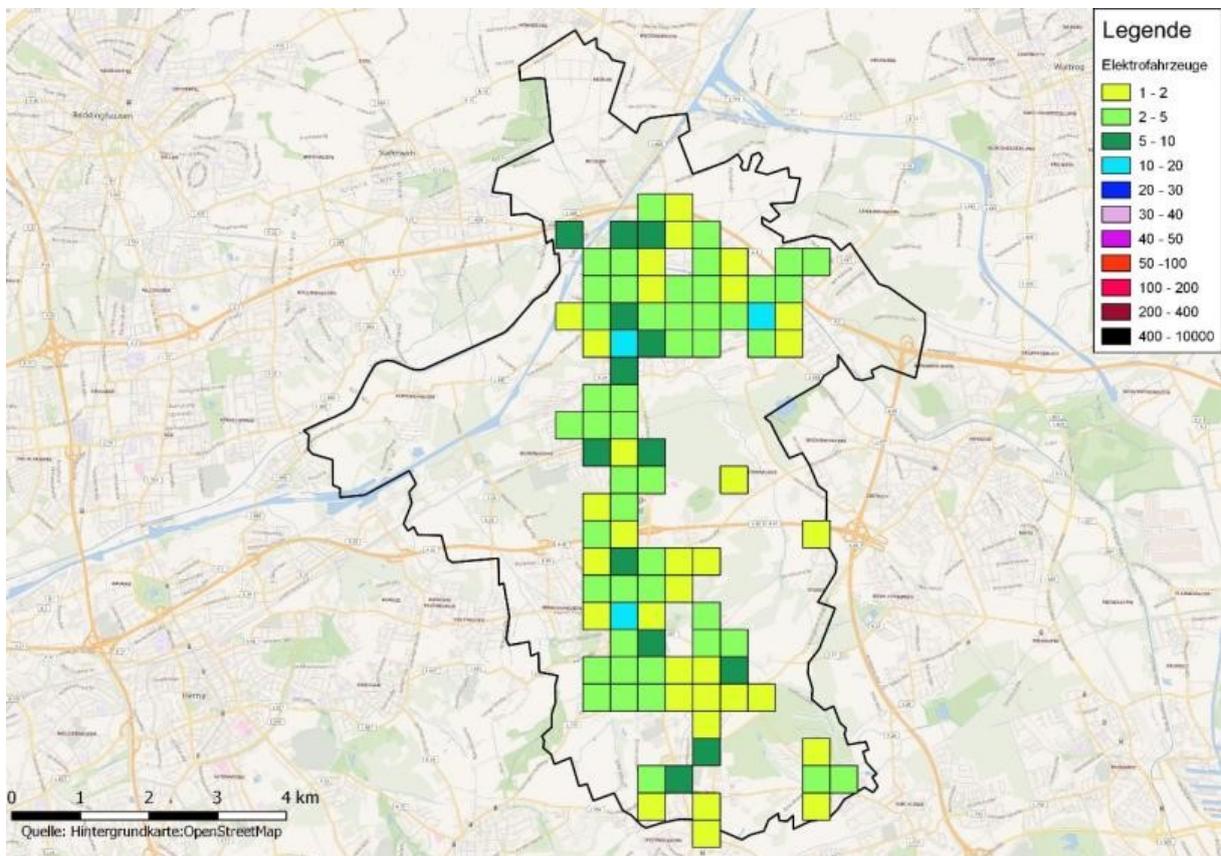


Abb. 33: Dienstfahrzeuge mit Elektroantrieb 2030

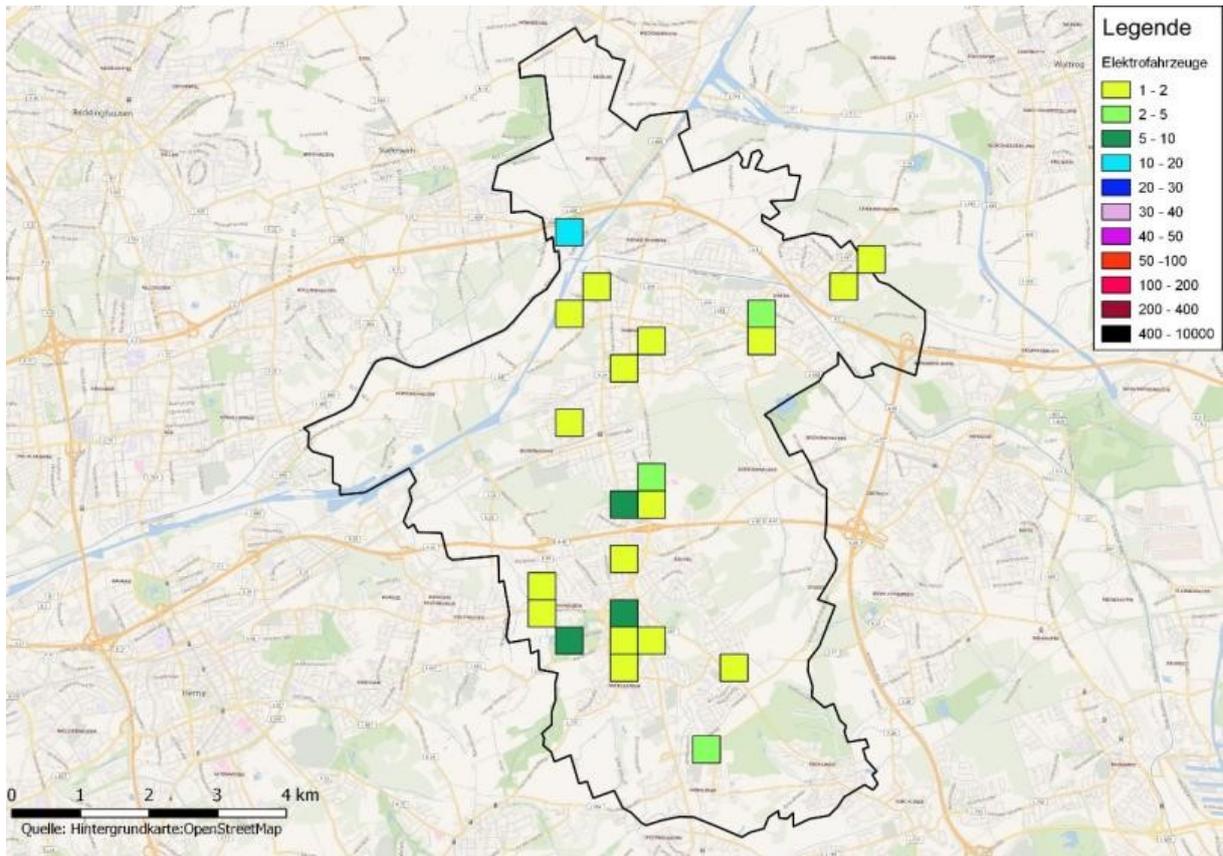


Abb. 34: Elektrofahrzeuge von Beschäftigten 2020

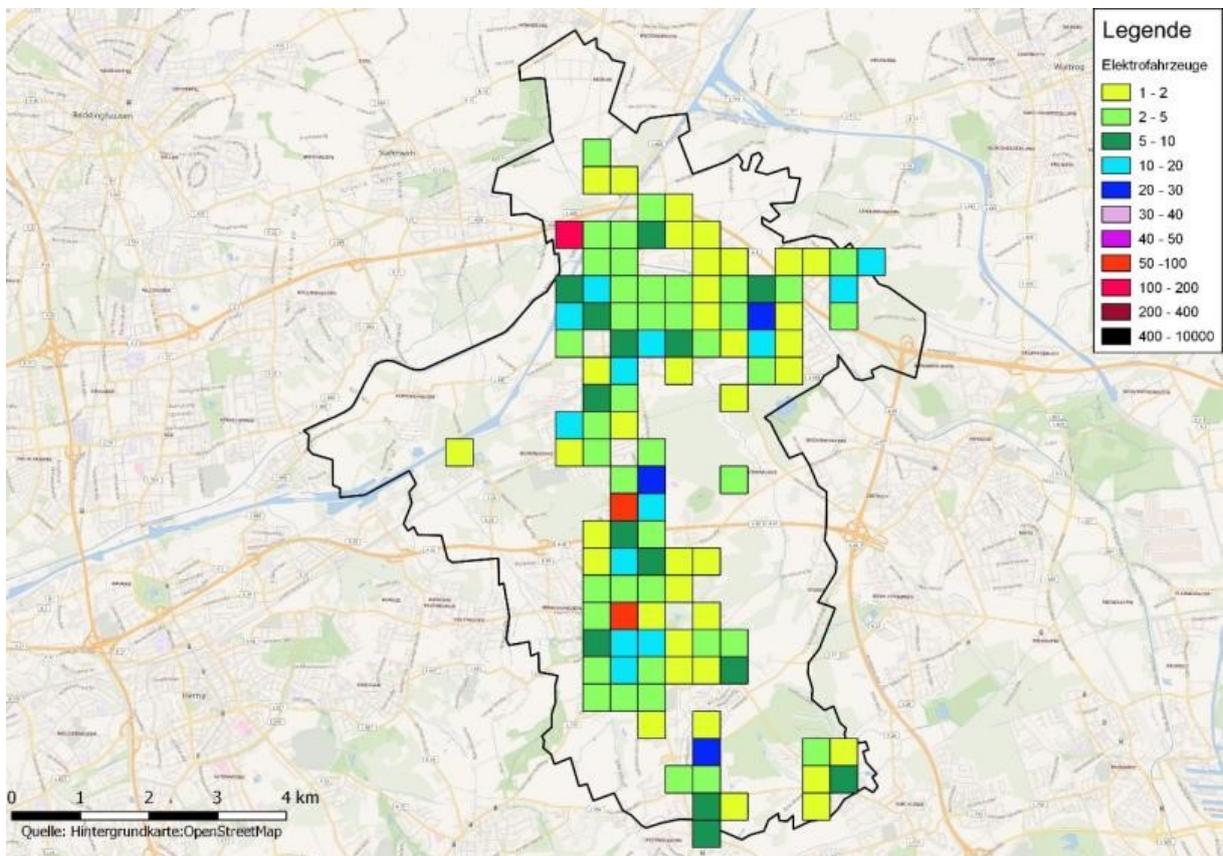


Abb. 35: Elektrofahrzeuge von Beschäftigten 2025

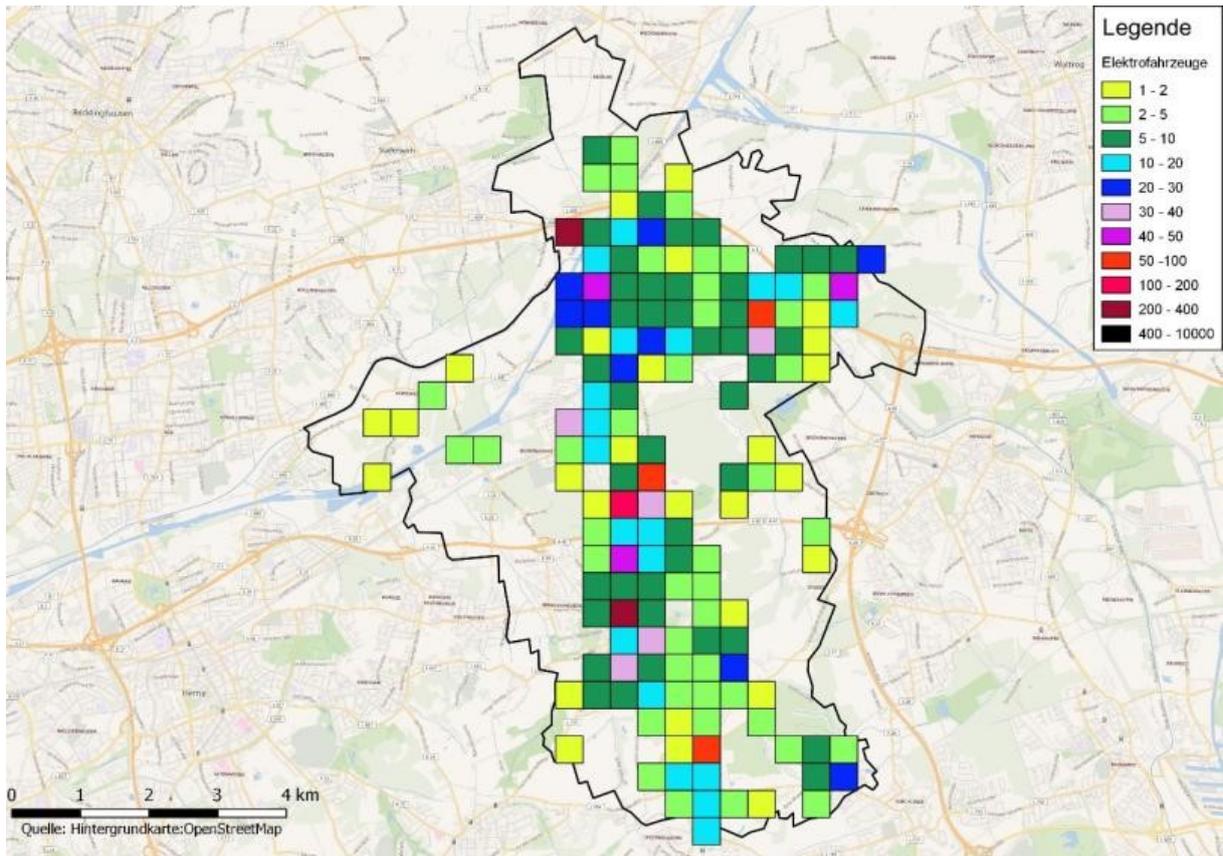


Abb. 36: Elektrofahrzeuge von Beschäftigten 2030

5.4 Elektrofahrzeuge an Points of Interest

Während der anfängliche Aufwuchs an den Wohnorten von den städtischen Zentren ausgeht, erfolgt der Aufwuchs an den Points of Interest von Beginn an stärker über das gesamte Stadtgebiet gestreut. Wesentlicher Hintergrund hierfür ist, dass diese Werte unabhängig vom Zulassungsort der Fahrzeuge erzeugt werden und bedeutende Points of Interest wie Supermärkte nicht nur in Zentren, sondern häufig auch in Randlagen zu finden sind.

Mit fortschreitendem Zuwachs zeigt sich aber eine deutliche Konzentration an Points of Interest wie dem Einkaufszentrum am Widumer Platz oder rund um den Media-Markt/Real in der Siemensstraße.

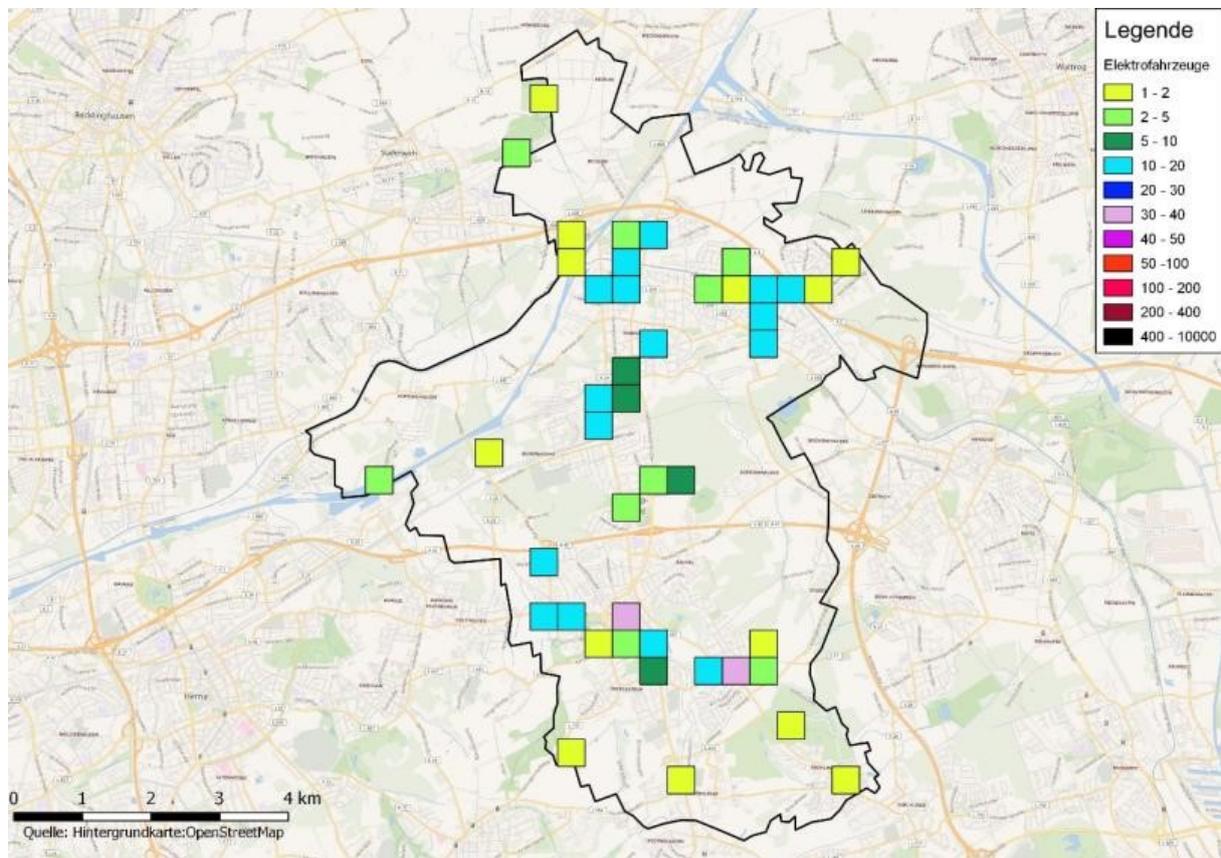


Abb. 37: Elektrofahrzeuge an Points of Interest 2020

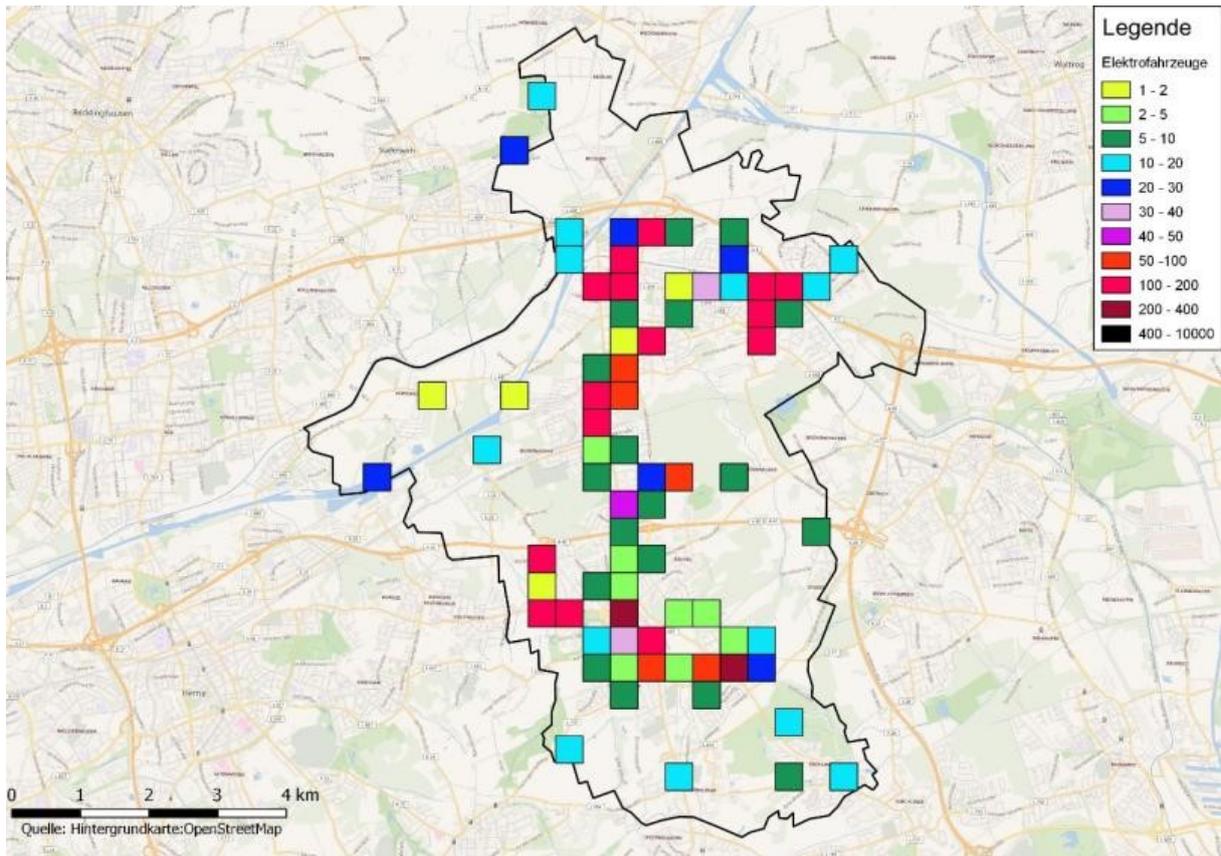


Abb. 38: Elektrofahrzeuge an Points of Interest 2025

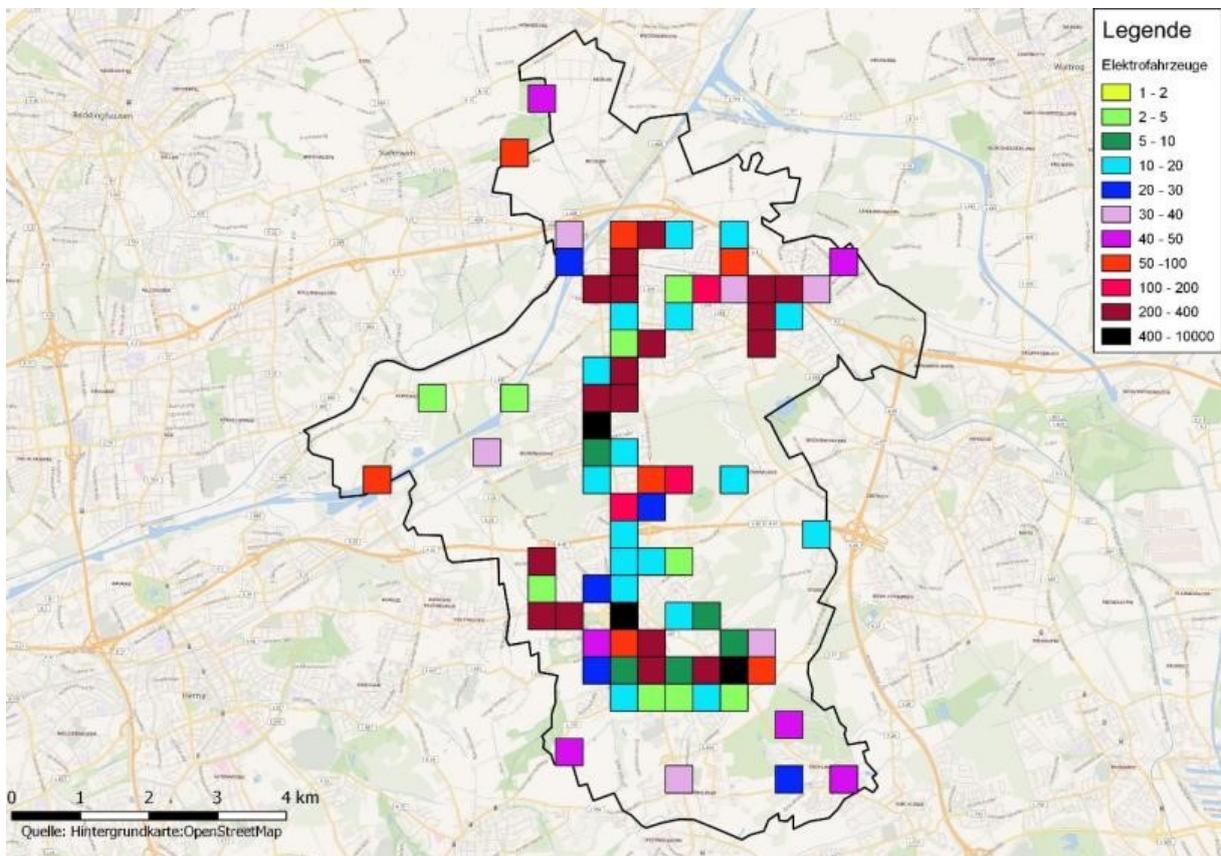


Abb. 39: Elektrofahrzeuge an Points of Interest 2030

6 Entwicklung Ladevorgänge in der Stadt Castrop-Rauxel

Die Auswertung zeigt deutlich, dass die meisten Ladevorgänge im halböffentlichen Bereich, gefolgt vom privaten Bereich durchgeführt werden. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass alle Fahrzeuge, welche nicht am Unternehmen und am Wohnort auf eigenen Flächen parken können, sowie alle Besucher von Points of Interest, vorrangig auf halböffentliche Parkflächen verteilt werden (vgl. Abb. 44 Verteilungsschema für Ladepunkte nach Parktypen). Die große Diskrepanz zwischen der Anzahl der Ladepunkte und der Ladevorgänge im privaten und halböffentlichen Bereich ist darauf zurückzuführen, dass Ladepunkte im privaten Bereich auch schon bei einer geringen Anzahl von Ladevorgängen erzeugt werden. Im halböffentlichen Bereich werden die Ladepunkte bestmöglich ausgelastet, damit der Betreiber einen Gewinn erwirtschaften kann.

Tab. 7: Prognostizierte Entwicklung von Ladevorgängen nach Parktyp (absolut)

Jahr	private Haushalte	Unternehmen	halböffentlich	öffentlich
2020	97	15	73	15
2025	546	79	650	102
2030	1,750	205	1,868	303

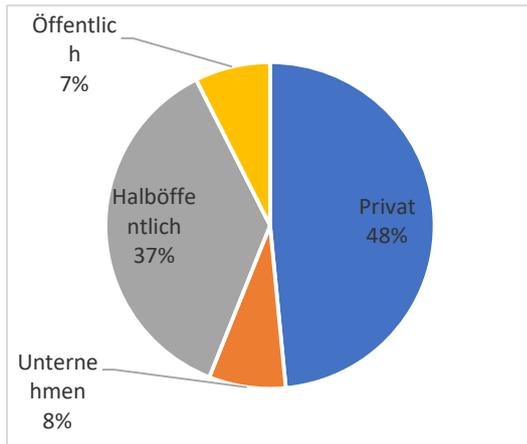


Abb. 40: Ladevorgänge gesamt / Anteile nach Ladetypen 2020

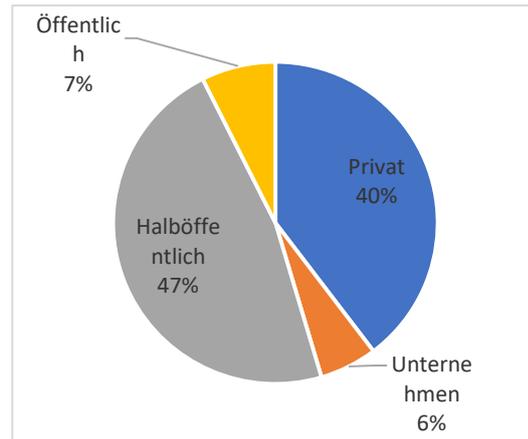


Abb. 41: Ladevorgänge gesamt / Anteile nach Ladetypen 2025

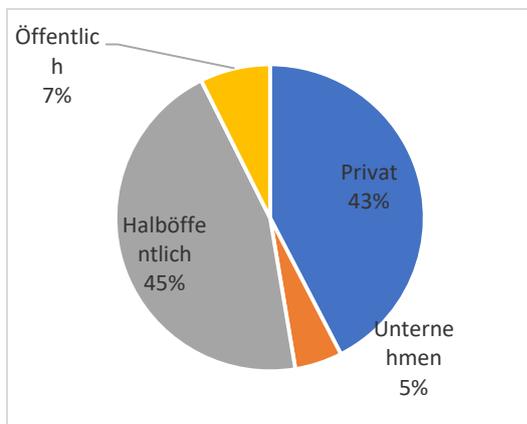


Abb. 42: Ladevorgänge gesamt / Anteile nach Ladetypen 2030

Die Betrachtung aller Ladevorgänge über alle Parktypen zeigt, dass mit Anwachsen der Fahrzeugzahlen ab 2025 deutliche Hotspots insbesondere im Zentrum von Castrop entstehen und diese sich über die dicht besiedelten Gebiete Richtung Norden bis Habinghorst und Henrichenburg ziehen. An den Randgebieten sind 2020 noch deutlich weniger Ladevorgänge zu sehen. Bis zum Jahr 2030 werden allerdings auch dort die Ladevorgänge deutlich zunehmen.

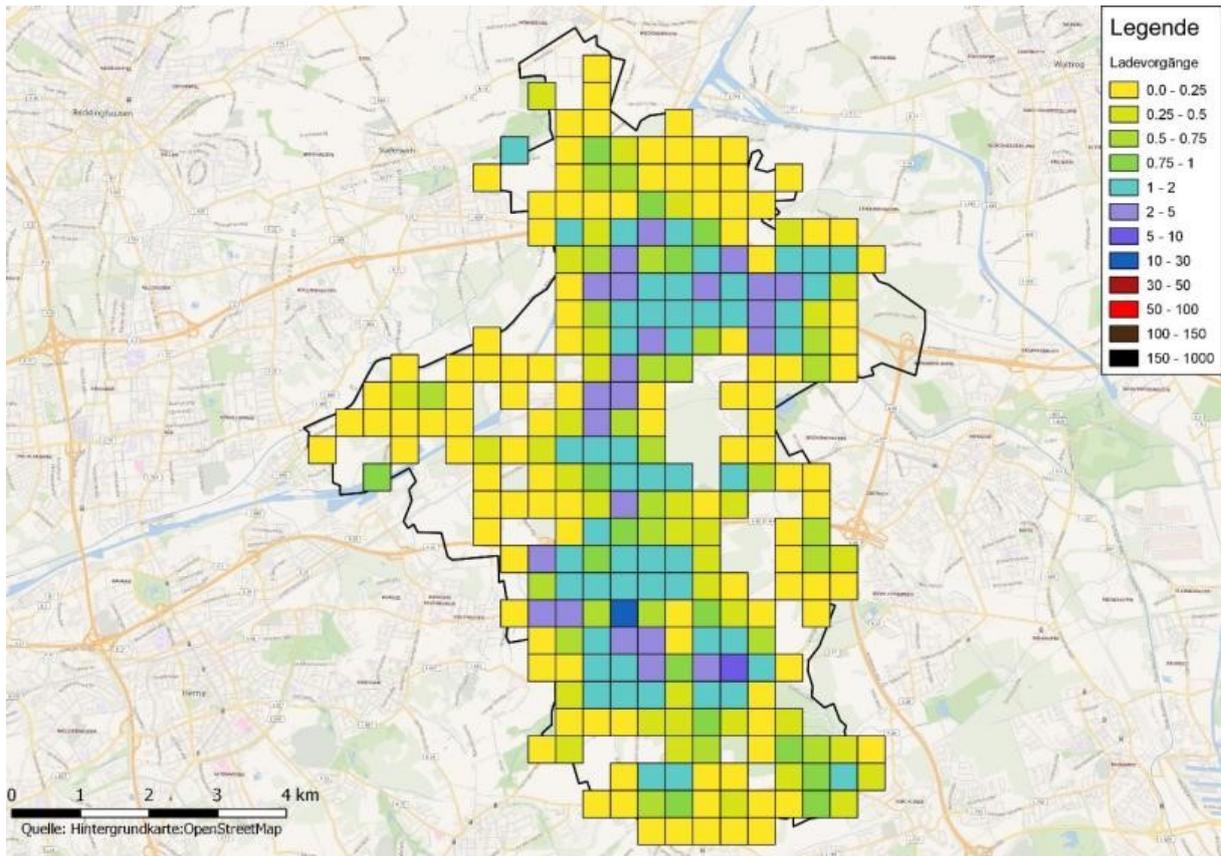


Abb. 43: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge insgesamt 2020

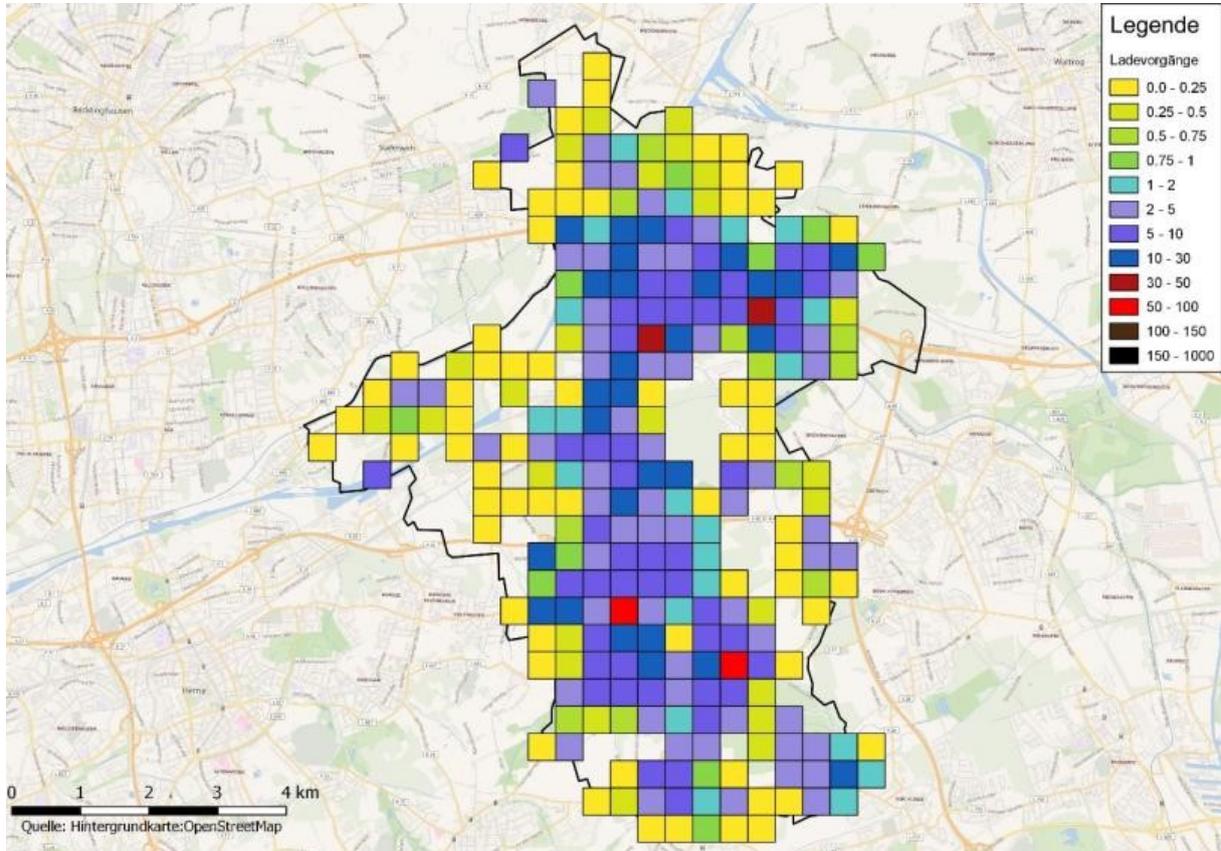


Abb. 44: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge insgesamt 2025

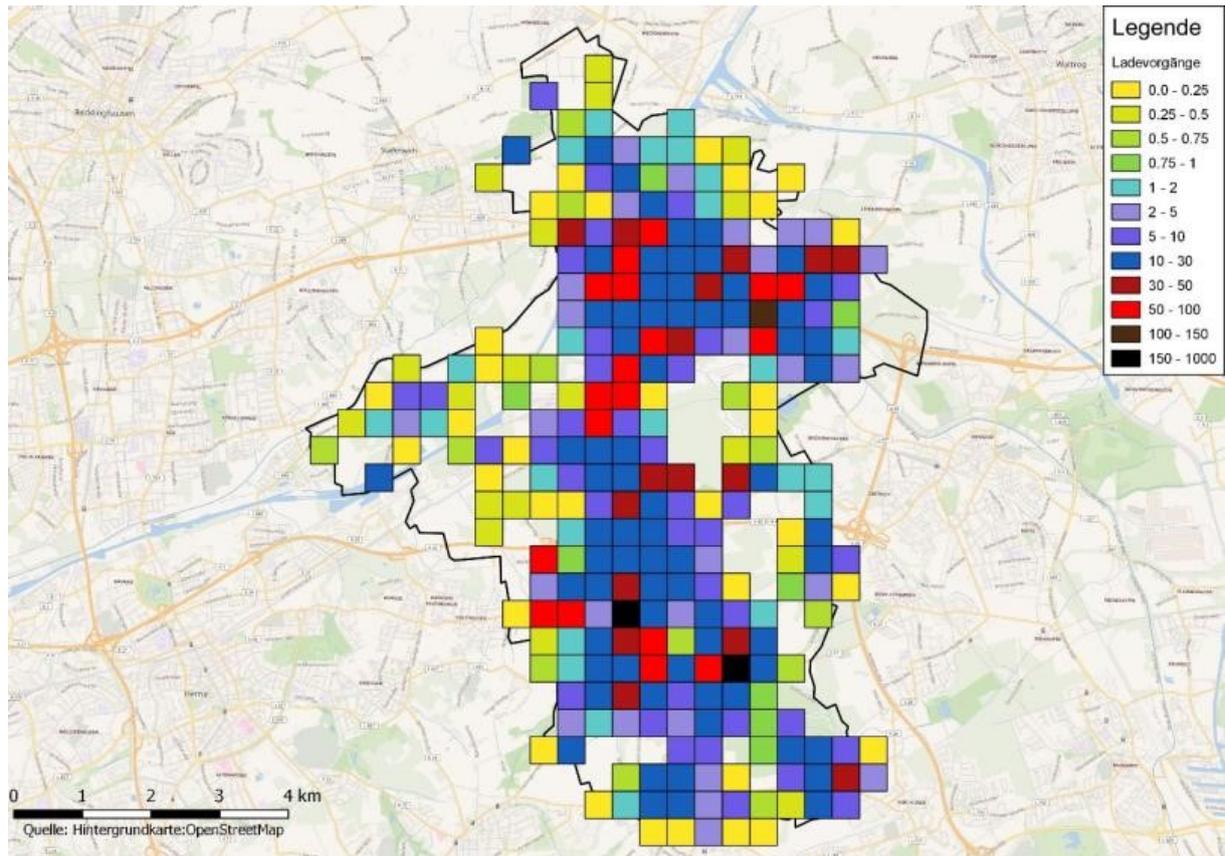


Abb. 45: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge insgesamt 2030

6.1 Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten mit eigenem Stellplatz

Bei den erwarteten Ladevorgängen im privaten Bereich stellen sich keine räumlichen Besonderheiten ein, der Aufwuchs erfolgt relativ gleichmäßig, entlang der Siedlungsgebiete.

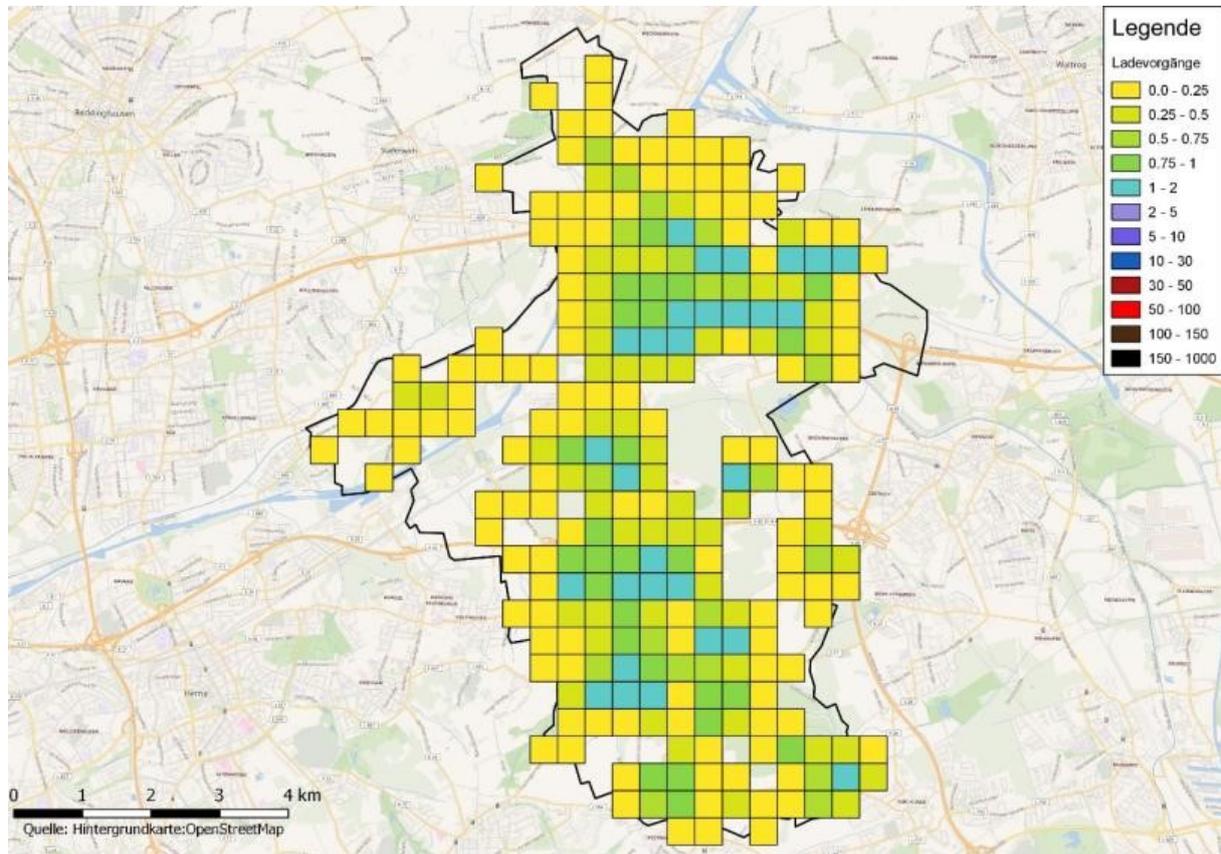


Abb. 46: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2020

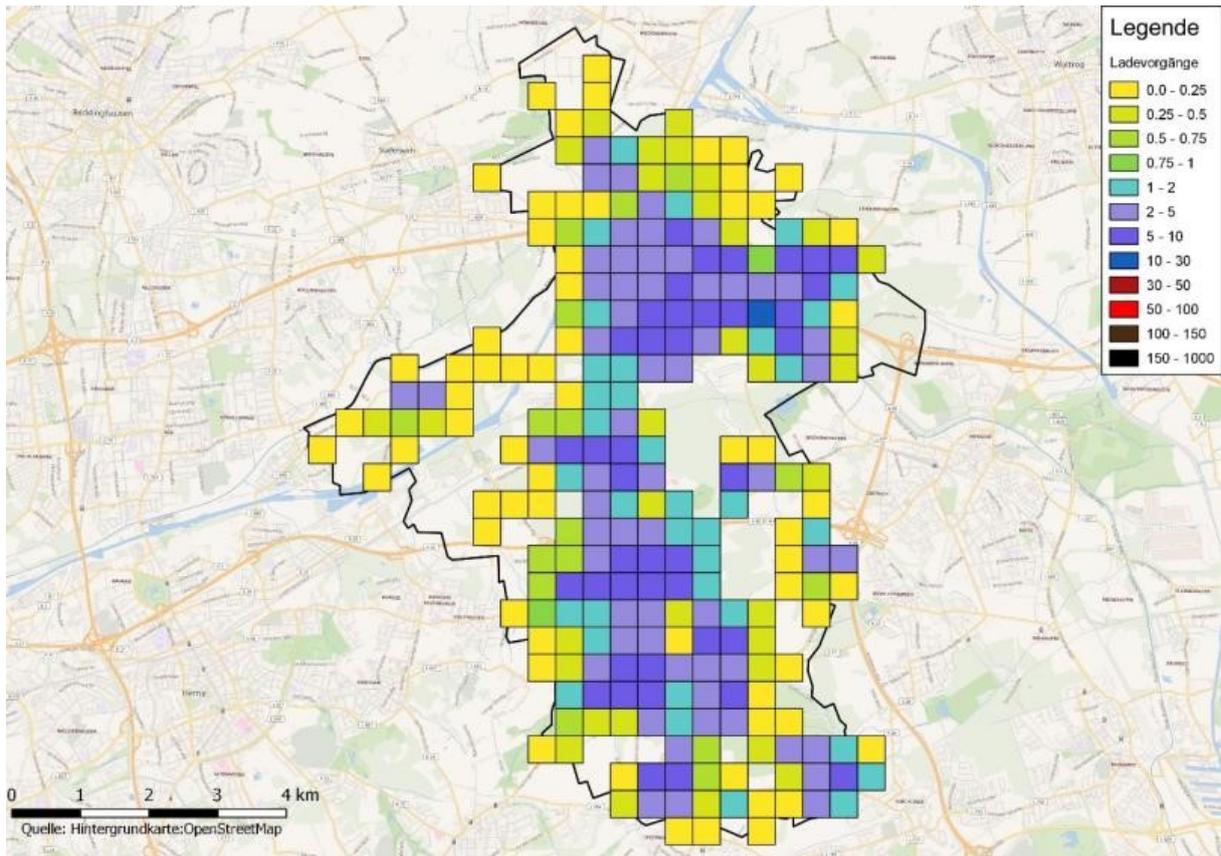


Abb. 47: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2025

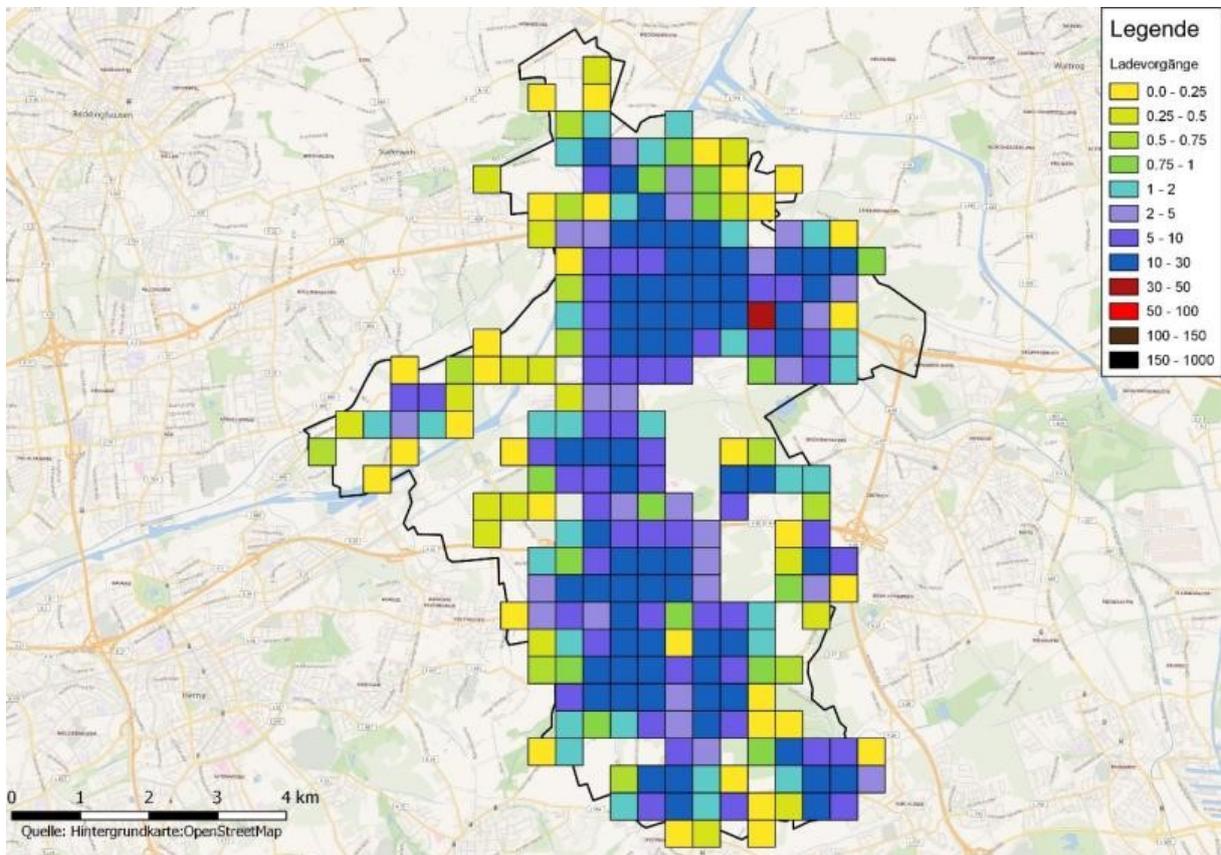


Abb. 48: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten 2030

6.2 Ladevorgänge bei Unternehmen

Während der Aufwuchs von Ladevorgängen durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten sich sehr nah am Fahrzeugaufwuchs entwickelt, zeigt sich bei Unternehmen eine davon leicht abgekoppelte Entwicklung. Diese ist darauf zurückzuführen, dass nur ein Teil der Elektrofahrzeuge, die bei Unternehmen erwartet werden, auch dort geladen werden. Bei Dienstfahrzeugen kann davon ausgegangen werden, dass diese immer am Unternehmensstandort geladen werden, sofern sie nicht als personenbezogene Fahrzeuge im Außendienst eingesetzt werden. Im Gegensatz dazu, werden Elektrofahrzeuge von Beschäftigten nur dann beim Unternehmen geladen, wenn diese aus größeren Einzugsgebieten stammen und beim Arbeitgeber nachladen müssen, damit die Rückfahrt gewährleistet werden kann. Oder aber sie leben nicht weit vom Unternehmen entfernt, verfügen jedoch nicht über einen eigenen Park- bzw. Ladeplatz. Auf die Thematik von Ladevorgängen, die durch Elektrofahrzeuge an privaten Haushalten ohne eigenen Stellplatz entstehen, wird nochmals in Abschnitt 7.4 eingegangen.

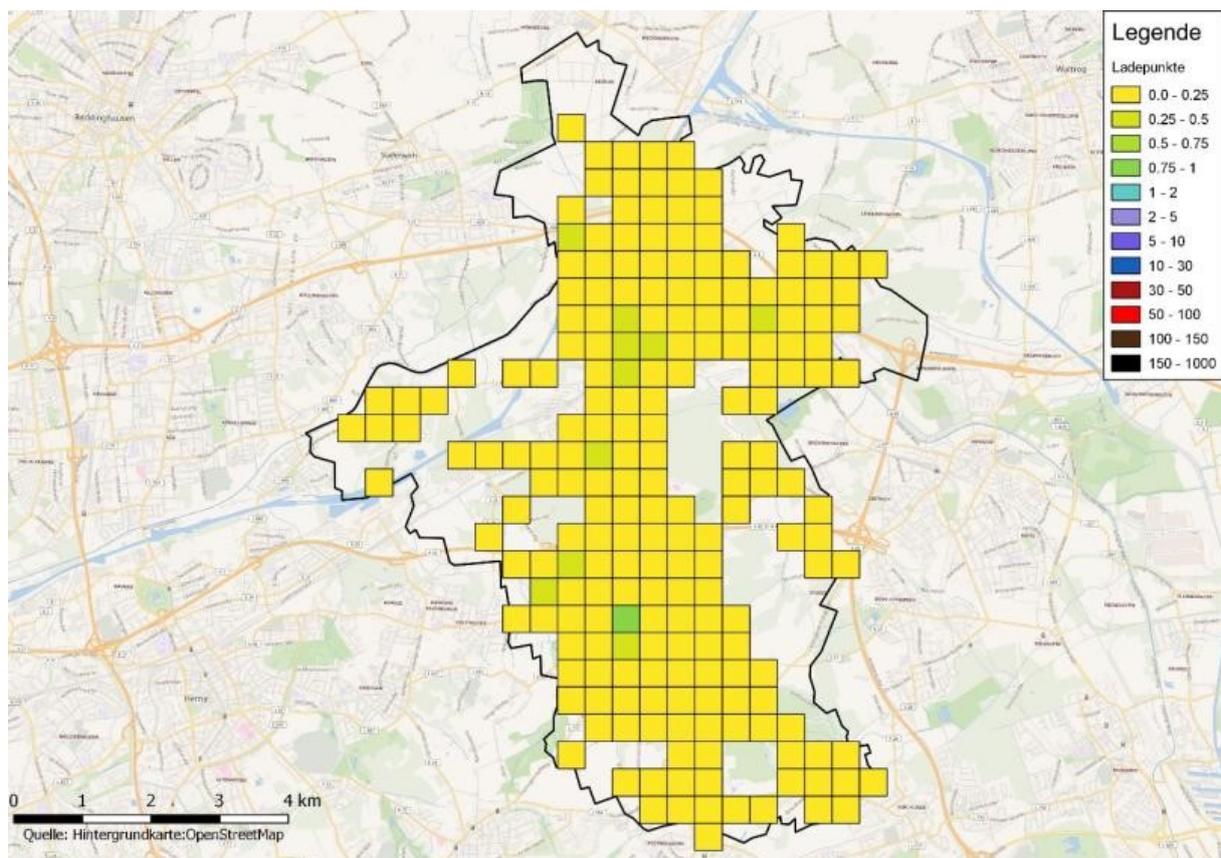


Abb. 49: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge bei Unternehmen (Dienstfahrzeuge und Fahrzeuge von Beschäftigten) 2020

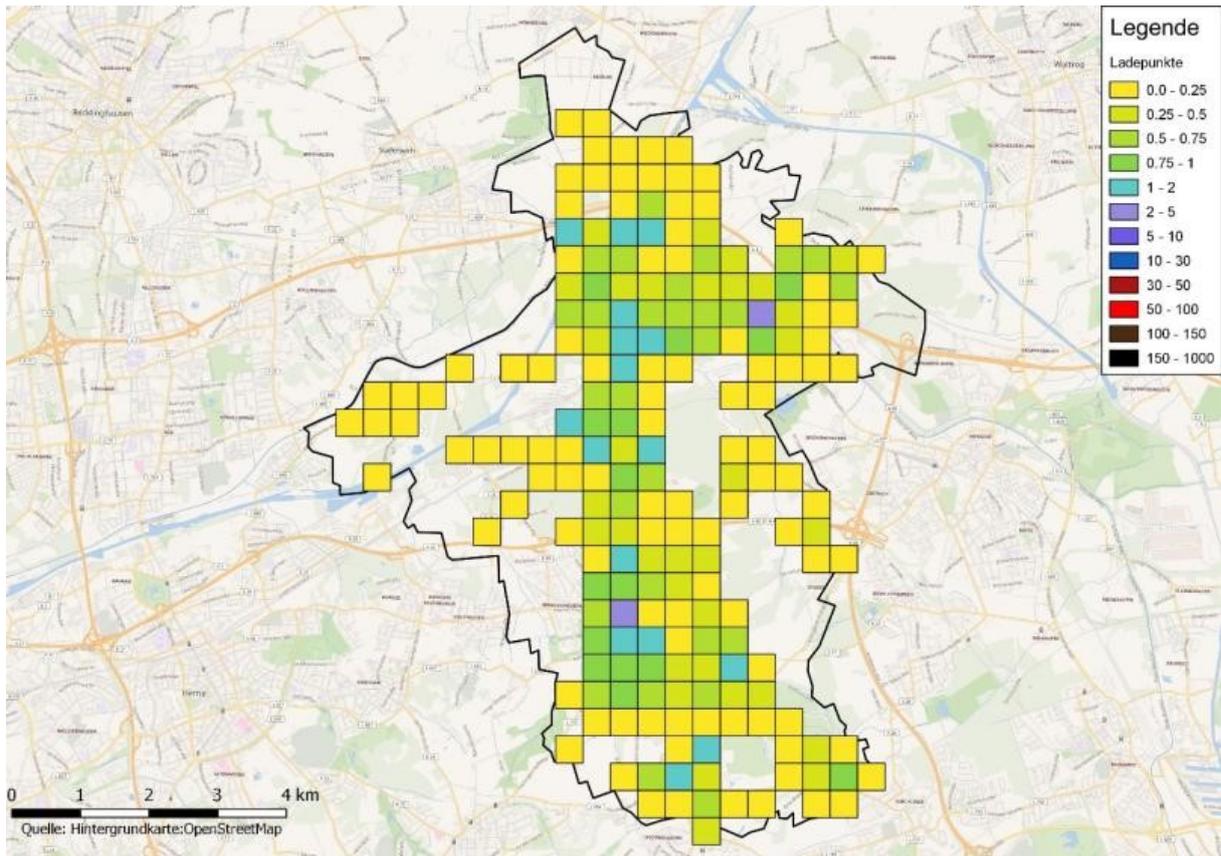


Abb. 50: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge bei Unternehmen (Dienstfahrzeuge und Fahrzeuge von Beschäftigten) 2025

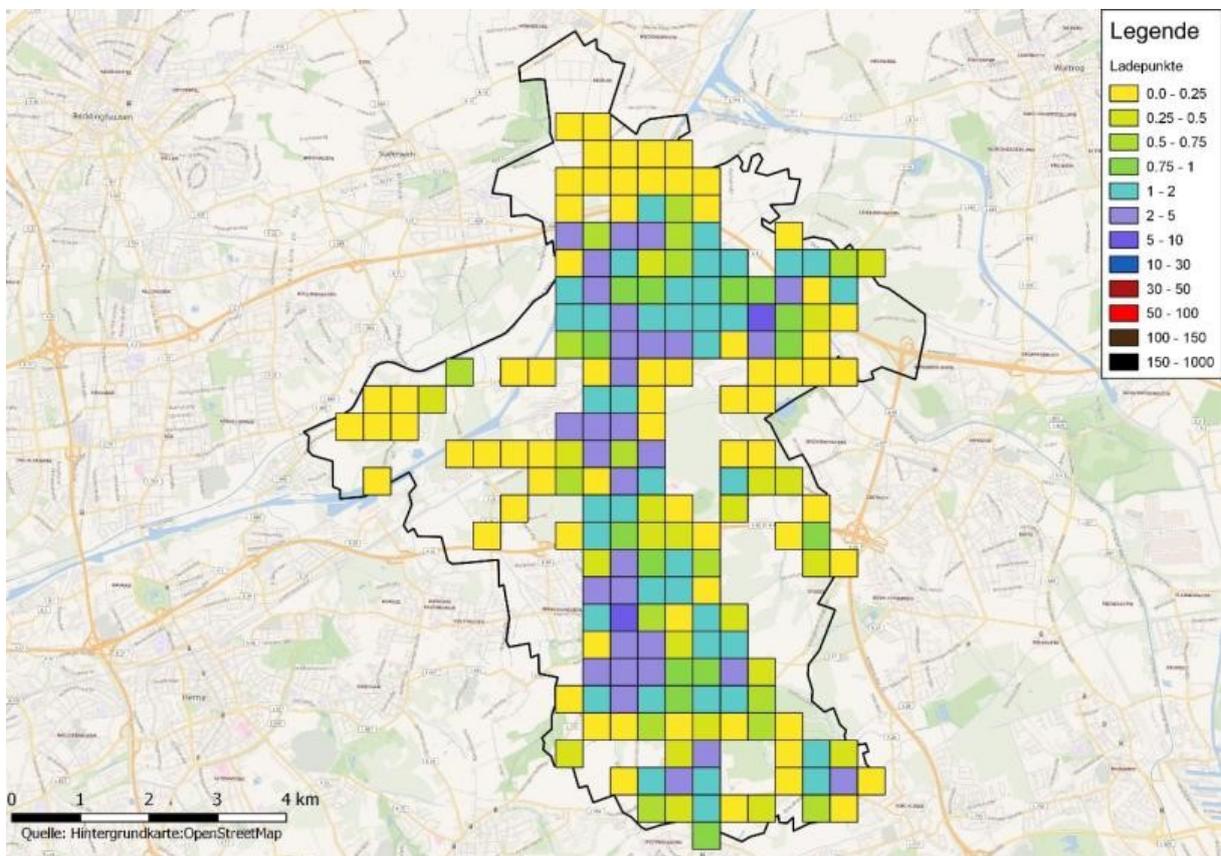


Abb. 51: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge bei Unternehmen (Dienstfahrzeuge und Fahrzeuge von Beschäftigten) 2030

6.3 Ladevorgänge im halböffentlichen Raum

Ladevorgänge im halböffentlichen Raum leiten sich in dieser Betrachtung aus den Elektrofahrzeugen an Points of Interest ab. Hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass nicht jedes berechnete Elektrofahrzeug auch einen Ladevorgang auslöst (4.4.3). Trotzdem werden schon 2020 an jedem Points of Interest geringe Zahlen von Elektrofahrzeugen erwartet, was dazu führt, dass zwar schon zu Beginn des Wachstums 2020, alle Punkte festliegen, jedoch zum Teil noch sehr geringe Zahlen bei den Ladevorgängen aufweisen. Mit dem Anwachsen des Fahrzeugbestandes 2025 ff. kommt somit kein neuer Ort hinzu, es ist lediglich ein Anstieg der Ladevorgänge zu beobachten.

Im Gegensatz zur Entwicklung bei den Haushalten und Unternehmen, die relativ flächig erfolgt, zeigt sich im halböffentlichen Bereich eine starke punktuelle Entwicklung mit deutlichen Hotspots.

Neben den Ladevorgängen von Elektrofahrzeugen an Points of Interest können Ladevorgänge auch durch Elektrofahrzeuge von privaten Haushalten entstehen, die über keinen eigenen Stellplatz verfügen sowie durch Elektrofahrzeuge von Beschäftigten, die nicht auf den Stellplätzen der Unternehmen untergebracht werden können.

Auf die Thematik von Ladevorgängen, die durch Elektrofahrzeuge an privaten Haushalten ohne eigenen Stellplatz entstehen, wird nochmals in Abschnitt 7.4 eingegangen.

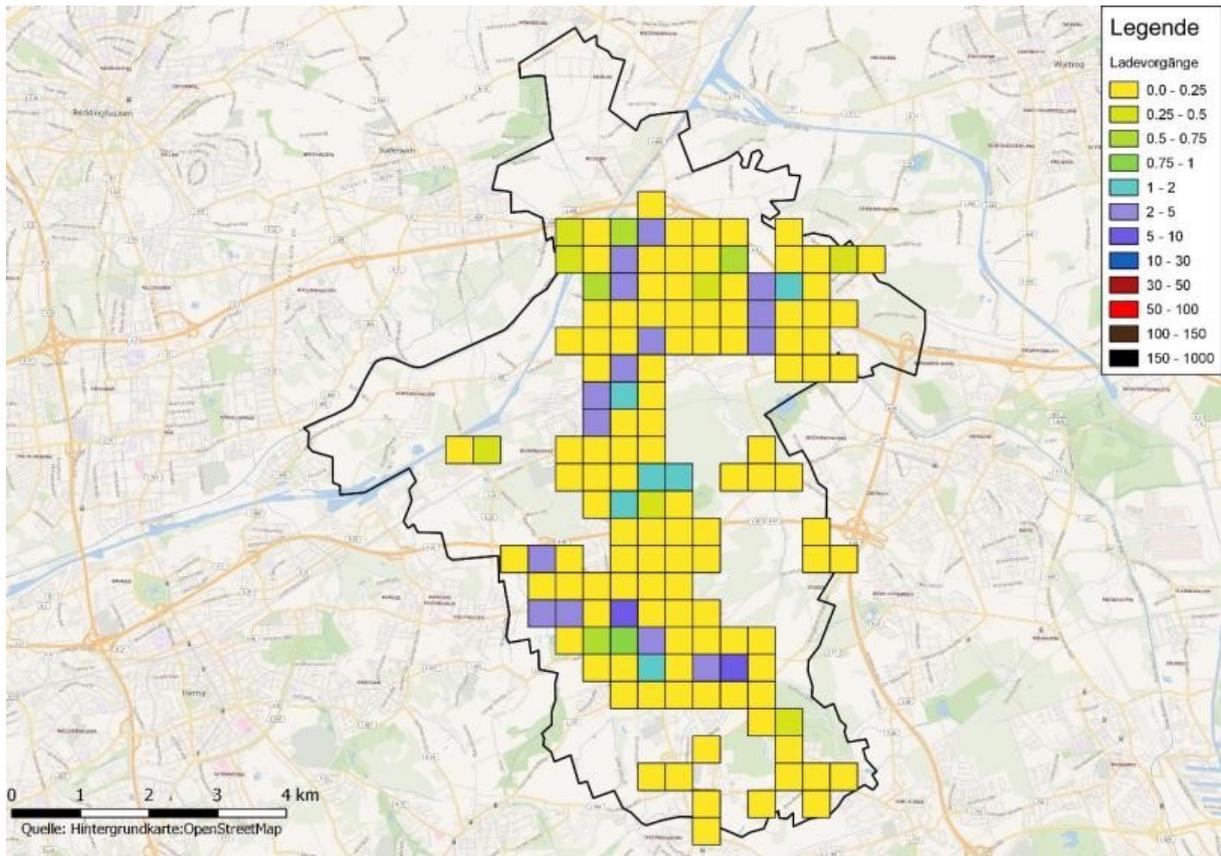


Abb. 52: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im halböffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest) 2020

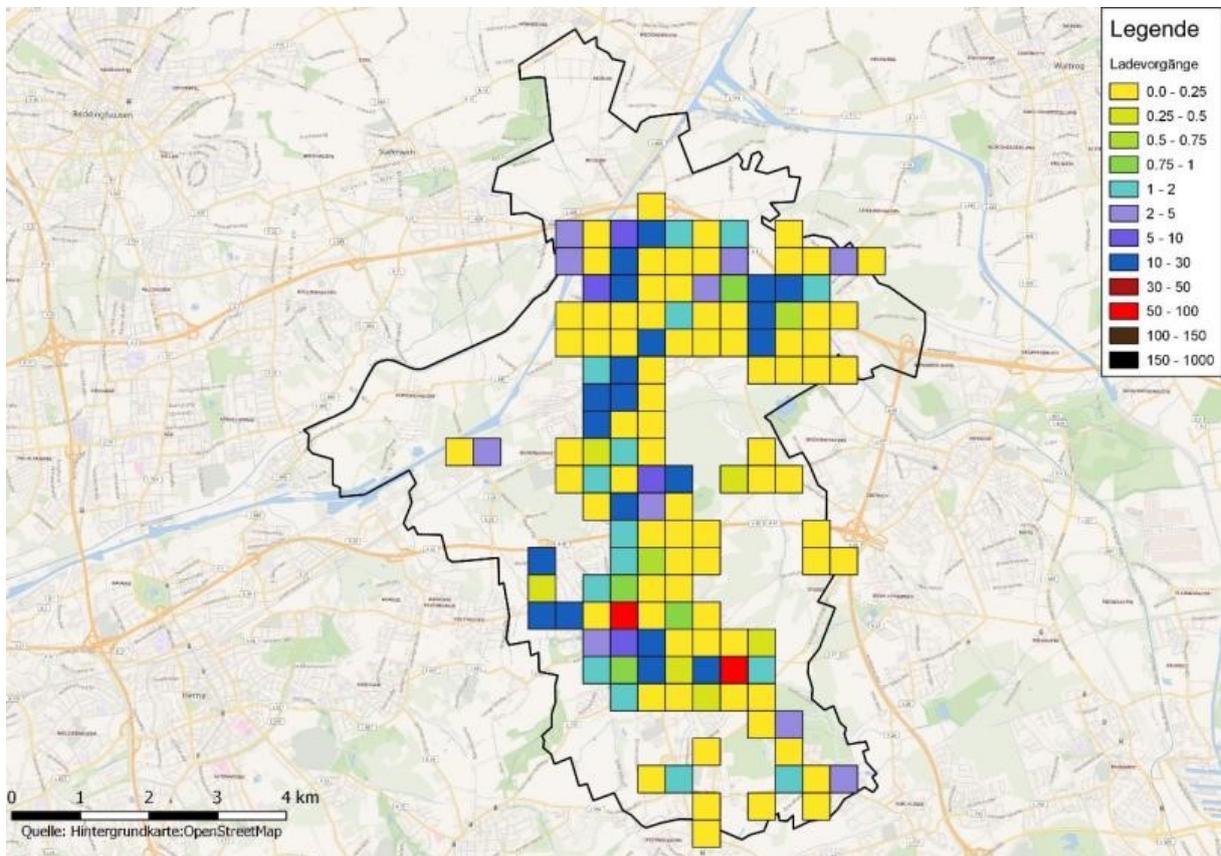


Abb. 53: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im halböffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest) 2025

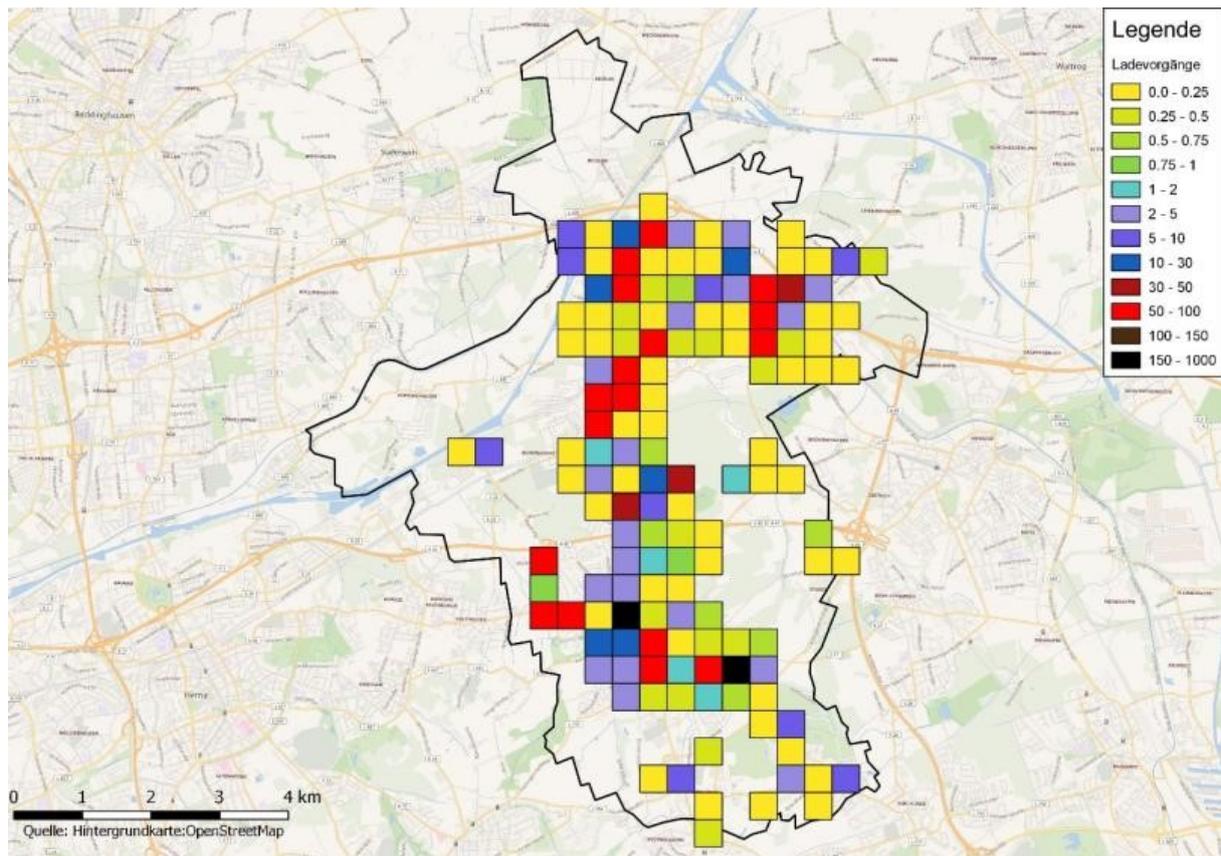


Abb. 54: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im halböffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest) 2030

6.4 Ladevorgänge im öffentlichen Raum

Ladevorgänge im öffentlichen Raum entstehen nur dann, wenn die erwarteten Elektrofahrzeuge nicht auf einem privaten Stellplatz, einem Stellplatz bei Unternehmen oder einem halböffentlichen Stellplatz untergebracht werden können. Im überwiegenden Maße entstehen Ladevorgänge im öffentlichen Raum aus dem Ladebedarf von Elektrofahrzeugen an privaten Haushalten ohne eigenen Stellplatz. Dies hat zur Folge, dass Ladevorgänge im öffentlichen Raum grundsätzlich vor allem in den verdichteten Stadtbereichen erwartet werden. Für das Stadtgebiet von Castrop-Rauxel gilt dies tendenziell auch. Es zeigt sich jedoch, dass die Entstehung von Ladevorgängen insgesamt eher flächig als punktuell und somit räumlich homogener erfolgt als im halböffentlichen Bereich. Insgesamt bewegt sich die Zahl der Ladevorgänge, auch bei ausgeprägtem Elektrofahrzeugbestand in 2030, auf einem eher geringen Niveau.

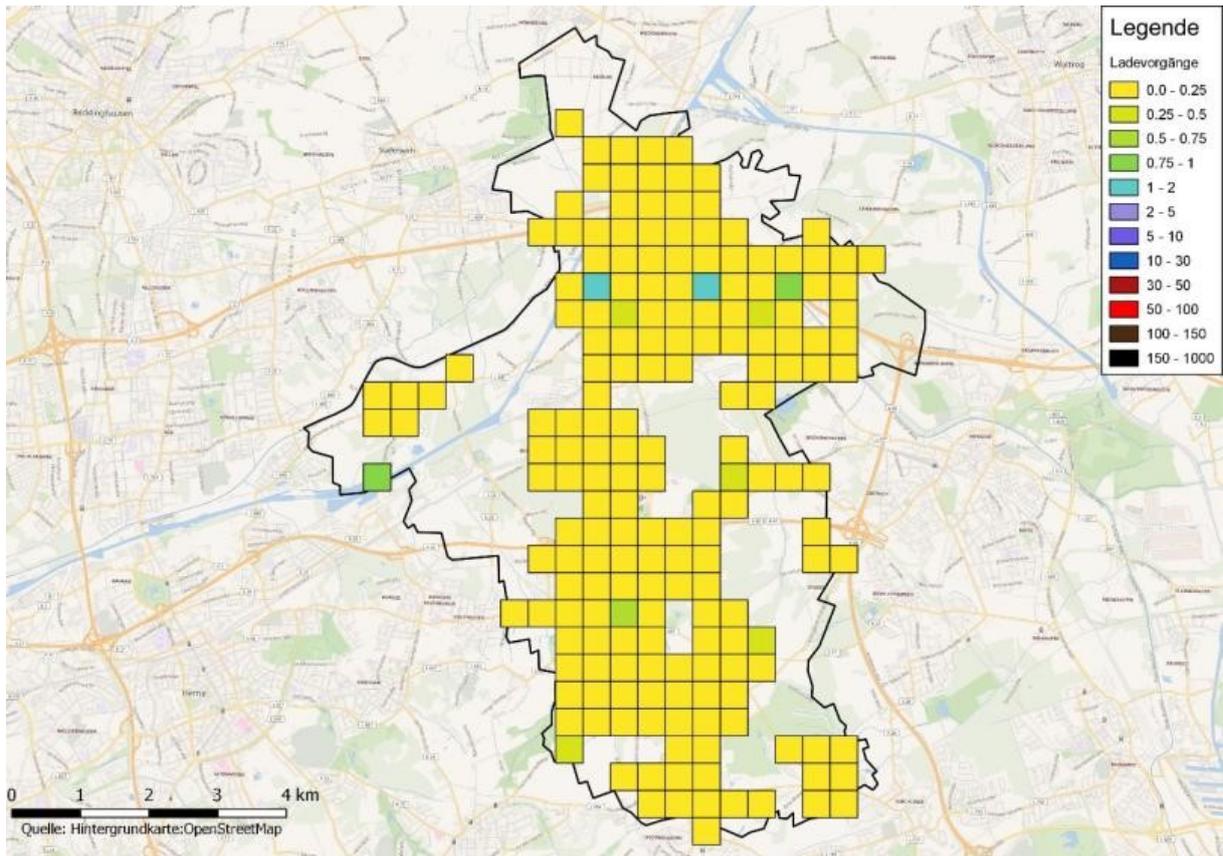


Abb. 55: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest und Fahrzeuge von Haushalten ohne eigenen Stellplatz) 2020

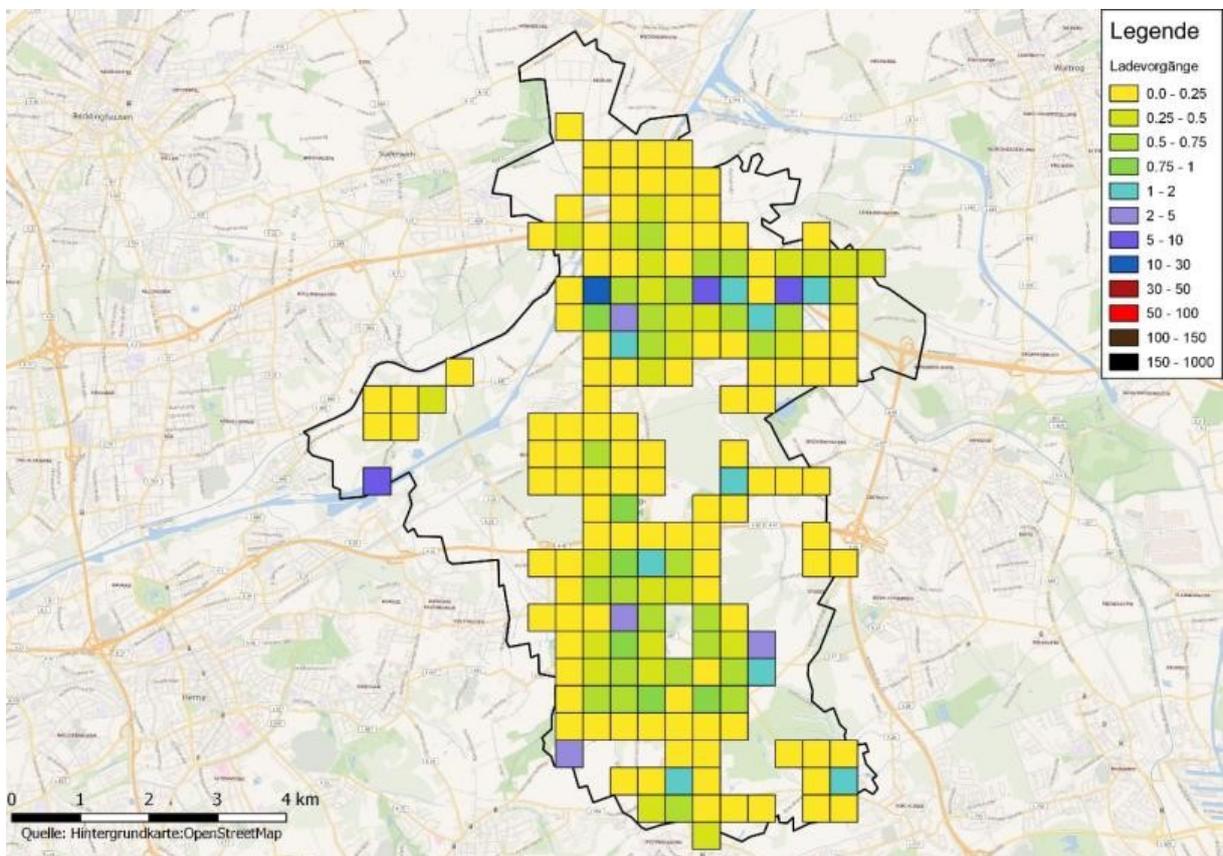


Abb. 56: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest und Fahrzeuge von Haushalten ohne eigenen Stellplatz) 2025

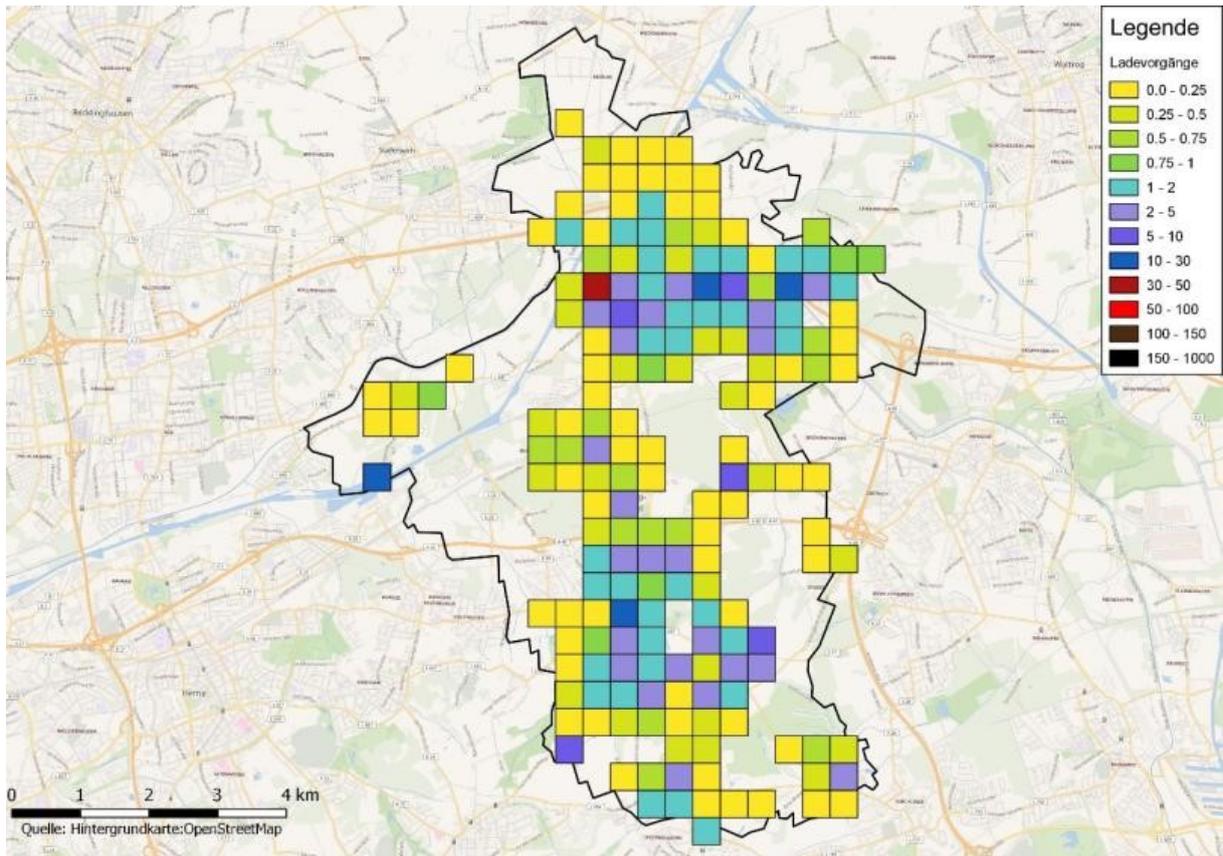


Abb. 57: Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum (Fahrzeuge an Points of Interest und Fahrzeuge von Haushalten ohne eigenen Stellplatz) 2030

7 Prognose des Bedarfs für Ladeinfrastruktur in der Stadt Castrop-Rauxel

Die Analyse zeigt, dass der erwartete Ladeinfrastrukturbedarf überwiegend im privaten Bereich, also auf privaten Flächen (Stellplatz Eigenheim, Garage Mietwohnen, Garagenhof, privater Parkplatz, Tiefgarage etc.), sowie bei Unternehmen auf den eigenen Grundstücken gedeckt werden kann. Mit einem Anteil von 88 % im Jahr 2020, 91 % im Jahr 2025 und 92 % in 2030, an der gesamt benötigten Ladeinfrastruktur, wird der überwiegende Teil, der in den kommenden Jahren benötigten Ladeinfrastruktur, auf privaten Stellflächen entstehen.

Da jedoch nicht für alle privat genutzten Fahrzeuge, insbesondere in den verdichteten Bereichen der Stadt Castrop-Rauxel, die Möglichkeit besteht, an Ladepunkten auf privaten Flächen zu laden, entsteht mit dem größeren Bestand an Elektrofahrzeugen auch ein wachsender Bedarf für Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum. Dieser Bedarf kann jedoch nur zum Teil über Stellflächen bei Unternehmen und im halböffentlichen Raum (z.B. Parkhäuser oder Supermärkte) in geographischer Nähe gedeckt werden.

Weiterer Bedarf für Ladeinfrastruktur im halböffentlichen und öffentlichen Raum entsteht aus dem Ladebedarf von gewerblich genutzten Fahrzeugen und Berufspendlern bei Unternehmen, die nicht über ausreichende eigene Stellflächen verfügen, sowie von Kunden, Besuchern und Touristen an Points-of-Interest.

Der Anteil der öffentlichen Ladeinfrastruktur liegt im Jahr 2020 bei 3 %, 2025 und 2030 nur noch bei 2 % bezogen auf den Gesamtbestand. Der Gesamtbedarf liegt damit bis 2020 bei ca. 7, bis 2025 bei ca. 44 und bis 2030 bei ca. 136 öffentlichen Ladepunkten im Stadtgebiet.

Tab. 8: Prognostizierter Bedarf für Ladepunkte nach Parktyp (absolut)

Jahr	private Haushalte	Unternehmen	halböffentlich	öffentlich
2020	232	12	11	7
2025	2,129	65	86	44
2030	6,153	168	246	136

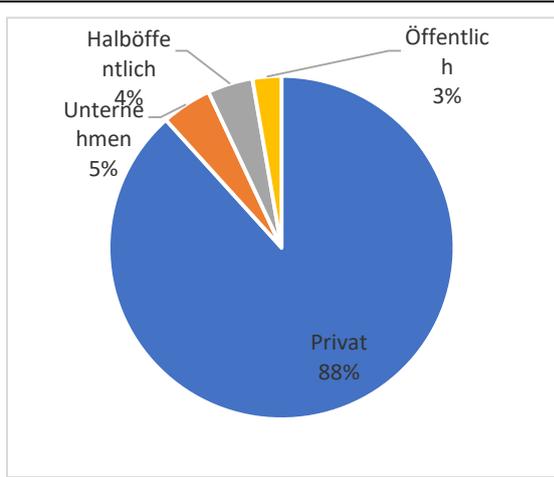


Abb. 58: Ladepunkte gesamt/Anteile nach Ladetypen 2020

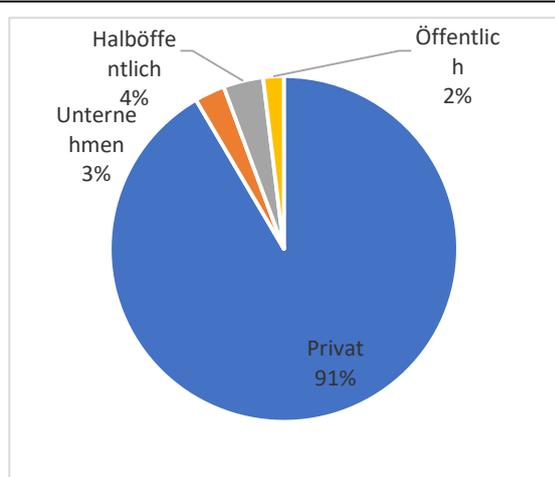


Abb. 59: Ladepunkte gesamt/Anteile nach Ladetypen 2025

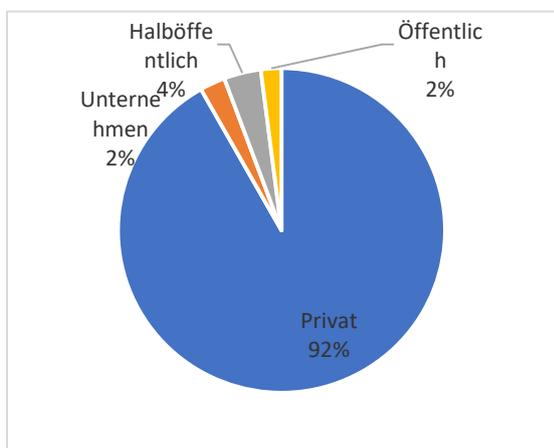


Abb. 60: Ladepunkte gesamt/Anteile nach Ladetypen 2030

7.1 Ladepunkte auf privaten Stellflächen

Die Entwicklung von Ladepunkten auf privaten Stellflächen leitet sich, wie bereits unter 5.4.1 dargestellt, vom Vorhandensein eines Elektrofahrzeugs an einem Haushalt ab, grundsätzlich unabhängig davon, wie viele Ladevorgänge erwartet werden. Daher folgt das Wachstum von Ladepunkten in diesem Bereich auch den vorhandenen Siedlungsstrukturen und dem Wachstum von Elektrofahrzeugen.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Aufbau von Ladepunkten auf privaten Stellflächen ohne weitere Aktivitäten der öffentlichen Aufgabenträger aus eigenem Antrieb entstehen wird. In den ersten Jahren des Markthochlaufs wird eine anbieterneutrale Beratung, analog zur Energieberatung für Hausbesitzer, sicher eine verstärkende und stabilisierende Wirkung haben. Grundsätzliche Herausforderungen bestehen aktuell noch:

- organisatorisch:

Bei Mietimmobilien mit mehreren Haushalten müssen durch den Eigentümer Möglichkeiten zur Installation von Ladepunkten geschaffen werden. Hier ändern sich aber spätestens ab 2020 mit der Umsetzung der EU Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz 2018/844 in nationales Recht die Rahmenbedingungen.

- rechtlich:

Bei Eigentümergemeinschaften, da hier bisher noch kein adäquater Rechtsrahmen geschaffen wurde.

- technisch:

Insbesondere bei Mietimmobilien finden sich abgesetzte Stellplätze auf offenen Parkflächen und sogenannten Garagenhöfen. Diese Flächen sind im Gegensatz zu Tiefgaragen häufig nicht an die Stromversorgung angebunden.

Die größte und mit weitem Abstand bedeutsamste Herausforderung im Zusammenhang mit Ladepunkten insgesamt und speziell bei privaten Stellplätzen am Wohnort, stellt die Leistungsfähigkeit der Ortsnetze dar (vgl. Abschnitt 3.2.7).

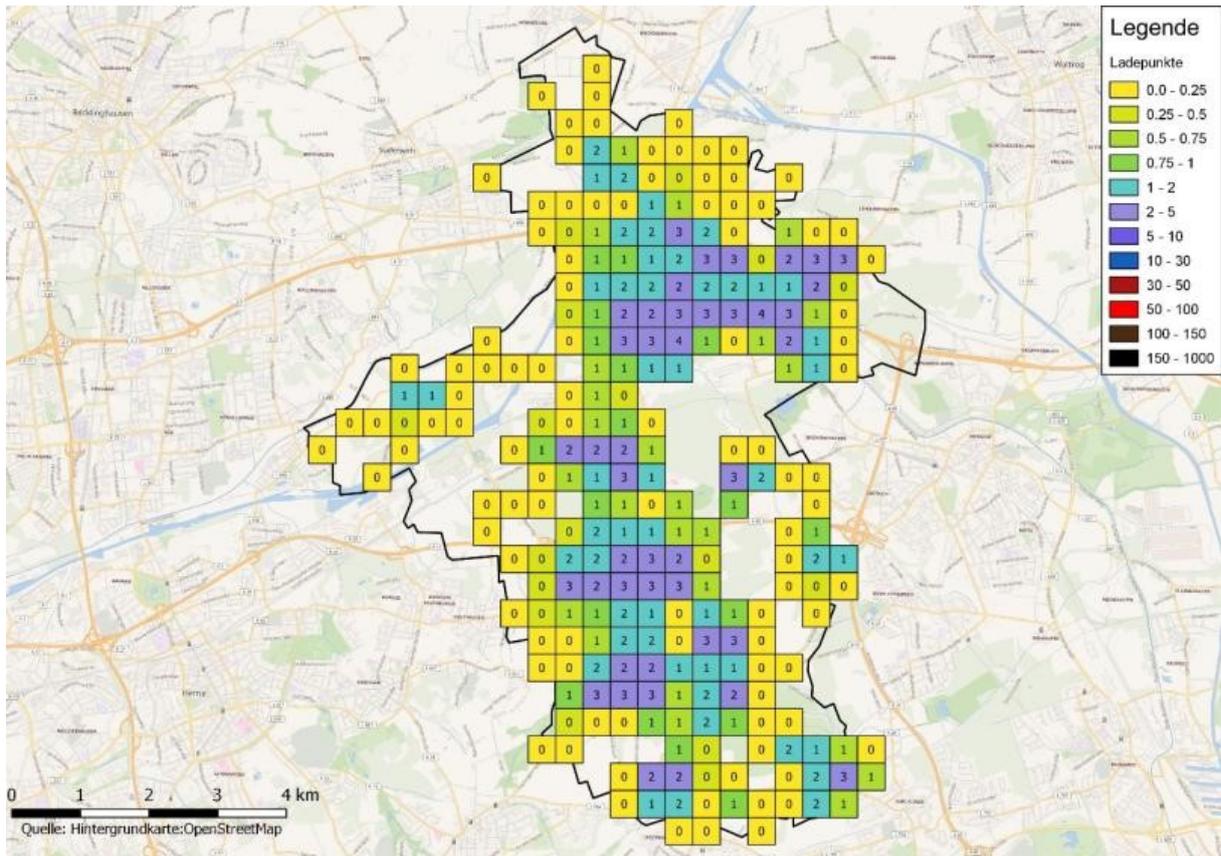


Abb. 61 Ladepunkte auf privaten Stellflächen 2020

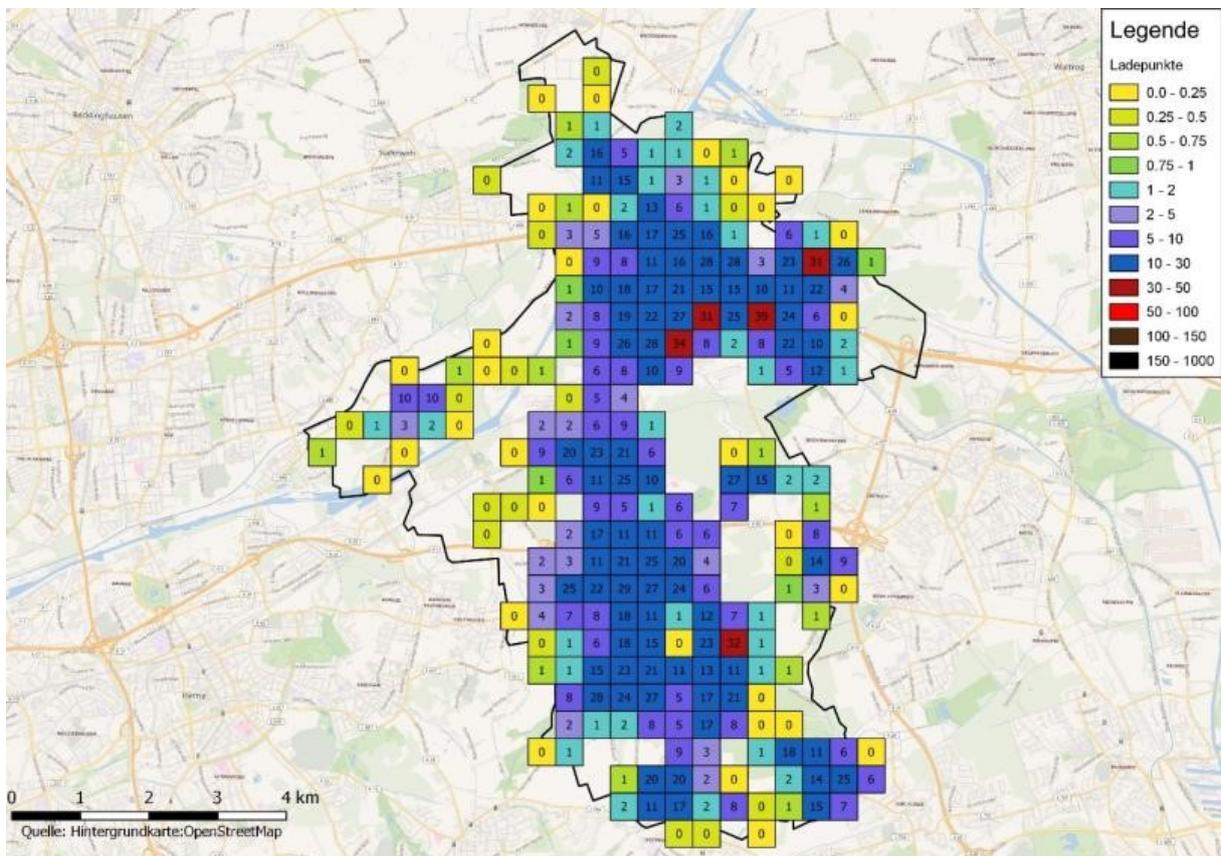


Abb. 62: Ladepunkte auf privaten Stellflächen 2025

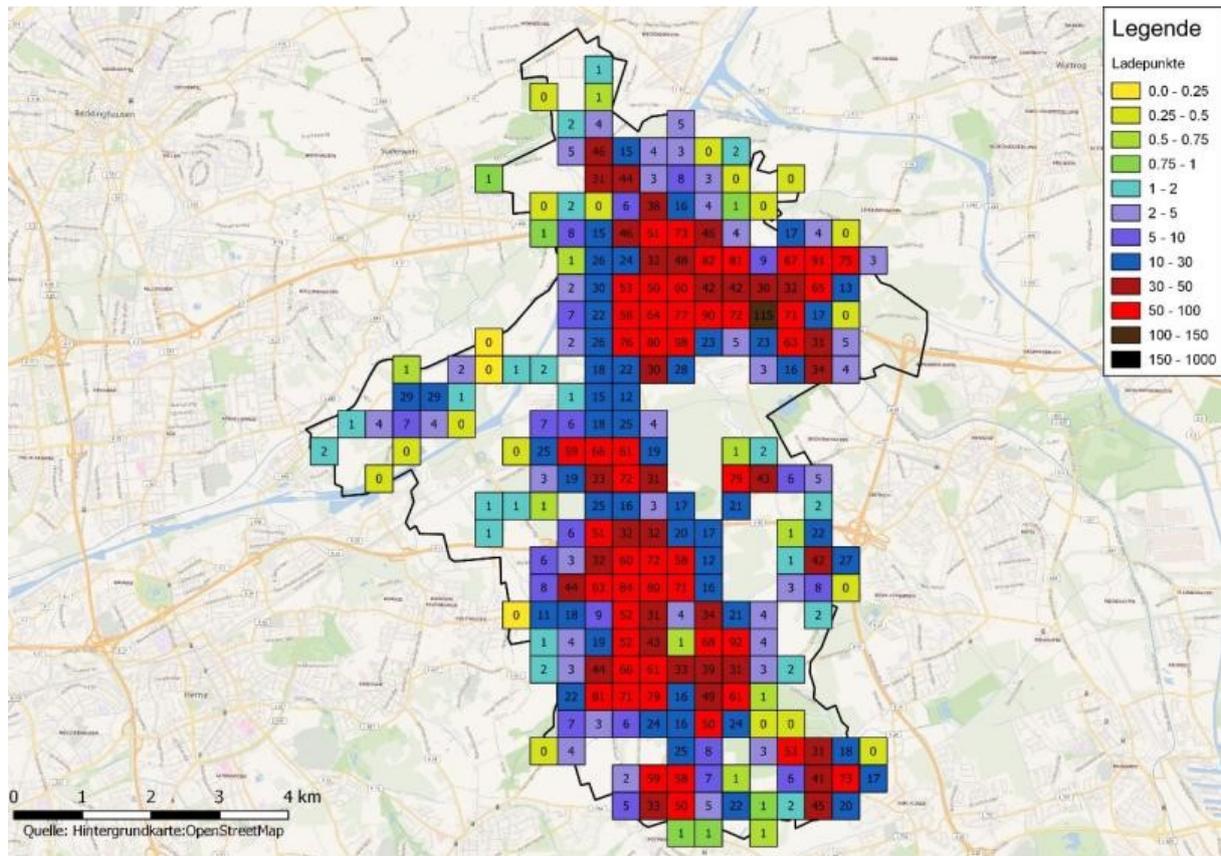


Abb. 63: Ladepunkte auf privaten Stellflächen 2030

7.2 Ladepunkte bei Unternehmen

Ladepunkte bei Unternehmen, insbesondere für die dienstliche Mobilität, werden in den kommenden Jahren i.d.R. in Eigenverantwortung entstehen, insbesondere auch, weil das Angebot zum Laden beim Arbeitgeber künftig ein wichtiger Bestandteil der Arbeitgeberattraktivität sein wird. Anfänglich wird es aufgrund einer geringen Nachfrage und gleichzeitig hohen Investitionskosten schwer sein, Arbeitgeber von der Notwendigkeit zu überzeugen. In den ersten Jahren des Markthochlaufs, wird es erforderlich sein, Unternehmen beratend zu unterstützen. Insbesondere in Hinblick auf mögliche Geschäftsmodelle z.B. die Weiterentwicklung des Firmenparkplatzes als Ladepark für Nachlader aus dem Bereich der benachbarten Haushalte ohne eigenen Stellplatz. Dies kann im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements erfolgen oder als Dienstleistung durch Energieversorger bzw. andere Marktteilnehmer, in Verbindung mit weiteren Angeboten zum Betrieb, zur Abrechnung und lokalen Versorgung mit regenerativer Energie.

Anders als beim Laden auf privaten Stellplätzen ist die Herausforderung bei der Bereitstellung von notwendigen Netzleistungen und der Netzstabilität bei Ladepunkten auf dem Betriebsgelände von etwas geringerer Bedeutung.

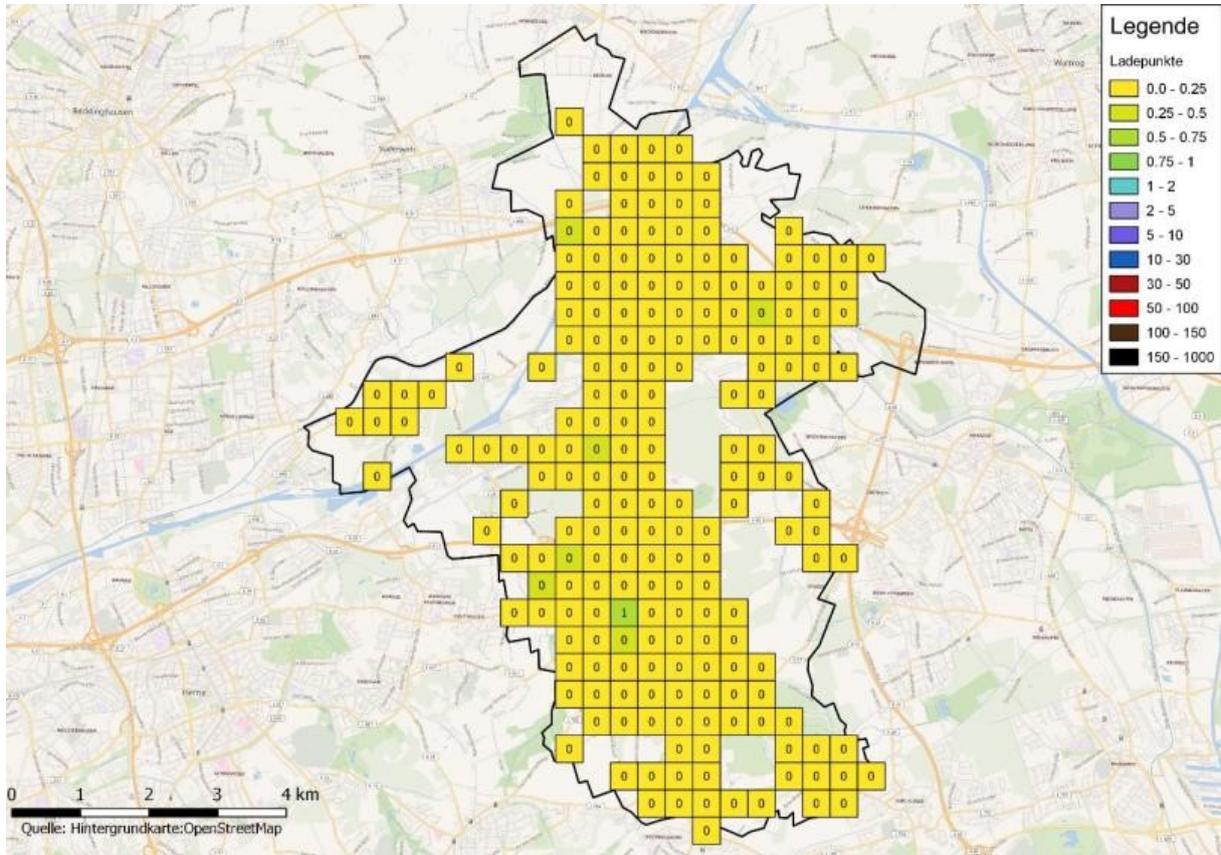


Abb. 64: Ladepunkte auf Stellflächen von Unternehmen 2025

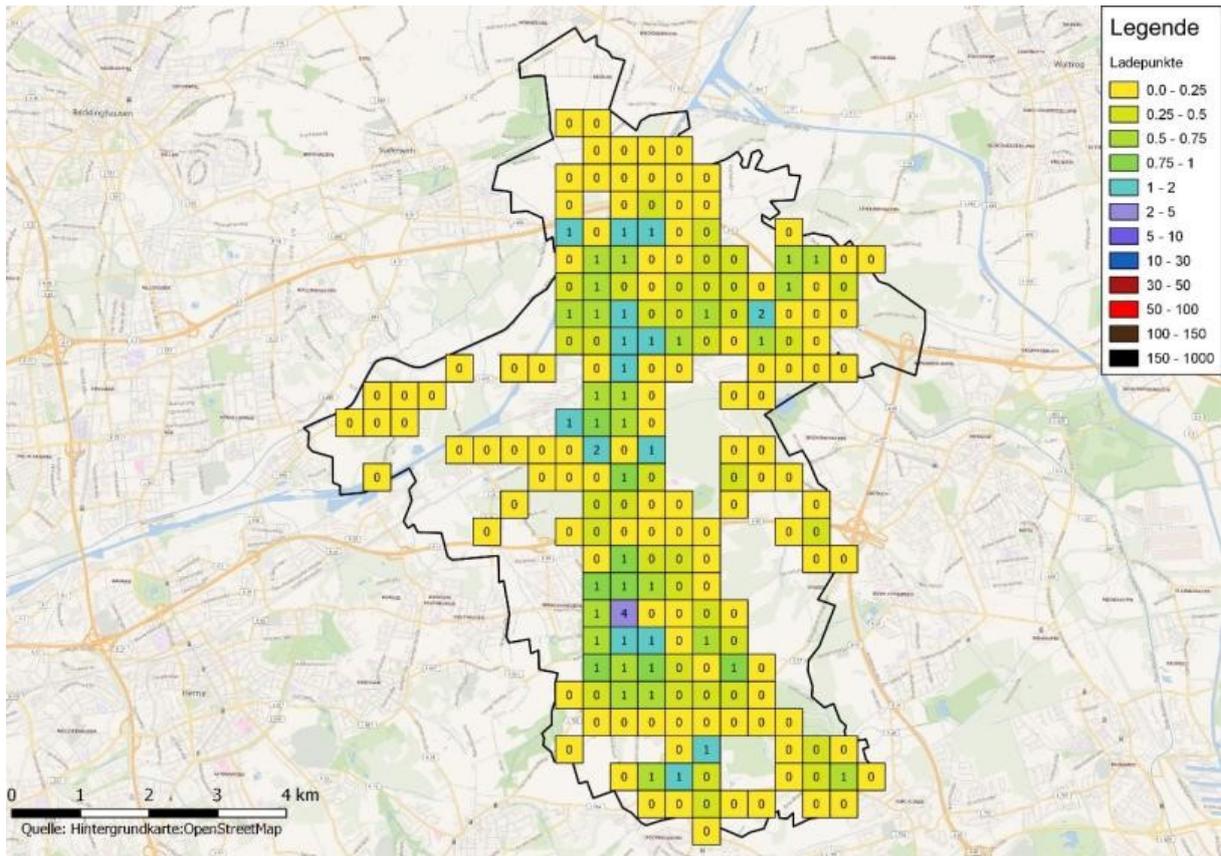


Abb. 65: Ladepunkte auf Stellflächen von Unternehmen 2025

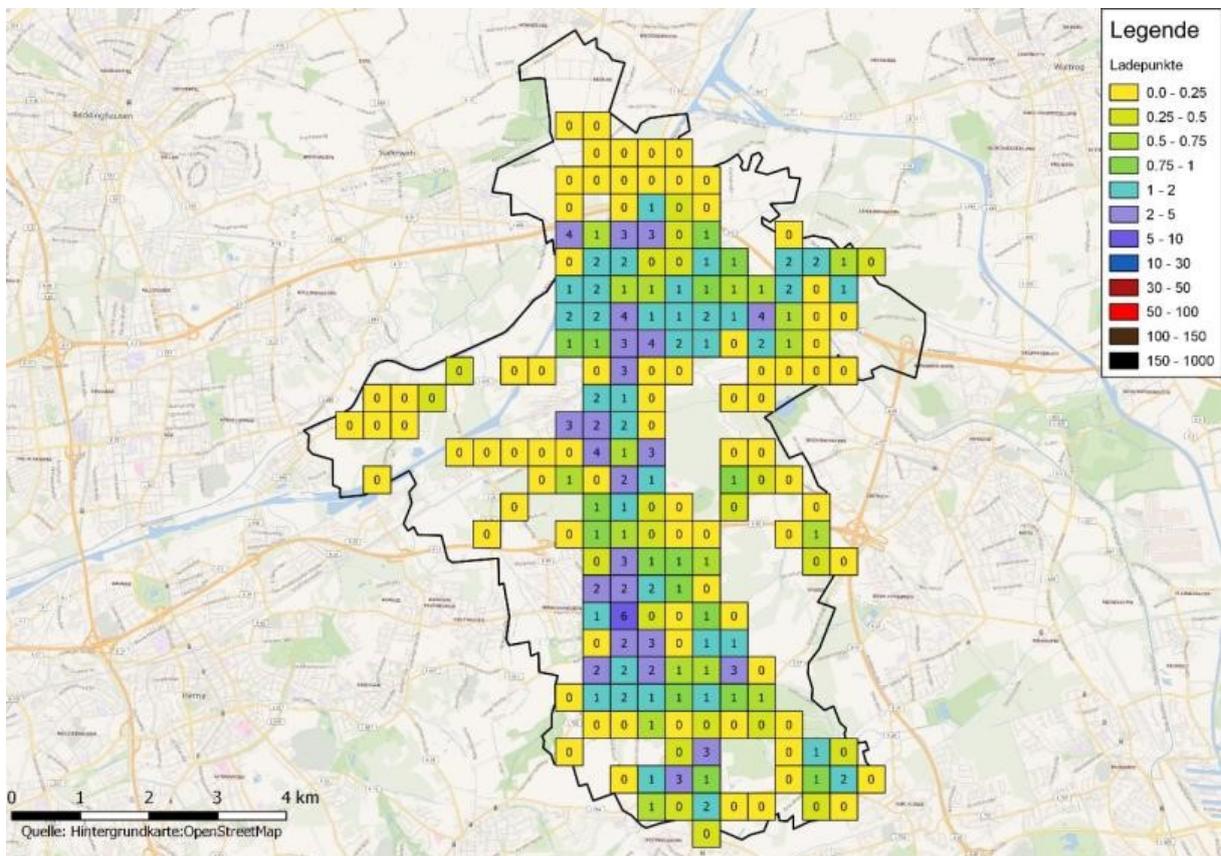


Abb. 66: Ladepunkte auf Stellflächen von Unternehmen 2030

7.3 Ladepunkte im halböffentlichen Raum

Die Entwicklung von Ladepunkten im halböffentlichen Raum zeigt, dass auch schon in der Anfangsphase ein grundsätzlicher Bedarf für Ladepunkte, in den städtischen Zentren entstehen wird. Dies ist vor allem dort der Fall, wo eine Häufung von Points of Interest und Gewerben vorherrscht. Diese Ladepunkte werden jedoch durch die insgesamt geringe Zahl von Ladevorgängen eine geringe Auslastung aufweisen. Mit der wachsenden Zahl von Elektrofahrzeugen verbessert sich die Auslastung jedoch insgesamt. Die geringe Auslastung führt anfänglich zu der Herausforderung, die Ladeinfrastruktur wirtschaftlich zu betreiben. Als positiv erscheint die punktuelle Konzentration des Ladeinfrastrukturbedarfs auf wenige Quartiere. Über einer detaillierten Betrachtung auf Ebene der Park- und Stellflächen, können gezielt halböffentliche Flächen identifiziert werden, auf denen halböffentliche Ladeinfrastruktur künftig wirtschaftlich betrieben werden kann. Da nicht davon auszugehen ist, dass die aktuellen Betreiber/Eigentümer dieser Flächen dieses Potenzial direkt erkennen, ist es sinnvoll, diese gezielt durch die Verwaltung anzusprechen. Grundsätzlich sollten mögliche Substitutionseffekte in Bezug auf den ermittelten Bedarf durch DC-Schnellladeinfrastruktur betrachtet werden.

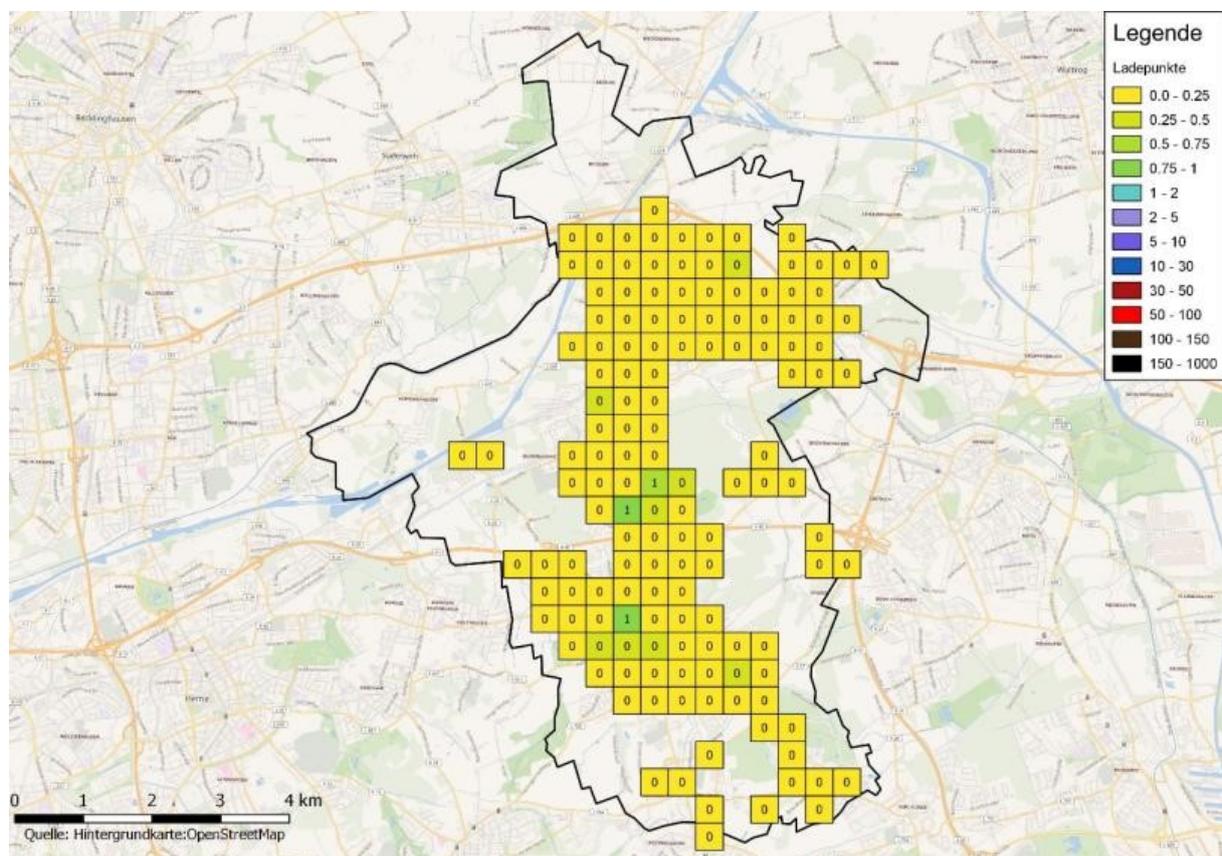


Abb. 67: Ladepunkte auf halböffentlichen Stellflächen 2020

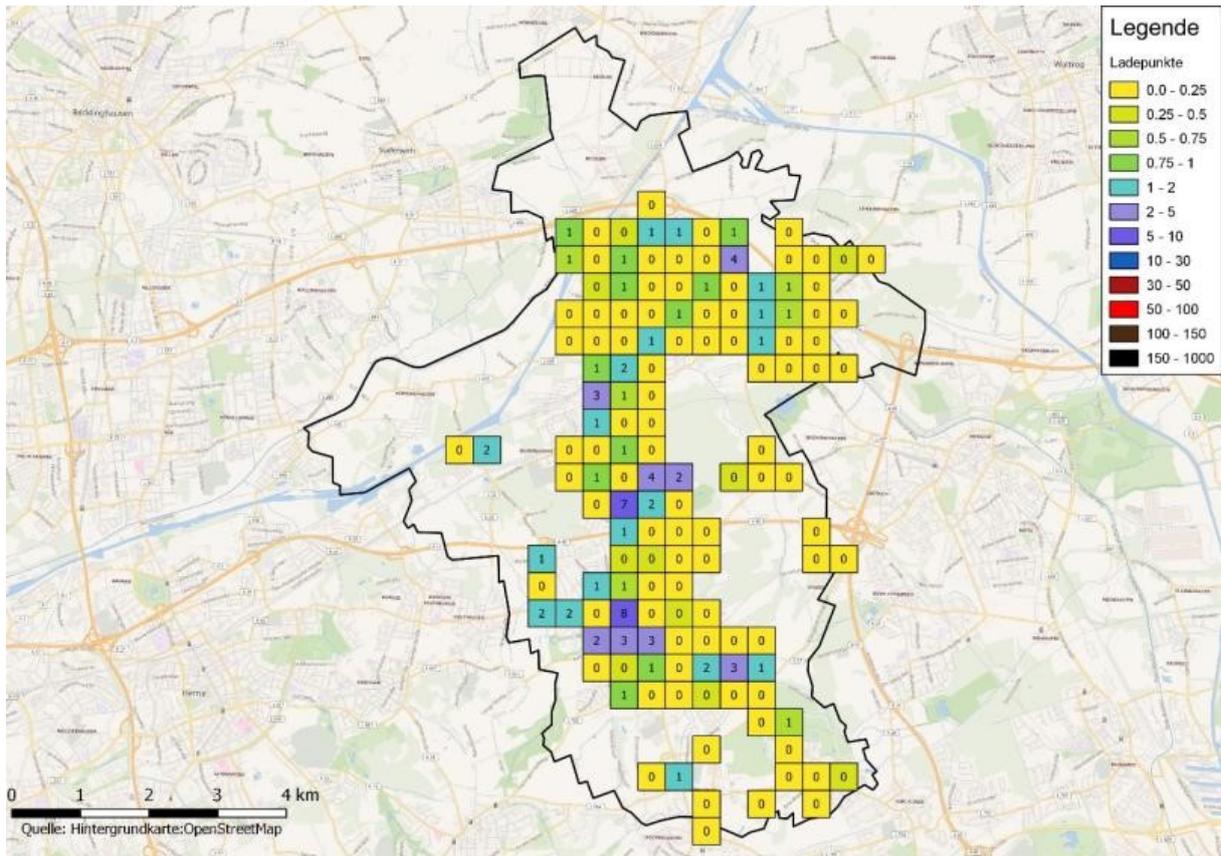


Abb. 68: Ladepunkte auf halböffentlichen Stellflächen 2025

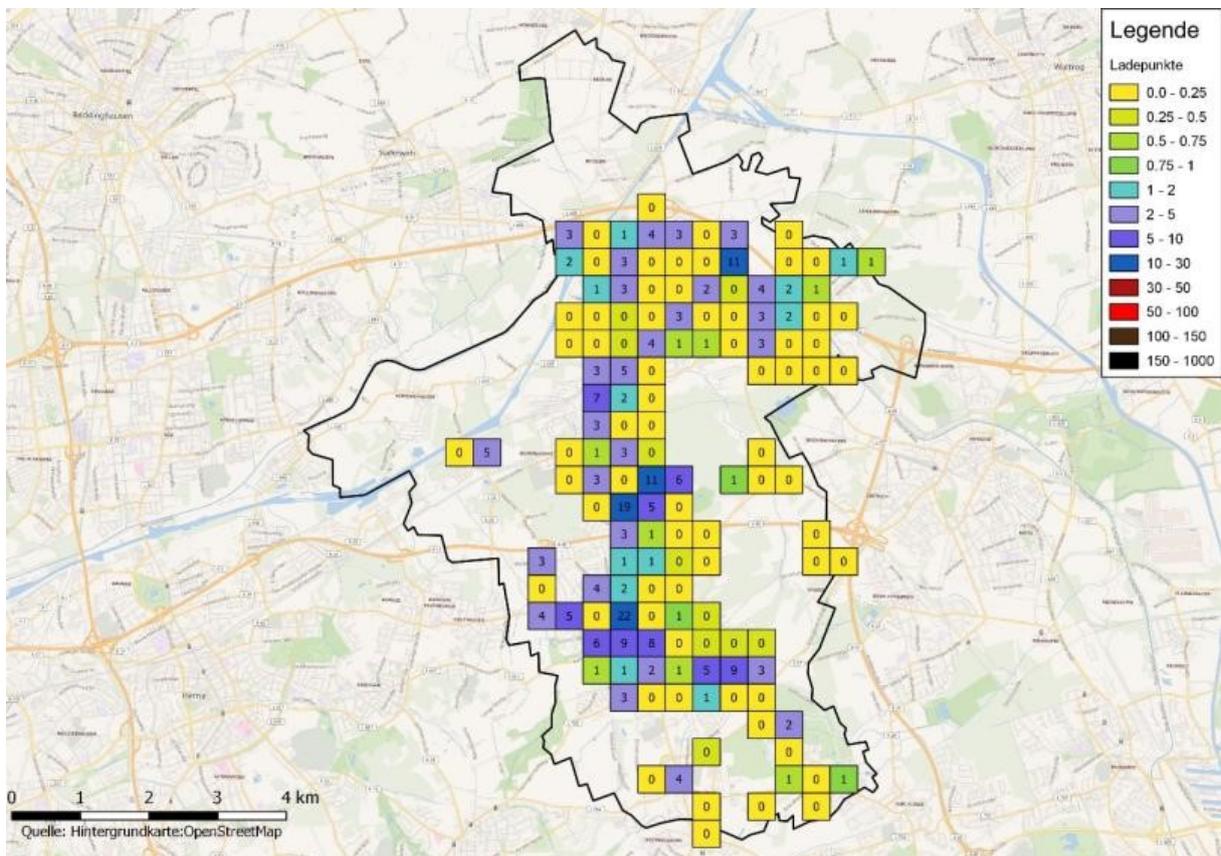


Abb. 69: Ladepunkte auf halböffentlichen Stellflächen 2030

7.4 Ladepunkte im öffentlichen Raum

Schon in der Frühphase des Markthochlaufs besteht ein Bedarf rund um die dichter besiedelten Gebiete für öffentliche Ladeinfrastruktur. Dieser Bedarf ergibt sich vorrangig aus Ladevorgängen von privaten Haushalten, die über keine eigenen Stellplätze verfügen. Häufungen sind in der Südstadt vor allem in zwischen Castrop, Schwerin und Dingen und im Norden zentral zwischen den Stadtteilen Henrichenburg, Habinghorst und Ickern zu beobachten. Im Gegensatz zum halböffentlichen Bereich sind Points of Interest und Gewerbe in einem deutlich geringeren Maße die Quelle für die ermittelten Ladepunkte.

Anfänglich sind, bedingt durch die insgesamt geringe Zahl von Elektrofahrzeugen, nur wenige Ladevorgänge je Ladepunkt und somit flächendeckend eine geringe Auslastung zu beobachten. Ausgehend vom o.a. Gesamtbedarf wird prognostiziert, dass 2020 noch kein Ladepunkt wirtschaftlich ausgelastet werden kann.

Auch wenn der Anteil der öffentlichen Ladeinfrastruktur am Gesamtbedarf gering ist, stellen die absoluten Werte trotzdem eine nicht zu vernachlässigende absolute Größe dar. Insbesondere der Aufbau und Betrieb von öffentlicher Ladeinfrastruktur ist mit vielen Herausforderungen verbunden (vgl. Anhang 2.5: Öffentliches Laden). Problematischer erscheint es daher, die Gesamtzahl der ab 2025 benötigten Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum zu verorten. Es wird notwendig sein, dass die Stadt gemeinsam mit den Akteuren der Wirtschaft, hierfür sinnvolle Lösungen zur Deckung des öffentlichen Ladebedarfs entwickelt.

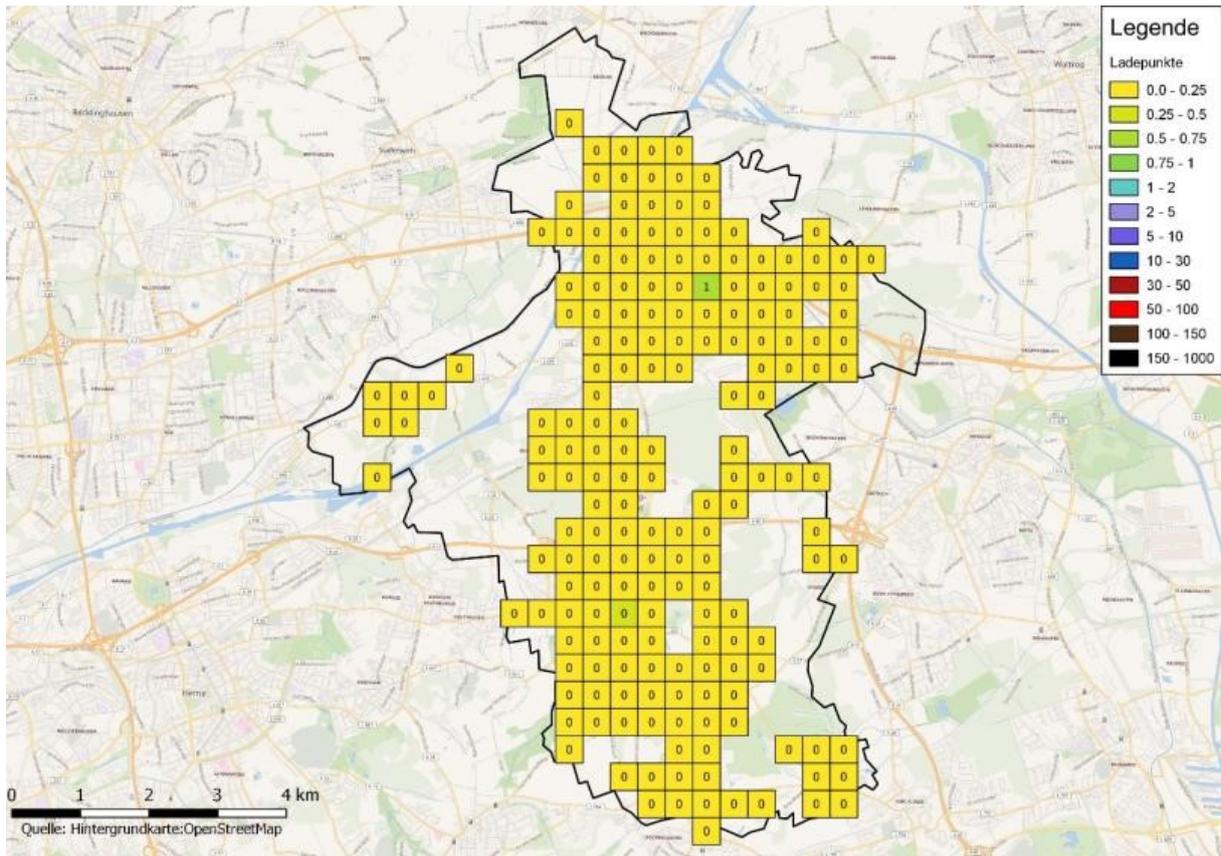


Abb. 70: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2020

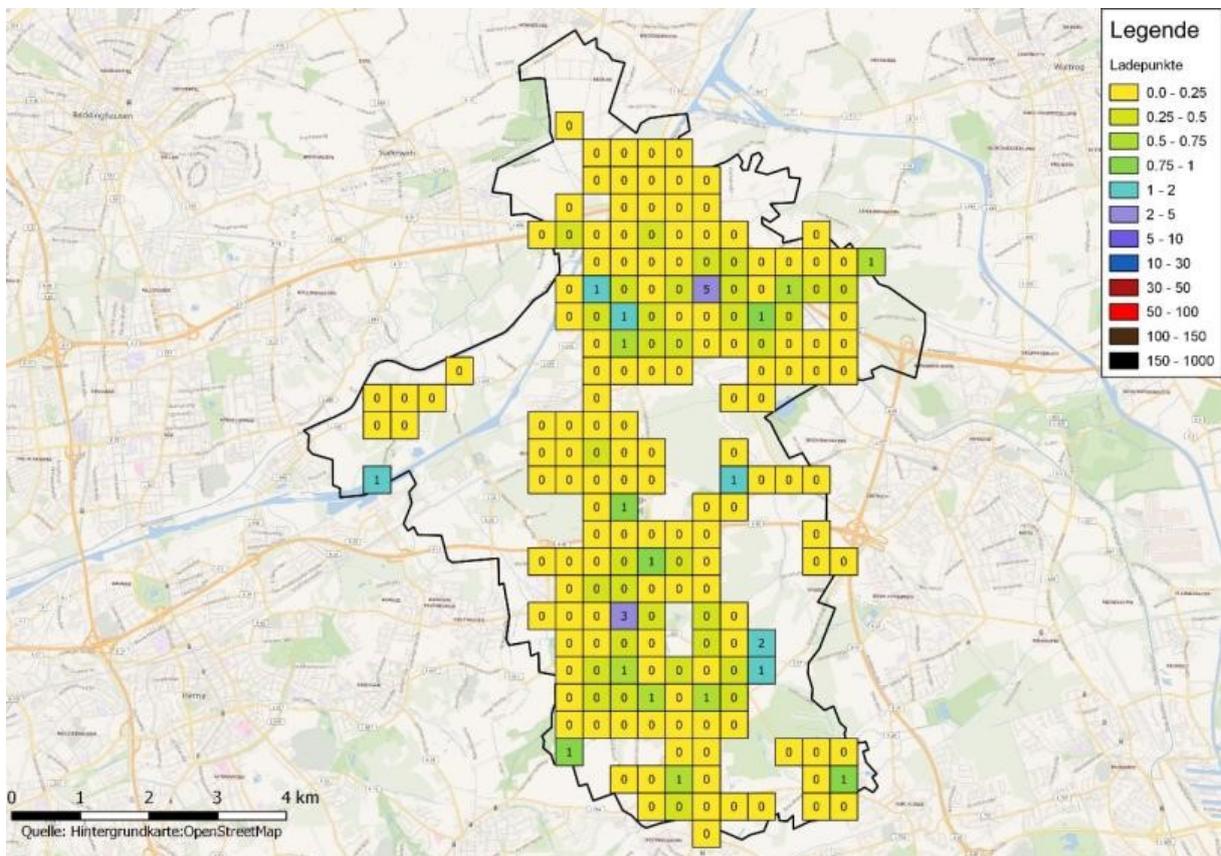


Abb. 71: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2025

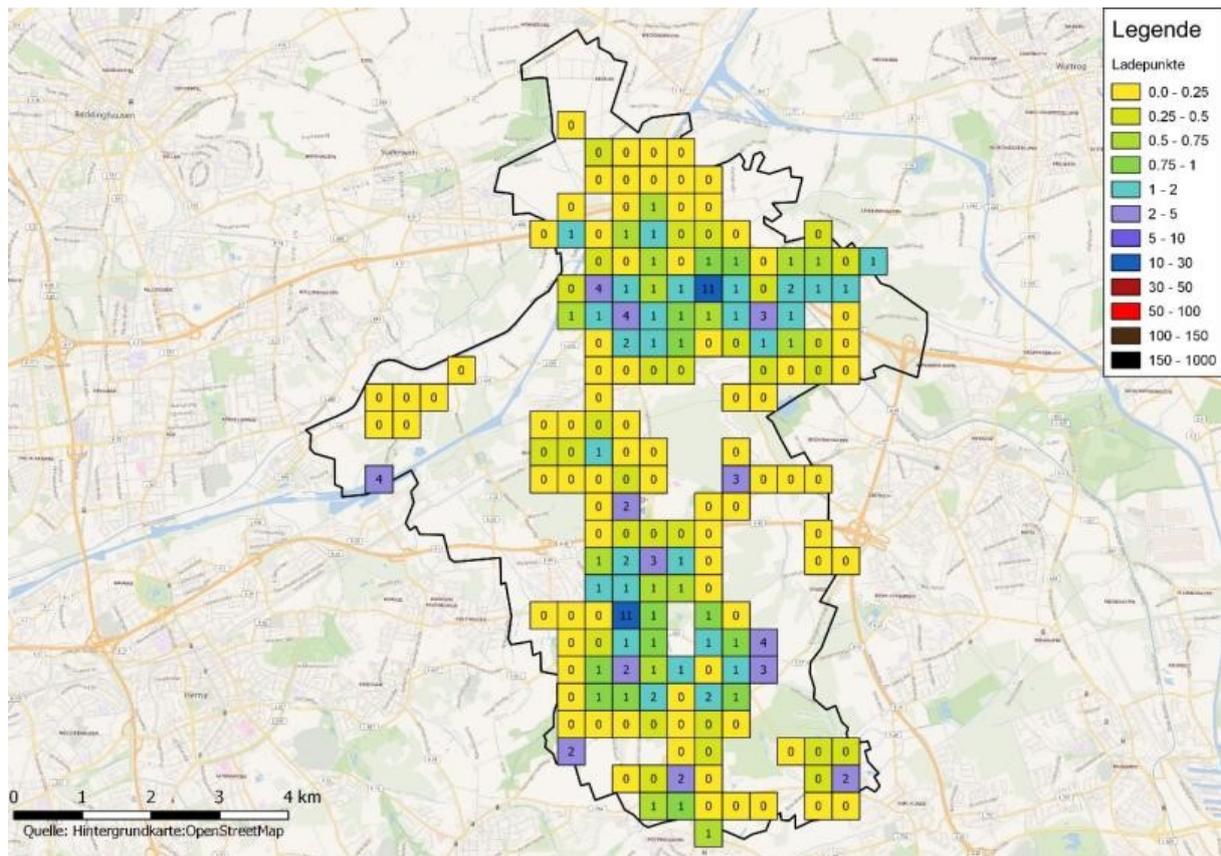


Abb. 72: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2030

7.5 Abgleich des aktuellen Bestands mit der prognostizierten Entwicklung

Bisher wurden in Castrop-Rauxel fünf AC Ladepunkte mit 22 kW, an deren Standorten sich auch noch sechs Ladepunkte mit 3,7 kW befinden, durch die Stadtwerke Castrop-Rauxel aber auch durch private Betreiber wie z.B. durch eine Zahnarztpraxis und eine Crowdfunding-Kampagne eingerichtet. Außerdem verdichten sich die Planungen zu rund zehn Ladepunkten in der Tiefgarage und im Außenbereich des Rathauses. Des Weiteren sind auf den Betriebshöfen vier teils öffentliche teils halböffentliche Ladepunkte in Planung.

Laut der Prognose werden im Jahr 2020 sieben öffentliche und elf halböffentliche Ladepunkte benötigt. Mit dem aktuellen Bestand und den oben genannten Planungen entsteht also eine gute Grundlage für die kommenden 1-2 Jahre. Ggf. kann es künftig vorkommen, dass an einzelnen Punkten trotzdem noch zusätzlich Ladepunkte nach Bedarf nachgerüstet werden müssen.

Der räumliche Abgleich des aktuellen Bestands der Ladepunkte im öffentlichen Raum mit der prognostizierten Entwicklung zeigt, dass die bisher installierten Ladepunkte bereits gut in Bezug auf den erwarteten Bedarf platziert sind. Jedoch sollte in

Erwägung gezogen werden, im nördlichen Teil von Castrop-Rauxel im Zentrum zwischen Henrichenburg, Habinghorst und Ickern weitere öffentliche Ladepunkte zu errichten.

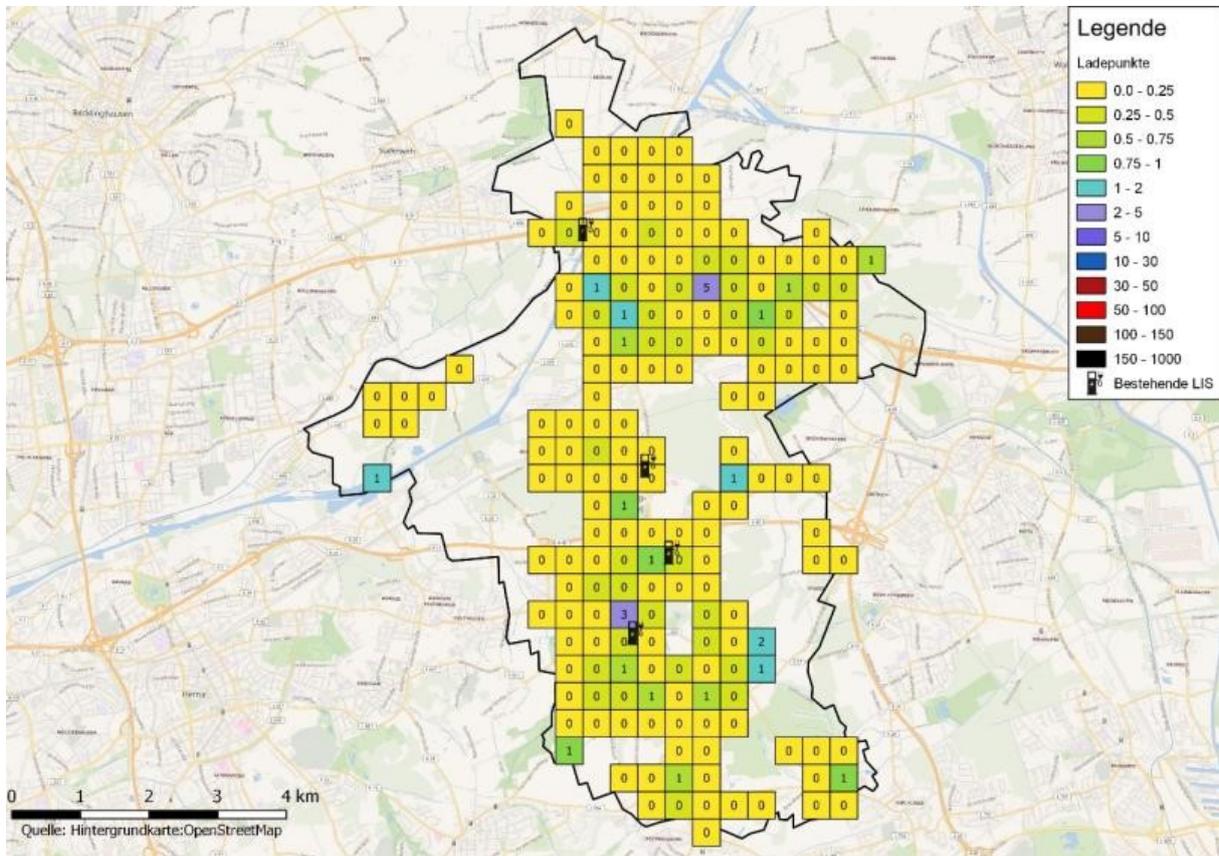


Abb. 73: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2020 (mit aktuellem Ladeinfrastrukturbestand)

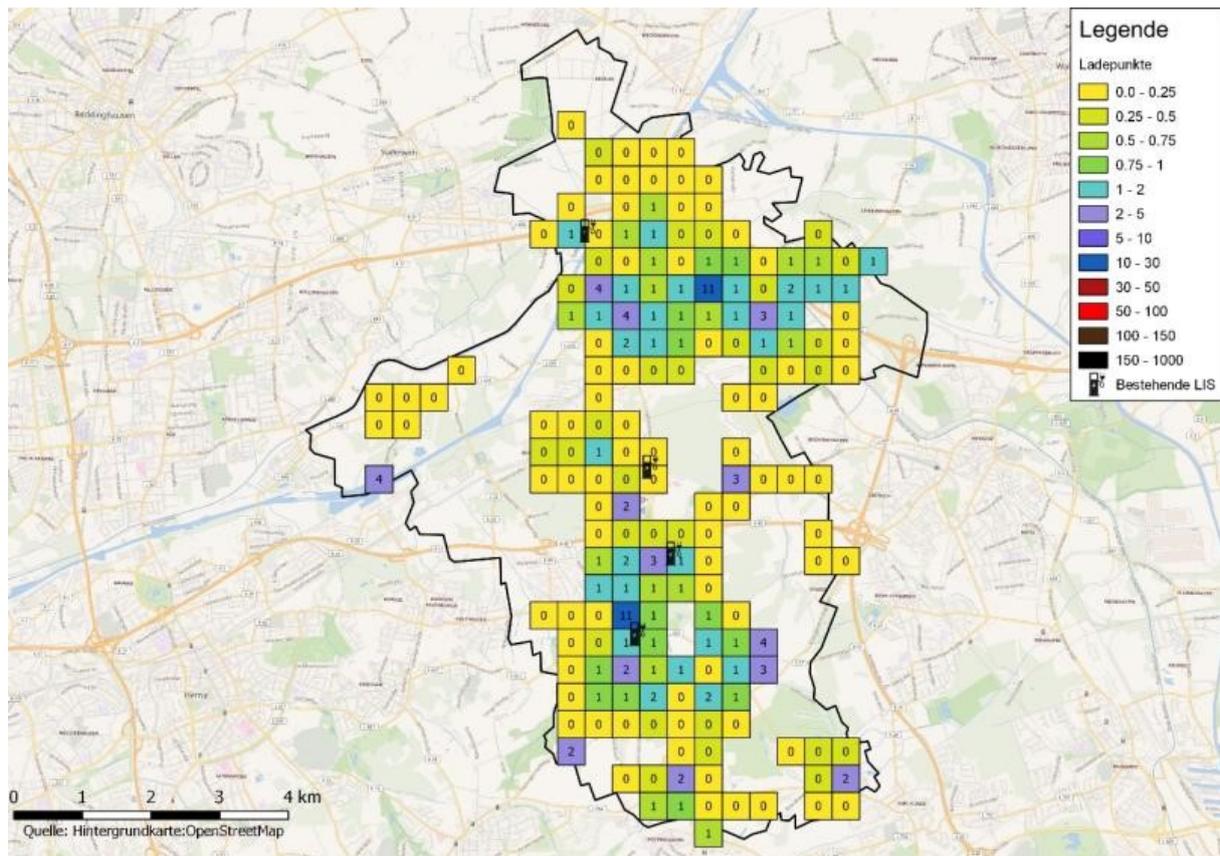


Abb. 74: Ladepunkte auf öffentlichen Stellflächen 2025 (mit aktuellem Ladeinfrastrukturbestand)

7.6 Potenziale zur Reduzierung des Bedarfs für Ladepunkte im öffentlichen Raum

Wie zuvor dargestellt, wird für den Zeitraum nach 2025 der Bedarf für öffentliche Ladeinfrastruktur weiter anwachsen. Die damit verbundenen Herausforderungen wurden bereits mehrfach angeführt.

Es erscheint somit sinnvoll, den Bedarf für öffentliche Ladeinfrastruktur soweit wie möglich auf alternative Angebote umzulenken.

7.6.1 Ladeparks

Eine Möglichkeit ist die Errichtung von sogenannten Ladeparks auf halböffentlichen Parkflächen oder auf Stellflächen von Unternehmen. Voraussetzung hierfür ist, zumindest bis Fahrzeuge autonom fahren können (vgl. hierzu auch 4.1.2), dass derartige Flächen auch räumlich mit dem Bedarf korrespondieren.

Mit einer detaillierten Betrachtung auf Ebene der Park- und Stellflächen sollen gezielt halböffentliche Parkflächen und Stellplätze von Unternehmen identifiziert werden, auf denen ein Potenzial zur Errichtung von Ladeinfrastruktur für die Aufnahme von Ladevorgängen durch Elektrofahrzeuge von Haushalten ohne eigenen Stellplatz besteht.

Hier können sog. Ladeparks (z.B. Allego Chargingplaza³⁰) entstehen, die entweder auf schon bestehender Ladeinfrastruktur aufbauen (z.B. Flächen von Unternehmen mit Ladeinfrastruktur für die Beschäftigten) oder gezielt für diese Zielgruppe errichtet werden. Für den ersten Fall kann dies äußerst attraktiv sein, da so zusätzliche Umsätze mit der schon bestehenden Ladeinfrastruktur erwirtschaftet werden können. Für den zweiten Fall besteht die Möglichkeit, wirtschaftlich interessante Geschäftsmodelle zu entwickeln.

Nachfolgend wird dargestellt, inwieweit der Bedarf für öffentliche Ladeinfrastruktur reduziert werden kann, wenn Parkflächen im halböffentlichen Raum und von Unternehmen für Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen bei Haushalten ohne eigenen Stellplatz genutzt werden. Hierbei wurde simuliert, wie hoch das Potenzial zur Reduzierung von Ladepunkten im öffentlichen Raum bei einer Nutzung von 100 % der verfügbaren Parkflächen im halböffentlichen Raum und von Unternehmen für Nachladungen von Elektrofahrzeugen bei Haushalten ohne eigenen Stellplatz in den Jahren 2025 und 2030 ist.

Bei einer Nutzung von 100 % der verfügbaren Parkflächen im halböffentlichen Raum und von Unternehmen kann der Bedarf von Ladepunkten in beiden Jahren bezogen auf das gesamte Stadtgebiet um rd. 10 % reduziert werden. Ursache für die geringe Ausprägung des Effekts ist, dass in den zentralen und verdichteten Wohnbereichen der Stadt Castrop-Rauxel, Stellflächen im halböffentlichen Bereich häufig eine große räumliche Entfernung zu den öffentlichen Parkflächen aufweisen. Damit reduziert sich der Substitutionseffekt, welcher durch halböffentliche Parkflächen erzielt werden kann.

Mit zunehmender Automatisierung der Fahrzeuge wird erwartet, dass bereits in der Frühphase des autonomen Fahrens, Fahrzeuge selbstständig einen zuvor gebuchten Stellplatz mit induktiver Ladeinfrastruktur anfahren können. Mit der Etablierung dieser Technologie steigt das Potenzial zur Reduzierung des Bedarfs für Ladepunkte im öffentlichen Raum durch Ladeparks signifikant. Dies rührt daher, dass in dieser Phase auch Infrastruktur genutzt werden kann, die in einer deutlich größeren räumlichen

³⁰ <https://www.allego.eu/companies/charging-solutions/chargingplaza/>

Entfernung, z.B. außerhalb der Zentren in Gewerbegebieten, liegt. (z.B. rund um den Media Markt).

Tab. 9: Prognostizierter Bedarf für Ladepunkte (absolut) nach Parktyp mit Nachladen 0%

Jahr	private Haushalte	Unternehmen	halböffentlich	öffentlich
2020	232	12	11	7
2025	2,129	65	86	44
2030	6,153	168	246	136

Tab. 10 Prognostizierter Bedarf für Ladepunkte (absolut) nach Parktyp mit Nachladen 100%

Jahr	private Haushalte	Unternehmen	halböffentlich	öffentlich
2020	232	13	12	6
2025	2,128	67	92	40
2030	6,151	175	265	122

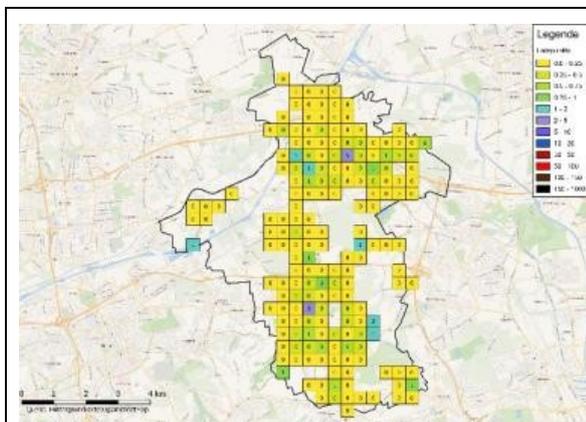


Abb. 75: Öffentliche Ladepunkte im Jahr 2025 ohne Nachladen (0%)

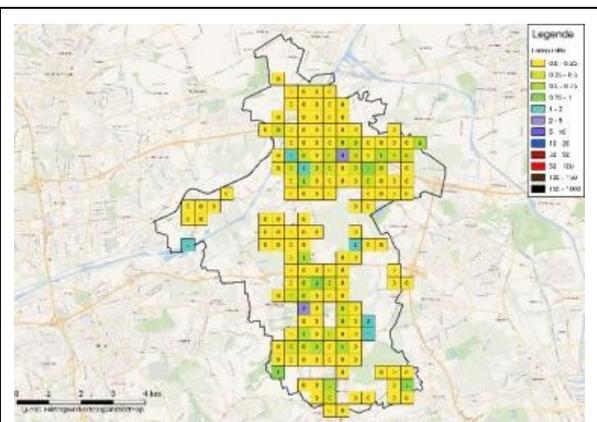


Abb. 76: Öffentliche Ladepunkte im Jahr 2025 mit Nachladen (100%)

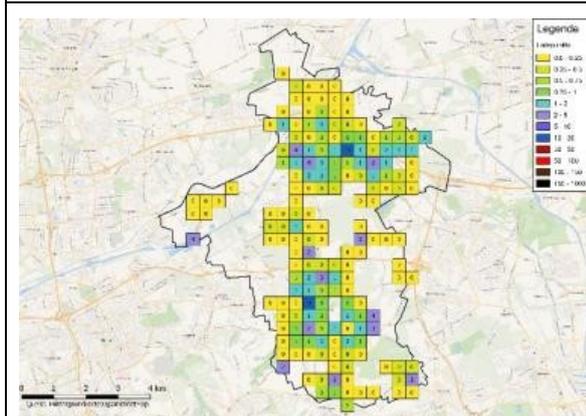


Abb. 77: Öffentliche Ladepunkte im Jahr 2030 ohne Nachladen (0%)

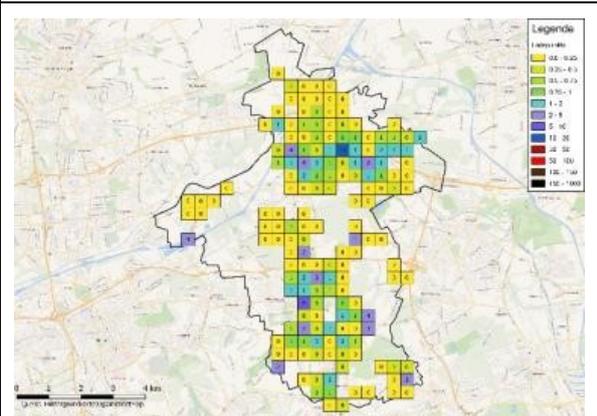


Abb. 78: Öffentliche Ladepunkte im Jahr 2030 mit Nachladen (100%)

8 Bürgerbeteiligung im Projekt

Weitere Inhalte des Projekts waren die Ermittlung der Standorte für DC-Schnellladepunkte und Ladepunkte für Pedelecs. Da eine softwarebasierte Berechnung für diese Kategorien nicht möglich ist, wurden sie im Rahmen eines Workshops mit Bürgern und Verwaltungsmitarbeitern erarbeitet.

Im ersten Schritt wurden den Teilnehmern die neusten Entwicklungen in den Bereichen Elektromobilität und Ladeinfrastruktur erläutert und der bis dahin erreichte Projektfortschritt der Analyse präsentiert. Anschließend wurden mit den ortskundigen Workshop Teilnehmern anhand verschiedener Kriterien, wie der Nähe zu einer Bundesautobahn oder eines Fahrradweges, geeignete Orte für Schnellladepunkte und Ladeinfrastruktur für Pedelecs festgelegt.

8.1 DC-Schnellladepunkte

Als Alternative zum Aufbau von Ladeparks besteht die Möglichkeit, Schnellladeinfrastruktur im Sinne von E-Tankstellen zu errichten. Hierbei bestehen die Herausforderungen geeignete Standorte zu finden, die

- einen Bezug zum lokalen Bedarf haben (siehe Karte Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum Abb. 79/80 und Karte Ladevorgänge durch Elektrofahrzeuge insgesamt Abb.67/68)
- einen Bezug zum überregionalen Bedarf haben (wesentliche Verkehrsachsen mit regionaler und überregionaler Bedeutung)
- die Möglichkeit bieten, einen Netzanschluss mit entsprechenden Leistungsprofilen zu gewährleisten

Im Workshop wurden Standorte ermittelt, welche geeignet sind, den regionalen und überregionalen Schnellladebedarf zu decken. Es wurden also Standorte gewählt, welche sowohl in dicht besiedelten Gebieten liegen, als auch eine Nähe zur Autobahn A2 oder A42 aufweisen.

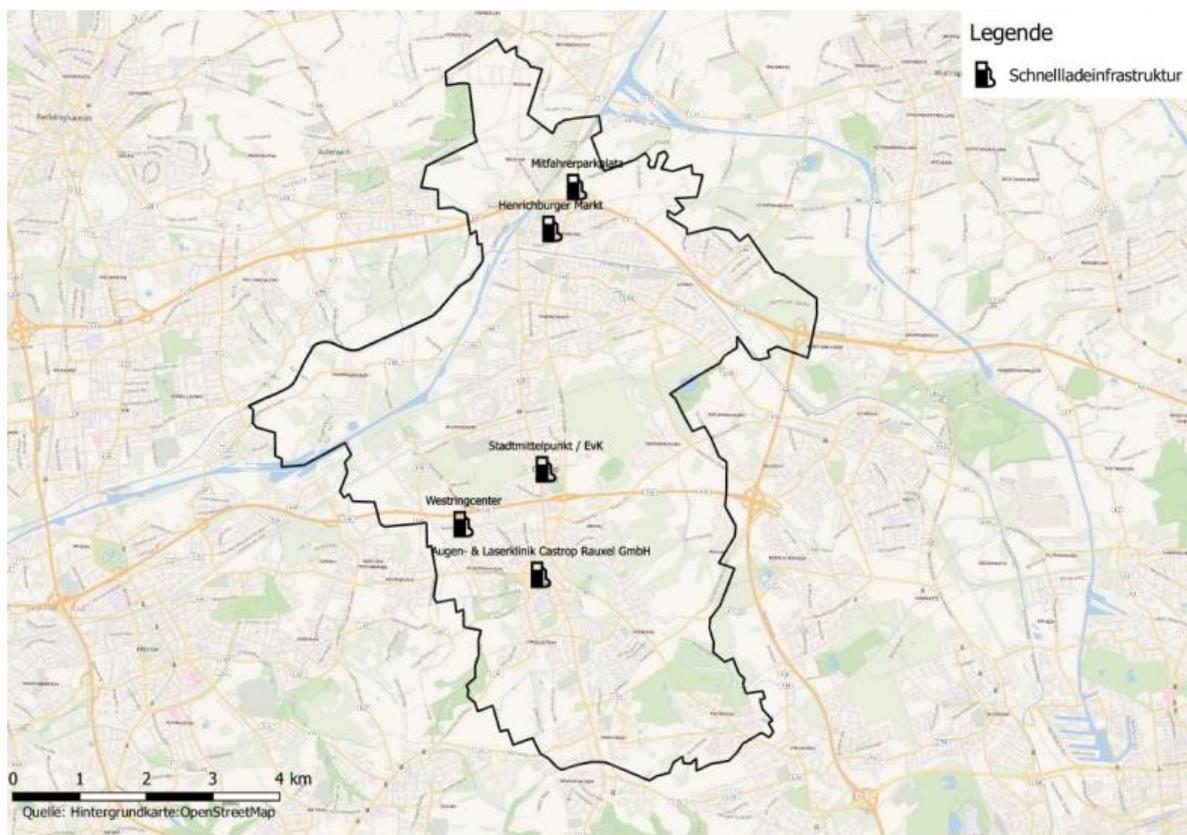


Abb. 79: Geeignete Orte für Schnellladeinfrastruktur

8.2 Geeignete Ladepunkte für Pedelecs

Neben Ladeinfrastruktur für Elektroautos wurden im Bürgerworkshop auch geeignete Standorte für Pedelec-Ladeinfrastruktur ermittelt. Bisher besteht ein Ladepunkt beim EUV Stadtbetrieb am Westring 215 und am Marktplatz in der Altstadt. Als weitere geeignete Standorte wurden Orte entlang des Radweges an der Emscher gewählt.

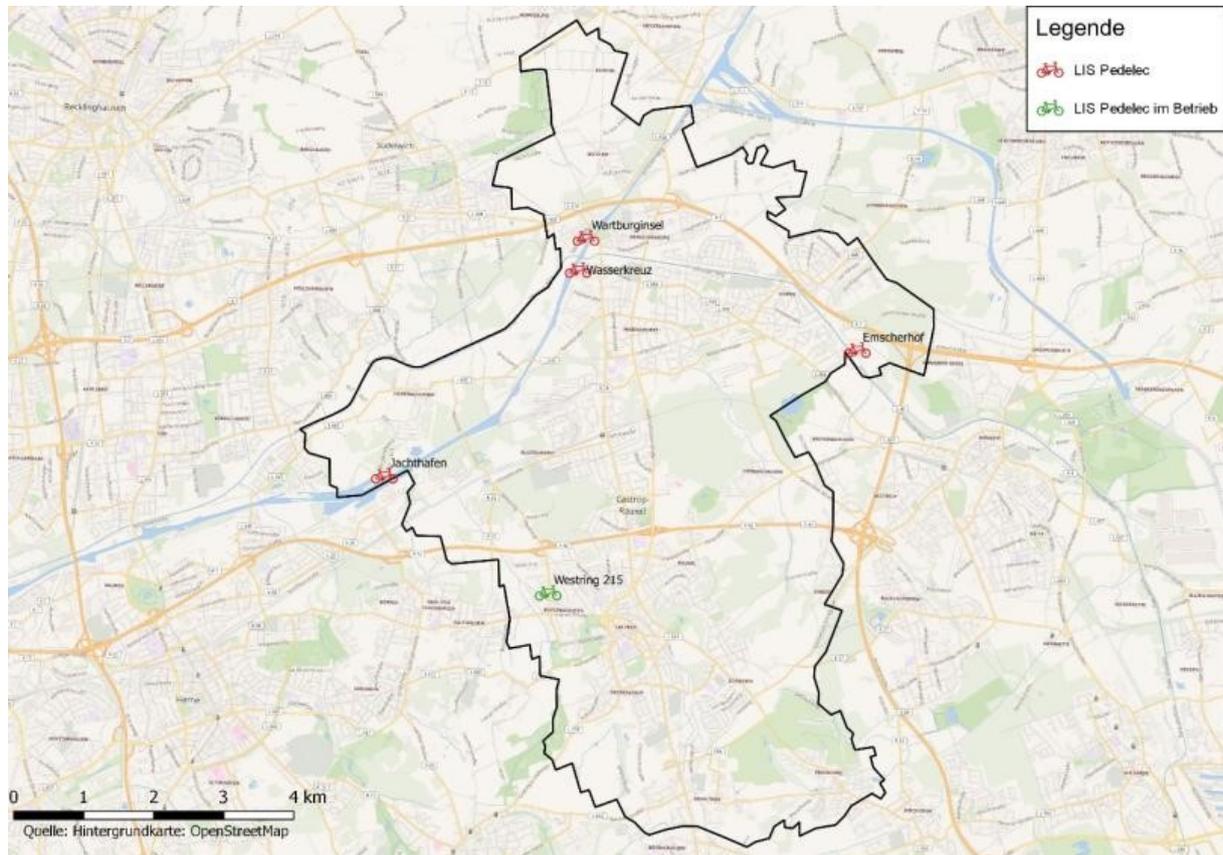


Abb. 80: Geeignete Ladepunkte für Pedelecs

9 Maßnahmen zur Förderung des Aufbaus von Ladeinfrastruktur in Castrop-Rauxel

9.1 Einrichtung einer zentralen Beratungs- und Koordinierungsstelle

Damit Ladeinfrastruktur in einem ausreichenden Maße gerade auch im privaten Raum entsteht, bedarf es einer intensiven und unabhängigen Beratung von Bürgern und Unternehmen. Derzeit existiert noch keine Beratungsstelle in der Stadt Castrop-Rauxel. Es wurde allerdings das Netzwerk E-Mobilität durch die Stadtwerke ins Leben gerufen, in welchem sich Interessierte zum Thema Elektromobilität austauschen können. Weitere Unterstützung erhalten Bürger bei der Energieberatung der Verbraucherzentrale Castrop-Rauxel. Bei vielen Bürgern und Unternehmen bestehen noch sehr große Unsicherheiten beim Thema Elektromobilität insgesamt, insbesondere bei den Themen Reichweiten und Ladeinfrastruktur (z.B. technische, wirtschaftliche und rechtliche Fragen). Ohne übergreifende und individuelle Beratung werden die Umstellung auf Elektromobilität und der damit verbundene Aufbau der privaten Ladeinfrastruktur nicht erfolgen. Vor dem Hintergrund des in den kommenden Jahren stark anwachsenden Bedarfs werden die bestehenden Strukturen nicht ausreichen. Aus diesem Grund wird empfohlen, eine zentrale und unabhängige Beratungsstelle in Kooperation mit den wesentlichen Akteuren aus den Bereichen Energieversorgung, Netze, Automobilhandel und ggf. Verbraucherschutz einzurichten.

9.2 Einrichtung einer zentralen Koordinierungsstelle Ladeinfrastruktur

Ein unzureichender Aufbau der Ladeinfrastruktur stellt, wie in Norwegen 2017 geschehen, ein Hemmnis des Zuwachses für Elektromobilität dar.

Um dem vorzubeugen, ist eine intensive Begleitung sowohl im planerischen Bereich als auch bei der Koordination der unterschiedlichen Akteure (z.B. Stadtverwaltung, Energieversorger, Netzbetreiber, Wohnungswirtschaft, Parkhausbetreiber etc.) notwendig. Eine solche übergreifende Koordination findet bereits durch den EUV Stadtbetrieb statt.

9.3 Installation einer Möglichkeit zur online Bedarfsmeldung

Über die bereits dargestellte Analyse konnte ein potenzieller Bedarf ermittelt werden, der eine grobe Richtung der Entwicklung aufzeigt und eine Planungsgrundlage liefert, die in den nächsten Jahren immer wieder an die realen Entwicklungen angepasst werden muss. Um den in der Praxis entstehenden Bedarf zu identifizieren, zu bündeln und zu bewerten, bedarf es eines Verfahrens zur Aufnahme von Bedarfsmeldungen für öffentliche Infrastruktur von Bürgern und Unternehmen und zur Einbindung dieser in die Umsetzungsstrategie und den Maßnahmenplan.

9.4 Berücksichtigung Elektromobilität bei der Konzessionsvergabe Stromnetz

Insbesondere auf den Netzsektor kommen in den nächsten Jahren erhebliche Anforderungen in den Bereichen Ladeinfrastrukturausbau und regenerative Energien hinzu. Es wird empfohlen, diese neuen Anforderungen an den Netzbetreiber z. B. durch Vorlage eines Konzepts sowie einer Mittel- und Langfristplanung zum Ausbau der Verteilnetze.

9.5 Schaffung von rechtlichen Rahmenbedingungen

In vielen Bereichen wurden bereits wichtige rechtliche Anpassungen vorgenommen. Mit der Ladesäulenverordnung wurden die Grundlagen für ein standardisiertes und einfach zu nutzendes Ladestationsnetz in Deutschland gelegt. Auch im Strom- und Energierecht wurden wichtige Anpassungen vorgenommen. Es besteht aber großer Bedarf weitere Regelungen für die bisher noch nicht angepassten Bereiche vorzunehmen.

Wesentliches Handlungsfeld für die Stadt Castrop-Rauxel ist hierbei die Erarbeitung von Vorgaben zum Aufbau von Ladeinfrastruktur in die Bebauungsplanung z.B. Stellplatzsatzung, städtebauliche Verträge und Umsetzung der EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Bisher wird Ladeinfrastruktur noch nicht im Bebauungsplan berücksichtigt.

9.6 Weiterentwicklung von Angeboten der Energieversorgungsunternehmen (EVU)

Um den notwendigen Aufbau von Ladeinfrastruktur im privaten und gewerblichen Bereich zu unterstützen, wird empfohlen, zielgruppenorientierte Angebote für Ladeinfrastruktur (z. B. Eigenheimbesitzer, Vermieter, Wohnbaugesellschaften, Unterneh-

men, Einzelhandel etc.) zu entwickeln. Zudem sollen ein Gesamtkonzept oder Angebot für lokales regeneratives Laden und Stromtarife mit Lenkungsfunktionen für netzverträgliches Laden erstellt werden. Zum Beispiel die Stadtwerke Castrop-Rauxel (swcas) haben dazu bereits Angebote eingeführt.³¹

9.7 Erstellung Masterplan Netzausbau

Wie bereits unter 3.2.7 dargestellt, kommen weitreichende Anforderungen auf die Netze zu. Vor diesem Hintergrund besteht der Bedarf, ein Konzept sowie eine Mittel- und Langfristplanung zum Ausbau der Verteilnetze unter Einbeziehung der Anforderungen aus dem Markthochlauf von Elektromobilität (auf Grundlage des vorliegenden Teilkonzepts zum Aufbau einer bedarfsorientierten Ladeinfrastruktur) aufzuarbeiten.

- Entwicklung von innovativen Maßnahmen zum Anschluss von bisher nicht elektrifizierten Grundstücken und Immobilien.
- Schaffung von wirtschaftlich attraktiven Möglichkeiten zum Anschluss (z. B. Garagenhöfe, Parkflächen etc.) bzw. zur Erhöhung der Anschlussleistungen.
- Berücksichtigung von künftigen Bedarfen bei der Bereitstellung von Anschlüssen für Neubauten.
- Einbeziehung von erwarteten künftigen Bedarfen für das Laden von Elektrofahrzeugen bei der Auslegung von Hausanschlüssen bei Bauvorhaben.
- Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen zum Lastmanagement an Hausanschlüssen und Schaffung von Möglichkeiten zur netzseitigen Steuerung eines Lastmanagements für Hausanschlüsse. (z.B. Anpassung der technischen Anschlussbedingungen TAB)

9.8 Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts zum Laden auf Parkflächen

Parkhäuser und bewirtschaftete Parkflächen werden als halböffentliche Flächen eine wichtige Rolle bei der Abdeckung des Ladebedarfs an Points of Interest und dort einnehmen, wo private und gewerbliche Flächen nicht ausreichen. Hierbei ist es notwendig, ein Konzept mit konkreten Maßnahmen zur strategischen Weiterentwicklung von Parkhäusern zu zentralen Ladeparks im halböffentlichen Raum zu entwickeln,

³¹ <https://www.swcas.de/kundenservice/unser-foerderprogramm/>

dass insbesondere auch ein Geschäftsmodell zur Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit beinhaltet.

Mögliche Inhalte:

- Entwicklung von möglichen Geschäftsmodellen
- Erstellung eines Konzepts zum technischen Aufbau und Betrieb
- Entwicklung von ganzheitlichen Konzepten zur Energieversorgung

9.9 Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts zum Laden in Mietimmobilien

Auf die Bedeutung von privater Ladeinfrastruktur am Wohnort wurde bereits eingegangen. Da dies natürlich nicht nur Eigenheime betrifft, ist es sehr wichtig, dass auch im Bereich der Wohnungswirtschaft Konzepte mit konkreten Maßnahmen zur strategischen Weiterentwicklung von vorhandenen Parkflächen in Immobilien für Mieter und externe Nutzer entwickelt werden.

Mögliche Inhalte:

- Entwicklung von möglichen Geschäftsmodellen
- Erstellung eines Konzepts zum technischen Aufbau und Betrieb
- Entwicklung von ganzheitlichen Konzepten zur Energieversorgung

10 Schlusswort

Der gesamte Fahrzeugbestand in Deutschland und damit auch in Castrop-Rauxel wird sich gemäß Szenario 2 wie in Abb. 6 bis zum Jahr 2030 deutlich reduzieren. Durch neue Sharing-Angebote sinkt damit zwar der Gesamtbestand, durch die effizientere Auslastung dieser Sharing-Flotte steigt dafür jedoch die Anzahl zurückgelegter Kilometer je Fahrzeug von durchschnittlich 14.000 km im Jahr auf rd. 20.000 km im Jahr. Der Anteil der Elektroautos jedoch wird laut dem gewählten Szenario bis zum Jahr 2030 auf rd. 8.500 Stück ansteigen.

Der größte Anteil der Ladevorgänge findet im privaten (43% im Jahr 2030) und halböffentlichen (45% im Jahr 2030) Bereich statt. Im halböffentlichen Bereich entstehen unter anderem so viele Ladevorgänge, weil alle Fahrzeuge mit Ladebedarf von POI vorrangig dorthin verlagert werden. Des Weiteren können Fahrzeuge von Unternehmen und Haushalten auch halböffentlichen Parkflächen zugeordnet werden, sofern am Wohn- bzw. Arbeitsort keine Parkflächen vorhanden sind. Dies sorgt für eine zusätzliche starke Auslastung des halböffentlichen Bereiches. Die Anzahl der Ladevorgänge im öffentlichen Bereich ist gesehen auf die Anzahl der Ladepunkte deutlich geringer als im halböffentlichen Bereich. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass der Großteil der öffentlichen Ladepunkte für Haushalte ohne private Parkmöglichkeit erzeugt wird. Naturgemäß ist die Auslastung von Ladeinfrastruktur am Wohnort deutlich geringer als an anderen Orten wie z.B. an Sehenswürdigkeiten, da die Einwohner ihr Fahrzeug abends zum Laden anschließen und es am nächsten Morgen vor der Arbeit wieder trennen. Damit finden dort zwar meist Ladevorgänge mit höheren Strommengen, dafür aber weniger Ladevorgänge je Ladepunkt statt. Öffentliche Ladeinfrastruktur wird vor allem an diesen Orten von großer Bedeutung sein, da ein wirtschaftlicher Betrieb sich dort auch zukünftig als schwierig gestalten wird.

Der Großteil der Ladepunkte wird mit 92% im Jahr 2030 im privaten Bereich erwartet. In Castrop-Rauxel ist der Anteil der privaten Ladepunkte insbesondere auf Grund der Siedlungsstruktur (viele Einfamilienhäuser) sehr hoch. Relativ betrachtet wird im öffentlichen, halböffentlichen und im Bereich der Unternehmen wenig Ladeinfrastruktur benötigt. 136 Ladepunkte im öffentlichen und 246 Ladepunkte im halböffentlichen Bereich bis 2030 erscheinen auf den ersten Blick wenig, jedoch muss geprüft werden, ob an den prognostizierten Ladepunkten noch genügend Netzkapazität auf dem

Stromnetz vorhanden ist. Des Weiteren nehmen die Plan- und Genehmigungsverfahren viel Zeit in Anspruch und können ggf. hohe Kosten verursachen.

Bezüglich der oben aufgeführten Punkte ist es notwendig, dass Thema Ladeinfrastruktur mit Weitsicht zu betrachten, um bei der starken Dynamik im Bereich Elektromobilität jederzeit handlungsfähig zu sein. Dieses Konzept dient als Hilfestellung, um der Stadt Castrop-Rauxel für die nächsten Jahre eine Grundlage zur Planung der benötigten Ladeinfrastruktur bereitzustellen.

Anhang 1: Grundlagen der Elektromobilität

Anhang 1.1: Allgemeiner Überblick

Je nach Antriebskonzept wird grundsätzlich zwischen batterieelektrischen, Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeugen unterschieden. Im allgemeinen Sinne werden nur das batterieelektrische Fahrzeug (BEV/REEV), das Plug-In-Hybridfahrzeug (PHEV) und das Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV) als Elektrofahrzeuge bezeichnet, da diese entweder extern mittels Kabel und Stecker (Plug) geladen werden können oder über die Nutzung von Wasserstoff ein Elektromotor angetrieben wird.

Voll- und Mild-Hybridfahrzeuge gelten nicht als Elektrofahrzeuge im eigentlichen Sinn, da sie über keinen externen Stromanschluss verfügen. Zum besseren Verständnis der Abgrenzung werden sie trotzdem in der nachfolgenden Tabelle eingeordnet.

Tab. 11: Übersicht der Arten von Elektrofahrzeugen

Technologie	Kurzbezeichnung	Kraftstoff	Energiespeicher	Antriebsmaschine	externe Stromversorgung (Stecker)
Batterie- Elektrofahrzeug	BEV	Strom	Batterie	E-Motor	Ja
Batterie- Elektrofahrzeug mit Range Extender	REEV	Benzin (Diesel) Strom	Kraftstofftank Batterie	E-Motor	Ja
Plug-In- Hybridfahrzeug	PHEV	Benzin (Diesel) Strom	Kraftstofftank Batterie	Verbrennungsmotor & E-Motor	Ja
Voll- Hybridfahrzeug	HEVfull	Benzin (Diesel)	Kraftstofftank Batterie	Verbrennungsmotor & E-Motor	Nein
Mild- Hybridfahrzeug	HEVmild	Benzin (Diesel)	Kraftstofftank Batterie	Verbrennungsmotor & E-Motor	Nein

Der im Vergleich zum konventionellen Fahrzeug geringere Energieverbrauch, ist neben dem Einsatz von regenerativ gewonnener Energie, einer der wesentlichen Vorteile von Elektrofahrzeugen.

Dieser Effekt beruht darauf, dass Elektromotoren einen deutlich höheren Wirkungsgrad und daher weniger Energieverluste als Verbrennungsmotoren aufweisen. Da bei einem Verbrennungsmotor ein Großteil der Energie in Wärme umgewandelt wird, haben Dieselmotoren Wirkungsgrade von maximal 45 %, Benzinmotoren sogar nur 35 %. Elektromotoren haben i.d.R. Wirkungsgrade von bis zu 98 %. Die Europäische Union schreibt für Elektrofahrzeuge, die ab 2011 gebaut wurden, einen Wirkungsgrad > 94 % vor.

Auf die Energieeffizienz negativ wirken sich jedoch sogenannte Ladeverluste aus. Während beim konventionell angetriebenen Fahrzeug der „getankte“ Kraftstoff zu 100 % im Fahrzeug durch den Motor und die Nebenverbraucher wie Klimaanlage, Radio etc. verwendet wird, verbraucht beim elektrisch angetriebenen Fahrzeug auch der Ladevorgang 10 bis 30 % der „getankten“ Energie. Die Ursachen hierfür liegen im Lademanagement des Fahrzeugs und werden im Wesentlichen durch das Ladesystem des jeweiligen Fahrzeugs selbst, die Batterietemperatur, die Art der Ladung (Schnellladungen haben einen höheren Ladeverlust) und das bereits erreichte Ladevolumen der Batterie beeinflusst.³²

Ein konventionelles Fahrzeug verbraucht auf einer Strecke von 100 km durchschnittlich rd. 6 Liter Benzin (Super E10), was einem Energieverbrauch von ca. 60 kWh entspricht. Die Energiekosten hierfür betragen ungefähr 8 € (1,34 €/Liter).³³

Durch seine hohe Energieeffizienz verbraucht ein durchschnittliches BEV dagegen nur rd. 18 kWh (inkl. 20 % Ladeverluste) wodurch die realen Kosten für eine Strecke von 100 km bei ca. 4,90 € liegen

Das Einsparpotenzial gewinnt auf der Zeitachse aufgrund der zunehmenden Bedeutung der variablen Kosten in Relation zu den Fixkosten des Fahrzeugs und einer zu

³² <http://ecommento.tv/ratgeber/technik-im-elektroauto-verbrauch-ladeverlust-und-wirkungsgrad/>

³³ <http://www.oeko.de/oekodoc/1343/2011-027-de.pdf>

erwartenden stärkeren Preissteigerung der fossilen Kraftstoffe, zunehmend an Bedeutung.

Batterie-Elektrofahrzeug (BEV)

Das batterieelektrische Fahrzeug ist ein rein elektrisches Fahrzeug. Es besitzt keinen Verbrennungsmotor. Der Antrieb erfolgt nur über den Elektromotor. Seine Energie bezieht das

Fahrzeug über die integrierte Batterie. Batterieelektrische Fahrzeuge verfügen im Regelfall über einen Generator mit der Fähigkeit zur Rekuperation. Die Bewegungsenergie wird dabei beim Ausrollen oder Bremsen über einen Generator zurückgewonnen und in die Batterie zurückgespeichert. Im Wesentlichen werden BEV jedoch extern mit Strom geladen.

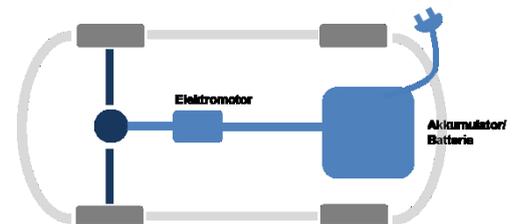


Abb. 81: Batterie-E-Kfz

Batterie-Elektrofahrzeug mit Range Extender (REEV)

Das batterieelektrische Fahrzeug mit Range Extender hat wie das BEV einen Elektromotor. Dieser ist wie beim BEV allein für den Antrieb des Fahrzeugs verantwortlich. Die Bewegungsenergie kann wie beim BEV per Rekuperation über einen Generator zurückgewonnen werden. Zusätzlich hat der REEV einen kleinen konventionellen Verbrennungsmotor und einen Kraftstofftank. Über den Verbrennungsmotor kann bei Bedarf die Batterie geladen und so die Reichweite vergrößert werden (Serieller Hybrid). Auch REEV werden wie BEV im Regelfall extern geladen. Vor dem Hintergrund einer steigenden Leistungsfähigkeit von Batterien und den damit verbundenen höheren Reichwei-

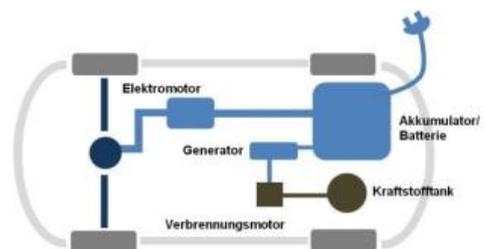


Abb. 82: Batterie-E-Kfz mit Range Extender

ten von BEV, sinkt die Bedeutung von Hybridfahrzeugen.

Plug-In-Hybridfahrzeug (PHEV)

Das Plug-In-Hybridfahrzeug hat, wie auch der REEV, sowohl einen Elektromotor als auch einen konventionellen Verbrennungsmotor. Im Gegensatz zum REEV ist der Verbrennungsmotor beim PHEV parallel zum Elektromotor aktiv am Antrieb beteiligt (Mischhybrid). Je nach Ladezustand der Batterie und geforderter Leistung können aber entweder nur der Elektromotor, nur der Verbrennungsmotor, oder beide gemeinsam das Fahrzeug antreiben. Der PHEV beherrscht wie die beiden zuvor genannten Fahrzeugtypen die Möglichkeit der Rekuperation über einen Generator und kann ebenfalls extern geladen werden.

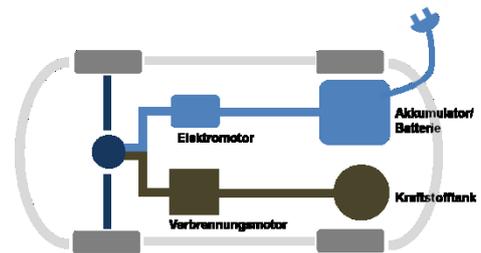


Abb. 83: Plug-In-Hybridfahrzeug

Voll-Hybridfahrzeug (HEVfull)

Der Vollhybrid ist dem Plug-In-Hybridfahrzeug sehr ähnlich, er hat auch einen konventionellen und einen Elektromotor und beide Motoren sind am Antrieb beteiligt und werden wie beim PHEV je nach Ladezustand und Leistungsabfrage genutzt. Wie die zuvor genannten Fahrzeuge kann auch der Vollhybrid über einen Generator rekuperieren, allerdings kann dieser Fahrzeugtyp nicht extern geladen werden. Die einzige Energiequelle der Batterie ist somit der Generator, der Bewegungsenergie des Motors in elektrische Energie umwandelt.

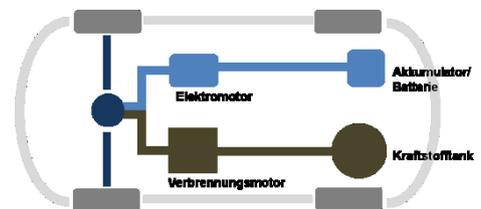


Abb. 84: Voll-Hybridfahrzeug

Mild-Hybridfahrzeug (HEVmild)

Der Mildhybrid ist eher mit einem konventionellen Fahrzeug mit Verbrennungsmotor vergleichbar. Der Verbrennungsmotor wird dauer-

haft für den Antrieb genutzt. Der Elektromotor kann den Antrieb nicht allein übernehmen. Er dient nur als Beschleunigungshilfe und ersetzt den Anlasser. Diese Fahrzeuge haben wie nahezu alle modernen Fahrzeuge eine Start-Stopp-Automatik. Zusätzlich wird im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen die Bremsenergie (Rekuperation) in elektrische Energie umgewandelt.

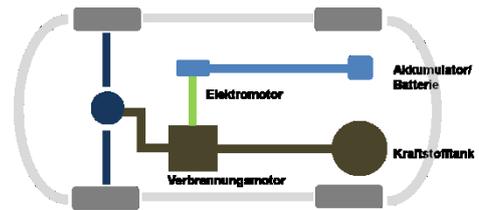


Abb. 85: Mild-Hybridfahrzeug

Brennstoffzellenelektrofahrzeug (FCEV)

Das Brennstoffzellenelektrofahrzeug Fahrzeug ist wie das REEV ein serielles Hybridfahrzeug mit einem rein elektrischen Antrieb. Seine Antriebsenergie bezieht das Fahrzeug über eine Batterie, die vergleichbar zum REEV, intern über eine Brennstoffzelle, die Wasserstoff in elektrische Energie umwandelt, geladen wird. Der elektrische Speicher (Batterie) ermöglicht zum einen die Rekuperation, zum anderen entlastet er die Brennstoffzelle von Lastwechseln. Ein externes Laden der Batterie wie beim BEV, REEV und PHEV ist bei den aktuellen Modellen nicht möglich. Stattdessen wird Wasserstoff getankt.

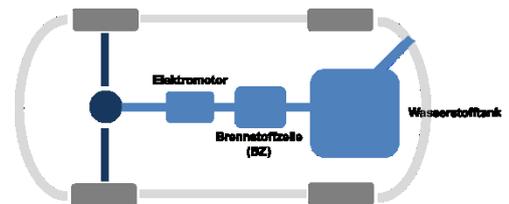


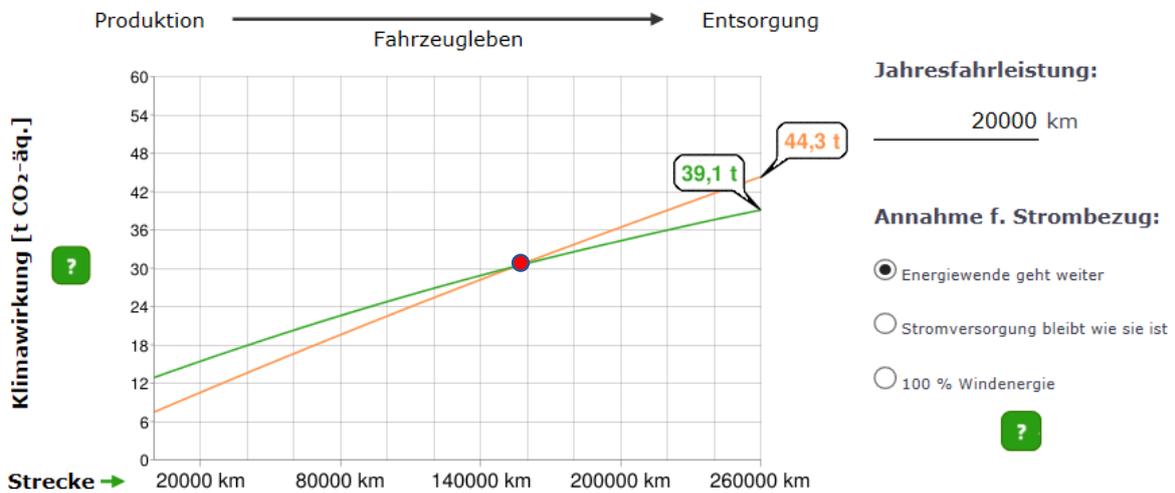
Abb. 86: Brennstoffzellenfahrzeug

Bedeutung von Hybridfahrzeugen

Vor dem Hintergrund einer steigenden Leistungsfähigkeit von Batterien und den damit verbundenen höheren Reichweiten von BEV, sinkt die Bedeutung von Hybridfahrzeugen. Mit der Einstellung der Produktion des BMW I3 als REEV Mitte 2018 wurde bereits eine erste Konsequenz aus den höheren Reichweiten gezogen. Bei

einer intelligenten Nutzung können PHEV jedoch auch in Zukunft eine sinnvolle Ergänzung zu BEV darstellen, insbesondere dann, wenn nur gelegentlich längere Fahrten durchgeführt werden. Mit einer Batterie, die ausreichend dimensioniert ist (> 80 km Reichweite) ist es möglich, den Großteil der täglichen Fahrten im Nahbereich bei nächtlichem Nachladen rein elektrisch durchzuführen. Mit dem Verbrennungsmotor können dann aber auch weitere Strecken ohne Reichweitenangst durchgeführt werden. Wenn bei einer Jahresfahrleistung von 20.000 km nur die Hälfte aller gefahrenen Kilometer rein elektrisch durchgeführt werden, ist die Gesamtumweltbilanz eines PHEV schon deutlich positiver als die eines vergleichbaren BEV, das mit einer großen Reichweite ausgestattet ist, welche aber nur selten genutzt wird. Die untenstehende Abbildung 6 verdeutlicht noch einmal den CO₂ technischen Break-Even-point. Voraussetzung für dieses Ergebnis ist eine bewusste Fahrweise mit dem PHEV im Verbrennerbetrieb.

Break-Even PEHV / BEV bei ca. 160.000 km Gesamtfahrleistung / ca. 8 Jahre)



Verbrennungsfahrzeug

Benzin

Diesel

?

Plug-in-Hybrid

elektr. Fahranteil: 50 %

?

Batterie-Fahrzeug

Reichweite: 400 km

?

..und wenn ich mein derzeitiges Auto einfach weiterfahre?

Verbrauch: 7.8 l/100km

?

Abb. 87 Gesamtumweltbilanz BEV/PHEV/Verbrenner³⁴

Vor diesem Hintergrund können PHEV sich auch als Lösung für kleinere Fuhrparks eignen, bei denen gelegentlich Fahrten mit großen Reichweiten anfallen, ein gemischter (hybrider) Fahrzeugpool mit konventionellen Fahrzeugen und BEV aber nicht eingerichtet werden kann. Von herausragender Bedeutung ist es jedoch, gerade bei dienstlich genutzten Fahrzeugen, Anreize für eine kraftstoffsparende Fahrweise und intensive Nutzung des Elektroantriebs zu schaffen. Geschieht dies nicht, können sich PHEV als eine äußerst schlechte alternative zum Verbrenner entwickeln.³⁵

Hybridfahrzeuge ohne externe Lademöglichkeit (Voll- und Mild-Hybridfahrzeug) sind aus Umweltgesichtspunkten nicht geeignet, positive Effekte zu erzeugen, da sie nur sehr begrenzt elektrisch fahren können, dabei jedoch ein deutlich höheres Gewicht durch die beiden Antriebsmodule mit sich tragen. Dieser Nachteil zeigt sich sehr deutlich bei den neuen Verbrauchsmessungen des WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure), bei denen insbesondere Voll- und Mild-Hybridfahrzeug mit sehr schlechten CO₂-Werten hervorstechen.

Die Fahrzeughersteller nutzen Hybridfahrzeuge im Rahmen der aktuellen Regelungen auch zur Senkung der Flottenverbräuche, da für die elektrischen Reichweiten kein CO₂-Ausstoß berechnet wird und so die Normverbräuche überdurchschnittlich positiv beeinflussen. In der Praxis liegen die sehr niedrigen Normverbräuche des NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus) jedoch deutlich über dem realen Verbrauch (zum Teil über 150 % Mehrverbrauch). Mit der Einführung des WLTP wird dieser Effekt zunehmend transparenter.

Anhang 1.2: Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen

Elektrofahrzeuge haben heute meistens noch höhere Anschaffungskosten als vergleichbare Fahrzeuge mit einem Verbrennungsmotor.

Die Gründe hierfür liegen im Wesentlichen darin begründet, dass die Hersteller die hohen Entwicklungskosten trotz der noch geringen Stückzahlen möglichst umfassend über den Verkauf der E-Fahrzeuge refinanzieren. Sowohl mit zunehmendem

³⁴ <http://www.emobil-umwelt.de>

³⁵ https://www.focus.de/auto/elektroauto/kabel-gar-nicht-ausgepackt-plug-in-hybride-sind-der-groesste-betrug-seit-dieselgate_id_9901213.html

Wettbewerb als auch mit zunehmenden Stückzahlen werden diese Aufschläge in den kommenden Jahren jedoch erheblich sinken. Darüber hinaus waren die Batteriekosten bisher einer der wesentlichen Kostentreiber von Elektrofahrzeugen. Die nachfolgende Grafik zeigt, wie sich die Kosten je kWh Speicherkapazität in diesem Jahrzehnt entwickelt hat. 2013 lagen sie noch bei ca. 400 € je kW, aktuell schon unter 190 €. Nach 2020 ist ein Preis von unter 100 € sehr wahrscheinlich.

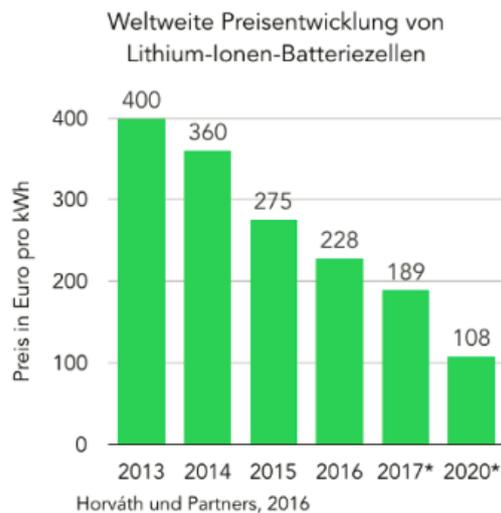


Abb. 88: Weltweite Preisentwicklung von Lithium-Ionen-Akkus³⁶

Ansonsten ist die Produktion eines Elektrofahrzeugs deutlich günstiger. So sind die Kosten für den Motor geringer und auf teure Bauteile, wie z. B. den Auspuff, und die Abgasreinigung kann verzichtet werden. Insgesamt haben Elektrofahrzeuge bis zu 90% weniger Bauteile als vergleichbare konventionelle Fahrzeuge.

Wesentlich für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen, sind jedoch nicht die Beschaffungskosten, sondern die Betrachtung aller mit dem Betrieb verbundenen Kosten, den sogenannten Vollkosten oder TCO (Total Cost of Ownership).

Der wichtigste Faktor in Bezug auf die Vollkosten ist der Wertverlust gegenüber heutigen Benzin- und Dieselfahrzeugen. Es zeigt sich, dass die Restwerte von Dieselfahrzeugen aufgrund des Dieselskandals und der aktuellen Diskussion um Fahrverbote sehr stark nach unten gehen. Vergleichbare Effekte sind in den kommenden

³⁶ https://www.horvath-partners.com/fileadmin/horvath-partners.com/assets/07_Presse/Grafiken/deutsch/180724_Infografik_Fakten-Check_Preisaufschlag.jpg

Jahren auch bei Benzinfahrzeugen zu erwarten. Gleichzeitig zeigen die aktuellen Restwerte der Elektrofahrzeuge eine sehr stabile Entwicklung. Ein Grund dafür ist sicherlich auch die Erfahrung aus der Praxis, dass selbst Akkus auf Basis älterer Technologien nach intensiver Nutzung deutlich geringere Kapazitätsverluste aufweisen als zunächst erwartet. So hatten die Akkus beim Tesla Roadster nach 10 Jahren immer noch 85-90 % und beim aktuellen Model S nach mehr als 300.000 km noch 90 % der ursprünglichen Kapazität. Auch in Zukunft ist zu erwarten, dass Elektrofahrzeuge im Restwert stabil bleiben. Es kann davon ausgegangen werden, dass ab 2021 der wesentliche Kundenwert „Reichweite“ bei 500 km in die Sättigung gehen wird. Auch die Batteriekosten werden dann erst einmal nicht weiter sinken, weil ein Ansturm auf die Rohstoffe losgeht und dieser die Preise nach oben treibt. Ab diesem Zeitpunkt werden Elektrofahrzeuge nicht mehr deutlich im Preis sinken, die Nachfrage aber massiv steigen und ausschließlich über Neufahrzeuge nicht bedient werden können. Somit werden die Restwerte stabil bleiben.³⁷

Darüber hinaus sind die Wartungskosten von Elektrofahrzeugen bauartbedingt erheblich geringer. So gibt es beispielsweise weniger verschleißanfällige Bauteile wie z.B. Getriebe, Abgassystem u.a., regelmäßige Wartungsarbeiten wie z.B. Öl- und Keilriemenwechsel etc. entfallen zum Teil ganz. Zudem sind Elektrofahrzeuge, die bis Ende 2020 zugelassen werden, für 10 Jahre steuerbefreit.

Ein weiterer, wichtiger Kostenvorteil von Elektrofahrzeugen liegt in der höheren Energieeffizienz und den damit verbundenen geringen Energie-/Kraftstoffkosten im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.

Derzeit wird die Beschaffung von Elektrofahrzeugen durch Privatpersonen und Unternehmen zudem mit dem Umweltbonus der Bundesregierung in Höhe von 2.000 € zzgl. 2.000 € des Herstellers für Batterie-Elektrofahrzeuge (BEV) und 1.500 € zzgl. 1.500 € des Herstellers für Plug-In-Hybridfahrzeuge (PHEV) gefördert.

Betrachtet man all diese Faktoren und nicht nur die heute noch hohen Beschaffungskosten für Elektrofahrzeuge, so zeigen sich im Vollkostenvergleich bereits heute nahezu identische Kostenverläufe von Elektrofahrzeugen und vergleichbaren konventi-

³⁷ https://www.researchgate.net/profile/Markus_Lienkamp/publication/323486141_Status-Elektromobilitaet-2018-HL/links/5a980572aca27214056c2db8/Status-Elektromobilitaet-2018-HL.pdf

onellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Grundlage der nachfolgenden Berechnung sind die ADAC Fahrzeugkosten (Stand Dez 2018) bei einer Fahrleistung von 20.000 km pro Jahr. Bei den Beschaffungskosten wurden die Listenpreise der Fahrzeuge ohne Rabatte sowie beim Elektrofahrzeug ohne den Umweltbonus von 4.000 € berücksichtigt. Die Restwertentwicklung des ADAC ist in Bezug auf die o.a. Annahmen konservativ, sodass sich die Kosten ab dem Jahr 3, abweichend zur nachfolgenden Darstellung, nochmals deutlich zugunsten des Elektrofahrzeugs entwickeln werden.

Alle Werte sind in Netto angegeben. Nicht berücksichtigt wurden Kosten für Ladeinfrastruktur.

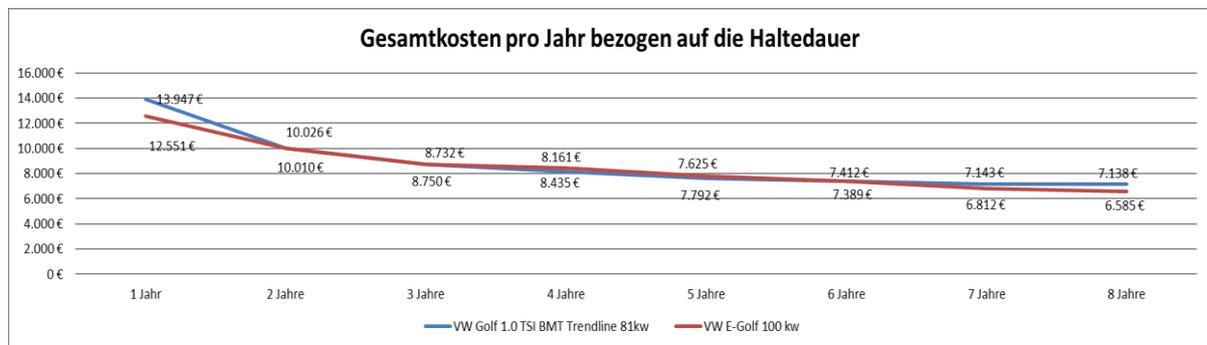


Abb. 89: Vollkostenkostenvergleich VW Golf 1,0 TSI BMT und VW eGolf

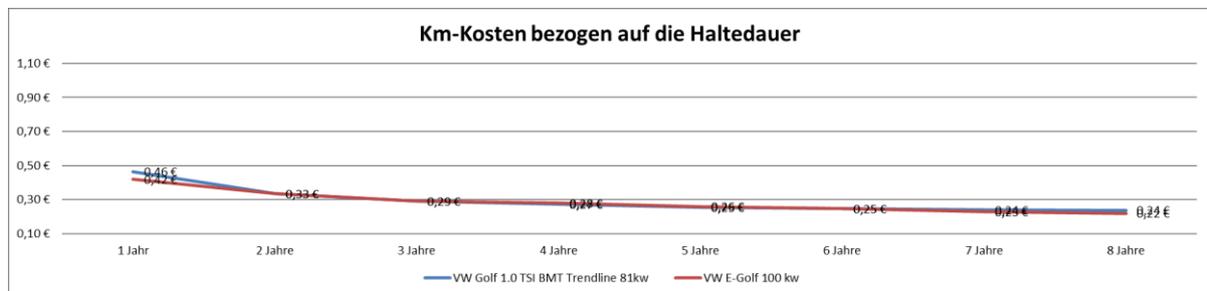


Abb. 90: Vollkostenkostenvergleich/km VW Golf 1,0 TSI BMT und VW eGolf

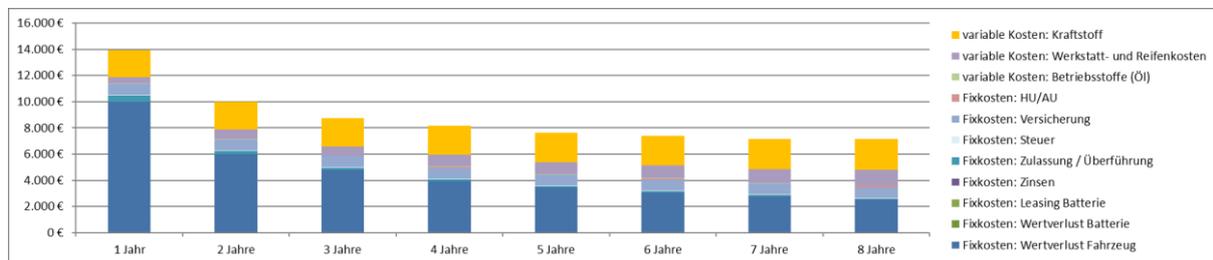


Abb. 91: Vollkosten VW Golf 1,0 TSI BMT

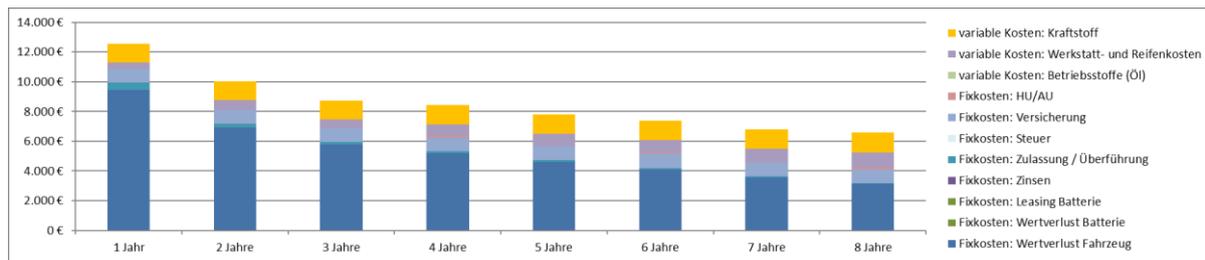


Abb. 92: Vollkosten VW eGolf

Anhang 1.3: Bedeutung anderer alternativer Antriebsarten und Kraftstoffe

Es ist nach heutigem Stand damit zu rechnen, dass spätestens ab ca. 2030 in Europa keine neuen mit Diesel und Benzin betriebenen Fahrzeuge mehr zugelassen werden. Hierfür sprechen mehrere Indikatoren.

- Die Niederlande und Österreich sowie die Städte Kopenhagen und Paris haben bereits heute ein Zulassungsverbot für diese Fahrzeuge angekündigt.³⁸
- Zur Erreichung der Klimaschutzziele des Pariser Abkommens muss der verkehrsinduzierte CO₂-Ausstoß bis 2050 auf 0 g/km gesenkt werden³⁹. Demzufolge müssten ab ca. 2030 keine neuen Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb mehr zugelassen werden.
- Wissenschaftliche Berechnungen gehen von vergleichbaren Szenarien aus.⁴⁰

Als Nachfolgetechnologie existieren mehrere Optionen für eine treibhausgasarme Energieversorgung des Verkehrs, etwa batterieelektrische Elektromobilität, Elektromobilität mit Wasserstoff und Erdgas sowie Biokraftstoffe.

Nach Einschätzung der Deutschen Energieagentur (dena) wird in Zukunft ein hohes Volumen an flüssigen oder gasförmigen Treibstoffen in Deutschland gebraucht, vor allem bei schweren Lkw, Schiffen oder Flugzeugen.⁴¹

³⁸ <https://www.electrive.net/2017/08/05/oesterreich-plant-fahrplan-zum-verbrenner-ausstieg-2030/>
<https://www.electrive.net/2017/10/12/paris-will-ab-2030-verbrenner-aus-der-stadt-verbannen/>
<https://www.electrive.net/2017/10/11/niederlaendische-regierung-bestaetigt-verbrenner-ausstieg/>
<https://www.electrive.net/2017/10/10/in-kopenhagen-drohen-diesel-fahrverbote-ab-2019/>

³⁹ Fabian Bergk, Wolfram Knörr, Udo Lambrecht ifeu in Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg; Klimaschutz im Verkehr: Neuer Handlungsbedarf nach dem Pariser Klimaschutzabkommen https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-07-18_texte_45-2017_paris-papier-verkehr_v2.pdf

⁴⁰ <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/elektromobilitaet-der-durchbruch-kommt-2022-a-1166688.html>

Aus vielfältiger Hinsicht wird batterieelektrische Mobilität insbesondere im Bereich des motorisierten Individualverkehrs (MIV) sowie bei Liefer- und Serviceverkehren in der kommenden Dekade als dominante Nachfolgetechnologie auf die heutige Verbrennungstechnologie folgen. Die wesentlichen Gründe hierfür liegen mit Schwerpunkt im Bereich Umweltwirkung/Energieeffizienz begründet.

Umwelt- und Klimaschutz/Energieeffizienz

Mehrere Studien des Ökoinstituts zeigen, dass Erdgasmobilität zwar niedrigere Treibhausgas-Emissionen als fossile Kraftstoffe aufweist, die klimaschädlichen Emissionen sich dennoch nur um wenige Prozent verringern, sodass die Anforderungen an die Klimaschutzziele hiermit nicht erreicht werden können. Entweichen auf der kompletten Logistikkette geringfügige Gasmengen, so neutralisiert sich der Vorteil beim CO₂-Ausstoß durch die hohe Treibhauswirksamkeit von Methan.

Bei Biokraftstoffen bestehen – global betrachtet – nicht ausreichende Produktionskapazitäten insbesondere vor dem Hintergrund der Konkurrenz zur Ernährungssicherung.

Synthetische Kraftstoffe auf Basis von erneuerbarem Strom (Power-to-X-Kraftstoffe) erfordern im Vergleich zur Elektromobilität einen sehr viel stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energien. Zur Erzeugung dieser Kraftstoffe wird Strom aus erneuerbaren Energien in flüssige oder gasförmige Kraftstoffe umgewandelt. Dazu gehören etwa Wasserstoff aus der Elektrolyse sowie synthetisches Methan und synthetische Flüssigkraftstoffe, für die Wasserstoff zusammen mit Kohlenstoffdioxid in einem Syntheseprozess weiterverarbeitet wird. Ihr Einsatz ist erst in Zukunft bei einem sehr hohen Anteil erneuerbarer Energien energiewirtschaftlich sinnvoll, und auch nur, weil insbesondere im Luft- und Seeverkehr keine Alternativen sichtbar sind.

Im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen ist der Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellen-PKW mit mindestens dem doppelten Strombedarf verbunden. Ursache hierfür ist ein deutlich höherer Strombedarf aufgrund von Verlusten bei den che-

⁴¹ <https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/mobilitaet/kraftstoffe-technologien/>
<https://www.produktion.de/nachrichten/unternehmen-maerkte/experten-siegeszug-des-reinen-e-motors-wird-nicht-kommen-120.html>

mischen Herstellungsprozessen der Kraftstoffe sowie durch deutlich geringere Wirkungsgrade bei den Verbrennungsfahrzeugen.⁴²

Auch bei der gesamten Emission von Treibhausgasen in Bezug auf den gesamten Produktionszyklus, weisen Elektrofahrzeuge die durchweg niedrigsten gesamten Treibhausgas (THG)-Emissionen auf. Eine Ausnahme stellt das Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug dar. Mit konventionellem Strom betrieben, sorgt der Betrieb für etwa gleich hohe THG-Emissionen wie ein konventionell betriebenes Fahrzeug. Um mit diesem Fahrzeugtyp wesentliche THG-Reduktionen gegenüber konventionellen Antrieben zu erreichen, muss der Wasserstoff aus regenerativen Quellen stammen. Die Werte von batterieelektrischen Fahrzeugen können mit Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen nicht erreicht werden.⁴³

Beim Einsatz von synthetischem Methan liegt der Strombedarf bei heute verfügbaren Technologien wegen der gleichen Gründe wie beim Wasserstoff, bezogen auf die gleiche Fahrleistung, mindestens fünf Mal so hoch. Die vollständige Nutzung von synthetischem Methan im Straßenverkehr würde mehr Strom benötigen als heute alle Stromnachfrager in Deutschland zusammen verbrauchen.⁴⁴

⁴² Quelle: Öko-Institut; Strombasierte Kraftstoffe im Vergleich – Stand heute und die Langfristperspektive <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/strombasierte-kraftstoffe-im-vergleich-stand-heute-und-die-langfristperspektive/>

⁴³ Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0440.pdf>

⁴⁴ Quelle: Öko-Institut, Ifeu-Institut, DLR; „Renewability III – Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors“ https://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/Renewability_III_Abschlussbroschuere.pdf

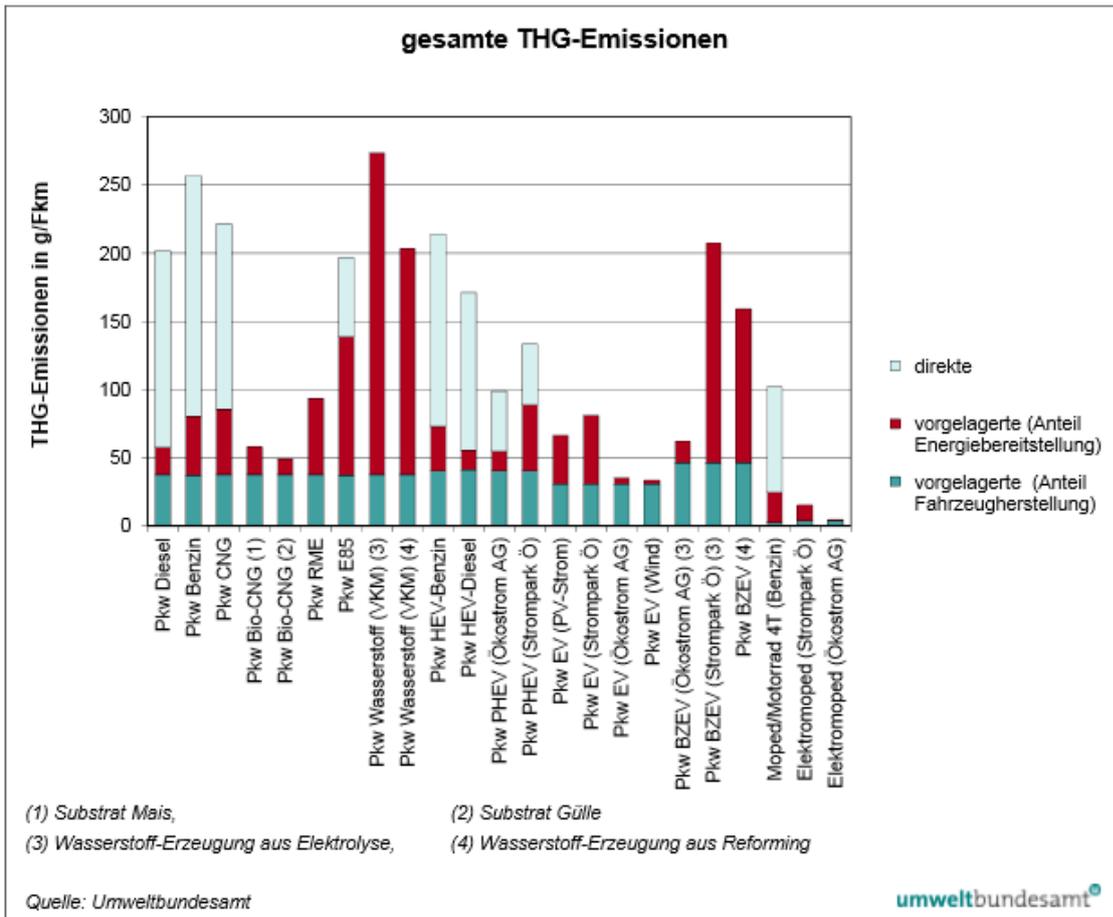


Abb. 93: Gesamte THG-Emissionen der einzelnen Fahrzeugvarianten 2014⁴⁵

Synthetische, strombasierte Kraftstoffe werden häufig auch als Klimaschutzoption im Rahmen der Sektorenkopplung von Strom- und Verkehrssektor ins Spiel gebracht. Studien zeigen jedoch, dass die langfristige Stromspeicherung in Wasserstoff erst bei hohen erneuerbaren Anteilen energiewirtschaftlich sinnvoll ist. Auch übertrifft der Energiebedarf des Verkehrssektors die aus Speichergründen notwendige Menge an synthetischen Energieträgern um ein Vielfaches. Die Nutzung nachhaltiger, synthetischer Kraftstoffe wäre also mit einem enormen Ausbau erneuerbarer Stromkapazitäten verbunden.

Erste Analysen zum globalen Potenzial an synthetischen Kraftstoffen existieren zwar, Nachhaltigkeitsaspekte hinsichtlich der Flächen- und Wasserverfügbarkeit sowie sozialer Effekte und der politischen Stabilität an möglichen Produktionsstandorten sind – ähnlich wie bei der Diskussion um Biokraftstoffe vor einigen Jahren – bisher wenig

⁴⁵ <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0440.pdf>

betrachtet worden. Eine Potenzialabschätzung für nachhaltig produzierte synthetische Kraftstoffe und ihren möglichen Beitrag zum Klimaschutz ist im globalen Maßstab aus diesen Gründen bisher nicht möglich.⁴⁶

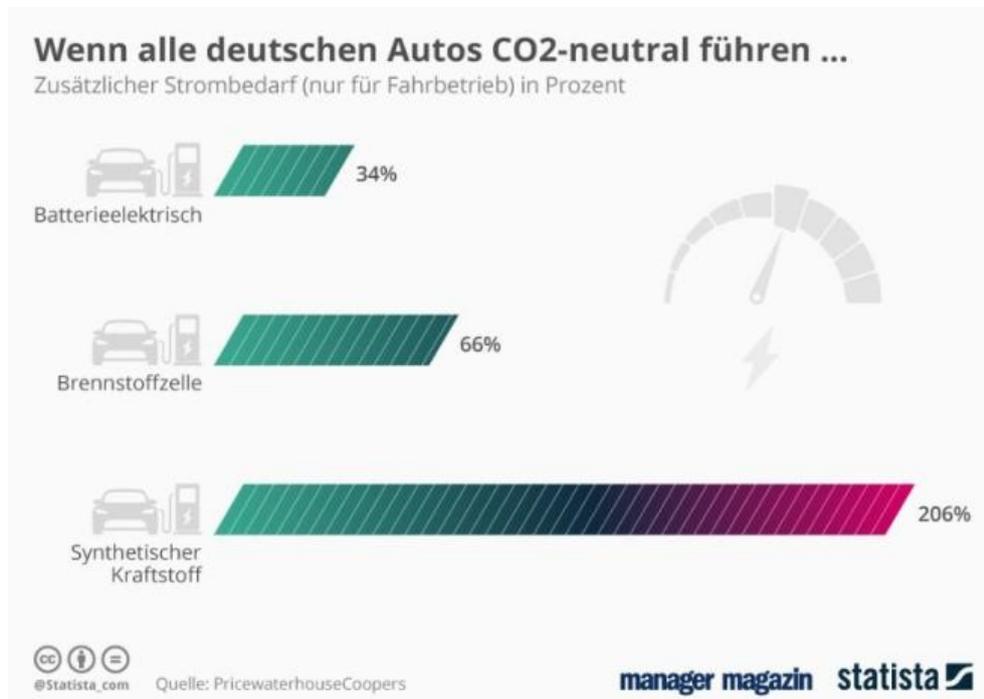


Abb. 94: Zusätzlicher Strombedarf alternativer Kraftstoffarten⁴⁷

⁴⁶ Quelle: Öko-Institut; Power-to-X: Strombasierte Kraftstoffe als Klimaschutzoption im Güterverkehr? <https://de.slideshare.net/Oeko-Institut/powertox-strombasierte-kraftstoffe-als-klimaschutzoption-im-gterverkehr>

⁴⁷ Quelle PWC in <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/elektroautos-wasserstoff-wunderdiesel-die-energiebilanz-a-1181147.html>

Große Effizienz-Unterschiede

Energieeffizienz und Energiebedarf in der Produktionskette von CO₂-neutralen¹ Brennstoffen pro Kilowattstunde mechanischer Energie

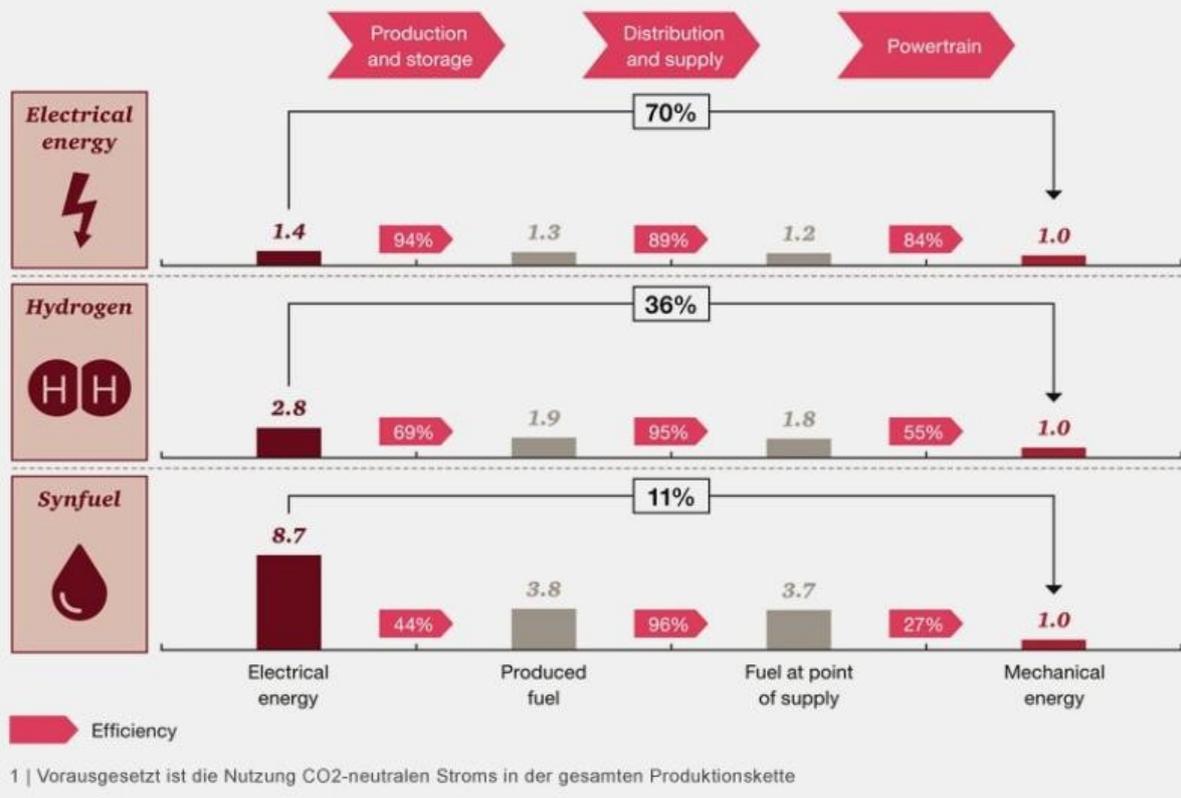


Abb. 95: Energieeffizienz und Energiebedarf alternativer Kraftstoffarten⁴⁸

Fahrzeugbestand und -angebot

Der Fahrzeugbestand in Deutschland zum 01.01.201 wurde zu rd. 98 % durch konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor beherrscht, wovon wiederum der Anteil von Fahrzeugen mit Dieselantrieb bei über 30 % liegt. Die sehr kleine Gruppe von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben wird von Fahrzeugen mit LPG/Benzin Antrieb, gefolgt von Fahrzeugen mit Elektroantrieb (BEV/Hybrid) angeführt. Fahrzeuge mit Erdgas Antrieb (CNG: compressed natural gas) liegen zwar über den „reinen“ batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeugen, jedoch deutlich hinter der Gesamtgruppe Elektromobilität. Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb werden aufgrund der geringen Volumina statistisch noch nicht erfasst.

⁴⁸ Quelle: PWC in <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/elektroautos-wasserstoff-wunderdiesel-die-energiebilanz-a-1181147.html>

Tab. 12: Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2019 nach ausgewählten Kraftstoffarten⁴⁹

Benzin	Diesel	Flüssiggas (LPG) (einschließlich bivalent)	Erdgas (CNG) (einschließlich bivalent)	Elektro	Hybrid	darunter Plug-in	Gesamt
31.036.122	15.164.842	395.592	80.776	83.175	341.411	66.997	47.168.915
65,9%	32,2%	0,84%	0,17%	0,18%	0,72%	0,14%	100,00%
98,1%				0,75%			

Das Angebot an Fahrzeugen mit batterieelektrischem bzw. Hybridantrieb wird auf Grundlage des aktuellen Entwicklungspfades bis 2025 ein signifikantes Volumen erreicht haben, das den Nachfragebedarf weitestgehend decken wird. Gleichzeitig werden die Beschaffungs- und Vollkosten (TCO) für diese Fahrzeuge zu diesem Zeitpunkt deutlich unter denen von vergleichbaren Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor (Benzin/Diesel) liegen. Die Kostenneutralität in Bezug auf Vollkosten wird bereits heute erreicht.

Fahrzeuge für die Nutzung von synthetischem Methan und Erdgas sind zwar am Markt verfügbar, werden aber mit Ausnahme von VW, die in diesem Bereich aktuell eine expansive Modellpolitik betreiben und den aktuellen Bestand von knapp 100.000 Erdgasautos in Deutschland bis zum Jahr 2025 auf eine Million erhöhen wollen, von allen anderen Herstellern zunehmend aus dem Produktportfolio genommen.⁵⁰

Brennstoffzellenfahrzeuge werden aktuell nur in sehr geringem Umfang von den Automobilherstellern angeboten und sind heute mit deutlich höheren Kosten als batterieelektrische Elektrofahrzeuge verbunden. Da viele Hersteller in dieser Technologie, insbesondere mit Blick auf die mit der Batterietechnologie verbundenen Nachteile (insbesondere Reichweiten, Ladezeiten, Ressourceneinsatz bei Batterien) ein hohes Marktpotenzial sehen, ist davon auszugehen, dass die Zahl von Modellen, in den kommenden Jahren ansteigen wird. Darüber hinaus werden sich die Kosten für

⁴⁹ Quelle: Kraftfahrtbundsamt/KBA

⁵⁰ <http://www.sueddeutsche.de/auto/cng-antrieb-erdgas-ist-eine-sinnvolle-alternative-zum-diesel-1.3605064>
<https://www.automobil-produktion.de/hersteller/wirtschaft/zukunft-der-erdgasautos-alternative-in-der-nische-239.html>

Brennstoffzellen und somit der Fahrzeuge insgesamt, durch technische Weiterentwicklungen deutlich reduzieren.

Tankstellen/Ladenetz

Das bisher bestausgebaute Versorgungsnetz für alternative Antriebe besteht für CNG bzw. synthetisches Methan.

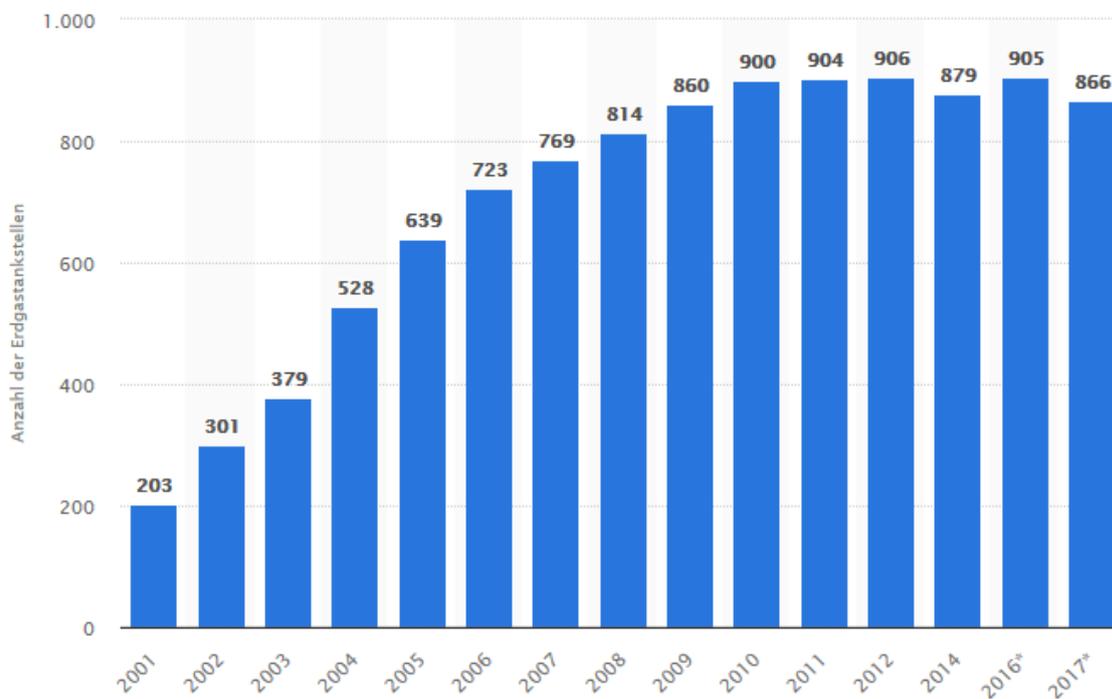


Abb. 96: Bestand an Erdgastankstellen in Deutschland von 2001 bis 2017

(Quelle: Statista 2017)

Diese Infrastruktur wird jedoch tendenziell in Deutschland, aufgrund der bisherigen geringen Nachfrage, leicht zurückgebaut. Auch hier verfolgt der VW Konzern mit mehreren Unternehmen aus der Gas- und Mineralölwirtschaft, eine gegenläufige Strategie und will den aktuellen Bestand von rund 900 CNG-Tankstellen in Deutschland auf 2.000 ausbauen. Vor dem Hintergrund des heutigen Tankstellenbestands von ca. 14.500 in Deutschland, sowie einer geringen Bedeutung des Kraftstoffs im europäischen und insbesondere auch im globalen Kontext, ist davon auszugehen, dass CNG (konventionell und synthetisch erzeugt) jedoch auch künftig weiterhin ein Nischenprodukt bleiben wird.

Der Aufbau eines Tankstellennetzes für Wasserstoff findet aktuell und nach derzeitigem Kenntnisstand auch für die nächsten Jahre nur in einem sehr geringen Umfang statt (50 Tankstellen in Metropolregionen bis 2016, 100 bis 2018, 400 bis 2023).⁵¹

Im Bereich der batterieelektrischen Mobilität findet derzeit der intensivste Aufbau eines Versorgungssystems mit einer weitreichenden öffentlichen Förderung in Höhe von über 300 Millionen Euro statt.

Fazit

Wie bereits zu Beginn dargestellt, wird der Technologiewechsel derzeit von der batterieelektrischen Mobilität, insbesondere im Bereich von PKW und Transportern, dominiert. Dies gilt sowohl in Bezug auf die Entwicklungen in Deutschland als insbesondere auch im europäischen und internationalen Kontext.⁵² Diese Technologie hat deutliche Vorteile in allen drei zuvor genannten Bereichen: Umweltwirkung/Energieeffizienz, Fahrzeugangebot und Kraftstoffversorgung. Zudem steht sie im Zentrum der öffentlichen Aufmerksamkeit und zieht die meisten Investitionen auf sich. Darüber hinaus hat sie in Verbindung mit induktivem Laden das größte Synergiepotenzial zum nachfolgenden Technologiesprung, der autonomen Mobilität.

Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass batterieelektrische Mobilität in den nächsten Jahren einen deutlichen Vorsprung vor allen anderen alternativen Antriebsarten erreichen und den Technologiewechsel im Bereich der PKW und Kleintransporter anführen wird.

Alternative Antriebsarten, vor allem Wasserstoff, können voraussichtlich auch kurz und mittelfristig eine besondere Bedeutung im Logistikbereich und beim ÖPNV einnehmen, da batterieelektrische Mobilität aufgrund der benötigten Speicherkapazitäten hier nur in einem begrenzten Maße funktioniert.

Langfristig (> 10 Jahre) wird erwartet, dass mit steigendem Ausbau der erneuerbaren Energien Wasserstoff eine größere Bedeutung auch im Bereich der PKW und

⁵¹ <https://cleanenergypartnership.de/h2-infrastruktur/tankstellennetz/?scroll=true>
<http://h2-mobility.de/h2-stationen/>
<https://www.now-gmbh.de/de/nationales-innovationsprogramm/aufbau-wasserstoff-tankstellennetz>

⁵² <http://www.manager-magazin.de/politik/weltwirtschaft/china-fuehrt-elektroauto-quote-erst-ab-2019-ein-dafuer-aber-10-prozent-a-1170325.html>

Kleintransporter, bekommen wird. Batterieelektrische Mobilität sollte aufgrund ihrer hohen Energieeffizienz im Bereich der Kurz- und Mittelstrecken bis 200 km auch langfristig die dominierende Technologie bleiben. Insbesondere bei der Langstrecke kann die mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzelle aber die Nachteile großvolumiger Batterien gut ausgleichen. Sinnvoll erscheint hier die Kombination von Brennstoffzelle und Batterie als H₂-Hybridtechnologie.

Anhang 2: Grundlagen der Ladeinfrastruktur

Anhang 2.1: Ladebetriebsarten

Die unterschiedlichen Arten des Ladens mit Strom werden in der relevanten Systemnorm DIN EN 61851-1 (VDE 0122-1): 2012-01 als "Ladebetriebsarten" (engl. "charge mode") bezeichnet:

Ladebetriebsart 1: Das Laden mit Wechselstrom (AC) an einer landesüblichen Haushaltssteckdose („Schuko“: „Schutzkontakt-Steckdose“) oder einer ein- oder dreiphasigen CEE-Steckdose wird als Ladebetriebsart 1 (Mode 1) bezeichnet. Bei dieser Ladebetriebsart findet keine Kommunikation zwischen Energieabgabestelle (Steckdose) und Fahrzeug statt. Diese Ladebetriebsart ist für das Laden von Fahrzeugen möglich, falls der Fahrzeughersteller es erlaubt und sichergestellt ist, dass die Spannungsversorgung mit einem RCD ausgestattet ist: Das ist die umgangssprachlich als „FI-Schalter“ bekannte "Fehlerstrom-Schutzeinrichtung“.

Ladebetriebsart 2: Der Unterschied zur Ladebetriebsart 1 besteht im Wesentlichen darin, dass in der Ladeleitung eine Steuer- und Schutzeinrichtung integriert ist [(„In Cable Control and Protection Device“: (IC-CPD)]. Die IC-CPD schützt vor elektrischem Schlag bei Isolationsfehlern. Über ein Pilotsignal erfolgen ein Informationsaustausch und die Überwachung der Schutzleiterverbindung zwischen Infrastruktur und Fahrzeug. Diese Ladebetriebsart ist vorgesehen für die Fälle, in denen keine spezielle Ladestation der Ladebetriebsarten 3 oder 4 verfügbar ist.

Ladebetriebsart 3: In dieser Ladebetriebsart findet das Laden mit Wechselstrom an einer zweckgebundenen ("dedicated“) Steckdose statt, die sich an einer am Netz fest installierten Ladestation oder Wallbox befindet. Alternativ kann an der Ladestation ein fest angeschlossenes Ladekabel vorhanden sein. Eine Steuerung des Ladevorgangs wird durch einen Datenaustausch zwischen der Ladestation und dem Fahrzeug ermöglicht. Diese Ladebetriebsart basiert auf einer speziell für Elektrofahrzeuge errichteten Infrastruktur und bietet ein hohes Maß an elektrischer Sicherheit und Schutz der Installation vor Überlastung (Brandschutz). In der Regel unterstützen aktuelle und zukünftige PKW und leichte Nutzfahrzeuge die Ladebetriebsart 3. Aus den genannten Gründen wird diese Ladebetriebsart empfohlen.

Ladebetriebsart 4: Das kabelgebundene Laden mit Gleichstrom (DC) wird als Ladebetriebsart 4 bezeichnet und wie die Ladebetriebsart 3 zum Laden von Elektrofahrzeugen empfohlen. Das DC-Laden wird üblicherweise für höhere Ladeleistungen

verwendet. Bei Ladebetriebsart 4 ist das Kabel an der Ladestation oder Wallbox fest angebracht. Dabei gibt es aktuell mit "CHAdEMO" und dem "Combined Charging System" zwei unterschiedliche Systeme.

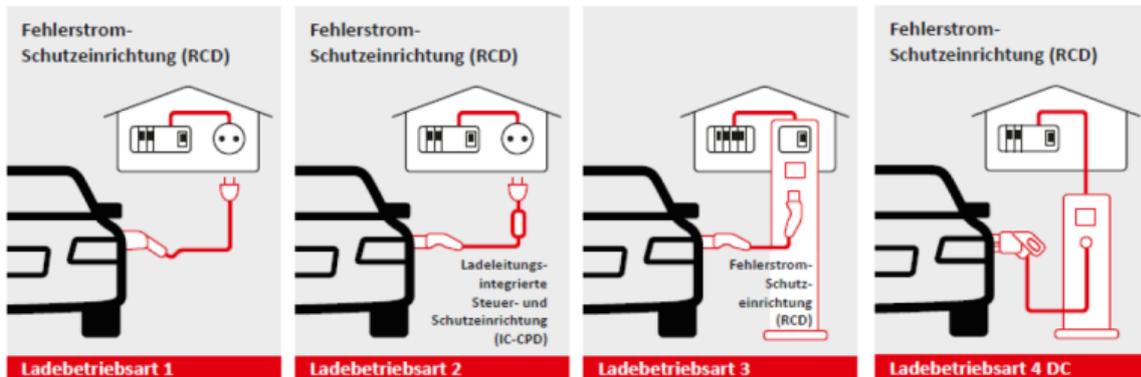


Abb. 97: Ladebetriebsarten

(Quelle: Nationale Plattform Elektromobilität: Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur⁵³)

Anhang 2.2: Ladevarianten

Beim Laden von Elektrofahrzeugen kann grob zwischen drei Varianten (Normalladung, Mittelschnellladung und Schnellladung) unterschieden werden.

Normalladung (Privatbereich):

- Leistung: Wechselstromladen 2,3 bis 3,6 kW (230 V, 10 bzw. 16 A, 1-Phase)
- Ladebetriebsart: 1-3
- Einsatzbereiche: privater Stellplatz, Carport oder Garage, Arbeitgeberladen, Ladehotspots für Nachtladen

Mittelschnellladung (Privatbereich, halböffentlicher- und öffentlicher Bereich):

- Leistung: Wechselstromladen bis zu 22 kW (400 V, 32 A, 3-Phasen)
- Ladebetriebsart: 3
- Einsatzbereiche: Unternehmensflotten, öffentliche Stellplätze wie Parkplätze oder Straßenrand, halböffentliche Stellplätze wie Kundenparkplätze von Restaurants und Geschäften oder Parkhäuser

⁵³ <https://www.din.de/blob/97246/c0cbb8df0581d171e1dc7674941fe409/technischer-leitfaden-ladeinfrastruktur-data.pdf>

Schnellladung (im öffentlichen Bereich):

- Leistung: Gleichstromladen 50-350 kW (500 V, 100-700 A)
- Einsatzbereiche: Stromtankstellen

Anhang 2.3: Ladeinfrastrukturtypen

Schuko- oder CEE-Steckdose: Die Schuko-Steckdose ist die gewöhnliche landesspezifische Steckdose, die CEE-Steckdose – die Campingsteckdose – ist die wetterfeste Variante bzw. der Dreiphasendrehstromstecker. Diese Steckdosentypen sind somit die am häufigsten anzutreffenden Lademöglichkeiten. Für das Laden eines Elektrofahrzeugs im Unternehmensbereich an einer solchen Steckdose sind in der Regel keine oder nur sehr geringe Investitionen in die Ladeinfrastruktur nötig. Es wird dringend empfohlen, vor Anschluss eines Elektrofahrzeugs an eine Schuko- oder CEE-Steckdose die Leistungsfähigkeit der Verkabelung und die Absicherung durch einen Fachbetrieb prüfen zu lassen. Diese Ladeinfrastruktur unterstützt die Ladebetriebsarten 1 und 2.

Wallboxen: Die Wallbox (Wand-Ladestation) ist die Verbindung zwischen dem Stromnetz und dem Ladekabel. Sie ist für geschützte Bereiche wie z.B. Carports, Garagen und Tiefgaragen konzipiert und muss an einer Wand montiert werden. Häufig sind verschiedene Steckdosen in einer Wallbox kombiniert. Im Gegensatz zur Schuko- oder CEE-Steckdose können bei Wallboxen Spannungen bis 400 Volt realisiert und somit die Ladezeiten verkürzt werden. Außerdem ist eine Kommunikation zwischen Fahrzeug und Wallbox möglich und es sind verschiedene digitale Steuerungsapplikationen wie Nachtladen oder die Steuerung über eine Smartphone-App nutzbar. Gewöhnlich werden die Ladebetriebsarten 1–3 unterstützt.

Ladesäulen: Die Ladesäule ist vergleichbar mit der Wallbox. Im Gegensatz zu dieser ist die Ladesäule aber wetterfest und kann somit auf offenen Plätzen installiert werden. In der Regel sind verschiedene Steckmöglichkeiten an einer Ladesäule kombiniert. Die möglichen Leistungsabgaben sind sehr unterschiedlich und reichen von 3,6 kW der normalen Haushaltssteckdose bis zu 120 kW an Gleichstromladern. Wie bei der Wallbox ist eine Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule möglich und auch hier sind verschiedene digitale Steuerungsapplikationen wie Nachtladen oder die Steuerung über eine Smartphone-App nutzbar.

Induktives Laden

Induktiv bedeutet kabelloses Laden. Die Energie wird mit Hilfe einer Induktionsspule auf das Fahrzeug übertragen. Induktives Laden ist in der Nutzungsphase sehr komfortabel, da kein Kabel benötigt wird und kein Stecker eingesteckt werden muss. Die Ladespule wird im Boden verbaut und ist für den universellen Einsatz geeignet. So können sie in Garagen, auf innerstädtischen Parkplätzen, an Taxisständen oder an Bushaltestellen eingesetzt werden. Die Automobilhersteller gehen davon aus, dass in ca. fünf Jahren das induktive Laden in der heimischen Garage zum Standard wird, sodass dann beim Kauf eines E-Fahrzeugs die herstellereigene, perfekt adaptierte Ladeplatte mitgeliefert wird. Ab diesem Zeitpunkt wird der normale Autonutzer das Laden kaum noch wahrnehmen, weil es keine Aktivität mehr erfordert. Man könnte es vergleichen mit dem ebenfalls automatischen Laden der kleinen Starterbatterie in unseren heutigen Fahrzeugen, worüber sich die Autofahrer auch erst dann Gedanken machen, wenn nach 4-5 Jahren die Batterie zu schwach wird und den Motor bei sehr kalten Temperaturen plötzlich nicht mehr startet. Ladeströme der Ladebetriebsarten 1 und 2 sind schon heute möglich.

Intelligente Ladeinfrastruktur mit Last-/Lademanagement: Ein intelligentes Lademanagement ermöglicht eine effiziente Nutzung der Energie, die in Verbindung mit E-Fahrzeugen erzeugt, gespeichert und verbraucht wird. Mit einem Lademanagementsystem lassen sich etwa mehrere Anschlüsse von E-Fahrzeugen – z. B. mehrere Ladesäulen oder Wallboxen – intelligent vernetzen, sodass eventuell ein Ausbau des internen Stromnetzes nicht nötig ist und, je nach Größe der Anlage, auf Transformatoren verzichtet werden kann. Außerdem ist es mithilfe eines Lademanagements sehr einfach möglich, Nachtstrom zu nutzen oder die in den E-Fahrzeugen gespeicherte Energie zur Deckung von Bedarfsspitzen im Unternehmen zu verwenden.

Anhang 2.4: Ladezeiten

Die Länge der Ladezeit hängt sowohl von der Ladevariante ab, die wiederum von der Ladeinfrastruktur bestimmt wird, als auch von der maximalen Ladeleistung des Fahrzeugs und der Kapazität der Batterie.

Für eine kürzere Ladezeit reicht es nicht aus, eine leistungsfähige Ladeinfrastruktur bereitzustellen. Die eingesetzten Fahrzeuge müssen die angebotene Leistung auch aufnehmen können. In der folgenden Tabelle werden die sehr unterschiedlichen Aufnahmefähigkeiten der jeweiligen Fahrzeugtypen bei Wechselstromladungen als ma-

ximale Ladeleistung dargestellt. Gleichstrom-Schnellladungen an einer Stromtankstelle sind in der Regel bei fast allen Fahrzeugen ebenfalls möglich.

Tab. 13: Beispiele zur Aufnahmekapazitäten von BEV

Fahrzeug	max. Ladeleistung Wechselstrom	max. Ladeleistung Gleichstrom	Nennkapazität der Batterie
Smart EQ	4,6 / 22 kW	nicht möglich	17,6 kWh
Renault ZOE	22 kW	nicht möglich	22,0 / 41,0 kWh
Nissan LEAF	6,6 kW	50,0 kW	24,0 / 30,0 kWh
Nissan e-NV200	7,4 kW	50,0 kW	40 kWh
BMW i3 (60 Ah)/ (94 Ah) (120 Ah)	7,6 kW 11 kW 11 kW	50,0 kW	21,6 kWh 29,2 kWh 42,2 kWh
VW e-Up!	3,6 kW	40,0 kW	18,7 kWh

Tab. 14: Beispiele für Ladezeiten

Ladevariante	Strom	Ladeinfrastruktur	Spannung	Stromstärke	Maximale Ladeleistung	Ladezeit 1 ¹	Ladezeit 2 ²
Normal	AC	Schuko oder CEE-Steckdose	230 V	10 A	2,3 kW	11 Std.	23 Std.
Normal	AC	Schuko oder CEE-Steckdose	230 V	16 A	3,6 kW	7 Std.	12 Std.
Mittelschnell	AC	Wallbox oder Ladesäule	230 V	32 A	7,4 kW	4 Std.	7 Std.
Mittelschnell	AC	Wallbox oder Ladesäule	400 V	16 A	11 kW	2 Std.	4 Std.
Mittelschnell	AC	Wallbox oder Ladesäule	400 V	32 A	22 kW	1 Std.	2 Std.
Schnell	DC	Stromtankstelle	500V	125A	50 kW	31 Min.	60 Min.
Schnell	DC	Stromtankstelle	500V	125A	150 kW	10 Min.	21 Min.
Schnell	DC	Stromtankstelle	500V	125A	350 kW	5 Min.	9 Min.

¹ Ladezeit 1: Batteriekapazität 30 kWh, Nachladung bei 30% Restkapazität der und einem Wirkungsgrad von 80%

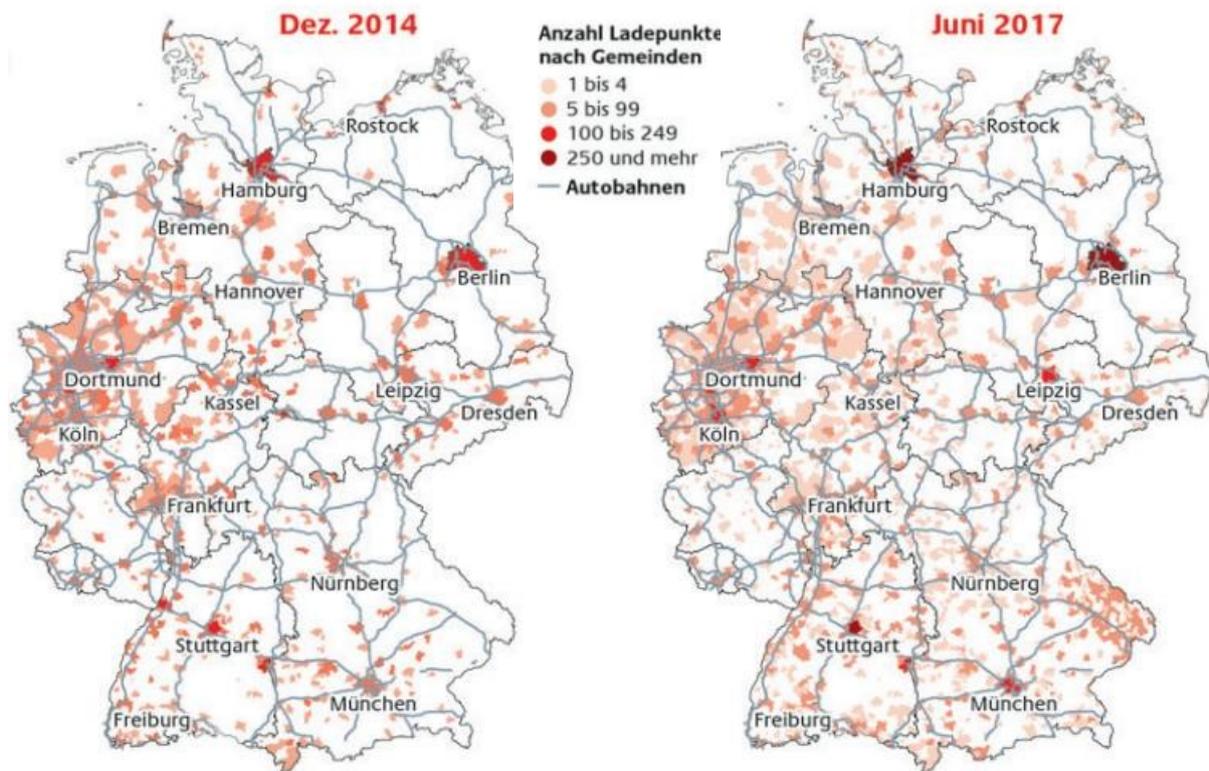
² Ladezeit 2: Batteriekapazität 60 kWh, Nachladung bei 30% Restkapazität der und einem Wirkungsgrad von 80%

Anhang 2.5: Öffentliches Laden

Das Ladestationsnetz wird intensiv ausgebaut. Über unterschiedliche Förderprogramme hat sich die Zahl an Ladepunkten von 2015 bis 2017 auf ca. 13.500 mehr als verdreifacht, davon 850 Schnellladestationen. Bis zum Jahr 2019 hat sich die Anzahl an Ladepunkten auf etwa 17.400 erhöht. Der Anteil der Schnellladestationen wird mit rd. 12 % also 2.100 Stück angegeben.⁵⁴

Zum Vergleich: 2016 gab es rund 14.500 Tankstellen mit rd. 120.000 Zapfpunkten in Deutschland.

Die Nationale Plattform Elektromobilität erwartet bis 2022 ca. 77.000 Ladepunkte mit einem Anteil von ca. 10 % Schnellladepunkten.



Datenquelle: BDEW-Erhebung Elektromobilität, Stand 30. 6. 2017; EasyMap Kartengrundlage: © Lutum + Tappert, Bonn

Abb. 98: Entwicklung Ladeinfrastruktur in Deutschland

⁵⁴<https://www.handelsblatt.com/auto/nachrichten/elektromobilitaet-zahl-der-ladepunkte-fuer-e-autos-waechst-in-deutschland/24193184.html?ticket=ST-1506594-ado4PyNfmpe2IoxGumaZ-ap1>

(Quelle: Nationale Plattform Elektromobilität, Fortschrittsbericht 2018-20)

Bei der Nutzung dieses Netzes bestehen zwei Herausforderungen: Erstens die Lokalisation einer geeigneten Ladestation und zweitens die Frage der Bezahlung des geladenen Stroms.

Das Auffinden einer Ladestation sollte dank guter Portale und mobiler Applikationen (Apps) heute kein Problem mehr sein. Hier fünf Beispiele:

www.chargemap.com

www.lemnet.org

www.goingelectric.de

www.smarttanken.de

www.e-tankstellen-finder.com

www.ladesaeulenregister.de/

Etwas komplizierter wird es beim Bezahlen. Hierzu ist es notwendig, sich bei seinem lokalen Stromversorger oder einem der bestehenden Anbieter von netzübergreifenden Abrechnungssystemen anzumelden. Nachfolgend sind mehrere Beispiele von Anbietern netzübergreifender Abrechnungssysteme aufgeführt:

www.ladenetz.de

www.chargenow.com

www.intercharge.eu

www.plugsurfing.com

www.my.thenewmotion.com

Zugang zu diesen Netzen erhalten die Nutzer durch ihren lokalen Anbieter über ein Zugangsmedium, mit dem man sich an dem jeweiligen Ladepunkt authentifiziert. Die Abrechnung erfolgt in der Regel nachlaufend über eine Rechnung oder aber durch befristete Prepaid-Karten.

Tab. 15: Zugangs- und Bezahlmedien für öffentliche Ladeinfrastruktur

Zugangsmittel	Anbieter
Ladekarten mit RFID Technologie	Standardlösung fast allen Anbietern
Smartphone-Apps	Standardlösung fast allen Anbietern
Schlüsselanhänger mit RFID Technologie	Speziellösung Plugsurfing
mobiler Stromzähler im Ladekabel	Speziellösung Ubitricity
Ladekabel direkt (Plug&Charge)	Speziellösung RWE/Intercharge
App/Mobile Webseite	Standardlösung bei vielen Anbietern
Kreditkarte/Bankkarte/PayPal	Standardlösung bei allen Anbietern gem. Ladesäulenverordnung

Mit der Errichtung und dem Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur sind nicht unerhebliche Herausforderungen verbunden.

Städtebau

Die Errichtung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum ist städtebaulich und gestalterisch insbesondere dann nicht unproblematisch, wenn sie in größerem Maße in urbanen Verdichtungsräumen errichtet werden soll. Sie stellt ein prägendes Gestaltungsobjekt dar, das je nach Intensität und Ausprägung möglicherweise nicht mit den städtebaulichen Zielen kompatibel ist.

Parkraumkonkurrenz

Für die Errichtung von öffentlichen Ladepunkten, die nur für Elektrofahrzeuge während des Ladevorgangs reserviert sind, werden i.d.R. bestehende öffentliche Parkflächen umgewidmet. Hierdurch reduziert sich der Parkraum für alle Fahrzeuge insbesondere in urbanen Verdichtungsräumen, in denen bereits aktuell schon Engpässe bestehen.⁵⁵

Fehlbelegung

⁵⁵ <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/muenchen-anwohner-protestieren-gegen-ladestationen-fuer-e-autos-1.4037266>

Aufgrund der zuvor dargestellten Engpässe und der daraus resultierenden Konkurrenz zwischen „Laden“ und „Parken“ sind bereits heute erhebliche Fehlbelegungen in der Form zu beobachten, dass entweder Elektrofahrzeuge nach dem Ladevorgang den Ladepunkt weiter belegen und als Parkplatz nutzen oder der Ladepunkt insgesamt als Parkplatz durch Elektro- oder konventionelle Fahrzeuge genutzt wird.

Dieser Problematik kann zwar grundsätzlich über restriktive Maßnahmen der Parkraumbewirtschaftung (z.B. Ordnungsgelder und Abschleppen) entgegengewirkt werden, führt aber dazu, dass öffentliche Ladepunkte auch bei möglicher Reservierung eine unsichere Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge, die darauf angewiesen sind, darstellen. Es ist davon auszugehen, dass Ladepunkte auf bewirtschafteten Parkflächen mit Zugangsbeschränkung (z.B. Parkhäuser, ggf. Parkplätze von Unternehmen und Supermärkten), die eine höhere Sicherheit bei der Verfügbarkeit anbieten, bevorzugt werden.

Preistransparenz und Zugang

Die derzeit bestehende Vielfalt von Betreibern und Ladekartenanbietern führt aktuell dazu, dass für den Nutzer eine hohe Intransparenz bzw. Unübersichtlichkeit hinsichtlich der Nutzbarkeit („Kann ich mit meiner Karte an diesem Ladepunkt laden?“) und Kosten („Was kostet die kWh, der Ladevorgang?“) besteht⁵⁶. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich diese Problematik in absehbarer Zeit durch die rechtlichen Vorgaben der Ladesäulen- und Preisangabenverordnung reduzieren wird.

Wirtschaftlicher Betrieb

Die Nationale Plattform Elektromobilität geht davon aus, dass ein wirtschaftlicher Betrieb bei öffentlicher Ladeinfrastruktur, auch bei hoher Nachfrage bis 2020, nicht realistisch sein wird, da die spezifischen Vollkosten pro Kilowattstunde an diesen Ladepunkten doppelt so hoch wie etwa an der heimischen Ladestation wären.

Sonderform Laternenladen

Laternenladen beschreibt das Laden an der üblichen Straßenlaterne. Diese wird mit einer Steckdose versehen und die parkenden Fahrzeuge können geladen werden.

⁵⁶ <https://www.energieheld.de/photovoltaik/elektromobilitaet/ladekarten-stromtankstellen#kosten-vergleich>

Ladeströme wie bei der Haushaltssteckdose sind einfach und ohne tiefgreifende Infrastrukturmaßnahmen umsetzbar. Besonders sinnvoll erscheint das Laternenladen im urbanen Raum, da es hier viele Laternenparker gibt, deren Fahrzeuge trotz der vergleichsweise langsamen Ladezeit, durch Laternenladen ohne Probleme über Nacht vollständig geladen werden können. Zurzeit sind zwei verschiedene Systeme im Umlauf. Bei einem ist die Technik und das Abrechnungssystem an der Laterne, ähnlich der Wallbox, und bei dem anderen in das Kabel integriert.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass Laternenladen beim Markthochlauf nur eine untergeordnete Bedeutung einnehmen wird, da es aufgrund der geringen Leistungsfähigkeit je Ladepunkt von 3,6 kW zwar gut zum Nachtladen, jedoch für öffentliches Laden im Tagesbereich weniger geeignet ist. Durch die geringe Leistung wird es, trotz voraussichtlich geringer Investitionskosten, noch problematischer sein, wirtschaftliche Geschäftsmodelle über den Stromverkauf zu entwickeln, als an konventionellen Ladesäulen. Darüber hinaus sind nur Laternen geeignet, die an der Straßenkante stehen, damit das Ladekabel nicht über den Bürgersteig geführt werden muss. Viele Laternen stehen jedoch an der Hausseite. Ansonsten gelten für Laternen als öffentliche Ladepunkte die gleichen Probleme hinsichtlich sicherer Verfügbarkeit und Fehlbelegung wie bei allen öffentlichen Ladepunkten.

Somit stellt sich für öffentliche Ladeinfrastruktur die wesentliche Herausforderung, das sie entweder nur sehr schwer wirtschaftlich zu betreiben sind, oder in den verdichteten Innenstadtzentren, wo es aufgrund von fehlenden Alternativen im Privaten und halböffentlichen Raum, einen potenziellen Bedarf gibt, städtebaulich nicht erwünscht und organisatorisch schwer in den Griff zu bekommen sind.

Anhang 2.6: Schnellladeinfrastruktur

Bei der Nutzung reiner Elektro-PKW auf Strecken, die deren Reichweite übersteigen, erscheinen Schnellladesäulen derzeit die einzige Option, das Fahrziel in akzeptabler Zeit zu erreichen. Schnellladepunkte sind insofern für eine übliche Nutzung von Elektrofahrzeugen mit (seltenen) Fernfahrten unabdingbar und eine flächendeckende Abdeckung und eine hohe Zuverlässigkeit der Punkte wichtig. Die Bereitschaft für lange Wartezeiten oder die Verschiebung von Lasten zu einem späteren Zeitpunkt

durch intelligentes Laden ist in der Regel nicht gegeben. Da diese Art der Fahrten insbesondere auf Autobahnen durchgeführt wird, erscheint eine Fokussierung auf das Autobahnnetz sinnvoll.⁵⁷

Neben den Autobahnen und wichtigen anderen Verkehrsachsen kann Schnelladeinfrastruktur auch in innerstädtischen Bereichen eine sinnvolle Alternative zur öffentlichen AC Ladeinfrastruktur darstellen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Bedarf für öffentliche AC Ladeinfrastruktur sehr hoch und städtebaulich schwer umsetzbar ist oder Alternativen wie Ladeparks im halböffentlichen Raum nicht zu erwarten sind.

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass bei einem ausreichenden Marktanteil von Elektrofahrzeugen die Auslastung der Schnelladepunkte (Fahrzeuge pro Tag) deutlich höher sein kann als bei mittelschnellen öffentlichen Ladepunkten, bei denen die E-PKW in der Regel mehrere Stunden verweilen. Dies bedeutet aber, dass Schnelladepunkte erst ab einer Leistung von 350 kW eine echte zeitlich attraktive Variante darstellen, die vergleichbar mit heutigen Tankstellen ist. Dies führt jedoch sehr schnell zu Herausforderungen im Bereich der Versorgungsnetze und in der Folge zu sehr hohen Investitionen aufgrund von weitreichenden Netzanschlusskosten.

Obwohl zu erwarten ist, dass Kunden bei Schnelladepunkten eine höhere Zahlungsbereitschaft haben, da kein Zeitverzug erwünscht ist und Alternativen knapp sind, kann die Wirtschaftlichkeit eines Schnelladepunktes an der Autobahn oder vergleichbaren Stellen nur dann deutlich höher sein, als bei anderen öffentlichen Ladesäulen, wenn das Kosten-Nutzen-Verhältnis durch die Kunden als ausreichend attraktiv bewertet wird und so eine notwendige Auslastung generiert werden kann.

Anhang 2.7: Stromnetze

Eine verstärkte Elektromobilität wirkt sich auch auf die Leistungsflüsse im elektrischen Netz aus. Besonders die unteren Spannungsebenen sind für die Übertragung der zu diesem Zweck benötigten zusätzlichen Leistung jedoch häufig nicht ausgelegt. Bei höheren Elektrofahrzeugdurchdringungen kann es daher schnell zu Spannungs-

⁵⁷ https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2017/Profilregion_Mobilitaetssysteme_Oefftl_Ladeinfrastruktur_EV_2017.pdf

bandverletzungen oder Kabel- bzw. Transformatorüberlastungen kommen, sofern keine geeigneten Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Diese unzulässigen Betriebszustände treten allerdings nur bei höheren Ladegleichzeitigkeiten auf, die im Jahresverlauf nur selten vorkommen.

Zur Vermeidung der unzulässigen Betriebszustände bieten sich grundsätzlich drei Möglichkeiten an: Auf der einen Seite kann das elektrische Netz mittels konventioneller Betriebsmittel soweit verstärkt werden, dass es auch die Leistungsflüsse an den wenigen Zeitpunkten hoher Ladegleichzeitigkeit sicher übertragen kann. Auf der anderen Seite kann ein Lademanagementsystem installiert werden, welches in den wenigen kritischen Zeitpunkten gezielt in die Ladevorgänge der Fahrzeuge eingreift und somit unzulässige Betriebszustände vermeidet. Aus ökonomischer Sicht ist letzteres bei höheren Elektrofahrzeugdurchdringungen klar zu präferieren.

Trotz ökonomischer Vorteilhaftigkeit kann ein Lademanagementsystem nur genutzt werden, sofern die Fahrzeugnutzer bereit sind, ihre Fahrzeuge zu Regelungszwecken zur Verfügung zu stellen. Eine derartige Akzeptanz wird sich wiederum nur einstellen, falls die teilnehmenden Fahrzeugnutzer nicht durch Regelungsmaßnahmen in ihrer Mobilität eingeschränkt werden. Auf Grund der im Verhältnis zur durchschnittlich benötigten Ladezeit sehr langen Standzeiten der Fahrzeuge besteht prinzipiell eine ausreichend große zeitliche Flexibilität zur auswirkungslosen Verschiebung der Ladevorgänge. Dennoch kommt es vor, dass einzelne Ladevorgänge keine zeitliche Flexibilität aufweisen. Diese Ladevorgänge müssen vom Lademanagementsystem identifiziert und von Regelungsmaßnahmen ausgeschlossen werden.⁵⁸

Eine dritte Möglichkeit besteht darin Photovoltaik-Speichersysteme zu integrieren. Diese können auch mit Lademanagementsystemen kombiniert werden. So lässt sich die vorhandene Kapazität des bestehenden Netzes deutlich effizienter nutzen.

Ohne den Einsatz von PV-Speichersystemen ist gemäß der Kurzstudie zu PV-Speichersystemen der technischen Universität Braunschweig aktuell durchschnittlich eine Ladepunktdurchdringung von 22% der Haushalte bei 11 kW Ladeleistung mög-

⁵⁸ Uhlig Roman, Nutzung der Ladeflexibilität zur optimalen Systemintegration von Elektrofahrzeugen, <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-7328/de1704.pdf>

lich. Durch dynamisches Laden über Lademanagementsysteme, lässt sich dieser Wert auf 45 % mehr als verdoppeln. Mit dem Einsatz von Photovoltaik-Speichersystemen und einem Wechselrichter, welcher sich ebenfalls netzstabilisierend auswirkt, kann die Durchdringung auf bis zu 60% gesteigert werden. Die Mehrfachnutzung, also die Stromentnahme aus dem Netz und/oder der Photovoltaikanlage und Abgabe an das Netz oder Nutzung des Speichers als Endverbraucher, hat die größte Auswirkung auf die Netzkapazität. Durch sie ist es möglich, 100% der Haushalte mit 11 kW Ladepunkten auszustatten, ohne die bestehenden Kapazitäten erweitern zu müssen.⁵⁹

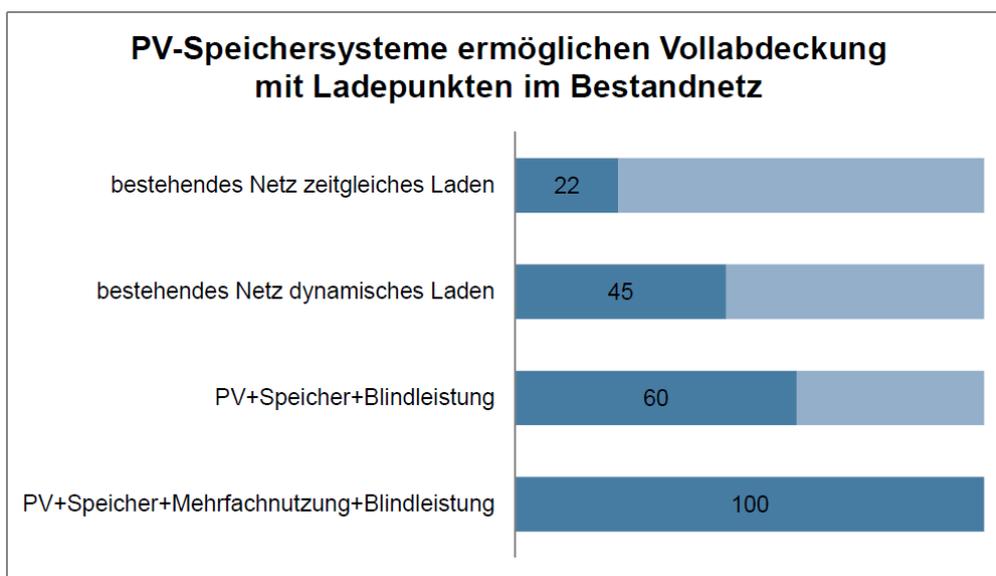


Abb. 99: Einfluss der Maßnahmen auf die Durchdringung mit Ladepunkten pro Haushalt (in Prozent)⁶⁰
 Ein bisher großes Hemmnis für die Mehrfachnutzung sind die anfallenden Letztverbraucherabgaben, die für den aus dem Speicher abgegebenen Strom anfallen. Dabei spielt es keine Rolle, ob dieser vorher aus der PV-Anlage oder dem Netz eingespeichert wurde. Durch die Novelle des EEG 2017 im §61 wurde bereits eine Möglichkeit geschaffen, eine Doppelbelastung von Stromspeichern abzuwenden. Um die bestehende Netzkapazität durch den Einsatz von PV-Speichersystemen in Zukunft noch

⁵⁹ Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel, Dipl.-Ing. Jonas Wussow, Kurzstudie: Können PV-Speichersysteme die Netzin-
 tegration der Elektromobilität unterstützen?, <https://die-sonne-speichern.de/kurzstudie/>

⁶⁰ Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel, Dipl.-Ing. Jonas Wussow, Kurzstudie: Können PV-Speichersysteme die Netzin-
 tegration der Elektromobilität unterstützen?, <https://die-sonne-speichern.de/kurzstudie/>

besser nutzen zu können und einen teuren Netzausbau zu verhindern, gilt es also den Rechtsrahmen so anzupassen, dass keine überproportionale Belastung der Letztverbraucher entsteht.⁶¹

Eine besondere Herausforderung stellen darüber hinaus DC-Schnelllader, insbesondere sog. HPC (High Power Charger), mit einer Leistung von bis zu 350 kW dar. Da für einen operativ und wirtschaftlich sinnvollen Betrieb im Normalfall an einer Ladestation mehrere Ladepunkte installiert werden müssen, ist davon auszugehen, dass es in Spitzenzeiten zu erheblichen Ladegleichzeitigkeiten kommen wird, auf die die Anschlüsse ausgelegt werden müssen. Um die Kosten hierfür in einem Rahmen zu belassen, der für den wirtschaftlichen Betrieb noch vertretbar ist, sind mögliche Standorte für derartige Anlagen, die zudem auch den Bedarf der Nutzer abdecken, nur in einem sehr geringen Maße verfügbar.

Anhang 2.8: Rechtlicher Rahmen

Energierrecht

Mit dem Erlass des Strommarktgesetzes am 30.7.2016 wurde im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) die Energiewirtschaftsrechtliche Einordnung des Ladepunktes als Letztverbraucher festgelegt. Dies bedeutet, dass der Betreiber eines Ladepunktes kein Stromlieferant und somit Energieversorger ist. Analog dazu wurden die Stromsteuerverordnung (StromStV) und das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) sinngleich angepasst.

Demgegenüber definiert das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) das Elektrofahrzeug als Letztverbraucher, mit der Folge, dass nur das Laden von eigenen Fahrzeugen des Anlagebetreibers als Eigenverbrauch gilt und somit frei von der EEG Umlage ist.⁶²

Ladesäulenverordnung

⁶¹ BVES - Bundesverband Energiespeicher e.V. Berlin und DIHK - Deutscher Industrie- und Handelskammertag Berlin | Brüssel, https://www.bves.de/wp-content/uploads/2017/05/Faktenpapier_2017.pdf

⁶² Quelle: Dr. Katharina Vera Boesche, Rechtsanwältin, Leiterin Fachgruppe Rechtsrahmen der Begleitforschung des BMWi-Förderprojekt IKT für Elektromobilität III und <https://www.dihk.de/themenfelder/innovation-und-umwelt/energie/energiewende/service/merkblatt-elektromobilitaet>

Die Ladesäulenverordnung (LSV) ist eine vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) erlassene Verordnung, mit deren Vorgaben der Ausbau von Stromtankstellen in Deutschland beschleunigt und Rechtssicherheit geschaffen werden soll. Die Verordnung regelt laut ihrem Titel "technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile". In der Verordnung sollen ausschließlich öffentlich zugängliche Ladepunkte reguliert werden.

Die LSV definiert als öffentlich zugängliche Ladepunkte alle Ladepunkte, die potenziell durch jeden Nutzer eines Elektrofahrzeugs zugänglich sind, unabhängig davon ob sich der Ladepunkt auf einem privaten oder öffentlichen Grundstück befindet.

Die LSV gilt nur für Ladepunkte mit einer Leistung über 3,6 kW.

Mindestanforderungen:

- Beim Aufbau von Ladepunkten, an denen Wechselstromladen möglich ist, muss aus Gründen der Interoperabilität jeder Ladepunkt mindestens mit Steckdosen oder mit Steckdosen und Fahrzeugkupplungen jeweils des Typs 2 ausgerüstet werden.
- Beim Aufbau von Ladepunkten, an denen Gleichstromladen möglich ist, muss aus Gründen der Interoperabilität jeder Ladepunkt mindestens mit Kupplungen des Typs Combo 2 ausgerüstet werden.
- Sonstige geltende technische Anforderungen, insbesondere an die technische Sicherheit von Energieanlagen gemäß des Energiewirtschaftsgesetzes sind anzuwenden.
- Betreiber von Normal- und Schnellladepunkten haben der Regulierungsbehörde den Aufbau und die Außerbetriebnahme von Ladepunkten schriftlich oder elektronisch anzuzeigen.
- Alle öffentlich zugänglichen Ladepunkte müssen den Nutzern von Elektrofahrzeugen auch das punktuelle Aufladen ermöglichen, ohne vorhergehenden Aufwand (Bsp. Registrierung etc.) und ohne dass ein Vertrag mit dem betreffenden Elektrizitätsversorgungsunternehmen oder Betreiber geschlossen werden muss.

Das punktuelle Aufladen kann wie folgt umgesetzt werden:

- Kostenlose Stromabgabe
- Barzahlung in der unmittelbaren Nähe des Ladepunkts (z.B. Parkautomat oder Kasse)
- Zahlung mit einer gängigen Karte (EC- oder Kreditkarte) in der unmittelbaren Nähe des Ladepunkts
- Zahlung über ein gängiges webbasiertes Zahlungssystem (z.B. PayPal, Sofortüberweisung etc.)

Bei der Zahlung mit einer gängigen Karte oder über ein gängiges webbasiertes Zahlungssystem müssen die Menüführung mindestens in den Sprachen Deutsch und Englisch möglich sein und beim Zugang zum webbasierten Zahlungssystem mindestens eine Variante kostenlos ermöglicht werden.

Eichrecht⁶³

Das Eichrecht betrifft die Abrechnung von Strom- oder Zeitkosten. Es sieht vor, dass die Ladeinfrastruktur, die nach Eichrecht ein Stromverkaufsautomat ist, mit geeichten Zählern ausgestattet werden muss, sobald eine verbrauchsgenaue Abrechnung des Stroms bzw. eine zeitgenaue Abrechnung gegen Entgelt erfolgen soll.

Für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur gilt seit Anfang 2018 ein bundesweit gültiger Rechtsrahmen.

Zugelassen sind nach Eichrecht vier Modelle:

1. Kostenfreie Abgabe von Ladestrom; keine Eichung notwendig
2. Abrechnung des Ladestroms über Pauschalen, z.B. Halbtagespauschale oder Pauschale je Vorgang; keine Eichung notwendig (Achtung: nicht kompatibel mit der PAngV)
3. verbrauchsgenaue Abrechnung nach kWh; Eichung notwendig
4. zeitgenaue Abrechnung nach kWh; Eichung notwendig (Achtung: nur kompatibel mit der PAngV in Verbindung mit einer verbrauchsgenaue Abrechnung nach kWh)

⁶³ http://www.eichamt.sachsen.de/download/AGME-Infoblatt-Elektrofahrzeuge_Mai_2015.pdf

Bei der Verbrauchs- und/oder zeitgenauen Abrechnung müssen sowohl die Messgeräte für den Stromverbrauch als auch die für die zeitliche Nutzung geeicht werden. Dies gilt sowohl für die Ladeinfrastruktur (Wallbox, Ladesäule, etc.) als auch für die Kommunikation mit dem Backend und das Backend (Software für die Abrechnung) selbst.

Für DC Ladeinfrastruktur gibt es aktuell keine eichrechtskonformen Verbrauchsmessgeräte. Als Übergangsregelung gilt, dass die Betreiber bis zum 1. April 2019 alle DC-Säulen eichrechtskonform nachgerüstet haben müssen. Bis dahin ist es erlaubt, die interne AC-Messung – also vor der Umwandlung in DC – als Abrechnungsgrundlage zu nehmen. Um sicherzustellen, dass der Autofahrer hier nicht benachteiligt wird, müssen pauschal 20 Prozent der kWh-Summe als Verluste abgezogen werden. Dieser Abschlag wiederum muss auf der Rechnung ausgewiesen werden.⁶⁴

Achtung: Nicht jede eichrechtlich zugelassene Variante entspricht den Vorgaben der PAngV.

Preisangabenverordnung (PAngV)

Die Preisangabenverordnung (PAngV) ist eine deutsche Verbraucherschutzverordnung, die, mit zwischenzeitlichen Änderungen, seit 1985 in Kraft getreten ist. Sie bestimmt unter anderem, wie der Preis für das Anbieten von Waren oder Dienstleistungen im Verhältnis zum Endverbraucher anzugeben ist, sofern das Angebot gewerbs- oder geschäftsmäßig oder regelmäßig in sonstiger Weise erfolgt.

Nach § 3 der PAngV gilt für die kostenpflichtige Abgabe von Strom an Ladepunkten, dass grundsätzlich immer verbrauchsabhängig nach kWh abgerechnet werden muss. Darüberhinausgehende zusätzlich Preiselemente wie z.B. Zusatzgebühren je Ladevorgang, Park- bzw. Reservierungsgebühren sind jedoch zulässig. Alle anfallenden Zusatzkosten (Preise) müssen vollständig in unmittelbarer Nähe des Arbeits- oder Mengenpreises angegeben werden.

⁶⁴ http://www.eichamt.sachsen.de/download/AGME-Infoblatt-Elektrofahrzeuge_Mai_2015.pdf

Verbrauchsunabhängige Abrechnungen, reine Zeittarife bzw. sog. Session-Fees und Kombinationen aus diesen Preiselementen sind grundsätzlich nicht zulässig.⁶⁵

EU-Richtlinie zur Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden⁶⁶

Alle neuen und grundlegend sanierten Wohngebäude mit mehr als zehn Parkplätzen müssen mit der entsprechenden Vorverkabelung ausgestattet werden, die den nachträglichen Einbau von Ladestationen für alle Parkplätze ermöglicht. An allen neuen und grundlegend sanierten Geschäftsgebäuden mit mehr als zehn Parkplätzen gilt dies für 20 Prozent aller Parkplätze. Zudem muss bei diesen Geschäftsgebäuden mindestens ein Ladepunkt installiert und verfügbar gemacht werden.

Die Richtlinie sieht außerdem vor, dass die Mitgliedstaaten bis zum 1. Januar 2025 Vorschriften für die Installation einer Mindestanzahl von Ladepunkten für alle Geschäftsgebäude mit mehr als 20 Parkplätzen festlegen und die Einrichtung von Ladestationen in Gebäuden vereinfachen müssen, z.B. in Bezug auf Genehmigungsverfahren.

Die verabschiedete Richtlinie muss bis Anfang 2020 in nationales Recht umgesetzt werden.

Technische Anschlussregeln Niederspannung (VDE-AR-N 4100)⁶⁷

Das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) definiert mit der Anwendungsregel TAR Niederspannung (VDE-AR-N 4100) neue Anforderungen an Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge. Künftig gilt, dass Ladeeinrichtungen ab einer Bemessungsleistung größer gleich 3,6 kVA beim Netzbetreiber anzumelden sind. Außerdem wird ein netzdienliches Verhalten der Ladeeinrichtung gefordert, zum Beispiel eine Blindleistungsregelstrategie. Mit diesen neuen Anforderungen schafft VDE|FNN Voraussetzungen für eine Integration größerer Stückzahlen von Elektroautos in die Niederspannungsnetze.

⁶⁵ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/preisangabe-fuer-und-abrechnung-von-ladestrom-fuer-elektromobile-rechtsgutachten.html>

⁶⁶ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3374_de.htm

⁶⁷ <https://www.vde.com/de/fnn/themen/tar/tar-niederspannung/tar-niederspannung-vde-ar-n-4100>

Niederspannungsanschlussverordnung

Mit dem Vorschlag zur Änderung der Niederspannungsanschlussverordnung §19, der im Januar 2019 durch die Bundesregierung dem Bundesrat zum Beschluss vorgelegt wurde, sind Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge dem Netzbetreiber vor deren Inbetriebnahme mitzuteilen. Deren Inbetriebnahme bedarf darüber hinaus der vorherigen Zustimmung des Netzbetreibers, sofern ihre Summenbemessungsleistung 12 Kilovoltampere je elektrischer Anlage überschreitet. Der Netzbetreiber ist in diesem Fall verpflichtet, sich innerhalb von zwei Monaten nach Eingang der Mitteilung zu äußern. Stimmt der Netzbetreiber nicht zu, hat er den Hinderungsgrund, mögliche Abhilfemaßnahmen des Netzbetreibers und des Anschlussnehmers oder –nutzers sowie einen hierfür beim Netzbetreiber erforderlichen Zeitbedarf darzulegen. Einzelheiten über den Inhalt und die Form der Mitteilungen kann der Netzbetreiber regeln.⁶⁸

⁶⁸ <https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2019/0001-0100/13-19.pdf?blob=publicationFile&v=1> (S.6 ff)