



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

STETE PLANUNG

Büro für Stadt- und Verkehrsplanung

Elektromobilitätskonzept Stadt Ludwigshafen am Rhein

Julius Jöhrens, Frank Dünnebeil, Dr. Kirsten Biemann, Susanne Krieger, Dominik Räder, Julius Rücker (ifeu-Institut)

Mario Zech, Gisela Stete (StetePlanung)

Heidelberg / Darmstadt, Mai 2019

Dieses Konzept wurde im Rahmen des Aktionsprogramms Saubere Luft / Mobilität durch das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz gefördert.



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
WIRTSCHAFT, VERKEHR,
LANDWIRTSCHAFT
UND WEINBAU



Inhalt

Abkürzungen	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	7
1 Zusammenfassung	9
2 Überblick und Zielstellung	10
3 Ladeinfrastruktur	12
3.1 Technologieübersicht	12
3.2 Bestandsaufnahme zur Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen	19
3.3 Ausbaupläne	26
3.4 Quartiersspezifische Analyse der Parkraumsituation	27
3.5 Eckpunkte eines standortspezifischen Konzepts zur Lade- und Abstellinfrastruktur	41
3.6 Zusammenfassung Ladeinfrastruktur	46
4 Potentiale und Voraussetzungen der Elektrifizierung	47
4.1 Elektrifizierungspotential im kommunalen Fuhrpark	47
4.2 Elektrifizierungspotential von betrieblichen Flotten	67
4.3 Elektrifizierungspotential beim CarSharing	69
4.4 Elektrifizierungspotential im Busverkehr	78
4.5 Elektrifizierungspotential bei der Taxiflotte	99
5 Maßnahmenvorschläge	106
5.1 Prioritäten lokaler Akteure	106
5.2 Best Practice – Ein Blick auf andere Städte	108
5.3 Tabellarische Auflistung konkreter Maßnahmenvorschläge	109
5.4 Steckbriefe prioritärer Maßnahmen	122
Literaturverzeichnis	132
Anhang	134
A1 Steckbriefe öffentlicher und halböffentlicher E-Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen	134
A2 Förderprogramme für die Beschaffung von Fahrzeugen und den Aufbau von LIS	139

Inhalt

A3 Technologieatlas Ladeinfrastruktur (hochauflösend jeweils in separater Datei)	143
A4 Grundlagendaten zur Potentialanalyse der kommunalen Pkw-Flotte	145
A5 Abschätzung zur prinzipiellen Elektrifizierbarkeit in der kommunalen Nutz- und Sonderfahrzeugflotte	147
A6 Online-Befragung von Betrieben in Ludwigshafen	147
A7 Strategiepapier zur Bereitstellung von Ladeinfrastruktur	148
A8 Leitfaden zur Elektromobilität im Taxiverkehr	149

Abkürzungen

AC	Alternating Current (Wechselstrom)
BEV	Battery Electric Vehicle (rein batteriebetriebenes Fahrzeug)
CsgG	Carsharing-Gesetz
DC	Direct Current (Gleichstrom)
GB	Gelenkbus
GL	Gelegenheitslader
HVZ	Hauptverkehrszeit
LIS / LI	Ladeinfrastruktur
LSV	Ladesäulenverordnung
LU	Ludwigshafen
NL	Nachtlader
NVZ	Normalverkehrszeit
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Plug-in-Hybridfahrzeug, also ein Hybridfahrzeug mit externer Auflademöglichkeit aus dem Stromnetz)
SLB	Standardlinienbus
SOC	State of Charge (Ladezustand, 0 ... 100 %)
SVZ	Spätverkehrszeit

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anzahl der angebotenen AC-Ladestationen auf den untersuchten Plattformen nach Ladeleistung	17
Abbildung 2:	Mittlerer Preis der AC-Ladestationen nach Ladeleistung	17
Abbildung 3:	Elektroladestation in der Kurfürstenstraße	20
Abbildung 4:	Abfrage der vorhandenen Ladeinfrastruktur bei Ludwigshafener Unternehmen	23
Abbildung 5:	Abfrage der Planungen bzgl. betrieblicher LIS	24
Abbildung 6:	Zuordnung der Stadtteile zu den Quartierstypen	28
Abbildung 7:	Untersuchungsgebiete für die Analyse der Parkierungspraxis in Ludwigshafen Süd und auf dem Hochfeld in der Gartenstadt	34
Abbildung 8:	Bestandsaufnahme Parkierungsregelungen Ludwigshafen Süd	35
Abbildung 9:	Bestandsaufnahme Parkierungsregelungen Gartenstadt	35
Abbildung 10:	„Wildes“ Parken im Quartier	37
Abbildung 11:	Parken entlang der Haupterschließungs- straße Maudacher Straße (ausgewiesen und bewirtschaftet)	37
Abbildung 12:	Gehweg- und Fahrbahnparken – angeordnet	37
Abbildung 13:	Beidseitiges Fahrbahnparken, nicht markiert	37
Abbildung 14:	Angeordnetes, einseitiges Fahrbahnparken	37
Abbildung 15:	Gehwegparken mit geringer Restgehweg- breite – nicht markiert	37
Abbildung 16:	Auslastungen des Parkierungsangebots in Ludwigshafen Süd	39
Abbildung 17:	Auslastungen des Parkierungsangebots in der Gartenstadt	39
Abbildung 18:	Fahrzeugbestand im kommunalen Fuhrpark nach Antrieb und Segment	49
Abbildung 19:	Fahrzeugalter im kommunalen Fuhrpark nach Segment	50
Abbildung 20:	Durchschnittliche Jahresfahrleistung des Pkw-Bestandes in Ludwigshafen nach Größenklassen	51
Abbildung 21:	Tagesfahrweiten in Abhängigkeit des Fahrzeugalters und der Jahresfahrleistung (enthalten sind nur diejenigen Flottenfahrzeuge, für die alle diese Größen abgeschätzt werden konnten)	51
Abbildung 22:	Fahrleistungen nach Antriebsarten	54
Abbildung 23:	Pkw-Bestand in den Szenarien nach Antriebsart	57
Abbildung 24:	Endenergieverbrauch in den Szenarien nach Kraftstoff	57
Abbildung 25:	CO ₂ -Emissionen in den Szenarien nach Antriebsart	58
Abbildung 26:	Kostenentwicklung in den Szenarien	59
Abbildung 27:	Anzahl der Nutzfahrzeuge nach Fahrzeugtypen im Bestand	60

Abbildung 28:	Flottenzusammensetzung der befragten Unternehmen	67
Abbildung 29:	Elektrofahrzeuge im Bestand der befragten Firmen	68
Abbildung 30:	Planungen zu künftigen E-Pkw-Anschaffungen bei den befragten Unternehmen	68
Abbildung 31:	Fahrleitungssystem am Knotenpunkt (O-Bus Salzburg) © Julius Rücker	79
Abbildung 32:	Nachtladen; Ganztageinsatz ohne Zwischenladen	81
Abbildung 33:	Schnittstelle und Ladeinfrastruktur für Elektrobusse	81
Abbildung 34:	Nachtladen + Gelegenheitsladen an den Endhaltestellen + bei Fahrgastwechsel an Unterwegshaltestellen	82
Abbildung 35:	Anzahl am Markt verfügbarer Busmodelle nach Batteriekapazität und Antriebskonzept (eigene Marktuntersuchung)	82
Abbildung 36:	Wasserstofftank (links), Brennstoffzelle (rechts) © Julius Rücker	84
Abbildung 37:	Elektrifizierbarkeit der Umlaufpaare mit Standardlinienbus (SLB), Energieverbrauch im Jahresmittel aller Klimaregionen	91
Abbildung 38:	Elektrifizierbarkeit der Umlaufpaare mit Standardlinienbus (SLB), Energieverbrauch worst-case	92
Abbildung 39:	Elektrifizierbarkeit der Umlaufpaare mit Gelenkbus (GB)	93
Abbildung 40:	Vergleich der Anschaffungskosten (ohne Ersatzinvestitionen)	95
Abbildung 41:	Gesamtkostenvergleich pro Bus-km	97
Abbildung 42:	Jahresgesamtkosten (ohne Fahrpersonal) für Standardlinienbus (SLB) in Abhängigkeit von der Jahresfahrleistung	98
Abbildung 43:	Jahresgesamtkosten (ohne Fahrpersonal) für Gelenkbus (GB) in Abhängigkeit von der Jahresfahrleistung	98
Abbildung 44:	Lösungsvorschlag für Ladeinfrastruktur am Taxistand (eigene Abbildung in Anlehnung an Hager et al. (2017, S. 53))	105
Abbildung 45:	Öffentliche und halböffentliche Ladeinfrastruktur + Carsharing-Standorte in LU (Bestandsaufnahme + Ausblick)	143
Abbildung 46:	Betriebliche Ladeinfrastruktur in LU (Bestandsaufnahme + Ausblick)	144

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Typologie der kabelgebundenen Ladeinfrastruktur	14
Tabelle 2:	Unterscheidung öffentlicher, halböffentlicher und privater Raum	19
Tabelle 3:	Informationen zu bestehender Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen	21
Tabelle 4:	Kriterien zur Typisierung der Stadtteile	27
Tabelle 5:	Vergleich der Merkmale des ruhenden Verkehrs in den Stadtteilen Ludwigshafen Süd und der Gartenstadt/Hochfeld	36
Tabelle 6:	Mögliche Bausteine eines Leitfadens zum Aufbau von Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen	45
Tabelle 7:	Zusammenfassung der zentralen Annahmen zur Berechnung der Fahrleistungen in den Szenarien	54
Tabelle 8:	Zusammenfassung der zentralen Annahmen zur Berechnung der Kosten in den Szenarien	55
Tabelle 9:	Ausschnitt aktuell am Markt verfügbarer vollelektrischer Transporter und Lieferwagen	62
Tabelle 10:	Ausschnitt aktuell am Markt verfügbarer vollelektrischer Arbeitsmaschinen	63
Tabelle 11:	Ausschnitt aktuell am Markt verfügbarer und künftig geplanter vollelektrischer Lkw	64
Tabelle 12:	Varianten des Carsharing	70
Tabelle 13:	Car-Sharing in Ludwigshafen, Übersicht	73
Tabelle 14:	Carsharing im Vergleich: stadtmobil in Ludwigshafen, Mannheim und Heidelberg	75
Tabelle 15:	Marktübersicht Elektrobus für SLB und GB (Ausschnitt eigener Marktuntersuchung)	83
Tabelle 16:	Kapazität und Reichweite der verschiedenen E-Buskonfigurationen	85
Tabelle 17:	Energieverbrauch (Traktion + Nebenverbraucher) in Abhängigkeit von der Klimaregion [kWh/km]	86
Tabelle 18:	Übersicht Buslinien Ludwigshafen am Rhein, Potentialanalyse Gelegenheitslader (Datengrundlage: rnv)	88
Tabelle 19:	Rechner für Reichweite und Ladezeit (Beispiel aus der Analyse von Buskonzept und Umlaufpaarung)	90
Tabelle 20:	Potentialanalyse für Umlaufpaarung mit 71.52 (Ausschnitt aus Potentialanalyse)	93
Tabelle 21:	Energieverbrauch [kWh/km]	97
Tabelle 22:	Übersicht Taxistände in Ludwigshafen	100

Tabelle 23:	Erkenntnisse aus dem Einsatz von E-Pkw im Taxiverkehr in Hamburg, Stuttgart und Wien (Hager et al., 2017)	103
Tabelle 24:	Einteilung der Workshop-Teilnehmenden in Arbeitsgruppen	106
Tabelle 25:	Handlungsfelder für mögliche Maßnahmen	109
Tabelle 26:	Mögliche Bausteine eines Leitfadens zum Aufbau von Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen	125
Tabelle 27:	Spezifischer Energieverbrauch Pkw-Flotte (Annahmen aus TREMOD-Trendszenario Version 5.82/19.09.2018)	145
Tabelle 28:	Spezifische CO ₂ -Emissionen der Energieträger Well-to-Wheel (Annahmen aus TREMOD-Trendszenario)(Version 5,82/19.09.2018)	145
Tabelle 29:	Angenommene Listenpreise für Pkw-Neuzulassungen	146
Tabelle 30:	Angenommene Fixkosten der Pkw ¹	146

1 Zusammenfassung

Die Stadt Ludwigshafen am Rhein hat das ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH mit dem Stadt- und Verkehrsplanungsbüro StetePlanung im Unterauftrag mit der Entwicklung des vorliegenden Konzeptes zur Unterstützung der Elektromobilität in Ludwigshafen beauftragt. Ziel des Konzeptes ist zum einen die Elektrifizierung ausgewählter Fahrzeugflotten, insb. des kommunalen Fuhrparks sowie von ÖPNV- und Taxiflotte in Ludwigshafen. Zum anderen soll mit einem Konzept für den Aufbau einer Lade- und Abstellinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im öffentlichen und halböffentlichen Raum die Elektromobilität im Individualverkehr unterstützt werden. Weitere Ideen und Maßnahmen für eine darüberhinausgehende Unterstützung der Elektromobilität im Individualverkehr und straßengebundenen ÖPNV wurden gemeinsam mit Ludwigshafener Akteuren erarbeitet.

Bei der Erarbeitung des Konzepts wurde zunächst eine umfassende Bestandsaufnahme bei öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur durchgeführt (Kapitel 3). In diesem Kontext wurde auch die Perspektive und entsprechende Planungen von Ludwigshafener Betrieben berücksichtigt. Einen besonderen Fokus stellte die quartiersspezifische Analyse der Parkraumsituation in Ludwigshafen anhand zweier Beispielquartiere dar. Aus den Analysen wurden schließlich Eckpunkte für ein standortspezifisches Konzept zur Lade- und Abstellinfrastruktur abgeleitet.

Hinsichtlich der Einsatzpotentiale von Elektrofahrzeugen (Kapitel 4) wurde vor allem der kommunale Fuhrpark einer vertieften Betrachtung unterzogen. Auch für die Bereiche Car-sharing, Linienbusse sowie Taxiflotte wurden die jeweiligen Elektrifizierungspotentiale beleuchtet.

Zwischenergebnisse der Konzepterstellung wurden in einen Workshop mit Ludwigshafener Akteuren eingespeist, die Ergebnisse des Workshops sind in das Konzept eingeflossen. Ebenso wurde das Konzept mit Erkenntnissen und Erfahrungen einiger ausgewählter Kommunen abgeglichen, für die bereits Elektromobilitätskonzepte vorliegen.

Wesentliche Ergebnisse bilden die nach Handlungsfeldern gegliederte tabellarische Zusammenstellung möglicher elektromobilitätsbezogener Maßnahmen für Ludwigshafen sowie die vertiefte Beschreibung von prioritären Maßnahmen in Form von Steckbriefen (Kapitel 5).

2 Überblick und Zielstellung

Der Verkehr ist einer der Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen in Deutschland und damit ein wichtiges Handlungsfeld für den Klimaschutz. Während seit 1990 in den meisten Bereichen signifikante Emissionsminderungen erzielt werden konnten, waren die Treibhausgasemissionen aus dem Verkehr im Jahr 2016 sogar um 2 % höher als 1990. Damit hatte der Verkehr im Jahr 2016 einen Anteil von 22 % an den gesamten energiebedingten nationalen Emissionen. Im Klimaschutzplan der Bundesregierung aus dem Jahr 2016 wird für den Sektor Verkehr das Ziel formuliert, die direkten Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um 40-42 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Dieses Ziel kann nur mit Umsetzung ambitionierter Maßnahmen auf allen politischen Ebenen und mit Beteiligung aller gesellschaftlichen Akteure erreicht werden. Auch in der Stadt Ludwigshafen trägt der Verkehr erheblich zu den städtischen Treibhausgasemissionen bei und ist damit ein wichtiges Feld für Klimaschutzaktivitäten. Im Klimaschutzteilkonzept Nachhaltige Mobilität aus dem Jahr 2014 wird eine Minderung der Summe aus direkten und indirekten Treibhausgasemissionen aus dem Verkehr bis 2030 um 30 % und bis 2050 um 60 % gegenüber 2011 empfohlen.

Eine weitere wichtige Herausforderung für die Stadt Ludwigshafen ist die Luftreinhaltung. In den vergangenen Jahren wurde der gültige laut EU-Luftreinhaltungsrichtlinie (Richtlinie 2008/50/EG) einzuhaltende Jahresimmissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Ludwigshafener Innenstadt regelmäßig überschritten. Als Reaktion darauf wurde (finanziert im Rahmen des „Sofortprogramms Saubere Luft 2017-2020“ des Bundes) ein Masterplan „Nachhaltige Mobilität für die Stadt“ (auch bekannt als Green City Plan) gemeinsam für die Städte Heidelberg, Ludwigshafen und Mannheim entwickelt, im Rahmen dessen als eine wesentliche Maßnahme die Erstellung eines Elektromobilitätskonzepts für Ludwigshafen empfohlen wurde. Diese Maßnahme wurde mit dem vorliegenden Konzept umgesetzt.

Das Setzen geeigneter Rahmenbedingungen für eine Verbreitung der Elektromobilität ist neben Maßnahmen zur Vermeidung und Verlagerung motorisierter Verkehre ein zentrales Handlungsfeld für kommunale Klimaschutzaktivitäten mit hohen Minderungspotenzialen. Die Treibhausgasemissionen pro Fahrzeug-km in der Fahrzeugnutzung (Auspuffemissionen und Emissionen der Kraftstoff- bzw. Strombereitstellung) sind bei aktuellen batterieelektrischen Pkw (BEV) heute im Mittel um ca. ein Drittel niedriger als bei Benzin-Pkw und 11 % niedriger als bei Diesel-Pkw. Bis zum Jahr 2030 werden infolge steigender Anteile erneuerbarer Energieträger in der Stromerzeugung bei Elektro-Pkw deutlich stärkere Reduktionen der spezifischen Treibhausgasemissionen erwartet als bei Otto- und Diesel-Pkw, wodurch sich die Treibhausgasvorteile in der Nutzungsphase weiter erhöhen. Selbst über seinen gesamten Lebensweg unter Einbezug der Fahrzeugherstellung hat ein batterieelektrischer Pkw im Jahr 2030 bereits bei durchschnittlichem nationalem Strommix um 30-40 % niedrigere Treibhausgasemissionen als ein Benzin- oder Diesel-Pkw. Bei Einsatz von zusätzlich erzeugtem erneuerbarem Strom für die Elektro-Pkw erhöht sich der Treibhausgasvorteil weiter¹. Zusätzlich

¹ Vgl. ifeu (2016): Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. UBA Texte, 27/2016. Dessau-Roßlau.

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-vertiefte-analyse-der>

ergeben sich durch den lokal emissionsfreien und geräuscharmen Antrieb von Elektrofahrzeugen Synergien mit der Luftreinhaltung und Lärmreduzierung im Stadtbereich.

Die Stadt Ludwigshafen am Rhein hat das ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH mit dem Stadt- und Verkehrsplanungsbüro StetePlanung im Unterauftrag mit der Entwicklung eines Konzeptes zur Unterstützung der Elektromobilität in Ludwigshafen beauftragt. **Ziel des Konzeptes ist zum einen die Elektrifizierung ausgewählter Fahrzeugflotten, insb. des kommunalen Fuhrparks sowie von ÖPNV- und Taxiflotte in Ludwigshafen. Zum anderen soll mit einem Konzept für den Aufbau einer Lade- und Abstellinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im öffentlichen und halböffentlichen Raum die Elektromobilität im Individualverkehr unterstützt werden.** Weitere Ideen und Maßnahmen für eine darüberhinausgehende Unterstützung der Elektromobilität im Individualverkehr und straßengebundenen ÖPNV wurden gemeinsam mit Ludwigshafener Akteuren erarbeitet.

Dieser Bericht beinhaltet Analysen und Handlungsempfehlungen separat für die Bereiche Ladeinfrastruktur (Kapitel 3) sowie Elektrifizierung von Fahrzeugflotten (Kapitel 4). Im abschließenden Kapitel 5 werden wesentliche Erkenntnisse aus den vorangegangenen Kapiteln zunächst mit Inputs der lokalen Akteure (Abschnitt 5.1) sowie Aktivitäten anderer Kommunen (Abschnitt 5.2) abgeglichen. Die Gesamtschau resultierender Maßnahmen wird dann strukturiert nach Handlungsfeldern tabellarisch dargestellt (Abschnitt 5.3). Die aus Sicht des Projektteams prioritären Maßnahmen werden schließlich in Form von Steckbriefen vertieft dargestellt (Abschnitt 5.4).

3 Ladeinfrastruktur

Ziel der nachfolgenden Analyse ist es, ein Konzept für den Aufbau einer Lade- und Abstellinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im öffentlichen und halböffentlichen Raum abzuleiten, mit dem die Elektromobilität im Individualverkehr unterstützt werden kann. Die Analyse gliedert sich in drei Teile:

1. Eine Übersicht der Ladetechnologien generell und Marktübersicht vorhandener Lademöglichkeiten mit deren wichtigsten Vor-Nachteilen sowie ihrer jeweiligen Kompatibilität zum heutigen/zukünftigen Fahrzeugangebot (Abschnitt 3.1),
2. Eine Bestandsaufnahme vorhandener Ladeinfrastruktur (Abschnitt 0), bestehender LIS-Ausbaupläne (Abschnitt 3.3) sowie der quartierspezifischen Parkraumsituation (Abschnitt 3.4),
3. Eckpunkte eines standortspezifischen Konzepts für einen nachfrageorientiert-dynamischen Ausbau der Lade- und Abstellinfrastruktur in Ludwigshafen (Abschnitt 3.5) unter Einbezug der städtebaulich-verkehrlichen Rahmenbedingungen.

3.1 Technologieübersicht

Generell kann bei Ladetechnologien für Elektrofahrzeuge zwischen kabelgebundenem (konduktiven) und kabellosem (induktiven) Laden unterschieden werden. Daneben gibt es noch das Konzept des Batteriewechsels, bei dem eine leergefahrene Batterie an speziellen Wechselstationen durch eine vollgeladene ersetzt wird. Heute verfügbare E-Kfz für den Straßenverkehr können so gut wie ausschließlich kabelgebunden laden, weshalb diese Technologie nachfolgend im Fokus steht. Induktive Ladetechnologie weist potentiell eine Reihe von Vorteilen auf und ist Gegenstand intensiver Entwicklung. Sie wird daher am Ende des Abschnitts kurz beschrieben. Batteriewechselkonzepte werden hingegen bisher lediglich vereinzelt ins Spiel gebracht. Hier ist in absehbarer Zeit nicht mit einer signifikanten Verbreitung bei Pkw und Nutzfahrzeugen im Straßenverkehr zu rechnen, was u.a. auf das hohe notwendige Maß an herstellerübergreifender Standardisierung und den Aufwand für die Errichtung einer Batteriewechselinfrastruktur zurückgeht. Für leichte E-Fahrzeuge (z.B. CargoBikes) wird ein Akkuwechselsystem momentan in Berlin erprobt¹.

3.1.1 Kabelgebundenes Laden

Das kabelgebundene Laden kann grob in Wechselstromladen (AC-Laden) und Gleichstromladen (DC-Laden) unterschieden werden. Beim **AC-Laden** wird das Elektrofahrzeug über ein geeignetes Ladesystem mit dem ein- oder dreiphasigen Wechselstromnetz verbunden. Der Ladevorgang erfolgt über ein im Fahrzeug eingebautes Ladegerät, das die Gleichrich-

¹ <https://www.electrive.net/2019/02/13/greenpack-will-seine-wechselakku-infrastruktur-ausbauen/>

tung des Wechselstroms übernimmt. Zum AC-Laden wird deutschland- und zukünftig europaweit als Standardanschluss ein Typ-2-Stecker („Mennekes-Stecker“), typischerweise mit einer maximalen Ladeleistung von 22 kW (3-phasig, 400 V, 32 A) eingesetzt¹. Laden mit Ladeleistungen von bis zu 22 kW wird generell als Normalladen klassifiziert (in Abgrenzung zu höheren Ladeleistungen, die primär mittels Gleichstromladetechnik realisiert werden). Normalladen eignet sich vor allem für das Laden am Zielort einer Fahrt mit längerer Standdauer des Kfz („Destination Charging“), also z.B. im privaten Bereich sowie für öffentliche Ladesäulen in bebauten Gebieten. Im privaten Bereich ist die Ladestation häufig kompakt als „Wallbox“ ausgeführt, im halb-öffentlichen sowie öffentlichen Bereich eher als auf dem Erdboden verankerte Ladesäulen.

Beim **DC-Laden** ist das Ladegerät mit Gleichrichter nicht im Fahrzeug, sondern in der Ladestation integriert. Dadurch lassen sich deutlich höhere Ladeleistungen als beim AC-Laden realisieren, die aktuell typischerweise bei 50 kW liegen. Die Spezifikation erlaubt allerdings Ladeleistungen bis 350 kW, die z.B. das Industrie-JointVenture IONITY bei seinen Stationen auch z.T. anbieten will². Als Standardanschluss von DC Ladestationen werden meist sogenannte Multicharger (Combo 2) eingesetzt, deren Konfiguration im CCS-Standard (Combined-Charging System)³ beschrieben ist. Primärer Zweck von Schnellladestationen ist das Zwischenladen bei kurzen Fahrtunterbrechungen auf längeren Strecken. Sie werden daher momentan bevorzugt an Autobahnraststätten installiert (siehe Tesla-SuperCharger, SLAM-Förderung, IONITY).

Neben der Unterscheidung nach AC-/DC-Ladung und Ladeleistung kann die Ladung in unterschiedlichen Modi erfolgen, die eine Aussage über die Kommunikation zwischen Ladestation und Fahrzeug sowie die eingesetzten Sicherungsverfahren treffen. Vier verschiedene Ladebetriebsarten sind derzeit in Verwendung:

- Mode 1 (AC)
 - Anschluss an landesübliche Haushaltssteckdose (Schuko-Anschluss) oder 1-/3-phasige Industriesteckdose
 - Keine Schutz- und Kommunikationsmechanismen zwischen Fahrzeug und Ladegerät → potentiell unsicher, für standardmäßige Anwendung nicht empfehlenswert.
- Mode 2 (AC)
 - Anschluss an landesübliche Haushaltssteckdose (Schuko-Anschluss) oder 1-/3-phasige Industriesteckdose
 - Schutz vor Isolationsfehlern durch Steuer- und Schutzvorrichtung („In Cable Control and Protection Device“, IC-CPD), die in der Ladeleitung des E-Autos integriert ist und über ein Pilotsignal mit dem Fahrzeug kommuniziert.

¹ Spezifiziert ist das AC-Laden über Typ-2-Stecker jedoch bis zu 43 kW.

² <https://ionity.eu/de/design-und-technik.html>

³ Das Combined-Charging System ist ein universelles Ladesystem für Elektrofahrzeuge, das auf internationalen Standards basiert. Das CCS ermöglicht einphasiges bis dreiphasiges Wechselstromladen (max. 43 kW) und sehr schnelles Gleichstromladen (max. 350 kW) über eine Combo-2-Steckverbindung, inklusive der nötigen Kontroll- und Kommunikationsfunktionen bei Ladevorgängen. CCS ist durch die europäische Richtlinie zum Aufbau von Infrastruktur für alternative Kraftstoffe europaweit als Standard vorgegeben und wird auch durch die deutsche Ladesäulenverordnung vorgeschrieben.

- Mode 3 (AC)
 - Standardmodus im öffentlichen Raum für das 1-/3-phasige Laden mit Wechselstrom an fest installierten AC Ladestationen
 - Bereitstellung der Ladeleitung meist durch den Nutzer, teilweise auch fest an der Ladestation befestigte Ladeleitungen vorhanden
 - In der Regel Typ-2-Anschluss
 - Verriegelung des Ladekabels während des Ladevorgangs
 - Sicherheitsfunktionalität in der Ladestation eingebaut.
 - Kommunikation zwischen Ladestation und E-Fahrzeug über einen im Ladekabel integrierten Kommunikationsleiter (zur Detektion des Fahrzeugs und Festlegung der zu übertragenden Ladeleistung).
- Mode 4 (DC)
 - Ladebetriebsart für das Laden mit Gleichstrom an Schnellladesäulen (DC)
 - Ladeleitung immer fest an die Ladestation angeschlossen
 - Ladegerät sowie Sicherheitsfunktionalitäten sind in der Ladestation integriert.
 - Wesentlich komplexere Kommunikation als bei Mode 3 nötig, realisiert mittels Powerline Communication (PLC) und TCP/IP Protokoll nach ISO-Norm 15118¹ über die Ladeleitung. Hierdurch wird bspw. ein Vorab-Austausch von individuellen Ladeplänen sowie tariflichen Bestimmungen (Preis, Abrechnung) ermöglicht.

Tabelle 1 fasst wesentliche Eigenschaften der unterschiedlichen Infrastrukturtypen zusammen.

Tabelle 1: Typologie der kabelgebundenen Ladeinfrastruktur

	Wallbox	AC Ladesäulen	DC Schnellladesäulen
Eignung	privat, halböffentlich	halböffentlich, öffentlich	öffentlich
Ladetyp	AC	AC	DC
Stromnetz	1-/3-phasiges Wechselstromnetz	1-/3-phasiges Wechselstromnetz	Gleichstromnetz
Ladeleistung²	1-phasig: max. 3,7 kW 3-phasig: max. 43 kW	1-phasig: max. 3,7 kW 3-phasig: max. 43 kW	50 kW – zukünftig 350 kW
Stecker	Typ 2 IEC 62196-2	Typ 2 IEC 62196-2	Combo 2 IEC 62196-3
Zugangskonzept	Verriegelung des Ladesteckverbinders im Fahrzeug	Verriegelung der Ladesteckverbinder an der Station und im Fahrzeug, Freischaltung durch RFID Karte, SMS	Verriegelung der Ladesteckverbinder an der Station (fest montierter Ladeleiter) und im Fahrzeug Freischal-

¹ Da die ISO-Norm 15118 aktuell noch nicht fertiggestellt ist, wird übergangsweise auf DIN-Norm SPEC 70121 zurückgegriffen.

² Die tatsächlich übertragene Ladeleistung hängt sowohl von der Ladestation und ihrem Netzanschluss als auch vom angeschlossenen Fahrzeug ab. Siehe auch Abschnitt 3.1.5.

	Wallbox	AC Ladesäulen	DC Schnellladesäulen
		oder Smartphone App	tung durch RFID-Karte, SMS oder Smartphone App
Kommunikations-system	komplexere Kommunikationsvorgänge durch Rückkopplungsverbindungen zu IT-Backend Systemen	PWM Modul in der Ladestation, komplexerer Kommunikationsvorgänge durch Rückkopplungsverbindungen über Mobilfunk zu IT-Backend-Systemen	PLC nach ISO-Norm 15118 mit komplexen Kommunikationsaustausch
Sicherheits-funktionalität	In der Ladeleitung integriert	In der Ladestation integriert	In der Ladestation integriert
Bauliche Ausprägung	Typ 2 Steckdose, im halböffentlichen Raum z.T. mit fest montierter Ladeleitung an der Ladestation	Ladesäule mit Typ 2 Steckdose, z.T. mit fest montierter Ladeleitung an der Ladestation	Ladesäulen mit fest montierter Ladeleitung an der Ladestation, integriertes Ladegerät

3.1.2 Kabelloses (induktives) Laden

Induktives Laden ermöglicht die berührungslose Übertragung von Energie zwischen Ladeinfrastruktur und Fahrzeug. Das Fahrzeug muss lediglich an der korrekten Stelle geparkt werden, was durch die Elektronik erkannt wird, die daraufhin den Ladevorgang starten kann. Sowohl technische Reife als auch der Standardisierungsgrad induktiver Ladesysteme sind momentan noch deutlich geringer als bei konduktivem Laden. In Deutschland ist BMW kürzlich mit einer ersten kommerziellen Lösung für den Heimbereich auf den Markt gekommen¹.

Vorteile der kabellosen Ladetechnik:

- PHEV: Induktives Laden kann die Ladedisziplin erhöhen
- Weniger Stolperfallen
- Induktives Laden kann dazu führen, dass Elektromobilität als einfacher wahrgenommen wird.
- Weniger Platzbedarf für Ladesäule
- Kein Nutzereingriff nötig, um Laden zu starten – z.B. für Taxiflotten (Vorrücken) interessant

Nachteile der kabellosen Ladetechnik:

- Tendenziell niedrigerer Wirkungsgrad² als beim konduktiven Laden
- Momentan noch keine herstellerübergreifende Standardisierung
- Preisaufschlag (ca. 2300 € bei BMW)

¹ <https://www.bmw.de/de/neufahrzeuge/5er/limousine/2016/ipformance.html>

² Der Wirkungsgrad wird von BMW für BMW Wireless Charging mit 80-87 % angegeben.

Fazit: Es ist damit zu rechnen, dass induktive Ladetechnik vorerst herstellerspezifisch angeboten wird. Das könnte v.a. fürs Laden im Privatbereich sowie für (modellmäßig homogene) Firmenflotten interessant sein und hat dort das Potential, durch den erhöhten Komfort die Akzeptanz von Elektroautos zu steigern. Zudem könnte induktives Laden die Umstellung von Taxiflotten auf Elektroantrieb begünstigen (siehe Kapitel 4.5). Für öffentliche Ladeinfrastruktur dürfte die Technik aufgrund fehlender Standardisierung und hoher Kosten auf absehbare Zeit allerdings keine Option sein.

3.1.3 Autorisierungsverfahren für öffentliche Ladestationen

Bei den Zugangs- und Abrechnungssystemen für öffentliche Ladestationen hat sich bisher noch kein einheitlicher Standard etabliert. Grundsätzlich gibt es folgende Möglichkeiten:

- **RFID-Karte.** Dies stellt momentan die geläufigste Lösung dar. Der Kunde schließt einen Vertrag mit einem Emobility Service Provider (ESP) ab, der die Abrechnung der Ladevorgänge übernimmt. Normalerweise ist der ESP Mitglied eines Roaming-Netzwerks, so dass auch Ladestationen anderer Betreiber genutzt werden können.
- **Smartphone-App.** Die App wird dem Kunden in der Regel vom ESP angeboten. Sie kann eine Ladestation mittels ihrer Kennung oder mittels Abscannen eines an der Station angebrachten QR-Codes identifizieren. Der Kunde kann dann den Ladevorgang in der App freischalten.
- **SMS.** Hierzu sendet der Kunde eine SMS mit der Kennung der Ladestation. Der Ladevorgang wird daraufhin freigeschaltet und die Abrechnung erfolgt über die Mobilfunkrechnung des Kunden.
- **Direkte Bezahlung** per EC- oder Kreditkarte.

Darüber hinaus gibt es einige Möglichkeiten, die bisher noch im Pilotstadium stecken, zukünftig aber eine Rolle spielen könnten:

- Automatische Autorisierung durch das Fahrzeug. Der Roaminganbieter Hubject hat hier kürzlich das Produkt „Plug & Charge“ auf den Markt gebracht, bei dem die Autorisierung durch den Austausch digitaler Zertifikate erfolgt. Das Verfahren erfordert aber Anpassungen auf Seiten sowohl des Fahrzeugs als auch der Infrastruktur.
- Abrechnungseinheit im Ladekabel oder im Fahrzeug („Mobile Metering“). Dies ermöglicht es, die Ladestation selbst sehr einfach auszuführen, um sie beispielsweise besser in Laternenmasten integrieren zu können. Allerdings muss der Kunde ein geeignetes Ladekabel erwerben, um solche Ladestationen nutzen zu können. Vorangetrieben wird diese Technologie in Deutschland durch die Firma Ubitricity¹, die ein intelligentes Ladekabel anbietet. Entsprechende Ladepunkte gibt es momentan aber nur im Raum Berlin.

3.1.4 Marktübersicht zu Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Ladestationen werden mittlerweile von vielen verschiedenen Herstellern angeboten. Dies sind zum einen etablierte Firmen aus dem Elektrobereich wie Mennekes, ABL oder Alfen. Des Weiteren wird Ladeinfrastruktur auch von großen Energieversorgern, die als Emobility Service Provider auftreten, selber entwickelt. Zudem ist in den letzten Jahren eine Reihe

¹ <https://www.ubitricity.com>

von Startups entstanden, die Ladeinfrastruktur selber entwickeln, meist in Kombination mit der Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle. Durch den regulatorischen Rahmen, der in Deutschland für öffentliche Ladeinfrastruktur (LIS) den Standard Typ 2 für Normalladen sowie Combo-2 für das Schnellladen vorsieht, ist dabei eine Interoperabilität zwischen LIS verschiedener Hersteller sichergestellt.

Im Rahmen des Projekts wurde eine Marktrecherche durchgeführt, um typische Leistungsmerkmale und Preise aktuell verfügbarer LIS zu eruieren. Dabei wurden etwa 150 Produkte berücksichtigt, die Stand Oktober 2018 auf den Plattformen ESL¹ und Mobility House² angeboten wurden.

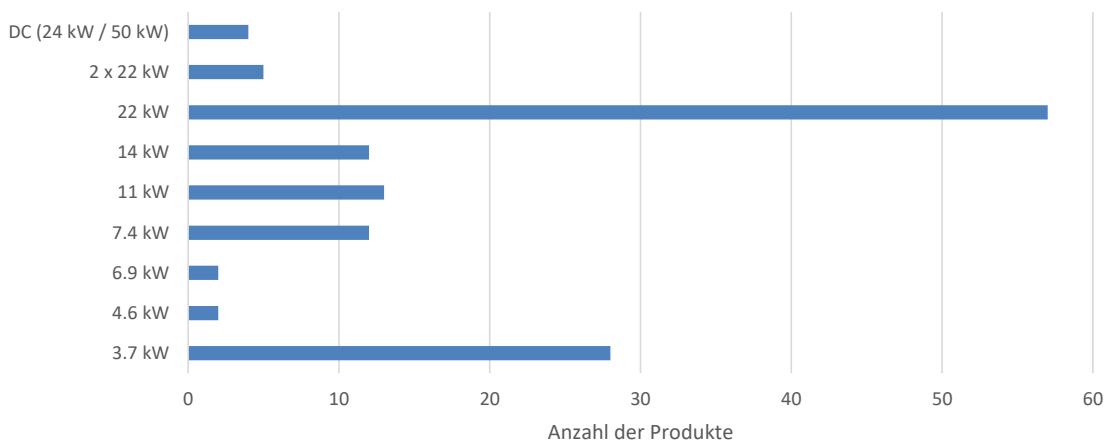


Abbildung 1: Anzahl der angebotenen AC-Ladestationen auf den untersuchten Plattformen nach Ladeleistung

Die weit überwiegende Anzahl der angebotenen Ladestationen ist als Wallbox ausgeführt und auf eine maximale Leistung von 22 kW ausgelegt, was dreiphasigem Laden mit je 32 A entspricht. Am zweithäufigsten waren Wallboxen, die eine Maximalleistung von 3,7 kW abgeben können, was der Nutzung einer Phase mit der Standardabsicherung von 16 A entspricht. Ladestationen mit zwei Typ-2-Anschlüssen waren kaum vertreten, ebenso DC-Ladestationen. Etwa 30 % der Ladestationen hatten RFID als Autorisierungsmöglichkeit, sind also für den öffentlichen oder betrieblichen Bereich mit mehreren Nutzern vorgesehen.

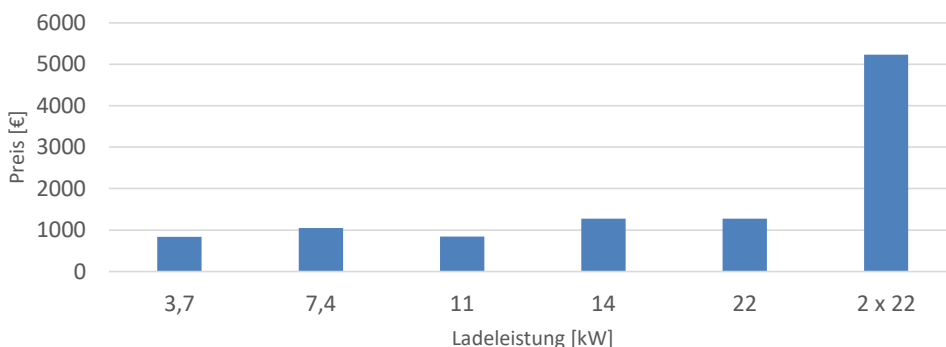


Abbildung 2: Mittlerer Preis der AC-Ladestationen nach Ladeleistung

¹ <https://esl-shop.de/de/elektroauto-ladestation.html>

² https://www.mobilityhouse.com/de_de/ladestationen.html

Die Preise der Ladestationen hängen augenscheinlich vor allem von der Strombelastung pro Phase ab. So liegen Ladestationen mit 16 A (3,7 kW / 11 kW) deutlich unter 1000 €, während solche mit 32 A eher darüber liegen. Die Anzahl der verfügbaren Phasen spielt hingegen preislich offenbar eine untergeordnete Rolle. Somit dürfte sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit von dreiphasigen Ladepunkten in der Praxis kaum stellen, auch wenn bislang nur wenige Fahrzeuge mehr als eine Phase nutzen können (siehe nachfolgender Abschnitt). Die wenigen bodenstehenden Ladesäulen, die im Angebot der untersuchten Plattformen gefunden wurden, hatten meist 2 Ladepunkte und sind pro Ladepunkt deutlich teurer als Wallboxen. Ladesäulen werden relativ selten an Endverbraucher verkauft und sind daher im untersuchten Angebot unterrepräsentiert. Oftmals werden sie von den Energieversorgern selbst entwickelt oder zumindest angepasst.

DC-Ladestationen kosten in der Regel ein Vielfaches von AC-Ladestationen (ca. 30.000 € für eine 50-kW-Ladestation mit einem Ladepunkt), da hier die Gleichrichter in der Ladestation verbaut sind und zudem eine relativ aufwändige Kühlung erforderlich ist. Zudem entstehen in der Regel höhere Anschlusskosten an das Stromnetz.

3.1.5 Kompatibilität aktuell verfügbarer Fahrzeuge

Auf Fahrzeugseite ist aktuell weder die Nutzung von 3 Phasen bei AC-Ladung noch die Möglichkeit zur DC-Ladung gängiger Standard^{1/2}. Die meisten heute am Markt erhältlichen Fahrzeuge laden einphasig mit Stromstärken zwischen 16 A und 32 A, was einer Ladeleistung von maximal 7,4 kW entspricht³. Lediglich beim Renault ZOE sowie Tesla Model S und X wird serienmäßig dreiphasiges Laden ermöglicht, bei einigen anderen Modellen ist es als Zusatzausstattung erhältlich. Bei den aktuell verfügbaren PHEV wird durchweg nur eine Phase für die Ladung genutzt.

Ähnlich sieht es beim Gleichstrom-Schnellladen nach CCS-Standard aus, das momentan nur von Hyundai, Jaguar und Opel sowie Tesla für das neue Model 3 serienmäßig unterstützt wird. Allerdings lassen entsprechende Ankündigungen erwarten, dass die demnächst auf den Markt kommenden rein elektrischen Modelle deutscher Hersteller Schnellladung unterstützen werden. Dafür spricht auch, dass namhafte Hersteller am IONITY-Konsortium beteiligt sind, das den Aufbau eines europaweiten Schnellladenetzes mit hohen Leistungen im dreistelligen kW-Bereich vorantreibt. Bei PHEV sind DC-Lademöglichkeiten mit CCS derzeit nicht gegeben.

¹ https://www.goingelectric.de/wiki/Ladung_und_Ladestecker

² <https://www.goingelectric.de/wiki/Plug-in-Hybride-Uebersicht-und-technische-Daten/>

³ Es ist zu beachten, dass in Deutschland derzeit der einphasige Anschluss von Verbrauchsgeräten generell nur bis 4,6 kW zulässig ist. Höhere Leistungen sind mit dem Netzbetreiber abzustimmen.

3.2 Bestandsaufnahme zur Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen

3.2.1 Vorhandene öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur

E-Ladeinfrastruktur kann sich grundsätzlich im öffentlichen, im halböffentlichen und im privaten Raum befinden. Die Unterscheidung der drei räumlichen Typen und Beispiele dafür sind Tabelle 2 zu entnehmen. Die Ladesäulenverordnung (LSV; Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile) unterscheidet dagegen lediglich zwischen Ladepunkten, die öffentlich zugänglich oder nicht öffentlich zugänglich sind. E-Ladeinfrastruktur ist laut LSV per Definition dann öffentlich zugänglich, „wenn er sich entweder im öffentlichen Straßenraum oder auf privatem Grund befindet, sofern der zum Ladepunkt gehörende Parkplatz von einem unbestimmten oder nur nach allgemeinen Merkmalen bestimmbar Personenkreis tatsächlich befahren werden kann“ (§2 Nr. 9 LSV). Damit werden in der Verordnung sowohl Ladepunkte im öffentlichen als auch Ladepunkte im halb-öffentlichen Raum als öffentlich zugängliche Infrastruktur bezeichnet.

Für das Elektromobilitätskonzept wird im Folgenden lediglich Ladeinfrastruktur im öffentlichen und halb-öffentlichen Raum betrachtet, sprich Ladeinfrastruktur, die laut LSV öffentlich zugänglich ist.

Tabelle 2: Unterscheidung öffentlicher, halböffentlicher und privater Raum

Ladeinfrastruktur im ...		
... öffentlichen Raum	... halb-öffentlichen Raum	... privaten Raum
Meint an Plätzen, die sich im öffentlichen Raum befinden und damit uneingeschränkt oder begrenzt öffentlich nutzbar sind.	Meint an Plätzen im in der Regel privat bewirtschafteten Straßenland, welche jedoch uneingeschränkt oder begrenzt öffentlich nutzbar sind.	Meint an Plätzen, die sich auf Privatgrund befinden und nicht für die Öffentlichkeit nutzbar sind.
z. B.: öffentliche Straßen oder Parkplätze, Außenanlagen von öffentlichen Gebäuden (z. B. Rathaus) u. a.	z. B.: Bahnhofsvorplatz, Supermarkt, Tankstelle, Parkgaragen u.a.	z. B.: Wohngaragen oder Stellplätze auf privatem Grund, Privatstraßen, Betriebsgelände

Der Bestand öffentlicher und halb-öffentlicher Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen ist in Anhang A3 kartographisch verortet. Der Plan verweist für jede der zehn dort vermerkten Ladestationen auf einen dazugehörigen **Steckbrief** im Anhang A1. In den Steckbriefen werden für jeden der Ladepunkte verschiedene allgemeine Informationen und technische Charakteristika aufgeführt, eine Übersicht zeigt Tabelle 3.

- **Allgemeine Informationen** umfassen Aussagen zum räumlichen Umfeld der Station (Verfügbarkeit und Kontext), zeigen auf, wie viele Stellplätze dort mit Zugang zu Ladeinfrastruktur versehen sind und ob der Zugang zu den Ladepunkten eingeschränkt

ist. Neben dem Betreiber der Station werden abschließend Informationen dazu gegeben, mit welchem Autorisierungsverfahren (RFID, QR-Code o. A.) der Zugang zu der jeweiligen Ladesäule erfolgt und wie die Kosten bei der Abrechnung des Ladevorgangs ermittelt werden.

- In dem Teil der Steckbriefe zu **technischen Spezifika** wird ersichtlich, welche Anschlussstypen an der jeweiligen Station vorhanden sind (Typ 2, Schuko u. A.) und welche maximale Ladeleistung – in Abhängigkeit vom Anschlussstyp – entnommen werden kann. Auch die maximale Gesamtleistungsabgabe der Station wird aufgeführt. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn mehrere Ladepunkte an einer Station vorhanden sind und diese gleichzeitig genutzt werden. Ersichtlich wird in den Steckbriefen zudem, ob an der jeweiligen Station eine Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich ist. Das hieße, dass bei einer temporär geringen Belastung des Netzes am Entnahmepunkt der Station eine größere Menge Strom entnommen werden kann, als bei einer temporär hohen Belastung des Netzes. Die letzte Information zu technischen Spezifika der Ladeinfrastruktur gibt an, welches Modell am jeweiligen Standort als Ladesäule eingesetzt wird. Der Hyperlink verweist auf die Homepage des Herstellers bzw. zur Produktinformation der Ladesäule.

In Ludwigshafen gibt es derzeit (Stand Oktober 2018) zehn E-Ladestationen im öffentlichen und halböffentlichen Raum mit insgesamt 26 Ladepunkten, an denen E-Fahrzeuge geladen werden können. Das entspricht einer Versorgungsquote von 0,059 Ladepunkten je 1.000 Einwohnern (vgl. Stuttgart führend mit 0,60 Ladepunkten je 1.000 Einwohner¹) und einer Quote von 0,04 Ladepunkten pro E-Pkw in Ludwigshafen (derzeit 247 E-Pkw²; Vergleich Stuttgart 0,28 Ladestationen je E-Pkw).

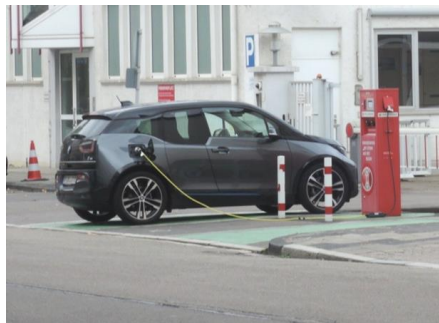


Abbildung 3: Elektroladestation
Kurfürstenstraße

Fast drei Viertel der bestehenden Ladeinfrastruktur entfallen auf die drei zentralen Stadtteile Ludwigshafen Süd (3), Mitte (2) und Nord-Hemshof (2) mit insgesamt sieben Ladestationen. Weitere zwei Stationen finden sich im Stadtteil Oggersheim – eine liegt in Friesenheim. Folglich gibt es derzeit in zehn Stadtteilen Ludwigshafens keine Möglichkeit E-Pkw an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur zu laden.

¹de.statista.com/statistik/daten/studie/691955/umfrage/anzahl-der-oeffentlichen-ladepunkte-fuer-elektrofahrzeuge-nach-deutschen-staedten/ (Stand 2018)

²www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz13_b_uebersicht.html?nn=1146130 (Stand 2018)

Tabelle 3: Informationen zu bestehender Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen

Parameter	Präzisierung	Beispiele oder [Einheit]
Allgemeine Information		
Verfügbarkeit	Wo ist die Ladeinfrastruktur verortet?	Öffentlicher oder halböffentlicher Ram
Kontext	In welchem Kontext ist die Ladeinfrastruktur zu finden?	Straßenraum, Parkhaus, Parkplatz etc.
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	Wie viele Stellplätze haben Zugang zu Ladeinfrastruktur?	[Anzahl der Stellplätze]
Zugangsbarrieren	Gibt es Einschränkungen in der Erreichbarkeit der Ladeinfrastruktur?	z. B. Schranken, Poller etc.
Betreiber	Wer betreibt die Station?	z. B. Energieversorger
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	Mit welcher Technologie kann auf die Ladeinfrastruktur zugegriffen werden?	z. B. RFID, QR-Code oder SMS mittels Smartphone oder Smartcard
Abrechnung	Welche Kosten entstehen bei der Nutzung der Ladeinfrastruktur?	z. B. [€ / Zeiteinheit], [€ / kWh] etc.
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	Welche Anschlusstypen können geladen werden / Welche Steckertypen sind vorhanden?	z. B. Schuko, Typ 2, CHAdeMO etc.
Maximale Ladeleistung [kW]	Welche Ladeleistung kann, in Abhängigkeit vom zuvor genannten Anschlusstyp, entnommen werden?	[kW]
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	Welche Leistung kann insgesamt an der Station entnommen werden (relevant bei mehreren Ladepunkten)?	[kW]
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Gibt es die Möglichkeit, die Leistungsabgabe an der Station an die Netzsituation anzupassen?	Ja / nein
Modellbezeichnung / Hersteller	Wie heißt das Modell / der Hersteller der jeweils eingesetzten Ladesäule(n)? (Verlinkung führt zur Homepage des Herstellers)	z. B. Mennekes Smart T22

Für die zehn Ladestationen lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Ladestationen in Ludwigshafen befinden sich sowohl im öffentlichen (4 Stationen) als auch im halböffentlichen Raum (6 Stationen). Alle Stationen im öffentlichen Raum liegen im seitlichen Straßenraum. Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Raum findet sich überwiegend auf privaten Kunden- oder Unternehmensparkplätzen, die öffentlich zugänglich sind. Eine weitere Station befindet sich in einem Parkhaus.
- Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum ist jederzeit ohne Barriere zugänglich. Ladestationen im halböffentlichen Raum sind zu einem großen Teil dauerhaft frei zugänglich (4 Stationen) – an zwei Stationen muss zunächst eine Schranke passiert werden.
- Ladestationen verfügen überwiegend über zwei Ladepunkte, an denen Kfz geladen werden können (an 6 Stationen). An zwei Stationen kann jeweils auf einem Stellplatz Strom getankt werden. Je eine Ladestation verfügt über vier bzw. acht Ladepunkte.
- Die Technischen Werke Ludwigshafen (TWL) stellen derzeit sechs der zehn Ladestationen bereit – davon alle vier Stationen im öffentlichen Raum. Fünf der sechs Stationen werden gemeinsam mit „The NewMotion Deutschland GmbH“ betrieben. Zwei weitere Stationen betreiben die Pfalzerwerke. Je eine Ladestation wird von privaten Unternehmen auf deren Parkplatz unterhalten (Autohaus Bayer und Schuh-Keller).
- Sechs Ladestationen können sowohl mittels RFID-Technologie per Smartcard als auch über einen QR-Code per Smartphone bedient werden. Eine Station wird per SMS aktiviert. An drei Ladestationen ist (derzeit) kein Medium erforderlich, um an den Ladesäulen das Kfz zu laden.
 - Die Art und Weise, wie der Zugang zu den Ladestationen technisch gelöst wird, unterscheidet sich stark zwischen den Betreibern.
- An sechs Stationen erfolgt die Abrechnung des Ladevorgangs verbrauchsabhängig¹ (energie- und zeitabhängige Tarife). An drei Stationen können E-Pkw kostenfrei geladen werden – z.T. ist hier in naher Zukunft ebenfalls die Erhebung verbrauchsabhängiger Ladekosten vorgesehen. An der Ladestation im Parkhaus entstehen keine zusätzlichen Kosten für das Laden, lediglich das Parken in der Anlage ist kostenpflichtig.
 - Auch hier sind die Art und Weise der Abrechnung des Ladevorgangs stark vom Betreiber der Station abhängig.
- An allen Ladestationen befindet sich der Anschlusstyp „Typ 2“ mit einer maximalen Ladeleistung von 22 kW (entspricht Normalladen). An vier Stationen kann zudem über einen gewöhnlichen Schuko-Stecker bei 3,7 kW geladen werden. Lediglich an einer Station ist Schnellladen bei 50 kW mittels der Anschlusstypen „CHAdeMO“ oder „Combined Charging“ möglich.
- Die maximale Gesamtabgabeleistung der Stationen entspricht in der Regel der für den Betrieb der installierten Ladeinfrastruktur notwendigen Leistung (z. B. Gesamtabgabeleistung 44 kW bei 2 x Typ 2 mit Abnahmeleistung von je 22 kW). Zusätzliche Kapazitäten für weitere Ladepunkte an den Stationen sind nicht vorhanden.

¹ Eine verbrauchsabhängige Abrechnung setzt eine eichrechtliche Zertifizierung der eingesetzten Hardware voraus, die viele Anbieter bisher noch nicht durchlaufen haben.

- Eine variable Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation ist – soweit diese Information vorhanden ist – an keiner der Ladestationen möglich¹.
- Die Auswahl von Ladesäulen-Modellen ist sehr heterogen. An zehn Ladestationen werden fünf verschiedene Modelle unterschiedlicher Hersteller eingesetzt.

3.2.2 Vorhandene betriebliche Ladeinfrastruktur

Im Rahmen des Projekts wurde ein Online-Fragebogen erstellt, um den Status quo sowie Planungen von Ludwigshafener Betrieben beim Thema Elektromobilität und Ladeinfrastruktur abzufragen. Zudem wurden die Betriebe aufgefordert, sich zu Hemmnissen bei der Einführung von Elektromobilität zu äußern und Vorschläge zu formulieren, wie die Rahmenbedingungen angepasst werden sollten. Die Einladung zur Umfrage wurde an etwa 400 Unternehmen versendet; in die Auswertung sind 39 vollständige Antworten eingegangen. Mit 8 größeren Betrieben wurden darüber hinaus umfangreiche telefonische Interviews geführt.

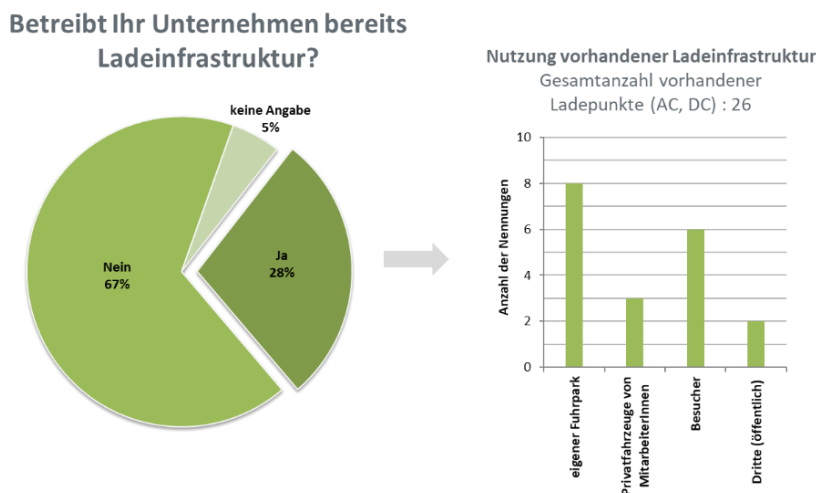


Abbildung 4: Abfrage der vorhandenen Ladeinfrastruktur bei Ludwigshafener Unternehmen

Die Umfrage ergab, dass 11 der befragten Unternehmen (28 %) bereits Ladeinfrastruktur betreiben. Die meisten davon nutzen sie für den eigenen Fuhrpark (siehe Abschnitt 4.2), zum Teil steht sie auch Besuchern zur Verfügung. In einigen Fällen war der Wunsch von Mitarbeitern nach einer Lademöglichkeit für ihr Privatfahrzeug Anstoß für die Anschaffung der LIS. Nur in zwei Fällen wird betriebliche LIS bereits für Dritte öffentlich zur Verfügung gestellt. Knapp die Hälfte der vorhandenen Ladeinfrastruktur kann Leistungen von 11 kW oder mehr abgeben. Bezüglich der real möglichen Leistungsabgabe sind hier allerdings wiederum ggf. Einschränkungen durch die Fahrzeuge zu beachten, siehe Abschnitt 3.1.5.

¹ Ladestationen sind in der Regel auf der Niederspannungsebene angeschlossen. Hier ist die erforderliche Messtechnik generell nicht vorhanden, um eine Überwachung bzw. Steuerung umsetzen zu können. Bei stellenweisen Bedarf muss dies erst nachgerüstet werden. Umgesetzt wird teilweise allerdings bereits ein lokales Lademanagement, bei vielen Ladestationen an einem gemeinsamen Netzanschluss (Reduzierung der Gesamtleistung auf festen Leistungswert).



Abbildung 5: Abfrage der Planungen bzgl. betrieblicher LIS

Die Frage nach den Ausbauplanungen ergab einen Anteil von knapp 40 % der Befragten, die zusätzlich zum Status quo Ladeinfrastruktur in den nächsten 3 Jahren LIS ausbauen möchten. Bei ebenso vielen ist dies allerdings nicht geplant. Gut 20 % der Befragten konnten diesbezüglich noch keine Aussage treffen. Die am häufigsten genannte Verwendung für zusätzlich ausgebaute Infrastruktur war der eigene Fuhrpark, gefolgt von Privatfahrzeugen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Ein Unternehmen gab im Interview explizit an, dass Ladeinfrastruktur als Instrument zur Mitarbeiterbindung genutzt wird.

Im persönlichen Gespräch mit den Betrieben konnten einige Beweggründe der Betriebe für den Aufbau von LIS sowie auch Hemmnisse näher beleuchtet werden:

- Eine gemeinsame Nutzung von LIS durch betriebliche Poolfahrzeuge und Privatfahrzeuge wird als problematisch angesehen, da dies potentiell die Betriebsbereitschaft der Poolfahrzeuge einschränken kann. Offenbar möchte man gerade in einer Anfangsphase, in der Mitarbeiter z.T. noch von der Alltagstauglichkeit von E-Fahrzeugen im Fahrzeugpool überzeugt werden müssen, keine Risiken eingehen. Nachteilig ist daran, dass die vorhandene LIS dann in der Regel nicht optimal ausgelastet werden kann.
- Grundsätzlich ist die Abgabe von Strom für Privatfahrzeuge der Mitarbeiter als geldwerter Vorteil zu sehen, der steuerlich berücksichtigt werden muss. Seit 2017 ist das Laden von E-Pkw beim Arbeitgeber zwar explizit steuerbefreit. Die Befreiung ist allerdings befristet bis 2020. Die befragten Betriebe strebten aufgrund der Unsicherheit über die Zukunft dieses Privilegs beim Aufbau von LIS für die Nutzung durch Privatfahrzeuge eine Zuordenbarkeit und damit Abrechenbarkeit der Nutzung an. Entsprechende Abrechnungssysteme verursachen Aufwand bei Installation und Betrieb. Um diesen Aufwand zu begrenzen, strebte ein befragtes Unternehmen an, die Abrechnung mit dem im Unternehmen bereits genutzten Zugangskontrollsystem zu verknüpfen. Dies ist bislang jedoch aus technischen Gründen nicht möglich, weswegen das Unternehmen momentan keinen weiteren Angestellten Lademöglichkeiten für ihre Privatfahrzeuge zur Verfügung stellen möchte.
- Bei vielen Firmen ist das Werksgelände generell für die öffentliche Zufahrt gesperrt, häufig aus Sicherheitsgründen. Solche Firmen können also prinzipiell keine Ladeinfrastruktur für Dritte zur Verfügung stellen. Umgekehrt wurde von solchen Firmen z.T. der Wunsch nach öffentlicher LIS vor dem Firmengelände geäußert.
- Schaffen Firmen E-Pkw und Ladeinfrastruktur an, so ist dies momentan i. d. R. keine betriebswirtschaftliche Entscheidung, sondern es werden Mehrkosten bewusst in Kauf genommen (Corporate Social Responsibility: „Signal für die Umwelt“). Es wurde jedoch die Erwartung geäußert, dass sich dies in näherer Zukunft ändert.
- Bei elektrischen Dienstwagen ist es für Firmen aus rechtlichen Gründen nicht möglich, auf dem Privatgrundstück der oder des Angestellten Ladeinfrastruktur zu instal-

lieren. Beim Laden des Dienstwagens an der privaten Ladeinfrastruktur der oder des Angestellten ist jedoch ein pauschaler Auslagenersatz möglich.

- Bei Supermarktketten werden Entscheidungen zur Infrastrukturstrategie zumeist auf überregionaler Ebene gefällt. Hier gibt es bereits verschiedene Aktivitäten zum Aufbau öffentlich nutzbarer LIS. Zum Teil bauen die Ketten selber LIS auf ihre Parkplätze (Lidl¹ / ALDI²), bei anderen wiederum besteht Bereitschaft, Konzessionen zum Aufbau von LIS an mögliche Betreiber zu vergeben. In Ludwigshafen gibt es derzeit allerdings noch keine Ladeinfrastruktur an Supermärkten.

¹ Lidl stattet sämtliche neue Filialen mit 2 Ladepunkten à 22 kW aus. Der Bestand wird vorerst aber nicht angefasst.

² ALDI Süd hat etwa 50 Ladestationen à 22 kW an Filialen in Städten und Ballungszentren installiert: <https://unternehmen.aldi-sued.de/de/verantwortung/umwelt/energie/>

3.3 Ausbaupläne

Um abzuschätzen, welcher Ausbau der Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen in der kommenden Zeit in öffentlich zugänglichen Bereichen zu erwarten ist, wurden im Rahmen des Projekts verschiedene Akteure zu ihren diesbezüglichen Planungen befragt. Die Ergebnisse werden nachfolgend zusammengefasst und sind zudem in Anhang A3 (Abbildung 46) kartographisch dargestellt.

Die **TWL** plant voraussichtlich die Installation zweier weiterer Normalladestationen im Ludwigshafen. Vorgesehen sind die Standorte für Ladeinfrastruktur am „Globus-Markt“ im Stadtteil Oggersheim und am neuen Unternehmensstandort der TWL in Ludwigshafen Mitte. Die geplante Anzahl der Ladepunkte an den Stationen ist derzeit nicht bekannt. Die TWL sieht einen weiteren Ausbau von Ladeinfrastruktur an die Bedingung geknüpft, dass zukünftig ein betriebswirtschaftlicher Betrieb für das Unternehmen möglich ist. Es wird davon ausgegangen, einen nennenswerten Ausbau der öffentlichen LIS nur in Zusammenarbeit mit Partnern realisieren zu können, die sich an den Kosten beteiligen. Zudem wird darauf hingewiesen, dass die zunehmenden Reichweiten marktgängiger Elektrofahrzeuge zusätzliche Unsicherheiten für die Auslastung öffentlicher LIS bergen.

Die **Pfalzwerke** ziehen mit ihrer Hauptverwaltung Ende 2021 vom bisherigen Standort Kurfürstenstraße in die Wredestraße um. Die Ladeinfrastruktur am bisherigen Standort soll weiter betrieben werden, zusätzlich wird voraussichtlich auch am neuen Standort LIS installiert. Der Fokus der Pfalzwerke beim Ausbau von Ladeinfrastruktur im öffentlichen und halböffentlichen Raum liegt auf Schnellladesäulen mit Ladeleistungen von über 50 kW.

Die **befragten Ludwigshafener Betriebe** gaben mehrheitlich an, ihre Ladeinfrastruktur gemäß den Anforderungen der eigenen Flotte weiter auszubauen. Allerdings können oder wollen einige Betriebe die Ladeinfrastruktur nicht öffentlich zur Verfügung stellen, zumeist aufgrund der Zufahrtsbeschränkungen zum Werksgelände. Zum Teil wird auch der Aufbau einer Infrastruktur zur Abrechnung des Ladens gescheut. Weitere genannte Hemmnisse beim Ausbau von LIS waren

- Zweifel an der Wirtschaftlichkeit eines Ausbaus
- Befürchteter Wegfall von Parkplätzen durch Ladeplätze
- Unklarheit, ob die Kapazität des Netzanschlusses für den Betrieb der LIS ausreicht
- Unklarheit über den längerfristigen Unternehmensstandort

Grundsätzlich war bei den Betrieben Offenheit hinsichtlich eines Fremdbetriebs von LIS auf dem Firmengelände zu verzeichnen. In einem Fall ist dies sogar schon konkret geplant. Allerdings bestehen unterschiedliche Erwartungen bei den Betrieben hinsichtlich der durch den LIS-Betreiber zu zahlenden Miete.

3.4 Quartierspezifische Analyse der Parkraumsituation

Erklärtes Ziel bei der Projektbearbeitung ist es, die Frage der Bereitstellung von E-Ladeinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum bzw. auf öffentlich zugänglicher Fläche auf eine konkrete baulich-räumliche Ebene herunter zu brechen und damit zum einen die strukturellen Spezifika und die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den Stadtteilen bzw. Quartieren von Ludwigshafen einzubeziehen und zum anderen eine verkehrsstrukturell verträgliche Integration der Infrastruktur im öffentlichen Raum sicherzustellen. Dazu wurden zunächst die Stadtteile Ludwigshafens auf der Grundlage ausgesuchter städtebaulicher, verkehrlicher und soziodemographischer Parameter untersucht und anschließend in Quartierstypen eingeteilt.

Für zwei Quartierstypen wird beispielhaft jeweils ein Stadtteil ausgewählt und eine Bestandsaufnahme der vorherrschenden Parkierungspraxen sowie eine Analyse der Auslastung des vorhandenen Parkraums als Momentaufnahme durchgeführt. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für die Entwicklung einer Strategie zum Aufbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen.

3.4.1 Einteilung der Stadtteile in Quartierstypen

Die Stadt Ludwigshafen besteht aus den 14 Stadtteilen. Das Werk des ortsansässigen international agierenden Chemiekonzerns BASF bildet einen eigenen Stadtteil Ludwigshafens und wird deshalb ergänzend aufgeführt.

Eine grobe Betrachtung der Stadtstruktur Ludwigshafens zeigt, dass vom Zentrum hin zum Stadtrand die Dichte der Bebauung und der verkehrlichen Infrastruktur stark abnimmt. Drei Grundstrukturen können in dieser Entwicklungsrichtung identifiziert werden. Der sehr dichte, zentrale Bereich innerhalb der Rheinschleife. Angrenzend daran die Arrondierung des Zentrums, die einen Gürtel um den Innerstädtischen Bereich legt – urban, aber weniger dicht – und abschließend Stadtteile mit dörflichem Charakter, meist eigenem historisch gewachsenem Ortskern und einer überwiegenen Bebauung geringer Dichte.

Ein genauer Blick in die Stadtteile zeigt jedoch, dass die städtebauliche Struktur heterogener ist und sich auch die verkehrlichen und soziodemographischen Eigenschaften der Quartiere unterscheiden. Eine detailliertere Einteilung der Stadtteile in verschiedene Quartierstypen erfolgt anhand drei verschiedener Kriterien:

Tabelle 4: Kriterien zur Typisierung der Stadtteile

Kriterium	Beschreibung
Städtebauliche Strukturen	Geschossigkeit, Bauliche Dichte, Entstehungszeit, Bebauungstypen, Freiflächen
Bevölkerungsdichte	EW / ha (Einwohner je ha überbauter Fläche)
Pkw-Quote	Pkw / EW (Pkw je Einwohner)

Insgesamt konnten damit sechs verschiedene Quartierstypen identifiziert werden. Sie sind in den nachfolgenden Steckbriefen mit ihren wesentlichen Kennwerten beschrieben.

- Typ I Innenstadt
- Typ II Gründerzeitliche Quartiere
- Typ III Stadtteile mit Mehrfamilienhausbebauung und vereinzelt verdichtetem Geschosswohnungsbau in Randlage
- Typ IV Stadtteile mit Ein- und Zweifamilienhäusern und Geschosswohnungsbau in Randlage (z. T. Mehrfamilienhausbebauung)
- Typ V Stadtteile mit altem Ortskern und vorrangig Ein- & Zweifamilienhäusern
- Typ VI Industriell geprägter Stadtteil / BASF

Eine Verräumlichung und Einteilung der Stadtteile in die Quartierstypen zeigt die nachfolgende Abbildung (hochauflösend zu finden in beiliegendem Plan 2.1).

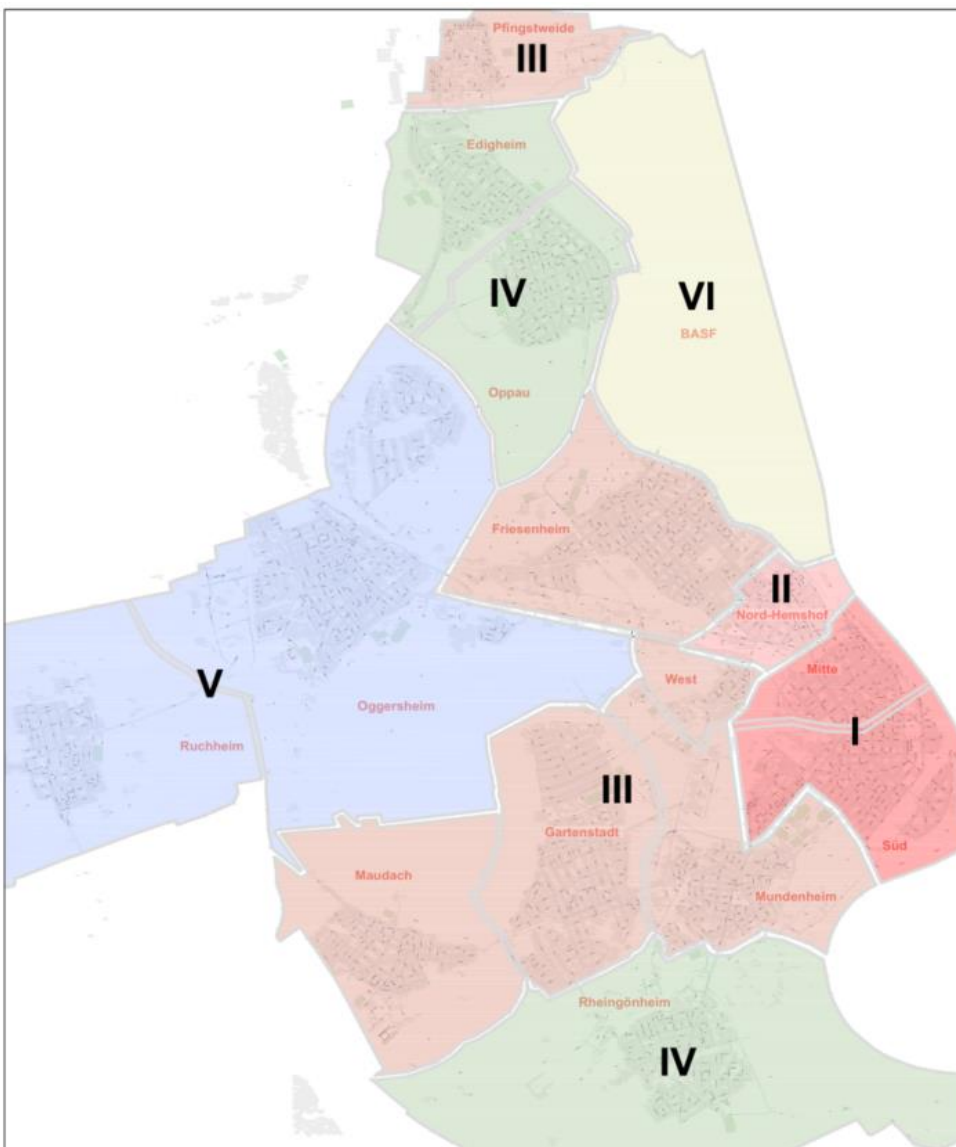


Abbildung 6: Zuordnung der Stadtteile zu den Quartierstypen

Steckbriefe der Stadtteile und Zuordnung zu den Quartierstypen¹:

I - Innenstadt

Ludwigshafen Mitte				
<i>Gründerzeitliche und historische Strukturen des Stadtkerns im 2. Weltkrieg fast vollständig zerstört; Wiederaufbau fast ausschließlich in Blockrandbebauung mit Nachverdichtung im Inneren, hohe bauliche Dichte, vereinzelt Solitäre (z. B. Theater im Pfalzbau, Rheingalerie)</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
143	12.122	150	4.357	0,36

Ludwigshafen Süd				
<i>Gründerzeitliche und historische Strukturen im Weltkrieg fast vollständig zerstört, Wiederaufbau fast ausschließlich in Blockrandbebauung mit Nachverdichtung im Innern, in rheinuferrnähe geringere Dichte in Mehrfamilienhaus- und Geschossbebauung)</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
338	19.490	84	9.081	0,47

II - Gründerzeitquartier

Nord - Hemshof				
<i>Gründerzeitliches Quartier, hohe bauliche Dichte, ausschließlich Blockrandbebauung</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
158	17.577	126	5.732	0,33

¹ Quelle: Statistisches Jahrbuch 2017 der Stadt Ludwigshafen



III - Stadtteile mit Mehrfamilienhausbebauung und vereinzelt verdichtetem Geschosswohnungsbau in Randlage

Gartenstadt				
Die Gartenstadt lässt sich in drei Quartiere einteilen:				
1. Ernst-Reuter-Siedlung				
2. Gartenstadt Niederfeld				
3. Gartenstadt Hochfeld				
<i>Bei der Ernst-Reuter-Siedlung und dem Hochfeld handelt es sich um Gartenstadtquartiere mit eher hoher baulicher Dichte durch Wohnblock- und Mehrfamilienhausbebauung; die Bebauung steht in einem eher lockeren Abstand zueinander und ist von zahlreichen Grünflächen durchzogen (Das Niederfeld im Norden der Gartenstadt weicht hier ab: Reines Wohnquartier mit nahezu ausschließlich Ein- und Zweifamilienhäusern)</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
415	16.676	54	9.785	0,59

West				
<i>Geringer Flächenanteil des Quartiers in dichter Wohnblockbebauung, große Teile des Areals werden für Gewerbe und den Hauptfriedhof Ludwigshafens genutzt</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
177	4.861	53	1.987	0,41

Friesenheim				
<i>Im Südosten, angrenzend an die Innenstadt, hohe bauliche Dichte durch kompakte Blockrandbebauung, abnehmende Dichte Richtung Nordwesten, hier vorrangig Mehrfamilien- und Reihenhausbebauung</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
408	18.328	75	9.981	0,54

Mundenheim				
<i>Überwiegend Blockrandbebauung durch Mehrfamilienhäuser, in Randlage große Flächen gewerblicher und industrieller Nutzung</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
425	13.671	73	8.210	0,6

Maudach				
<i>Überwiegend Mehrfamilienhäuser, in Randlage punktuell Geschosswohnungsbau</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
631	6.531	59	4.741	0,73

Pfungstweide				
<i>Trabantenstadtcharakter, hohe bauliche Dichte und z. T. hohe Geschossigkeit (Geschosswohnungsbau, Hochhäuser), vereinzelt Ein- und Zweifamilienhäuser</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
173	5.891	83	3.339	0,57

IV - Stadtteile mit Ein- und Zweifamilienhäusern und Geschosswohnungsbau in Randlage (z. T. Mehrfamilienhausbebauung)

Rheingönheim				
<i>Kompakte, monostrukturierte Wohnsiedlung mit überwiegend Ein-, Zwei- und z. T. Mehrfamilienhausbebauung; in Randlage vereinzelt Geschosswohnungsbau</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
1.096	8.154	55	5.865	0,72

Oppau				
<i>Kompakte, monostrukturierte Wohnsiedlung mit überwiegend Ein-, Zwei- und z. T. Mehrfamilienhausbebauung; in Randlage vereinzelt Geschosswohnungsbau</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
537	9.366	67	6.275	0,67

Edigheim				
<i>Kompakte, monostrukturierte Wohnsiedlung mit überwiegend Ein-, Zwei- und z. T. Mehrfamilienhausbebauung; in Randlage vereinzelt Geschosswohnungsbau</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
329	7.820	56	5.307	0,68

V - Stadtteile mit altem Ortskern und vorrangig Ein- und Zweifamilienhäusern

Ruchheim				
<i>Eigenständige Siedlungsstruktur mit dörflichem Charakter und eigenem Ortskern</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
953	5.769	44	4.896	0,85

Oggersheim				
<i>Eigenständige Siedlungsstruktur mit dörflichem Charakter und eigenem Ortskern, in Randbereichen städtischer (Geschosswohnungsbau); im Westen große gewerbliche Flächen</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
1.163	14.915	36	15.017	0,60

VI - Industriell geprägter Stadtteil

BASF				
<i>Industriell geprägtes Quartier, keine Wohnbebauung</i>				
Fläche [ha]*	Bewohnerschaft [EW]	Bevölkerungsdichte [EW / ha]**	Pkw gesamt	Pkw je EW
823	-	-	3.685	-

* Gesamtfläche des Stadtteils

** überbaute Fläche im Stadtteil (eigene Berechnungen)

3.4.2 Auswahl der Untersuchungsgebiete

Folgende Überlegungen lagen bei der Auswahl der näher zu betrachtenden Quartiere zugrunde:

- In Quartieren – insbesondere nach dem 2. Weltkrieg entstanden – mit überwiegend Ein- und Zweifamilienhausbebauung kann davon ausgegangen werden, dass E-Ladeinfrastruktur im öffentlichen (Straßen-)Raum nicht benötigt wird. Das Aufladen von E-Fahrzeugen findet hier auf Privatgrund (Garagen, Stellplätze) statt.
- In Quartieren, die vor der Massenmotorisierung entstanden sind, bzw. nach deren Grundstrukturen wiederaufgebaut wurden, ist das Angebot an Abstellmöglichkeiten für den Pkw auf Privatgrund sehr beschränkt. Geparkt wird im öffentlichen Straßenraum. Der Parkdruck auf Parkierungsflächen ist hoch, auch durch Besucher und Mitarbeiter lokaler Geschäfte, Gastronomie etc.). Es besteht Bedarf nach E-Ladeinfrastruktur außerhalb der Privatgrundstücke.
- In Quartieren mit überwiegend Geschosswohnungsbau – weitestgehend nach dem 2. Weltkrieg entstanden – stehen Pkw-Abstellmöglichkeiten auf Privatgrund zwar zur Verfügung (z.B. in Tiefgaragen), diese sind aber in ihrer Anzahl nicht immer ausreichend. Dies gilt insbesondere in Quartieren mit höherer Pkw-Dichte, da dort abends und nachts die Parkraumnachfrage im öffentlichen Straßenraum hoch ist.

Damit wird deutlich, dass sich eine Analyse der Rahmenbedingungen auf die Auslastung der Parkierungsangebote im öffentlichen Straßenraum (und öffentlich zugängliche Angebote) konzentrieren muss. Im Projekt war eine nähere Untersuchung für zwei Stadtquartiere, als Tageserhebung der Parkierungssituation vereinbart. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden dafür das Hochfeld im Stadtteil Gartenstadt und ein zentrales Quartier in Ludwigshafen Süd ausgewählt (s. Abbildung 7). Die Auswahl der beiden Quartiere bzw. der Untersuchungsgebiete darin erfolgte mit folgender Begründung:

- | | |
|-----------------------|--|
| Ludwigshafen Süd | <ul style="list-style-type: none"> • Stadtteil im Stadtzentrum (mit Wohnen und Gewerbe) des Quartierstyps I • Hohe Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte • Kaum Stellplätze im privaten Bereich • Hoher Parkdruck auf Stellplätze im öffentlich zugänglichen Bereich • Hoher Umschlagsgrad der Parkflächen • Parkraumkonzept vorhanden • Teil des Quartiers ist Sanierungsgebiet des Förderprogramms der energetischen Quartierssanierung |
| Gartenstadt, Hochfeld | <ul style="list-style-type: none"> • Stadtteil im arrondierten Bereich um das Stadtzentrum, mit hoher Repräsentativität für andere Stadtteile (Quartierstyp III, wie 5 weitere Stadtteile) • Überwiegend Wohnbebauung • Hohe Bevölkerungsdichte durch Geschosswohnungsbau • Stellplätze im privaten Bereich nicht ausreichend für den heutigen Stellplatzbedarf • Hoher Parkdruck auf Stellplätze im öffentlich zugänglichen Bereich (am Abend und am Wochenende) |

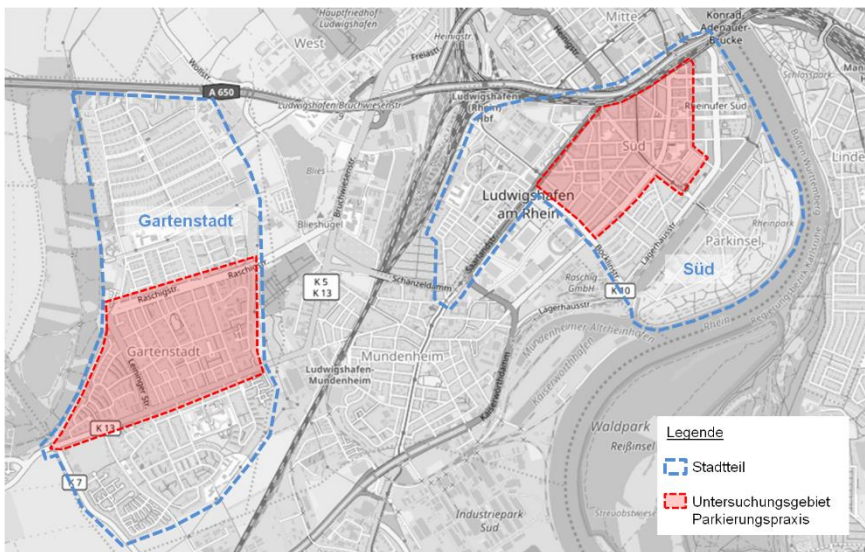


Abbildung 7: Untersuchungsgebiete für die Analyse der Parkierungspraxis in Ludwigshafen Süd und auf dem Hochfeld in der Gartenstadt

3.4.3 Durchführung der Erhebungen

Die Erhebung der Auslastung der Parkierungsangebote im öffentlich zugänglichen Straßenraum wurde als Momentaufnahme an einem repräsentativen Werktag gemäß EVE (Empfehlungen für Verkehrserhebungen, 2012) vor Ort durchgeführt. Es wurden Angebot und Nachfrage gegenübergestellt. Die Erhebungstage und -zeiträume waren:

- Ludwigshafen Süd: Donnerstag, 25.10.2018 zwischen 9:00 und 16:00 Uhr
- Gartenstadt, Hochfeld: Mittwoch, 07.11.2018 zwischen 9:00 und 16:00 Uhr

Gemäß EVE wurde zudem im Vorfeld der Erhebung eine **Bestandsaufnahme der Parkierungspraxis** durchgeführt. Erfasst wurde: Die Art der Parkierungsanlagen, die maximale Anzahl vorhandener Stellplätze, die Zugänglichkeit (z. B. Anwohnerparken, Sonderparkberechtigung etc.), die Bewirtschaftungsregelungen (zeitlich, monetär), die Anordnung der Stellplätze und die vorhandene Ge- und Verbotsschilderung (eingeschränktes oder absolutes Halteverbot). An den Erhebungstagen wurde für Straßenabschnittsbereiche auf einem vorbereiteten Erhebungsbogen die Kennwerte von Angebot und Nachfrage (vorhandene Stellplätze und genutzte Stellplätze) eingetragen.

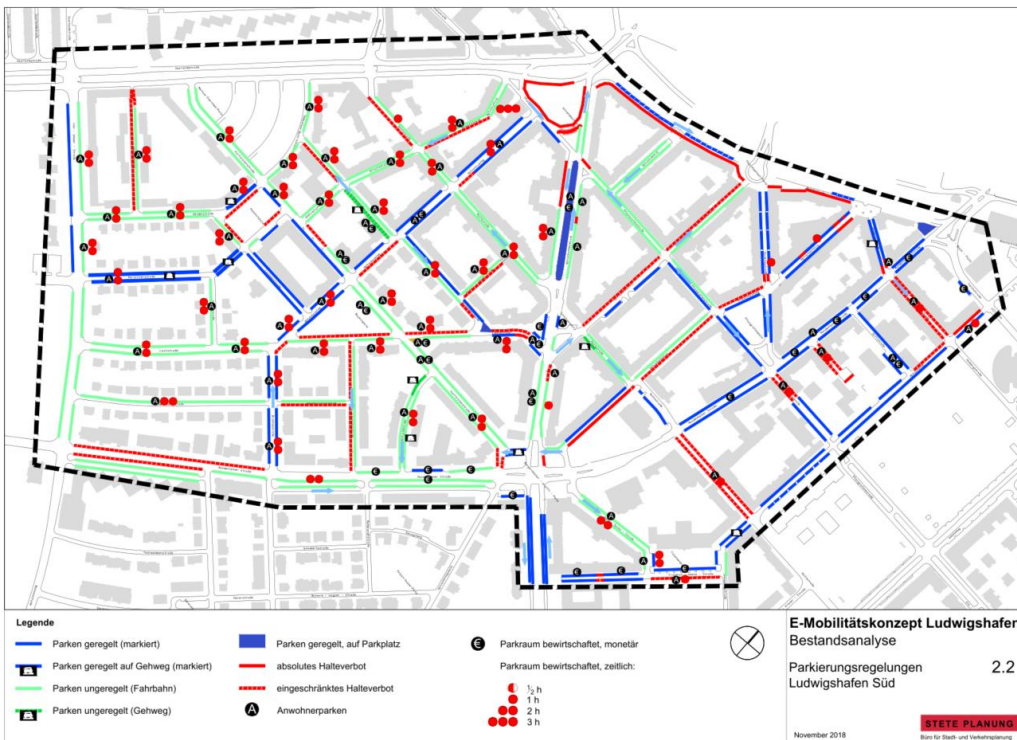


Abbildung 8: Bestandsaufnahme Parkierungsregelungen Ludwigshafen Süd



Abbildung 9: Bestandsaufnahme Parkierungsregelungen Gartenstadt

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme zeigen Abbildung 8 und Abbildung 9 (hochauflösend in den beiliegenden Plänen 2.2 (Ludwigshafen Süd) und Plan 2.3 (Gartenstadt, Hochfeld)). Folgende Merkmale zeichnen den ruhenden Verkehr in den beiden Stadtteilen aus:

Tabelle 5: Vergleich der Merkmale des ruhenden Verkehrs in den Stadtteilen Ludwigshafen Süd und der Gartenstadt/Hochfeld

Ludwigshafen Süd	Gartenstadt, Hochfeld
<ul style="list-style-type: none"> ● Flächendeckendes Parkraumkonzept ● Parkraumangebot zu einem großen Teil bewirtschaftet (zeitlich oder monetär) ● Üblich: Anwohnerparken oder max. 2 h mit Parkuhr (sog. Mischprinzip) ● Gehwegparken selten, nur wenn Restbreite des Gehwegs ausreichend ist (in diesen Fällen auch angeordnet/markiert) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Parkierung (fast) nur entlang der Haupterschließungsstraßen geregelt (markiert), nicht an Nebenstraßen ● Parkraumbewirtschaftung lediglich entlang der Maudacher Straße (und wenige weitere Ausnahmen) ● Überwiegende Praxis: Fahrbahnparken, gelegentlich Gehwegparken (mit Restgehwegbreiten < 1,50 m)

Ludwigshafen Süd:



Abbildung 10: „Wildes“ Parken im Quartier

Ludwigshafen Gartenstadt, Hochfeld:



Abbildung 11: Parken entlang der Haupteinfahrstraße Maudacher Straße (ausgewiesen und bewirtschaftet)



Abbildung 12: Gehweg- und Fahrbahnparken – angeordnet



Abbildung 13: Beidseitiges Fahrbahnparken, nicht markiert



Abbildung 14: Angeordnetes, einseitiges Fahrbahnparken



Abbildung 15: Gehwegparken mit geringer Restgehwegbreite – nicht markiert

3.4.4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In Abbildung 16 und Abbildung 17 (hochauflösend beiliegende Pläne 2.4 und 2.5) sind die Auslastungen der Parkierungsangebote in Ludwigshafen Süd und der Gartenstadt, Hochfeld dargestellt (Kartenausrichtung beachten).

Für die Auswertung wurden jeweils Abschnitte entlang des Straßenraums – zwischen zwei Knotenpunkten – gebildet. Für jeden dieser Abschnitte wurde anschließend die maximale vorhandene Anzahl an Stellplätzen aus der Bestandsaufnahme entnommen. Aus der Erhebung bzw. der Zählung des Parkaufkommens wurde wiederum die tatsächliche Parkraumnachfrage (gezählte Pkw) bestimmt. Der Quotient der beiden Werte ergibt schließlich die Auslastung des Parkraums im jeweiligen Abschnitt (in Prozent). Der Auslastungsgrad jedes Abschnitts wird mittels einer Farbcodierung in den Plänen dargestellt.

Für die Auslastung des Parkraums in Ludwigshafen Süd zeigen sich folgende Erkenntnisse:

- Große Teile des untersuchten Quartiers weisen zum Erhebungszeitpunkt hohe Auslastungsgrade im ruhenden Verkehr auf.
- Die Auslastung des Parkraums nimmt mit der baulichen Dichte und der Gewerbedichte (von Südwesten in Richtung Nordosten) stark zu.
- Insbesondere für den Bereich zwischen Pfalzgrafen- und Wittelsbachplatz liegt großenteils eine vollständige Auslastung des Parkraums vor – in der Folge treten gehäuft Falschparker auf (s. Abbildung 10) → hoher Parkdruck
- Weniger starke Auslastung des Parkraums (< 50 %) im Südwesten des Untersuchungsgebietes auf Grund der geringeren baulichen Dichte (v. a. Ein- und Zweifamilienhäuser) und der Abwesenheit gewerblicher Nutzungen.

Für das zweite Quartier auf dem Hochfeld der Gartenstadt zeichnet sich zum Untersuchungszeitpunkt dagegen folgendes Bild:

- Der überwiegende Teil des Quartiers weist zum Erhebungszeitpunkt, d. h. tagsüber, geringe bis mittlere Auslastungsgrade auf.
- Vollständige Auslastungen des Parkraums treten selten auf. Der überwiegende Teil des Parkierungsangebots ist zu 65 % oder geringer ausgelastet.
- Die Auslastung des Parkraums sinkt im Verlauf von Süden nach Norden zwischen der Haupteinfahrachse Maudacher Straße und der Raschigstraße deutlich.
- Die vom Straßenraum aus öffentlich zugänglichen Privatparkplätze sind nur gering bis mittelstark ausgelastet (Supermärkte 51-80 %, ärztliches Versorgungszentrum < 25 %).

Aus den Ergebnissen der Erhebungen kann hinsichtlich der Anforderungen an eine niederschwellige Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum geschlossen werden, dass ...

- ... aus den beiden analysierten Quartieren zwar keine konkreten, raumbezogenen Maßnahmen für andere Quartiere abgeleitet werden können. Es können aber fundierte allgemeine Umsetzungsempfehlungen in Form eines Leitfadens gegeben werden.
- ... die Parkierungssituation in einem Quartier und die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur in einem engen Zusammenhang stehen. Je höher der Parkdruck, desto höher wird die Schwierigkeit sein, dies im öffentlichen Straßenraum anzubieten. Hier muss u. U. auf halböffentliche Flächen ausgewichen werden.
- ... es des Weiteren wichtig erscheint, eine Strategie zu erarbeiten, die Regelungen für Konfliktsituation, Nutzungskonkurrenzen etc. trifft.

Ob und inwieweit die Bereitstellung von E-Ladeinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum für eine Neuordnung des Parkens genutzt wird, um verkehrliche Mängel zu beseitigen (z.B. Gehwegparken ohne ausreichende Restgehwegbreite), sollte geprüft werden. Dies ist nicht Gegenstand des Projekts.

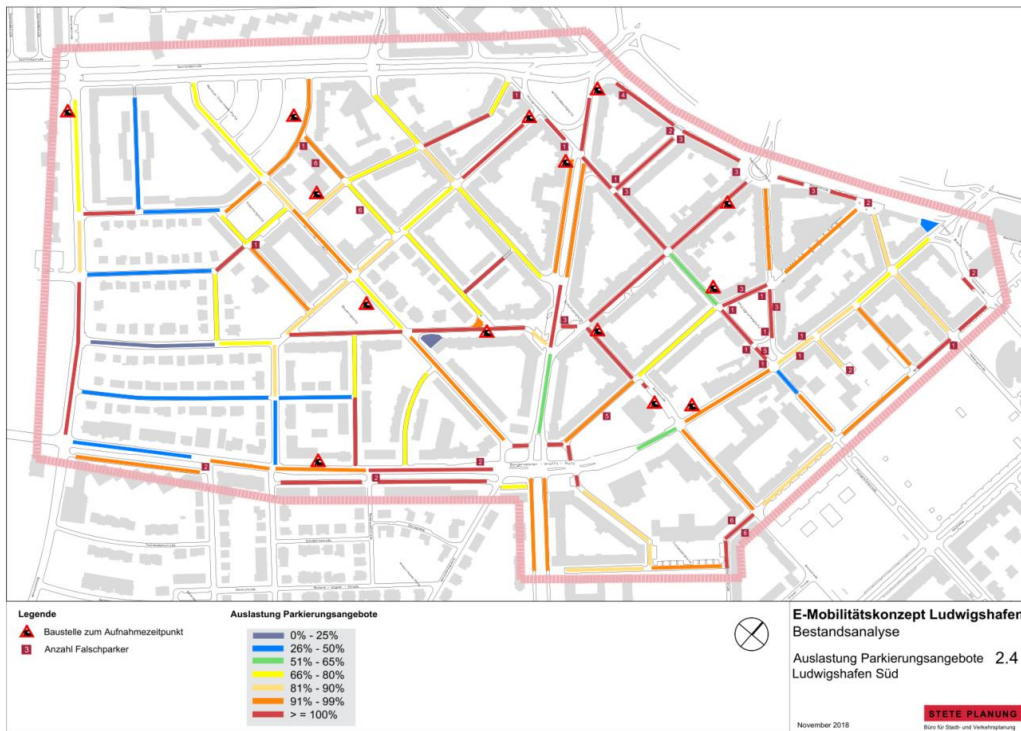


Abbildung 16: Auslastungen des Parkierungsangebots in Ludwigshafen Süd



Abbildung 17: Auslastungen des Parkierungsangebots in der Gartenstadt

3.4.5 Zusammenfassende Erkenntnisse für den Aufbau von LIS und Limitationen

Mit der in diesem Kapitel durchgeführten Analyse der Parkierungssituation in Ludwigshafen können für den Aufbau von LIS nachfolgende Erkenntnisse gezogen werden. Zudem werden Limitationen der angewandten Methode benannt und Empfehlungen zu weiterführenden Betrachtungen ausgesprochen:

- Stadtteile oder Quartiere mit überwiegend Ein- und Zweifamilienhausbebauung inkl. Stellplätzen auf eigenem Grundstück sind beim Aufbau von LIS durch die Stadt zunächst als nachrangig einzustufen. Hier ist die Installation von LIS (Wallboxen) auf Privatgrund (Stellplatz, Tiefgarage, Carport) von den jeweiligen Eigentümern zu erwarten.
- Prioritär sind dagegen Stadtteile im Zentrum oder daran angrenzend zu betrachten – allen voran in Bereichen hoher baulicher Dichte, wo es zudem an zugehörigen Stellplätzen auf Privatgrund fehlt und das Parken verstärkt im öffentlichen Raum stattfindet. Insbesondere gilt dies für Stadtteile mit höherer gewerblicher Nutzung (Geschäfte, Gastronomie, Versorgungseinrichtungen), da hier neben der Bewohnerschaft die mit Pkw kommenden Besucher gerade tagsüber zwar zu einem verstärkten Parkdruck beitragen, gleichzeitig aber auch die Ausnutzung einer öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur erhöhen.
- Dennoch eignet sich nicht jeder Stadtteil – auf den die zuvor genannten städtebaulich-verkehrlichen Rahmenbedingungen zutreffen – für den sofortigen Ausbau von LIS. Die (Aus-)Nutzung von LIS hängt auch von den im Umfeld angesiedelten sozialen Milieus ab. Es ist zu empfehlen, hier zunächst Quartiere mit einem hohen Anteil „Early Adopters“ der E-Mobilität zu identifizieren (Haushalte mit entsprechender Kaufkraft, Interesse an Innovation, Umweltbewusstsein usw.). Die vorliegende Untersuchung kann auf Grundlage der angewandten Analysetools (städtebaulich-verkehrliche Analyse) hierzu keine Aussage treffen. Ergänzend wird daher eine Auswertung soziodemografischer Kennwerte der statistischen Erhebungen der Stadt empfohlen, ggf. ergänzt um Befragungen in den in Frage kommenden Quartieren.
- Mit der Identifikation eines Quartiers für den Aufbau von LIS ist in einem nächsten Schritt zu prüfen, ob für die Auswahl geeigneter Flächen der öffentliche oder der halböffentliche Bereich als Suchkriterium heranzuziehen ist. Als entscheidende Faktoren sind hierbei die Parkierungssituation bzw. der Parkdruck im Quartier zu nennen. Ein hoher Parkdruck erfordert tendenziell das Ausweichen auf den halböffentlichen Bereich und damit die Ansprache privater Unternehmen zur Bereitstellung geeigneter Flächen, während Strukturen mit geringer Kfz-Parkierungsnachfrage auch LIS im öffentlichen Raum in direktem Zugriff der Stadtverwaltung ermöglichen.

3.5 Eckpunkte eines standortspezifischen Konzepts zur Lade- und Abstellinfrastruktur

3.5.1 Zielsetzungen eines standortspezifischen Ladeinfrastrukturkonzepts

- Ermöglichung von Mobilitätsoptionen zu möglichst geringen Kosten
- Schaffung von Vertrauen bei potentiellen Nutzern von Elektrofahrzeugen
- Optimale Allokation des Potentials der verschiedenen Ladeinfrastrukturarten abhängig von Quartierstypen und -Eigenschaften (öffentlich, halböffentlich, privat)
- Flexibilität und Skalierbarkeit, um LIS der zukünftigen Marktentwicklung von E-Fahrzeugen anpassen zu können.
- Minimierung von Planungsaufwand und Transaktionskosten

3.5.2 Zusammenfassung wesentlicher Erkenntnisse zu bestehender und geplanter Ladeinfrastruktur

Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur

- Die Versorgung der Stadt Ludwigshafen mit Ladeinfrastruktur in öffentlich zugänglichen Bereichen ist als unterdurchschnittlich zu bewerten. Mit 0,059 Ladestationen auf 1.000 Einwohner liegt das Angebot weit hinter dem von deutschen Städten mit einer guten Versorgungsquote für Ladeinfrastruktur.
- Die vorhandene Ladeinfrastruktur ist wiederum stark auf das Zentrum der Stadt konzentriert (3 Stadtteile), in großen Teilen der Stadt gibt es dagegen noch keine Ladestation (10 Stadtteile).
- Der Ausbau der Ladeinfrastruktur ist von den Energieversorgern zudem für Stadtteile vorgesehen, in denen es bereits Stationen gibt. Für Stadtteile ohne bestehende Angebote sind auch auf kurze Sicht keine Ladestationen geplant.
- An einer überwiegenden Anzahl Ladestationen in Ludwigshafen befinden sich zwei (oder mehr) Ladepunkte (an 8 Stationen). An allen Stationen ist Normladen mit einer Ladeleistung von 22 kW möglich. Schnellladen mit 50 kW Ladeleistung ist lediglich an einer Station realisiert.
- Der Ausbau bestehender Stationen um weitere Ladepunkte ist nur mit hohem Aufwand möglich. Die maximale Gesamtleistungsabgabe der jeweiligen Station entspricht in der Regel der für den Betrieb der bestehenden Ladepunkte notwendigen Leistung.
- Die Zugangstechnologie zur Nutzung der Ladesäulen, die Abrechnung der geladenen Strommenge und die eingesetzten Modelle für Ladesäulen sind äußerst heterogen und hängen stark vom Betreiber der jeweiligen Station ab. Es überwiegt jeweils die Methodik bzw. das System der Technischen Werke Ludwigshafens, da diese mit sechs der zehn Stationen den größten Teil der Infrastruktur anbieten.

Betriebliche Ladeinfrastruktur

- Betriebliche LIS wird momentan primär für firmeneigene Poolfahrzeuge aufgebaut und genutzt.
- In vielen Fällen kann betriebliche LIS nicht öffentlich zugänglich gemacht werden, da der Zugang zum Betriebsgelände aus Sicherheits-/Haftungsgründen beschränkt ist.
- Für Betriebe gibt es einige regulatorische Einschränkungen beim Aufbau von LIS. So ist bei Nutzung von LIS durch Privatfahrzeuge der Mitarbeiter eine Abrechnung zwingend. Zudem dürfen Betriebe ihren Mitarbeitern auf deren Grundstück keine LIS zum Laden des Firmenwagens installieren.
- Andererseits wird die Bereitstellung von LIS zunehmend als Wettbewerbsvorteil beim Werben um hochqualifizierte Mitarbeiter gesehen.
- Im Einzelhandel, v.a. bei Supermärkten, gibt es zum Teil bereits konkrete Planungen / Prozesse für den Aufbau von öffentlich zugänglicher LIS für Kunden.

3.5.3 Leitgedanken für ein LIS-Konzept

- Der Ausbau öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur sollte sich am tatsächlichen Bedarf orientieren, das Gießkannenprinzip ist angesichts limitierter Finanzen ungeeignet.
 - Wie kann der Bedarf ermittelt werden? Z.B.
 - Kurzfristig (1-2 Jahre):
 - Lokalisieren wichtiger Ziele („Points of Interest“, z.B. Supermärkte, Theater, Parkgaragen), die von vielen Pkw-Besitzern angesteuert werden und hohe Nutzungsraten für Gelegenheitsladevorgänge erreichen können,
 - Ergänzendes Lokalisieren von „Early Adopters“: Bewohner von Quartieren ohne private Stellplätze, bei gleichzeitig entsprechender Kaufkraft sowie Umweltbewusstsein und Interesse an Innovation, die eine Abdeckung des Grundbedarfs an Ladeinfrastruktur in öffentlich zugänglichen Bereichen benötigen.
 - Mittelfristig nachfrageorientiert-dynamischer Ausbau:
 - Monitoring der (räumlich verorteten) Nachfrageentwicklung nach Ladeinfrastruktur (Grundbedarf, Gelegenheitsladen) infolge der Entwicklungen von Anzahl, Reichweiten und Einsatzprofilen bei Elektrofahrzeugen
 - Monitoring der Auslastung bereits vorhandener Ladeinfrastruktur
 - App-basierte Standortsuche/-vorschläge durch Elektro-Pkw-Besitzer
 - Zusammenschluss von Nutzern für die Beantragung von LIS
 - Ein zentraler Anlaufpunkt für Elektromobilität in der Stadtverwaltung könnte bei der bedarfsgerechten LIS-Planung helfen, da dann die Anfragen dort gebündelt ausgewertet werden können.
- Die primär betriebswirtschaftliche Bewertung von LIS-Aufbau steht im Widerspruch zu anderen Zielen, die mit dem LIS-Aufbau verfolgt werden – insbesondere in der Einführungsphase von Elektrofahrzeugen. Bei der LIS-Planung sollten diese anderen Zielgrößen (v.a. Schaffung von Vertrauen bei den Nutzern) daher mindestens gleichrangig berücksichtigt werden.

- Stadtweit einheitliche LIS-Nutzungsbedingungen können beitragen, Vertrauen bei den Nutzern zu schaffen – ebenso wie transparente Kriterien für den weiteren Ausbau (z.B. Zusammenschluss einer bestimmten Nutzeranzahl zur Beantragung einer Ladesäule).
- Wichtig: Es sollte vermieden werden, Nutzergruppen gegeneinander auszuspielen (siehe USA: Gezieltes Zuparken von Tesla-Ladestationen...). Möglichst klare, allgemeingültige Regeln definieren, um Einzelfallentscheidungen zu vermindern.
- Öffentliche und betriebliche LIS decken unterschiedliche Bedürfnisse ab und sind daher nur sehr eingeschränkt durch den jeweils anderen Typ substituierbar:
 - Der Ausbau betrieblicher LIS orientiert sich primär an der betrieblichen Fahrzeugflotte, deren Entwicklung wiederum stark vom Angebot geeigneter Elektrofahrzeuge abhängt.
 - Viele Betriebe sind (z.B. aus Sicherheitsgründen) zufahrtsbeschränkt.
 - Normalladung deckt in erster Linie die Funktion des Destination Charging ab. Hier ist die räumliche Flexibilität der Nutzer (= Weg vom Auto zum Ziel) aber nicht sehr hoch. Ebenso ist beim Destination Charging die Bereitschaft gering, das Fahrzeug nach abgeschlossenem Ladevorgang umzuparken – insbesondere dann, wenn das Fahrzeug ein Stück vom Ziel entfernt steht. Das größte Potential hat betriebliche LIS daher voraussichtlich bei Besuchern der Betriebe.
 - Mit steigenden Reichweiten der Fahrzeuge wird die vorgenannte Überlegung immer wichtiger und wird die Erwartung von Betrieben mindern, von der Öffnung von LIS für die Öffentlichkeit finanziell profitieren zu können. Damit geht auch die Bereitschaft zurück, dies zu tun.
- Der Einzelhandel ist in mehrfacher Hinsicht prädestiniert für den Aufbau von öffentlich nutzbarer Ladeinfrastruktur:
 - Interesse des Einzelhandels am Aufbau, da dies
 - gerade in der Frühphase ein Alleinstellungsmerkmal sein kann
 - Aufmerksamkeit erregt und ein grünes Image fördert
 - perspektivisch Einnahmen generiert (nach erfolgtem Markthochlauf, wenn die Zahlungsbereitschaft von EVU für den LIS-Betrieb gewachsen sein dürfte)
 - Hohe Fluktuation auf den Parkplätzen begünstigt eine gute Auslastung der LIS → Business Case
 - Verschiedene Modelle denkbar, die LIS ins Standortkonzept insbesondere von Supermärkten zu integrieren
 - Bei Supermärkten gute Kombinierbarkeit mit Photovoltaik auf dem Dach zum Einsatz von zusätzlichem erneuerbarem Strom in der Elektromobilität
- DC-Schnellladeinfrastruktur ist mit ungleich höheren Investitionskosten als Normalladeinfrastruktur verbunden. Zudem sind die Anforderungen an den Netzanschluss höher. Auf der Fahrzeugseite wird DC-Ladung bisher nur teilweise unterstützt (auch wenn die DC-Kompatibilität gegenwärtig auf dem Vormarsch ist). Beim LIS-Ausbau durch die Kommune ist daher bezüglich DC-LIS die Abwägung von Kosten und Nutzen wichtig.

3.5.4 Eckpunkte eines Konzepts zur Lade- und Abstellinfrastruktur für Ludwigshafen

1. Der kurzfristige Aufbau von Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen sollte sich auf ausgewählte städtische Ziele (z.B. Versorgungs- und Freizeiteinrichtungen) mit hoher Fluktuation an den Ladestandorten (Gelegenheitsladung) konzentrieren. Gegebenenfalls sollte in ausgewählten Pilotquartieren ohne private Stellplätze bei gleichzeitig hoher Affinität der Bewohner zu Elektromobilität eine begrenzte LIS-Grundversorgung an öffentlich zugänglichen Ladestandorten geschaffen werden.
2. Mittelfristig sollte der Aufbau von Ladeinfrastruktur nicht nach starr festgelegten Ausbauplänen erfolgen, sondern flexibel an der Nachfrage orientiert und sukzessive an die Tendenzen der E-Pkw-Bestandsentwicklung im Ludwigshafener Raum angepasst werden. Eine dynamische Anpassung des LIS-Angebots erfordert hohe Handlungs- und Reaktionsfähigkeit der beteiligten Akteure und wird beispielsweise durch Aufstellen von Leitfäden auf organisatorischer Ebene sowie durch konsequente Vorrüstung von Stellplätzen mit vorbereitender Infrastruktur (Leerrohre, Stromanschlüsse) auf der Handlungsebene ermöglicht.
3. Der Grad an Urbanität bzw. der Parkdruck ist ein Kernkriterium für die anzuwendende LIS-Ausbastrategie. In Gebieten mit geringem Parkdruck ist die Schaffung von LIS auf öffentlichem Grund anzustreben, möglichst in Kombination mit einer städtebaulichen Aufwertung. In Gebieten mit hohem Parkdruck sollte LIS hingegen prioritär im halböffentlichen Bereich ausgebaut werden und gleichzeitig effektive Maßnahmen zur Verringerung der Pkw-Dichte in der Stadt getroffen werden (z. B. flächendeckendes Parkraumkonzept inkl. Parkraumbewirtschaftung). Im Strategiepapier zu räumlichen Faktoren beim LIS-Aufbau wird dies näher ausgeführt (siehe Anhang A7).
4. Bei der Auswahl geeigneter Flächen für LIS sollten auch die Netzanschlusskosten im Vorfeld betrachtet werden. Besonders für den Fall weniger Normalladesäulen können hier bei der Platzierung in der Nähe einer gering ausgelasteten bestehenden Ortsnetzstation deutliche Kostenvorteile erzielt werden. Vor allem im Stadtteil Mitte (und auch Süd) gibt es nach Angaben der TWL aktuell gering ausgelastete Ortsnetzstationen.
5. Beim Netzanschluss sollte soweit möglich vorausschauend geplant werden. Für den späteren Ausbau weiterer LIS können bereits Leerrohre mitverlegt werden. Der spätere Einbau eines Transformators mit größerer Bemessungsleistung ist standardmäßig bei allen Ortsnetzstationen umsetzbar. Spätestens ab 150 kW Gesamtleistung muss aber auch der Platz für eine neue Stromstation nahe der geplanten Ladestationen eingeplant werden. Bei Standorten, an denen eine große Anzahl von LIS erwartet wird, sollte frühzeitig der Einsatz eines lokalen Lademanagements in Erwägung gezogen werden bzw. ein Nachrüsten ermöglicht werden (z.B. Parkhäuser).
6. Die Vereinheitlichung von Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet bietet etliche Vorteile, z.B. hinsichtlich Zugänglichkeit, Akzeptanz, Betriebskosten und Planungsaufwand. Es wird daher die Entwicklung eines Leitfadens¹ empfohlen, der Vorgaben für einige zentrale Eigenschaften der LIS in Ludwigshafen macht. Mögliche Bausteine eines solchen Leitfadens sind in Tabelle 6 aufgeführt.
7. Die Kommune sollte ein Vorgehen etablieren, um Bedarf nach öffentlicher Ladeinfrastruktur in einer standardisierten Weise zu erfassen. So wäre es beispielsweise denkbar, über die Website der Stadt oder der TWL Vorschläge zur Platzierung von LIS direkt von den Betroffenen entgegenzunehmen. Ferner sollte es transparente Kriterien geben, mit

¹ In anderen Städten sind solche Leitfäden z.T. bereits beschlossen worden, z.B. in Frankfurt am Main: www.frankfurtemobil.de/files/2018-07_final_leitfaden_ladeinfrastruktur_blanko.pdf

denen über die Umsetzung solcher Vorschläge entschieden wird. Beispielsweise könnte eine bestimmte Mindestanzahl an Unterstützern gefordert werden.

8. Die Kommune sollte primär den Aufbau niedrigschwelliger, günstiger Ladeinfrastruktur in der Breite vorantreiben. Wird Schnellladebedarf identifiziert, so bietet sich eine Kooperation mit entsprechenden Anbietern (z.B. IONITY) an.
9. Es ist nicht davon auszugehen, dass die Freigabe betrieblicher Ladeinfrastruktur für die Öffentlichkeit in Ludwigshafen das Potential hat, in großem Umfang zum Angebot öffentlicher Ladeinfrastruktur beizutragen, da hier etliche Hürden identifiziert wurden. Weitaus erfolgversprechender ist der Aufbau von LIS an hochfrequentierten Points of Interest, also z.B. Einzelhandelsgeschäften (v.a. Supermärkten), öffentlichen Kultur- oder Freizeiteinrichtungen sowie Parkhäusern. Hier kann teilweise an bereits bestehende Aktivitäten oder Planungen angeknüpft werden.

Tabelle 6: Mögliche Bausteine eines Leitfadens zum Aufbau von Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen

Baustein	Erläuterung / Beispiel
Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> ● Beschilderung und Markierung nach StVO, Piktogramme ● Aussagen zur Befristung der Verweildauer an Ladepunkten („nur während des Ladevorgangs oder max. 3 h“)
Gestaltungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zur Gestaltung von Ladepunkten und – Infrastruktur (z. B. Corporate Design) zur besseren Sichtbarkeit und Wahrnehmbarkeit
Technische Standards	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zur verfügbaren Ladeleistung (Schnell-/ Langsam-Laden, minimale/maximale Ladeleistung) ● Vorgaben zu Anschlussmöglichkeiten (Steckertypen, Anzahl Ladepunkte, Notwendigkeit eines Lastenmanagements) ● Integration der Anforderungen der Ladesäulenverordnung (LSV)
Energie	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zur Energie-/Stromquelle (z. B. rein/teil-regenerative Energie, Bezug von lokalen Energieversorgern)
Zugang / Nutzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zur Zugangstechnologie (z.B. Zahlung per EC-Karte) ● Zugang 24/7 gewährleisten (keine Schranken etc.) ● Online-Info zum Status und Reservierbarkeit ● Ausreichende Beleuchtung
Tarife	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zu Abrechnungstarifen (zeit- und/oder energieabhängige Tarife, Unterschiede bei Langsam- und Schnellladen) ● Transparenz des Tarifs sicherstellen
Abstimmungsprozess/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ● Angaben zu den Ansprechpartnern bei der Stadt Ludwigshafen (z. B. Straßenverkehrsamt, Stadtplanungsamt) ● Bereitstellung von Informationen für eine zu schaffende zentrale Anlaufstelle für Elektromobilität in Ludwigshafen

3.6 Zusammenfassung Ladeinfrastruktur

Nach aktuellen Befragungen ist die Hälfte aller Elektro-Pkw bei Unternehmen zugelassen. Zudem werden 92 % der privat zugelassenen Elektro-Pkw auf einem privaten Stellplatz geparkt (Nobis, 2018). Der Grundbedarf an Ladeinfrastruktur wird demnach vor allem über die Ausstattung privater Stellplätze mit langen Fahrzeug-Standzeiten (zu Hause, Arbeitsplatz) gedeckt. Der Schwerpunkt eines Ausbaus von Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum sollte somit vor allem auf der Ausstattung hochfrequentierter Destinationen liegen, wo sich die Fahrzeugbesitzer über kürzere Zeiträume aufhalten (z.B. Versorgungs- und Kultureinrichtungen). Die LIS-Ausstattung von Parkplätzen eröffnet Möglichkeiten zum Gelegenheitsladen, d.h. Ladevorgänge werden „mitgenommen“, wenn man sowieso zu dem Ziel muss, und etwaiger Reichweitenangst wird entgegengewirkt. Gleichzeitig verbessert sich mit einer höheren Anzahl von Ladevorgängen pro Tag auch die Wirtschaftlichkeit der öffentlich zugänglichen Ladestationen. In Wohngebieten ohne private Stellplätze mit an Elektro-Pkw interessierter Bürgerschaft wird allerdings auch eine Abdeckung des Grundbedarfs durch öffentlich zugängliche Lademöglichkeiten (z.B. über Quartiersgaragen als Ladehöfe) mittelfristig stärker in den Vordergrund rücken.

Der Ausbau von Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum sollte damit vorerst weniger an starr festgelegten Ausbauzielen ausgerichtet werden. Vielmehr empfiehlt sich ein nachfrageorientierter Ansatz, der kurzfristig auf die Lokalisierung städtischer Ziele mit hoher Priorität für das Gelegenheitsladen setzt und mittelfristig dynamisch auf die zeitliche und räumliche Entwicklung der Nachfrage (abhängig insb. von Anzahl- und Reichweitenentwicklung der Elektro-Pkw) reagiert. Gleichzeitig wird die mögliche Bereitstellung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur an den identifizierten Zielen stark durch die städtebaulich-verkehrlichen Rahmenbedingungen mitbestimmt, insbesondere vom Stellplatzangebot, Pkw-Dichte und Parkdruck in den Quartieren. Diese Rahmenbedingungen sollten daher bei der Konzeption für die Lade- und Abstellinfrastruktur stets einbezogen werden.

4 Potentiale und Voraussetzungen der Elektrifizierung

4.1 Elektrifizierungspotential im kommunalen Fuhrpark

4.1.1 Allgemeines

Der städtische Fuhrpark besteht aktuell aus 449 Fahrzeugen sowie weiteren rund 150 Fahrzeugen der technischen Werke Ludwigshafen (TWL), die jedoch im Elektromobilitätskonzept auf Wunsch des Auftraggebers nicht adressiert werden. Insgesamt 159 der 449 Fahrzeuge sind Pkw, der übrige Fahrzeugbestand setzt sich aus Lkw und Zugmaschinen (127 Fahrzeuge), Lieferwägen (121 Fahrzeuge), sowie Arbeitsmaschinen (42 Fahrzeuge) zusammen. Im Fokus der Betrachtung im Elektromobilitätskonzept steht der Ersatz von konventionell betriebenen Pkw durch Elektro-Pkw. Hierzu wird im Folgenden ein konkretes Szenario entwickelt, das die Potenziale einer Elektrifizierung des Pkw-Fuhrparks aufzeigt. Die Bewertung des Elektrifizierungspotentials von kommunalen Sonderfahrzeugen erfolgt davon getrennt in Abschnitt 4.1.3.

Da für die kommunale Fahrzeugflotte in Ludwigshafen derzeit kein zentrales Fuhrparkmanagement existiert, war es im Rahmen des Projekts nicht möglich, die Einsatzprofile der Fahrzeuge über alle Abteilungen hinweg in gleicher Detailtiefe zu erheben. Somit können nur allgemeine Empfehlungen gegeben werden und es mussten einige Angaben zu den Fahrzeugeinsatzprofilen aus anderen Quellen übernommen werden.

In der Datenauswertung des städtischen Fuhrparks wurden folgende Datenquellen genutzt:

- Die zentrale Datenbank des Fahrzeugbestands, die beim Wirtschaftsbetrieb (WBL) geführt wird (der WBL ist die ausführende Stelle für Fahrzeugbeschaffungen der Stadtverwaltung). In dieser Datenbank sind folgende Informationen zu den einzelnen Fahrzeugen enthalten:
 - Kennzeichen
 - Antriebsart
 - Anschaffungspreis (real)
 - Fahrzeugklasse
 - Modell
 - Hersteller
 - Beschaffungsart (Kauf oder Leasing)
 - Abteilung, in der das Fahrzeug betrieben wird
 - Datum der Erstzulassung

- Telefonische Befragungen der einzelnen Abteilungen. Im Fokus der Abfrage standen folgende Fragen / Parameter, die jedoch von den jeweiligen Abteilungen meist nur teilweise und in verschiedener Detailtiefe beantwortet werden konnten¹:
 - Anzahl der Fahrzeuge, bei welchen eine Elektrifizierung unter den gegenwärtigen Umständen nicht möglich erscheint. Als Gründe für einen Ausschluss von der Elektrifizierung wurden unter anderem die Notwendigkeit hohe Nutzlasten zu transportieren oder einen Anhänger ziehen zu können sowie die jederzeitige Fahrzeugverfügbarkeit, die längere Stand- und Ladezeiten, wie sie bei Elektrofahrzeugen auftreten können, ausschließt.
 - Angaben der Jahresfahrleistung (bzw. der Gesamtfahrleistungen) und der Tagesfahrweiten
- Teilweise Aufstellung der Tankvorgänge für einzelne Fahrzeuge anhand der Tankkartenabrechnungen²

Das Prozedere für die Beschaffung neuer Fahrzeuge im kommunalen Fuhrpark sieht aktuell folgendermaßen aus:

- Wenn ein Bereich ein neues Fahrzeug benötigt, erfolgt eine Anfrage beim Zuständigen im Wirtschaftsbetrieb, der der anfragenden Abteilung daraufhin einen Fahrzeugvorschlag unterbreitet. Berücksichtigt werden hierbei die gewünschte Fahrzeuggröße sowie mögliche Sonderausstattungen.
- Stimmt der Bereich dem Fahrzeugvorschlag zu, wird dieses vom WBL angeschafft und an die betreffende Abteilung verleast. Somit kümmert sich der Wirtschaftsbetrieb um Anschaffung, Versicherung und Wartung der Fahrzeuge.

Die überwiegende Anzahl der städtischen Fahrzeuge wird aktuell gekauft (Pkw: ca. 91 % Kauffahrzeuge, ca. 9 % Leasingfahrzeuge, Nutzfahrzeuge: 100 % Kauffahrzeuge), wobei bei den konventionellen Fahrzeugen üblicherweise Rabatte von 20 bis 45% auf den Listenpreis ausgehandelt werden. Die meisten Pkw werden etwa auf 8 Jahre abgeschrieben, es gibt jedoch auch deutlich ältere Fahrzeuge im Bestand, da auch der Fahrzeugzustand bei einem möglichen Ersatz mitberücksichtigt wird.

Nutzfahrzeuge wurden gemäß Absprache mit dem Auftraggeber zunächst nicht näher betrachtet. In Abschnitt 4.1.3 werden daher lediglich allgemeine Vorschläge zur Umstellung der Nutzfahrzeugflotte auf Elektroantriebe gemacht.

¹ Allgemeine Rückmeldungen zu den Fahrzeugeinsatzprofilen liegen für etwa 50% der städtischen Pkw-Flotte vor. Teilweise wurden genaue Tagesfahrweiten und Gesamt-/ Jahreskilometerstände geliefert, teilweise wurden nur qualitative Aussagen zur grundsätzlichen Eignung für oder gegen eine Elektrifizierung des betreffenden Fahrzeugs getroffen.

² Während diese Daten einen guten Überblick über die monatliche Fahrzeugnutzung geben, ist ein Rückschluss auf konkrete Einsatzprofile leider oftmals nicht möglich. Unter Umständen wird ein Fahrzeug zunächst gar nicht bewegt und dann eine längere Strecke am Stück gefahren statt gleichmäßig über die Tage hinweg kürzere Strecken zu fahren.

4.1.2 Pkw-Fuhrpark

4.1.2.1 Bestandsaufnahme

Der kommunale Pkw-Fuhrpark in Ludwigshafen umfasste im Jahr 2018 insgesamt 159 Pkw. Aktuell dominieren die konventionellen Benzinfahrzeuge (84 Stück) und Dieselfahrzeuge (65 Stück) den Fuhrpark mit einem Anteil von 94 % am Gesamtbestand. Von den Benzinfahrzeugen verfügen zwei Fahrzeuge über einen Hybridantrieb. Zusätzlich sind im städtischen Fuhrpark aktuell 10 Elektro-Pkw, von welchen 6 Fahrzeuge Plug-In-Hybride und 4 Fahrzeuge Elektroautos sind. Weitere Antriebsarten spielen keine Rolle.

Den insgesamt größten Anteil an den Fahrzeugsegmenten, also der Verteilung der Pkw nach den Größenklassen, besitzen Utilities und Großraum-Vans (73 Fahrzeuge, Anteil rund 46 %). Zweithäufigstes Segment ist die Kompaktklasse (36 Fahrzeuge, Anteil rund 23 %). Demgegenüber sind im kommunalen Fuhrpark aktuell nur wenige Mini- und Kleinwagen im Einsatz (24 Fahrzeuge, Anteil rund 15 %).

Bei den kleinen und leichten Fahrzeugen überwiegen Benzinmotoren, wohingegen große und schwere Fahrzeuge größtenteils mit Dieselmotoren ausgestattet sind.

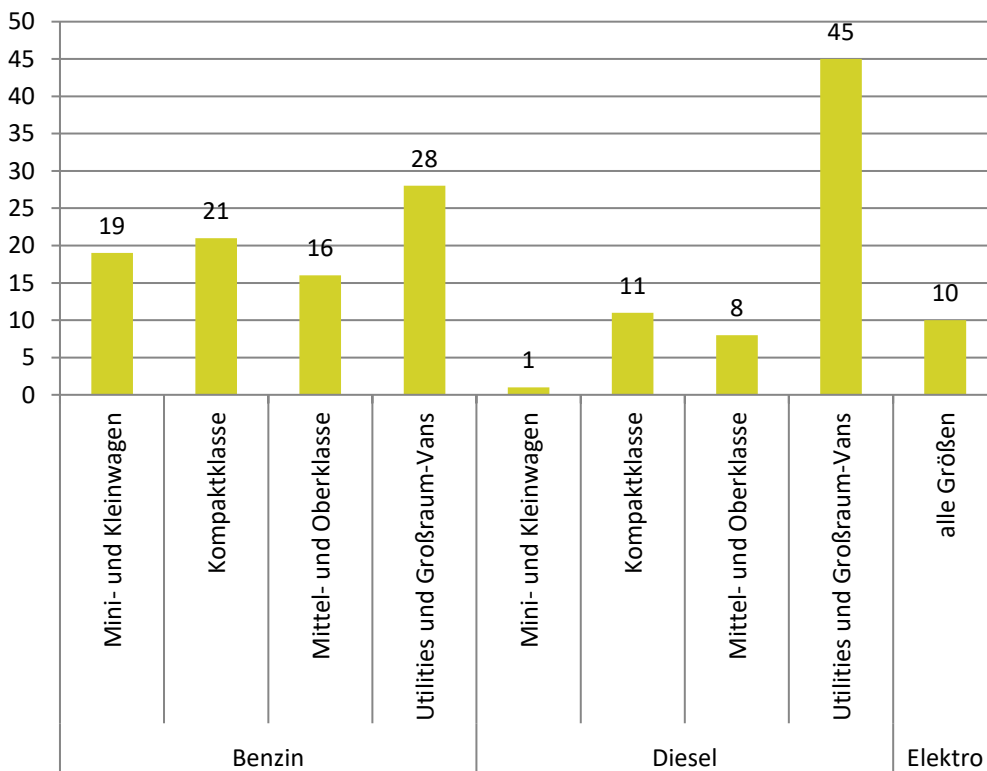


Abbildung 18: Fahrzeugbestand im kommunalen Fuhrpark nach Antrieb und Segment

Das durchschnittliche Fahrzeugalter der Flotte beträgt 6 Jahre wobei die Mehrzahl der Fahrzeuge zwischen 0 und 7 Jahren alt ist. Zudem gibt es auch einige ältere Fahrzeuge, die zwischen 13 und 19 Jahren alt sind.

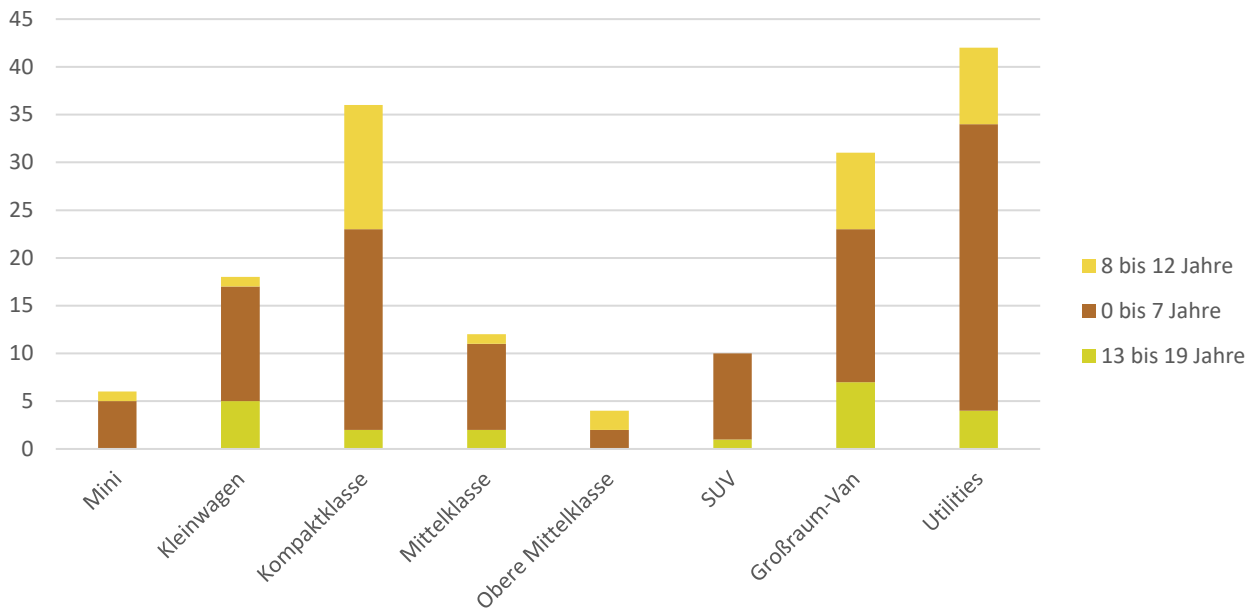


Abbildung 19: Fahrzeugalter im kommunalen Fuhrpark nach Segment

Aus der Analyse des aktuellen Fahrzeugbestands kann festgestellt werden, dass in der kommunalen Flotte in Ludwigshafen grundsätzlich ein großes Potenzial vorhanden ist, in der nächsten Zeit ältere Fahrzeuge, durch neue (Elektro-)Pkw zu ersetzen.

Analyse der Nutzungsmuster innerhalb der kommunalen Flotte

Fahrzeugspezifische Rückmeldungen aus den verschiedenen Abteilungen liegen etwa zur Hälfte der Fahrzeuge (92 Stück) vor. Von diesen Fahrzeugen wurden 19 Fahrzeuge bereits vorab aufgrund ihres Nutzungsprofils für eine Elektrifizierung ausgeschlossen. Zu insgesamt 75 Fahrzeugen konnten in den Abteilungen Angaben über typische Tages- oder Jahresfahrleistung erfragt werden.

Bei der Auswertung der Jahresfahrleistungen zeigt sich, dass ein Großteil der Fahrleistung der Pkw in der Stadt erbracht wird, so dass die Fahrzeuge oftmals nur geringe Jahresfahrleistungen erreichen. Die mittlere Jahresfahrleistung liegt bei etwa 7.150 km für Diesel- und 7.900 km für Benzinfahrzeuge. Dies liegt weit unter der Durchschnittsfahrleistung von Pkw in Deutschland (hier etwa 20.000 km Diesel resp. 10.000 km Benzin lt. KBA), zudem ist im Fuhrpark zumindest innerhalb der einzelnen Segmente nicht die übliche gegenüber Benzinern höhere Fahrleistung von Diesel-Pkw zu beobachten. Batteriefahrzeuge erreichen mit durchschnittlich nur etwa 7.550 km Jahresfahrleistungen, die zwischen Benzinern und Dieseln liegen. Plug-in-Hybride weisen mit einer Jahresfahrleistung von durchschnittlich etwa 5.500 km die insgesamt geringsten Fahrleistungen auf. Der Anteil der elektrischen Fahrleistung (Summe aus BEV und PHEV) an der gesamten Jahresfahrleistung des kommunalen Fuhrparks in Ludwigshafen liegt aktuell bei rund 5,6 %.

Bei Betrachtung der durchschnittlichen Jahresfahrleistungen nach Fahrzeugsegmenten ist zu beobachten, dass mit zunehmender Größe und Gewicht der Fahrzeuge auch die Fahrleistung ansteigt (Abbildung 20). Während Mini- und Kleinwagen, Utilities und Vans sowie Kompaktklassenfahrzeuge nahezu ähnliche Werte aufweisen (rund 6.500 km/Jahr), besitzen Mittel- und Oberklassenfahrzeuge deutlich höhere durchschnittliche Fahrleistungen (rund 11.500 km/Jahr).

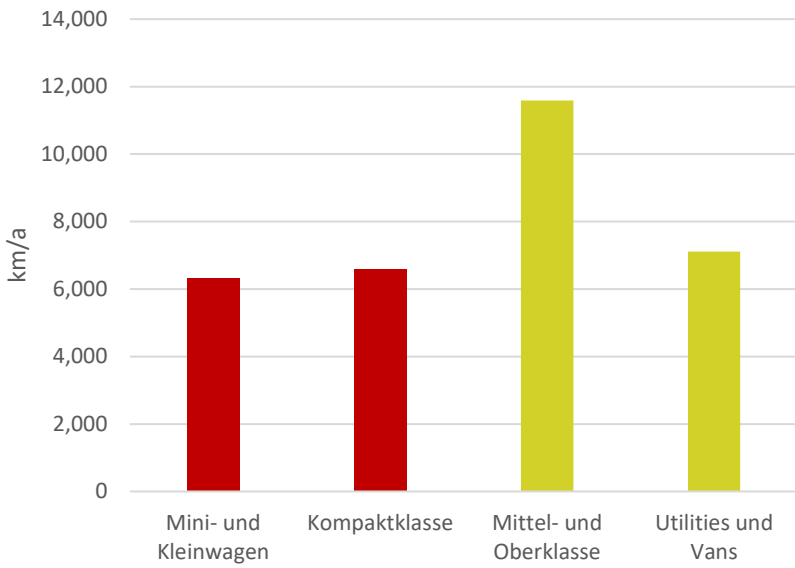


Abbildung 20: Durchschnittliche Jahresfahrleistung des Pkw-Bestandes in Ludwigshafen nach Größenklassen

Zusätzlich zu den Jahresfahrleistungen wurden die Tagesfahrweiten der Fahrzeuge ausgewertet. Dabei zeigt sich, dass von den betrachteten Fahrzeugen nur 5 Stück durchschnittliche Tagesfahrweiten von über 100 Kilometern aufweisen. Die meisten der ausgewerteten Fahrzeuge fahren am Tag sogar weniger als 50 Kilometer. Die meisten Fahrprofile könnten somit durch batterieelektrische Fahrzeuge abgedeckt werden.

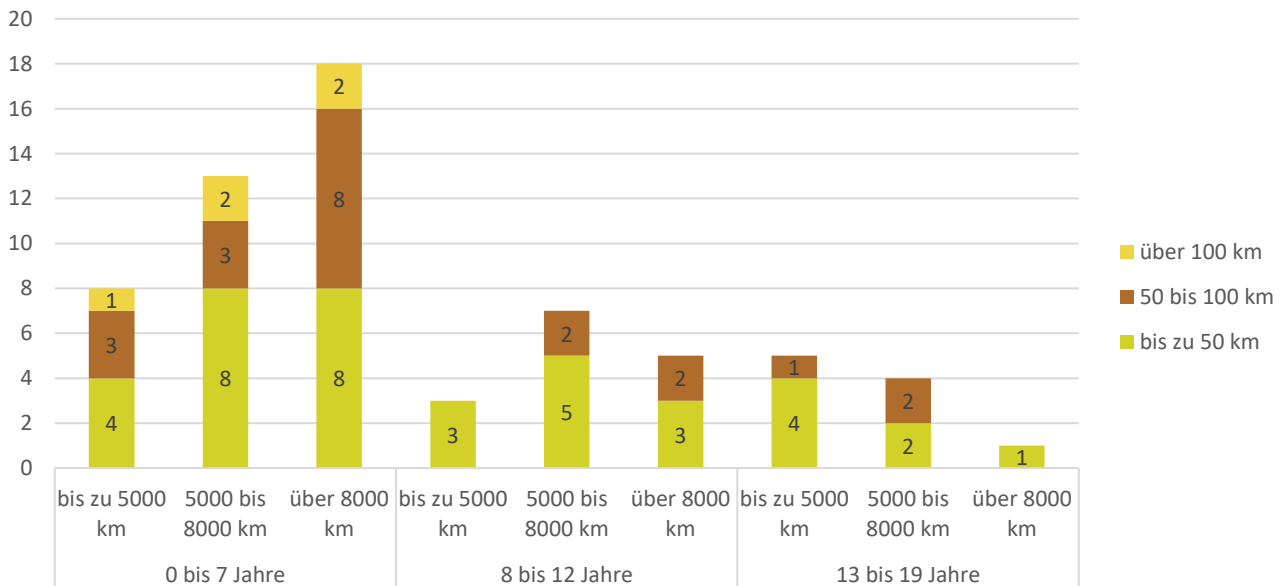


Abbildung 21: Tagesfahrweiten in Abhängigkeit des Fahrzeugalters und der Jahresfahrleistung (enthalten sind nur diejenigen Flottenfahrzeuge, für die alle diese Größen abgeschätzt werden konnten)

Planungen zur Anschaffung von Elektrofahrzeugen

WBL, Stadtentwässerung und Stadtverwaltung planen zukünftig verstärkt Elektro-Fahrzeuge anzuschaffen und arbeiten zudem am Ausbau der für die Fahrzeuge benötigten Ladeinfrastruktur. Dazu wurde von der Stadt ein Förderantrag für 20 Elektro-Fahrzeuge gestellt, deren Beschaffung im Jahr 2019 ansteht. Teilweise ist für die Fahrzeuge bereits bekannt, welche Fahrzeuge ersetzt werden, teilweise ist dies noch nicht final geklärt, so dass es hierbei noch zu Verschiebungen / Änderungen kommen kann. Neben einigen Elektro-Pkw (vor allem im Kleinwagenbereich) sind auch größere Lieferfahrzeuge sowie zwei kleinere Elektro-Sonderfahrzeuge beantragt worden.

In den meisten Fällen ist aktuell ein direkter Ersatz eines vorhandenen Verbrennungsfahrzeuges durch ein ähnlich großes Elektrofahrzeug geplant. Dabei werden bevorzugt ältere, abgeschriebene Fahrzeuge oder Leasing-Fahrzeuge durch neu gekaufte Elektrofahrzeuge ersetzt.

4.1.2.2 Annahmen für die Potenzialberechnung

Zur Ausgestaltung einer möglichen weiteren Elektrifizierung des kommunalen Fuhrparks wurden bisher keine politischen Ziele festgelegt (z.B. Anteil Fahrleistung alternativer Antriebe). Um Potential (Minderung von Endenergiebedarf und Treibhausgasemissionen) und Kosten einer konsequenten Elektrifizierung der Flotte abzuschätzen, wird im Folgenden ein Szenario betrachtet, in dem der kommunale Pkw-Fuhrpark bis zum Jahr 2030 vollständig auf Elektrofahrzeuge umgestellt wird (im weiteren Verlauf Emob-Szenario genannt). In einem zweiten Szenario (Basis-Szenario) wird die Entwicklung für den Fall berechnet, dass die Elektrifizierung entsprechend der Annahmen für die durchschnittliche Entwicklung der Pkw-Flotte in Deutschland voranschreitet (in Anlehnung an das TREMOD-Trendszenario). Aus dem Vergleich der beiden Szenarien können anschließend die erzielbaren Minderungspotentiale und die mit der Umstellung verbundenen Kosten berechnet werden.

Dazu wird ein Flottenberechnungsmodell verwendet, das auf dem Transportemissionsmodell TREMOD des ifeu aufbaut. In das Modell fließen Bestandsdaten des städtischen Fuhrparks ein, welche anschließend mit generischen Daten aus dem Transportemissionsmodell TREMOD des ifeu ergänzt werden.

Kriterien für die Umstellung auf Elektroantrieb

Um die maximale Durchdringung der kommunalen Pkw-Flotte mit Elektrofahrzeugen für die Potentialanalyse zu bestimmen, wurde untersucht, bei welchen Fahrzeugen im Bestand eine Umstellung prinzipiell nicht möglich ist oder mit unverhältnismäßig großen Hürden verbunden wäre. Mögliche Hinderungsgründe waren dabei:

- spezifische Anforderungen an das Fahrzeugmodell sowie die Ausstattung / Aufbauten
- speziell für rein batteriebetriebene Fahrzeuge:
 - keine planbaren Standzeiten mit Lademöglichkeit
 - hohe Tagesfahrweiten (über 100 km)
 - Notwendigkeit, Anhänger zu ziehen

Da von einem kontinuierlich wachsenden Markt für Elektrofahrzeuge ausgegangen wird, wird für das Jahr 2030 angenommen, dass dann in allen Segmenten ein hinreichendes Fahrzeugangebot verfügbar ist und die Erfüllung spezifischer Anforderungen an Ausstattung und Aufbauten kein Hindernis mehr darstellt. Somit können dann prinzipiell alle Fahrzeuge mindestens durch Plug-in-Hybride ersetzt werden.

Hinsichtlich der Hinderungsgründe speziell für rein batterieelektrische Fahrzeuge geht aus den Auswertungen der Bestandsdatenbank sowie den Befragungen hervor, dass aktuell eines dieser Kriterien auf einen Anteil von etwa 30 % der Fahrzeuge zutrifft. Für die Potenzialanalyse wird daher davon ausgegangen, dass dieser Anteil der Flotte durch Plug-in-Hybride substituiert wird und die restlichen 70 % durch Batteriefahrzeuge.

Neben der prinzipiellen Eignung spielt auch die Altersstruktur der Flotte für die Umstellung eine Rolle. Etwa 55 Fahrzeuge sind 8 Jahre oder älter und dürften demnach bereits abgeschrieben sein. Dies begünstigt eine schnelle Umstellung der gesamten Flotte auf E-Fahrzeuge bis zum Jahr 2030.

Bei der Auswertung der Jahresfahrleistung der einzelnen Fahrzeuge hat sich gezeigt, dass sich viele Fahrzeuge zwar aufgrund ihrer geringen Tagesfahrweiten leicht durch Elektrofahrzeuge ersetzen lassen, aber insgesamt geringe Jahresfahrleistungen von 6.500 km oder weniger aufweisen. Da auf Wunsch des Auftraggebers zunächst nur ein 1-zu-1-Ersatz konventioneller durch Elektrofahrzeuge betrachtet werden soll, werden diese Jahresfahrleistungen für die neu in die Flotte eingeführten E-Fahrzeuge übernommen und über den Betrachtungszeitraum konstant fortgeschrieben.

Technische Annahmen

Ausgangspunkt der beiden Szenarien bilden jeweils die Auswertungen zur aktuellen kommunalen Fahrzeugflotte in Ludwigshafen (vgl. Abschnitt 4.1.2.1). Für den Zeitraum 2018-2030 werden Annahmen zur Entwicklung der Fahrleistung und der Verteilung der Fahrleistung auf die Antriebsarten getroffen.

Die CO₂-Emissionen der Flotte werden in erster Linie von der Gesamtfahrleistung (Fahrzeugbestand x Fahrleistung pro Fahrzeug) sowie dem spezifischen Verbrauch (Liter bzw. kWh je 100 Kilometer) bestimmt. Die mittels der verfügbaren Daten berechnete jährliche Gesamtfahrleistung im Fuhrpark betrug 2018 etwa 1,2 Mio. km. Da der Fokus dieser Untersuchung auftragsgemäß auf der Elektrifizierung bestehender Pkw-Nutzungsmuster liegt, wird für beide Szenarien angenommen, dass die Anzahl der jährlich zurückgelegten Fahrzeugkilometer über den Betrachtungszeitraum konstant bleibt. Grundsätzlich kann die Pkw-Fahrleistung der städtischen Flotte jedoch auch über geeignete Maßnahmen reduziert werden, die eine Vermeidung bzw. Verlagerung von Pkw-Fahrten auf andere Verkehrsmittel (z.B. Fahrrad, Fuß, Pedelec, Lastenrad oder öffentlichen Verkehr) bewirken.

Innerhalb der konventionell angetriebenen Fahrzeuge werden keine Verschiebungen in den Antriebsarten und Größenklassen angenommen. Beim Ersatz der konventionellen durch Elektrofahrzeuge werden insgesamt ähnliche Fahrzeugeigenschaften unterstellt, wobei ein leichter Trend hin zu kleineren Fahrzeugsegmenten angenommen wird. In Tabelle 7 sind die zentralen Annahmen zur Berechnung der Fahrleistung, des daraus resultierenden Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen zusammengefasst.

Tabelle 7: Zusammenfassung der zentralen Annahmen zur Berechnung der Fahrleistungen in den Szenarien

Parameter	2018	2030 Basis-Szenario	2030 Emob-Szenario
Gesamtfahrleistung	1,2 Mio. km pro Jahr		
Jahresfahrleistungen	Mini- & Kleinwagen: 6.332 km Kompaktklasse: 6.596 km Mittel- & Oberklasse: 8.278 km		
Fahrleistungen nach Segmenten ¹	Mini- & Kleinwagen: 12,6% Kompaktklasse: 19,6% Mittel- & Oberklasse: 67,8%	Mini- & Kleinwagen: 13,0% Kompaktklasse: 19,7% Mittel- & Oberklasse: 67,3%	Mini- & Kleinwagen: 16,1% Kompaktklasse: 20,2% Mittel- & Oberklasse: 63,7%
Fahrleistungen nach Antrieben (in den Zwischenjahren wird ein linearer Verlauf angenommen)	Benzin: 51,5% Diesel: 52,8% PHEV: 3,6% BEV: 2,1%	Benzin: 46,7% Diesel: 40,3% PHEV: 4% BEV: 9%	Benzin: 0% Diesel: 0% PHEV: 30% BEV: 70%

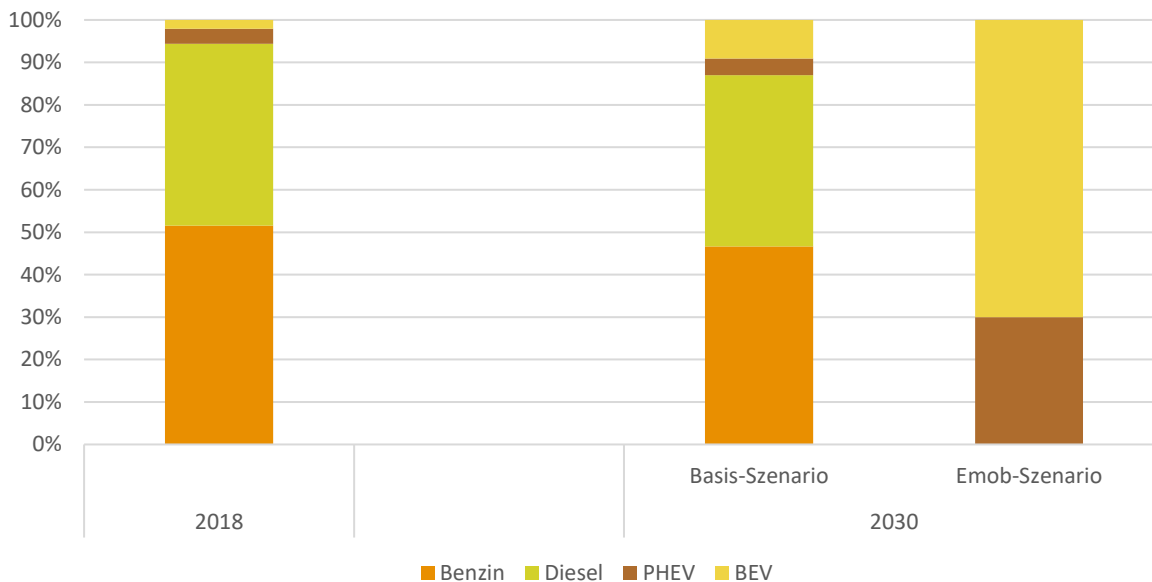


Abbildung 22: Fahrleistungen nach Antriebsarten

Dabei wird für alle Plug-In-Hybride davon ausgegangen, dass es sich beim Verbrennungsmotor um einen Benziner handelt und sie zur Hälfte elektrisch und zur anderen Hälfte verbrennungsmotorisch fahren. Für die Abschätzung des Verbrauches der Fahrzeuge sowie der spezifischen CO₂-Emissionen kann auf Annahmen aus TREMOD zurückgegriffen werden. Beim Verbrauch wird im Laufe der Jahre eine (moderate) Verbesserung, auch bei den konventionellen Pkw, unterstellt (siehe Anhang A2). Aufgrund der in TREMOD angenommenen steigenden Anteile an Biokraftstoffen sowohl im Diesel- als auch bei Benzinkraftstoff, sinken die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2025 und bleiben danach konstant. Außerdem wird angenommen, dass der Ausbau erneuerbarer Energien bis 2030 weiter fortschreitet, wodurch die spezifischen CO₂-Emissionen der Elektrofahrzeuge über die Zeitreihe sinkt (siehe Anhang A3).

¹ Das Segment „Mittel- und Oberklasse“ schließt auch die in der städtischen Flotte stark vertretenen Utilities sowie Großraum-Vans ein.

Wirtschaftliche Annahmen

Zur Berechnung der Kosten des Fuhrparks werden für den Stand heute zunächst die Autokosten des ADAC¹ für gängige Fahrzeugmodelle des jeweiligen Segments (Listenpreise und Fixkosten bestehend aus Versicherung, Wartung, etc., siehe Anhang A4 und A5) zugrunde gelegt. Mittels zusätzlicher Annahmen zu Rabatten, den mittleren Nutzungsdauern sowie den Kraftstoff- bzw. Strompreisen können anschließend die Vollkosten der Fahrzeuge und somit die Gesamtkosten des Fuhrparks in den beiden Szenarien berechnet werden. In Tabelle 8 sind die zentralen Annahmen zur Berechnung der Fahrzeugkosten des Basis-Szenarios und des E-Mobilitäts-Szenarios für die Jahre 2018 bis 2030 zusammengefasst.

Tabelle 8: Zusammenfassung der zentralen Annahmen zur Berechnung der Kosten in den Szenarien

Parameter	2018	2030 Basis-Szenario	2030 Emob-Szenario
Kostendegression auf Listenpreise		PHEV: 0,6 % pro Jahr BEV: 1,2 % pro Jahr Benzin/Diesel: 0 %	
Anteil Leasingfahrzeuge in Flotte		9%	
Rabatte auf Listenpreise		Diesel und Benzin: Kauf 30 %, Leasing 20 % PHEV und BEV: Kauf 15 %, Leasing 10 %	
Mittlere Nutzungsdauer		Leasingfahrzeuge: 1,5 Jahre Kauffahrzeuge: 8 Jahre	
Restwert nach Nutzungsdauer		Leasing: 65 % Kauf: 30 %	
Energiekosten		Benzin: 1,50 €/l Diesel: 1,40 €/l Strom: 20 Cent/kWh	

Der Leasinganteil in der Flotte wirkt sich vor allem darauf aus, wie schnell neue Antriebe in den Bestand kommen können. Zudem kann er auch einen Einfluss auf die Kostenstruktur der Elektrifizierung haben, wobei es jedoch stark auf die jeweiligen Leasingbedingungen ankommt. Gegenwärtig wird mit 9 % nur ein kleiner Anteil der städtischen Pkw-Flotte geleast; dieser Anteil wird für den Betrachtungszeitraum konstant fortgeschrieben. Als Nutzungsdauer für Leasingfahrzeuge wird von durchschnittlich 1,5 Jahren und für gekaufte Fahrzeuge von 8 Jahren ausgegangen.

Laut Angaben aus dem Fuhrparkmanagement werden beim Fahrzeugkauf Rabatte zwischen 20 % und 40 % auf den Listenpreis gewährt. Für die Berechnung wird daher bei den konventionellen Fahrzeugen mit 30 % Rabatt gerechnet (bzw. 20% für Leasingfahrzeuge). Für die Beschaffung von Elektro-Fahrzeugen im kommunalen Fuhrpark konnten im Jahr 2018 und 2019 Förderungen in Anspruch genommen werden, die beispielweise bis zu 75% (in finanzschwachen Kommunen bis zu 90 %) der Mehrkosten gegenüber einem vergleichbaren konventionellen Fahrzeug übernehmen²¹. Gegenüber dem Listenpreis konnten so-

¹ Annahmen abgeleitet aus ADAC Kostendaten

https://www.adac.de/infotestrat/autodatenbank/autokosten/autokosten-vergleich/default_geschuetzt.aspx?ComponentId=35230&SourcePageId=0

² Aufruf zur Antragseinreichung zur Förderung von Fahrzeugen / Ladeinfrastruktur (06/2018) gemäß 2.1.1 der Förderrichtlinie Elektromobilität des BMVI vom 05.12.2017

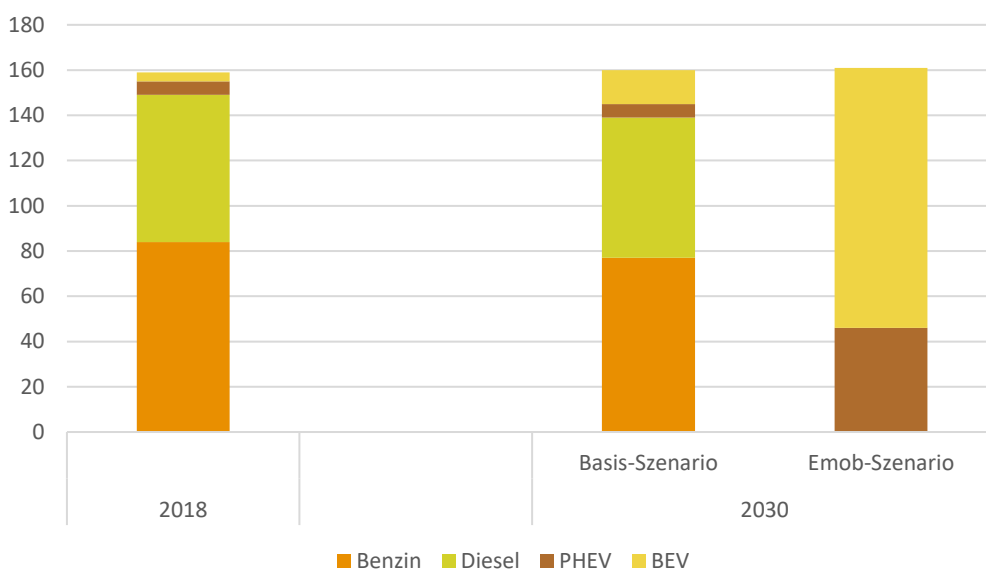
https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/3388/live/lw_bekdoc/foerderaufruf_bmvi_fahrzeuge_lis_2018_06.pdf

mit, abhängig vom jeweiligen Fahrzeug, Rabatte in Höhe von ca. 20-50 % erzielt werden. Die Förderprogramme galten jeweils nur für einen bestimmten Zeitraum und sind aktuell nicht mehr verfügbar. Die Ausgestaltung künftiger Bundes-/ Landes-Förderprogramme ist derzeit noch nicht absehbar, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die öffentliche Förderung in den kommenden Jahren vorerst weiter fortgeführt wird. Mit dem fortschreitenden Markthochlauf der Elektromobilität werden die staatlichen Subventionen langfristig gesehen aber vermutlich reduziert werden. In Anhang A1 sind die aktuell verfügbaren Fördermöglichkeiten zusammengefasst. In den beiden Szenarien wird für Elektrofahrzeuge ein Rabatt von durchschnittlich 15% auf den Listenpreis angenommen.

Nicht eingeschlossen in die Kostenbetrachtung ist der benötigte Aufbau der Ladeinfrastruktur. Bei den Energiekosten wurde vereinfachend angenommen, dass sowohl Kraftstoff- als auch Stromkosten bis 2030 konstant bleiben. Die historische Entwicklung der Kraftstoffkosten hat gezeigt, dass aufgrund der hohen Volatilität des Ölpreises eine zuverlässige Ableitung längerfristiger Veränderungen nicht möglich ist. Eine weitere Unsicherheit betrifft außerdem die zukünftige nationale Energiebesteuerung.

4.1.2.3 Ergebnisse der Potenzialberechnung

Für das Basis- und das Emob-Szenario wurden jeweils die Fahrleistungsanteile der einzelnen Antriebsarten für das Jahr 2030 vorgegeben. Durch die erwartete Fahrleistung pro Fahrzeug ergibt sich damit der Fahrzeugbestand (Abbildung 23). Das Emob-Szenario erfordert demzufolge eine Umstellung von etwa 12 Fahrzeugen pro Jahr auf elektrischen Antrieb. Im Basis-Szenario hingegen würde die bereits geplante Anschaffung von weiteren 20 Elektrofahrzeugen bereits ausreichen, so dass keine weiteren konventionellen Fahrzeuge ersetzt werden müssten. In allen Szenarien bleibt die Gesamtzahl an Pkw im städtischen Fuhrpark konstant, da bei der Umstellung der Fahrzeuge jeweils ein 1-zu-1-Ersatz unterstellt wird.



¹ Aufruf zur Antragseinreichung zur Förderung von Elektrofahrzeugen und der zum Betrieb benötigten Ladeinfrastruktur im Rahmen des „Sofortprogramms Saubere Luft 2017-2020“ (27.03.2019) https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/3388/live/lw_bekdoc/aufruf-zur-antragseinreichung-invest-03-2019.pdf

Abbildung 23: Pkw-Bestand in den Szenarien nach Antriebsart

In allen Szenarien sinkt die für den Fahrzeugbetrieb benötigte Endenergie gegenüber dem Status quo – im Basisszenario um 17 %, im Emob-Szenario deutlich um 64 %. Hier macht sich in erster Linie die hohe Effizienz der elektrischen Antriebe bemerkbar, aber auch Effizienzverbesserungen der konventionellen Fahrzeugflotte tragen dazu bei. Der jährliche Benzinverbrauch der Flotte sinkt im Emob-Szenario von derzeit knapp 50.000 Litern pro Jahr um 88 % auf 6.000 Liter und wird dann nur noch durch Plug-in-Hybride verursacht. Der Dieserverbrauch (derzeit jährlich etwa 33.500 Liter) fällt vollständig weg. Dafür steigt der Stromverbrauch von derzeit 12 MWh auf über 230 MWh.

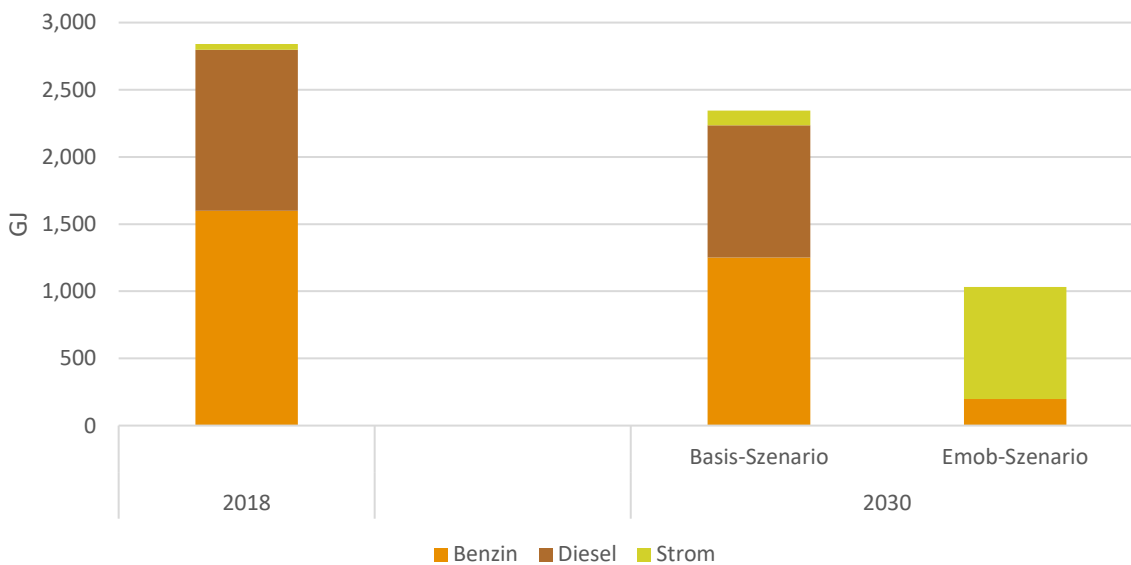


Abbildung 24: Endenergieverbrauch in den Szenarien nach Kraftstoff

Die CO₂-Emissionen sinken in der Well-to-wheel-Betrachtung¹ gegenüber dem heutigen Stand im Basisszenario um 17 %. Eine vollständige Umstellung des Pkw-Fuhrparks auf Elektrofahrzeuge bietet die Möglichkeit, im Jahr 2030 zusätzlich etwa 36 % der CO₂-Emissionen einzusparen. Wie hoch die Minderungen durch die Elektrofahrzeuge genau ausfallen, hängt neben der Entwicklung der Strombereitstellung (die durch die Stadt nur bedingt beeinflusst werden kann) vor allem vom elektrischen Fahranteil der Plug-in-Hybridfahrzeuge ab. Hier sollte wie bei den Batteriefahrzeugen auf regelmäßig nutzbare Lademöglichkeiten geachtet werden.

Zu berücksichtigen ist, dass die Berechnung der Treibhausgasminderungspotenziale sich allein auf den Fahrzeugbetrieb bezieht. Die Emissionen für die Fahrzeugherstellung sind nicht enthalten und das Ergebnis somit nicht von der Anzahl der Fahrzeuge im Bestand und deren spezifischer Fahrleistung abhängig. Es ist bekannt, dass Batteriefahrzeuge aufgrund ihres vergleichsweise hohen Herstellungsaufwands eine gewisse Mindestfahrleistung erreichen müssen, um über ihren Lebensweg eine CO₂-Minderung zu ermöglichen. Um im Vergleich zu einem Dieselfahrzeug über den Lebensweg CO₂ einzusparen, muss ein Kompaktklassenfahrzeug mit einer Normreichweite von 300 km mindestens etwa 6000 km pro Jahr fahren (Agora Verkehrswende 2019). Diese Fahrleistung wird im Falle des Ludwigshafener Fuhrparks im

¹ D.h. inklusive Energievorkette

Durchschnitt knapp erreicht. Eine verbesserte Auslastung der Flottenfahrzeuge bei gleichzeitig verringerter Fahrzeuganzahl ist allerdings Voraussetzung, um über den Lebenszyklus der Fahrzeuge deutliche CO₂-Minderungen zu erreichen. Dies gilt auch mit Blick auf weitere herstellungsbedingte Umweltwirkungen (wie z.B. Beiträge zur Versauerung) sowie signifikante Ressourcenverbräuche, die ganz allgemein Herausforderungen der Elektrifizierung im Straßenverkehr darstellen und u.a. durch weitest mögliche Kreislaufwirtschaft adressiert werden sollten.

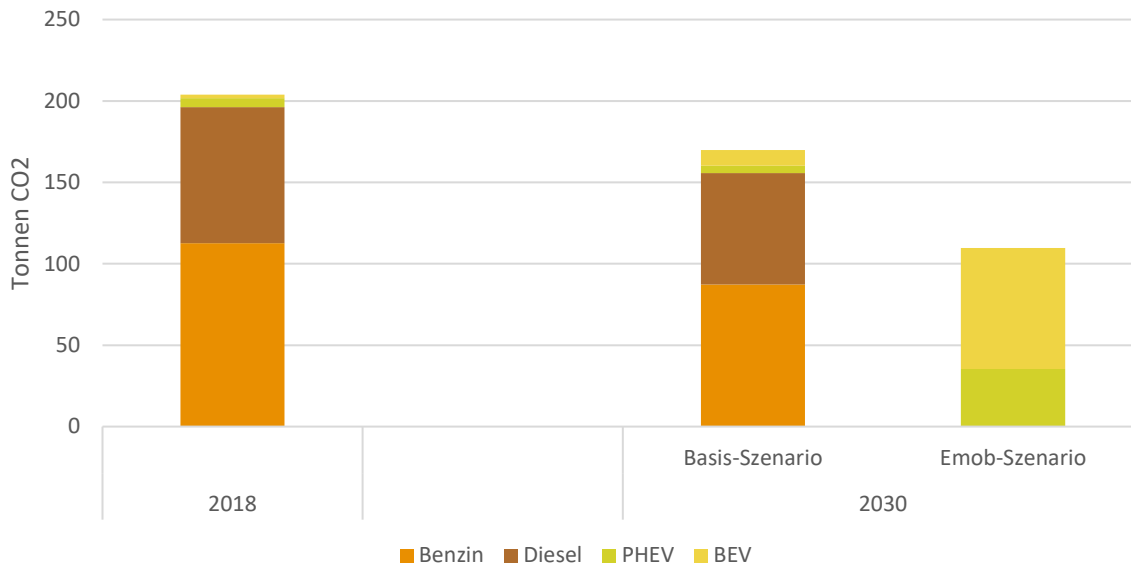


Abbildung 25: CO₂-Emissionen in den Szenarien nach Antriebsart

Insbesondere durch die höheren Anschaffungskosten der Elektrofahrzeuge gegenüber den konventionellen Fahrzeugen steigen die Gesamtkosten des städtischen Fuhrparks durch die Elektrifizierung im Emob-Szenario gegenüber dem Basisszenario um 15% an. Deutliche Kosteneinsparungen sind hingegen bei den Energiekosten zu erwarten, die jedoch den Kostenanstieg in der Anschaffung nicht vollständig ausgleichen können. Die Fixkosten für Versicherung, Kraftfahrzeugsteuer und Wartung sind bei den Elektrofahrzeugen insgesamt nur etwas geringer als bei den konventionellen Fahrzeugen. Insbesondere die, aufgrund ihres höheren Kaufpreises, hohen Versicherungskosten der Elektro- und Hybrid-Fahrzeuge, können durch die deutlich geringeren Werkstattkosten nur leicht überkompensiert werden.

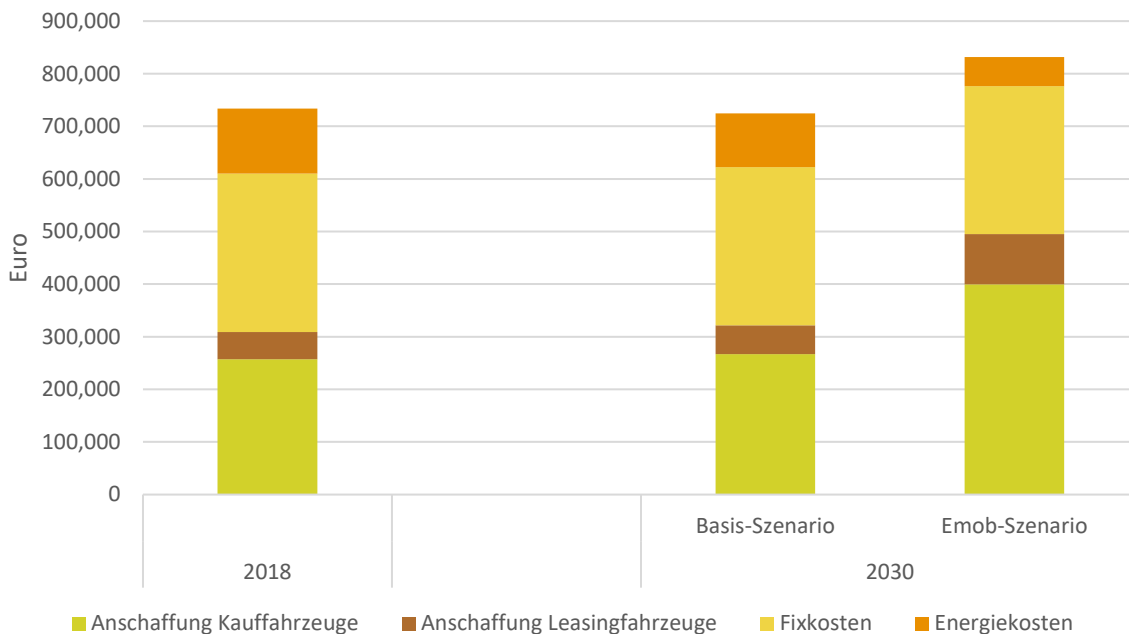


Abbildung 26: Kostenentwicklung in den Szenarien

Da bisher von einem 1-zu-1 konventioneller Fahrzeuge durch Elektrofahrzeuge ausgegangen wird und die Fahrleistung pro Fahrzeug im Fuhrpark derzeit weit unter dem deutschen Durchschnitt liegt, kann der deutlich höhere Anschaffungspreis eines Elektrofahrzeuges nur auf relativ wenige Kilometer „abgeschrieben“ werden und nur zu einem geringen Teil durch die geringeren Betriebskosten kompensiert werden. Dies führt somit zu deutlich höheren Vollkosten pro Kilometer. Auch aus Umweltsicht ist eine möglichst gute Auslastung von Elektrofahrzeugen bei Berücksichtigung des kompletten Fahrzeuglebenszyklus sehr wichtig, da die Fahrzeugherstellung mit gegenüber Verbrennungsfahrzeugen signifikant höheren Umweltlasten und Ressourcenverbräuchen einhergeht (s.o.).

Insbesondere aus Kostengründen ist es daher empfehlenswert, wenn ein verstärktes Carpooling erfolgt. Gelingt es beispielsweise, die Fahrleistung pro Fahrzeug um 20 % zu steigern, so werden etwa 30 Fahrzeuge weniger benötigt als aktuell vorhanden sind. Die relative Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen würde damit spürbar verbessert. Weitere Kosten- und CO₂-Einsparungen ließen sich erzielen, wenn die Umschichtung des Bestands hin zu kleineren Fahrzeugen gegenüber den Szenarioannahmen weiter forciert würde. Zudem ist es wichtig, die Reichweite und somit die Batteriekapazität der Elektrofahrzeuge auf das für das vorgesehene Nutzungsprofil notwendige Maß zu begrenzen. Eine überdimensionierte Batterie verursacht unnötige Kosten in der Anschaffung und wirkt sich negativ auf die Umweltbilanz des Fahrzeugs über den Lebenszyklus aus.

4.1.3 Nutz- und Sonderfahrzeuge

4.1.3.1 Bestandsaufnahme

Die aktuelle Flotte der Nutz- und Sonderfahrzeuge in Ludwigshafen umfasst 290 Fahrzeuge. Sie lässt sich nach Lkw und Zugmaschinen (127 Fahrzeuge, 44 % der Flotte), Lieferwagen bis 3,5 t (121 Fahrzeuge, 42 %) sowie Arbeitsmaschinen (42 Fahrzeuge, 14 %) aufgliedern.

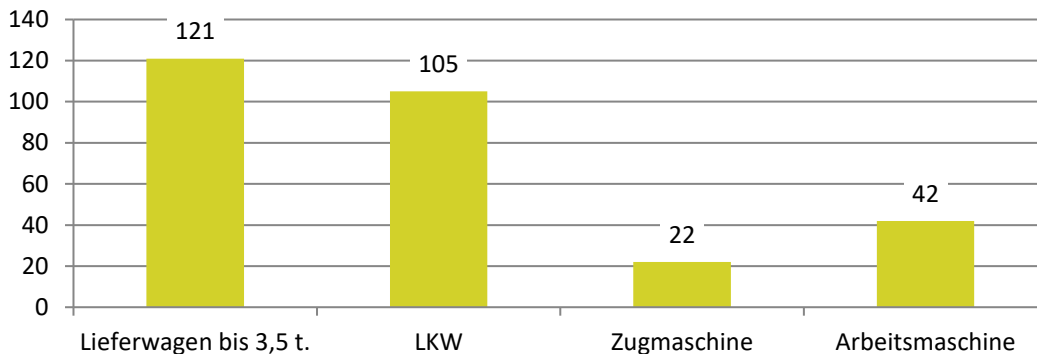


Abbildung 27: Anzahl der Nutzfahrzeuge nach Fahrzeugtypen im Bestand

Mit einem Anteil von 87 % (252 Fahrzeuge) wird die überwiegende Anzahl an Fahrzeugen im Wirtschaftsbetrieb eingesetzt, gefolgt von der Gebäudewirtschaft (8 %, 23 Fahrzeuge) und der Abteilung Sport (2 %, 6 Fahrzeuge). Insgesamt 94 % der Fahrzeuge in der Flotte werden mit Diesel und nur 5 % mit Benzin betrieben. Außerdem befinden sich aktuell zwei Elektrofahrzeuge (jeweils ISEKI Goupil G4) und ein mit Flüssiggas betriebener Gabelstapler im Bestand. Durch die bisherige Beschaffungsstrategie besteht der gegenwärtige Bestand ausschließlich aus Kauffahrzeugen, es werden keine Fahrzeuge geleast.

Anhand der von den zuständigen Abteilungen der Fahrzeuge zur Verfügung gestellten Angaben zu einigen wenigen Fahrprofilen und mittels Ergänzungen von Annahmen hinsichtlich Fahrleistungen und Kraftstoffverbräuchen konnten die CO₂-Emissionen der Flotte von Nutz- und Sonderfahrzeugen abgeschätzt werden. Mit den getroffenen Annahmen resultieren die verursachten CO₂-Emissionen der Nfz-Flotte (290 Fahrzeuge) zu rund 1000 Tonnen CO₂. Sie sind damit ungefähr um den Faktor fünf höher als die vom gesamten Pkw-Fuhrpark verursachten CO₂-Emissionen, mit rund 200 Tonnen CO₂ (159 Pkw). Mit einem Anteil von ca. 50 % an den gesamten CO₂-Emissionen stechen die schweren Müllfahrzeuge (20 Fahrzeuge) besonders stark hervor (Annahmen pro Fahrzeug: Fahrleistung 15.000 km/a, durchschnittlicher Verbrauch 65 l/100 km¹). Somit bietet eine mögliche Flotten-Elektrifizierung der Nutz- und Sonderfahrzeuge potentiell ein erhebliches CO₂-Min-derungspotential.

Mit dem Förderaufruf der Förderrichtlinie Elektromobilität im Jahr 2018² wurden bereits zwei elektrische Radlader (Wacker Neuson WL20e), zwei Lieferwagen (Streetscooter Work L) und ein Sonderfahrzeug (Iseki Goupil G5) beantragt, die voraussichtlich im Jahr 2019 ihren

¹https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/MKS/mks-fachworkshop-Ing-cng-lkw-schwanke.pdf?__blob=publicationFile

² Aufruf zur Antragseinreichung zur Förderung von Fahrzeugen / Ladeinfrastruktur (06/2018) gemäß 2.1.1 der Förderrichtlinie Elektromobilität des BMVI vom 05.12.2017
https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/3388/live/lw_bekdoc/foerderaufruf_bmvi_fahrzeuge_lis_2018_06.pdf

Betrieb aufnehmen werden. Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Dokuments sind keine Förderprogramme zur Beschaffung von Elektro-Nutzfahrzeugen verfügbar.

4.1.3.2 Lieferwagen und Transporter

In der Kategorie der Lieferwagen und Transporter (aktuell 121 Flotten-Fahrzeuge) sind bereits heute zahlreiche Fahrzeugmodelle unterschiedlicher Größenklassen zum Transport von Waren und/oder Personen mit elektrischem Antrieb zum Kauf erhältlich (siehe Tabelle 9). Laut Herstellerangaben erreichen die Fahrzeuge teilweise Reichweiten von rund 200 km. Auch wenn die Reichweiten in der Praxis geringer ausfallen dürften, ist anzunehmen, dass sie dennoch für viele Einsatzzwecke ausreichen. Somit besteht bei den kommunalen Lieferwagen und Transportern prinzipiell ein hohes Elektrifizierungspotential, das durch den Einsatz der am Markt verfügbaren Fahrzeuge bereits heute erschlossen werden kann. Allerdings ist dabei mit deutlichen Mehrkosten zu rechnen, für deren Deckung zum Teil Förderung in Anspruch genommen werden könnte.

Im Zuge des abgelaufenen Förderaufrufs der Förderrichtlinie Elektromobilität im Jahr 2018¹ wurde ein Excel-Berechnungstool entwickelt, um die Förderhöhen aufgrund von Preisdifferenzen am Markt verfügbarer Elektrofahrzeugmodelle im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen berechnen zu können. In der Fahrzeugklasse der Lieferwagen werden z.B. die Kosten für einen Renault Kangoo Z.E. mit rund 25.000 € angegeben, ein Kangoo mit konventionellem Antrieb wird hingegen mit rund 20.000 € angenommen. Die Preisdifferenz ohne Förderung liegt damit bei rund 5.000 €. Mit einer angenommenen Jahresfahrleistung von 8000 km (entspricht den Angaben der Fuhrparkmanager in Ludwigshafen), einem Verbrauch von rund 9 Litern Diesel pro 100 km, einem Dieselpreis von 1,40 €/Liter und über eine Haltedauer von 8 Jahren resultieren für das konventionelle Fahrzeug Kraftstoffkosten in Höhe von rund 8.100 €. Demgegenüber belaufen sich die Energiekosten des Elektrofahrzeugs auf rund 2.300 € (Energieverbrauch 18 kWh/100km, Strompreis 0,20 €/kWh). Das Berechnungsbeispiel zeigt, dass sich die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs in der Fahrzeugklasse der Lieferwagen unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten bereits ohne Förderung lohnen kann. In den Berechnungen sind jedoch keine Rabatte sowie mögliche Unterschiede beim Wertverlust und den Kosten für Versicherung, Wartung sowie den Aufbau von Ladeinfrastruktur berücksichtigt.

In der Fahrzeugklasse der größeren und schweren Transporter liegt der Bruttopreis eines vollelektrischen Mercedes-Benz e-Vito Transports, ausgehend von den Werten des Excel-Tools des abgelaufenen Förderaufrufs, bei rund 47.500 €. Der Kaufpreis eines vergleichbaren, konventionellen Referenzfahrzeugs hingegen wird mit rund 22.000 € angenommen. Demnach beträgt die Preisdifferenz des Elektro Fahrzeugs gegenüber einem konventionellen Fahrzeug rund 25.500 €. Ohne Förderung ist der E-Transporter im Vergleich in der Anschaffung somit mehr als doppelt so teuer. Mit einer angenommenen Jahresfahrleistung von 6000 km (entspricht den Angaben der Fuhrparkmanager in Ludwigshafen), einem Verbrauch von rund 11 Litern Diesel pro 100 km, einem Dieselpreis von 1,40 €/Liter und über eine Haltedauer von 8 Jahren resultieren für das konventionelle Fahrzeug Kraftstoffkosten in Höhe von rund 10.000 €. Demgegenüber belaufen sich die Energiekosten des Elektrofahrzeugs auf rund 3.200 € (Energieverbrauch 25 kWh/100km, Strompreis 0,20 €/kWh). Das Berechnungsbeispiel zeigt, dass sich die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs in der Fahrzeugklasse der Transporter unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten ohne Förderung aktuell nicht attraktiv ist. In den Berechnungen sind jedoch keine Rabatte sowie mögliche Unterschiede beim Wertverlust und den Kosten für Versicherung, Wartung sowie den Aufbau von Ladeinfrastruktur berücksichtigt.

Tabelle 9: Ausschnitt aktuell am Markt verfügbarer vollelektrischer Transporter und Lieferwagen¹

Marke	Modell	Reichweite Herstellerangabe
Citroen	Berlingo Electrique	170 km
Renault	Kangoo Z.E.	270 km
Peugeot	Partner Electrique	170 km
I-SEE Electric Trucks	e-VIVARO	170 km
Streetscooter	Work (XL)	200 km
IVECO	Daily Electric	280 km
Renault	Master Z.E.	200 km
Emovum	E-Ducato	250 km
Volkswagen	e-Crafter	173 km
Nissan	e-NV200	170 km
Mercedes-Benz	eVito	189 km
I-SEE Electric Trucks	e-MOVANO	170 km

¹ Quelle: <https://www.handwerk-magazin.de/transporter-mit-elektroantrieb/150/517/32100>

4.1.3.3 Arbeitsmaschinen

Im Bereich der Arbeitsmaschinen (42 Fahrzeuge) ist die Variantenvielfalt der Fahrzeuge weitaus größer als bei Pkw, Transportern und Lieferfahrzeugen. Die Fahrzeuge sind z.B. Bagger, Kanalreinigungsfahrzeuge, Hebebühnenfahrzeuge und Multifunktionsfahrzeuge, die als Kehrmaschine, Schneeräumfahrzeug, Müllfahrzeuge oder als Rasenmähdmaschine vielseitig einsetzbar sind. Gerade im Bereich der kleinen Multifunktionsfahrzeuge, aber auch bei den Sondermaschinen haben sich einige Hersteller am Markt positioniert, die gegenwärtig vollelektrische Lösungen mit unterschiedlichen Aufbauten anbieten.

In zahlreichen Städten befinden sich z.B. elektrische Kehrmaschinen im Einsatz^{1/2/3} und das Marktangebot wächst stetig⁴. Dasselbe gilt für kleine Multifunktionsfahrzeuge, die wahlweise mit Kofferaufbau, als Pritschen- bzw. Kipperfahrzeuge, zur Müllentsorgung oder als Sonderfahrzeuge bei den Herstellern teilweise individuell konfiguriert werden können⁵ (siehe Tabelle 10). Selbst bei schwereren Fahrzeugen wie Baggern, die mit entsprechenden Anbauwerkzeugen ebenfalls multifunktional ausgestattet werden können, gibt es inzwischen Hersteller, deren Fahrzeuge serienmäßig mit Elektromotoren und Akkus ausgestattet sind⁶.

Tabelle 10: Ausschnitt aktuell am Markt verfügbarer vollelektrischer Arbeitsmaschinen⁷

Typ	Marke	Modell
Multifunktionsfahrzeug	Goupil	G4
Multifunktionsfahrzeug	Piaggio	Porter Electric Power
Multifunktionsfahrzeug	Goupil	G5
Multifunktionsfahrzeug	Alke	Divaco
Multifunktionsfahrzeug	Indimo	City Elektro
Multifunktionsbagger	Weidemann	1160 eHoftrac

4.1.3.4 Lkw und Zugmaschinen

Die in der Flotte eingesetzten Lkw und Zugmaschinen (127 Fahrzeuge) werden größtenteils in ähnlichen Einsatzgebieten eingesetzt wie die kleinen Multifunktionsfahrzeuge. Jedoch unterscheiden sie sich dadurch, dass sie höhere Lasten tragen, ziehen, heben, schieben etc. müssen und deshalb mit stärkeren Antrieben ausgestattet sind. Um im Alltagseinsatz trotzdem über ausreichende Energiereserven zu verfügen, müssen die Fahrzeuge deshalb Energiespeicher mit hohen Kapazitäten mitführen.

¹ <https://www.zfk.de/entsorgung/abfallwirtschaft/artikel/heidelberg-stadtreinigung-kehrt-ab-sofort-elektrisch-2018-08-16/>

² <http://www.sonnenseite.com/de/mobilitaet/elektro-kehrmaschinen-putzen-leise-und-umweltschonend.html>

³ <http://www.maz-online.de/Lokales/Potsdam/Potsdamer-Stadtentsorgung-testet-eine-elektrische-Kehrmaschine>

⁴ <https://kommunaltechnik.net/news/fuhrpark/elektrische-kleinkehrmaschinen-auf-dem-vormarsch/>

⁵ <http://www2.iseki.de/goupil-g4-elektrotransporter.html>

⁶ <http://www.weidemann.de/de/hoftrac/model/1160-ehoftrac/>

⁷ Quelle: <https://www.handwerk-magazin.de/transporter-mit-elektroantrieb/150/517/32100>

Die Verfügbarkeit serienmäßiger, elektrischer Lkw und Zugmaschinen ist derzeit noch begrenzt. Kleine Unternehmen fertigen jedoch bereits heute auf den Anwendungsfall zugeschnittene Elektro-Lkw in kleinen Stückzahlen^{1/2/3}. Die namhaften am europäischen Markt etablierten Hersteller bieten aktuell keine Serienfahrzeuge zum Verkauf an. In zahlreichen Feldversuchen werden jedoch bereits heute erste Prototypen und Vorserienfahrzeuge im Alltagsbetrieb getestet^{4/5}.

Für die kommenden Jahre werden derzeit außerdem von nahezu allen namhaften Herstellern der Branche, sowohl für den Kurzstrecken- als auch für den Mittelstreckeneinsatz, Lkw-Modelle vorgestellt⁶ (siehe Tabelle 11). Die Hersteller Volvo und DAF beispielsweise planen den Start der Serienproduktion ihrer Lkw für das Jahr 2019. In Hamburg befindet sich derzeit z.B. eine vollelektrische Müllabfuhr auf Basis eines Volvo FE Electric in der Testphase, in Basel wurden 20 E-Müllfahrzeuge bestellt^{7/8}. In China werden bereits heute serienmäßig batterieelektrische Lkw sowohl für den Leichtverkehr als auch für den Schwerverkehr angeboten^{9/10}. Als Alternative zu vollelektrischen Fahrzeugen bietet sich in einem ersten Schritt und insbesondere bei Fahrzeugen mit hohen Anforderungen bezüglich Energiebedarf und Reichweite die Möglichkeit, zunächst nur den Nebenantrieb zu elektrifizieren (z.B. elektrische Müllpresse).

Tabelle 11: Ausschnitt aktuell am Markt verfügbarer und künftig geplanter vollelektrischer Lkw

Anwendungsgebiet	Marke	Modell	Reichweite	Status
Städt. Verteilerverkehr	eMoss	EMS 16	210 km	Serie
Städt. Verteilerverkehr	DAF	LF Electric	220 km	Marktstart geplant: 2019
Städt. Verteilerverkehr	Renault	D Z.E.	300 km	Marktstart geplant: 2019
Verteilerverkehr	Ginaf	E2119	250 km	Serie
Verteilerverkehr	Volvo	FE Electric	200 km	Marktstart geplant 2019
Verteilerverkehr	Daimler	eActros	200 km	Marktstart geplant 2021
Verteilerverkehr	MAN	eTGM	200 km	Marktstart geplant 2022
Sattelzug	Framo	E 440	160 km	Serie
Sattelzug	BYD (China)	Q1	100 km	Serie
Sattelzug	Tesla (USA)	Semi	800 km	Marktstart geplant 2019

¹ <http://www.emoss.nl/de/>

² <https://www.e-force.ch/>

³ <https://www.framo-et.de/de/>

⁴ <https://www.electrive.net/02/20/erste-elektrische-volvo-lkw-an-kunden-ausgeliefert/>

⁵ <https://www.electrive.net/2018/09/14/man-uebergibt-elektro-lkw-etgm-an-neun-kunden/>

⁶ <https://aiomag.de/elektro-lkw-die-zukunft-des-lieferverkehrs-ist-elektrisch-6849>

⁷ https://www.stromschnell.de/news/fe-electric-volvo-praesentiert-emuellwagen_6603196_5093604.html

⁸ <https://www.electrive.net/2019/03/21/stadt-basel-beschafft-20-e-muellfahrzeuge/>

⁹ <http://sg.byd.com/q1/>

¹⁰ <http://sg.byd.com/t9/>

4.1.3.5 Potentialanalyse

Für einen möglichen Ersatz konventioneller Fahrzeuge durch Elektrofahrzeuge müssen die häufig sehr unterschiedlichen Einsatzprofile und ggf. Sonderausstattungen/- aufbauten der Fahrzeuge grundsätzlich mit in Betracht gezogen werden. Im Rahmen des Elektromobilitätskonzepts war eine detaillierte Untersuchung zum Ersatz der Nutzfahrzeuge, aufbauend auf den jeweiligen Nutzungsprofilen der einzelnen Fahrzeuge, jedoch nicht vorgesehen. Dennoch wurden die in der von der Stadt Ludwigshafen bereitgestellten Fahrzeugliste aufgeführten Fahrzeuge nach Einsatzzweck und Fahrzeugmodellen gegliedert und aus den Informationen sowie anhand der Marktverfügbarkeit vergleichbarer elektrischer Modelle ein möglicher Ersatz durch ein Elektrofahrzeug abgeleitet. Somit konnte eine erste, grobe Abschätzung des Elektrifizierungspotentials der Nutzfahrzeugflotte getroffen werden. Die Zuordnung der prinzipiell zum Ersatz geeigneten Fahrzeuge ist in Anhang A5 aufgelistet. Es wird geschätzt, dass für über 60 % der Nutz- und Sonderfahrzeugflotte (184 Fahrzeuge) bereits heute ein voll- oder teilelektrisches Fahrzeugmodell mit gleichem Anwendungsspektrum am Markt verfügbar ist. Dies gilt insbesondere für Lieferwagen, Multifunktionsfahrzeuge und kleine sowie mittelgroße Arbeitsmaschinen. Für den Ersatz der übrigen 106 Fahrzeuge (überwiegend Lkw und schwere Arbeitsmaschinen) sind derzeit keine oder nur eine sehr eingeschränkte Anzahl an Fahrzeugmodellen mit E-Antrieb am Markt verfügbar.

Anhand mittlerer Verbrauchswerte wurde eine überschlägige Abschätzung durchgeführt, wie sich die CO₂-Emissionen auf die kommunale Nutzfahrzeugflotte verteilen (siehe Abschnitt 4.1.3.1). Ergebnis ist, dass die oben genannten, prinzipiell elektrifizierbaren Fahrzeuge zwar etwa 60 % des Nfz-Bestands ausmachen, aber nur einen Anteil von etwa 30 % an den CO₂-Emissionen des Nfz-Fuhrparks haben. Die übrigen, meist schweren ca. 110 Fahrzeuge weisen einen Anteil von rund 70 % der gesamten CO₂-Emissionen auf und können aktuell nicht durch Elektrofahrzeuge ersetzt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in Anbetracht der aktuell am Markt verfügbaren Elektrofahrzeuge für den Einsatz im Nutz- und Sonderfahrzeugbereich der kommunalen Flotte bereits heute ein hohes Elektrifizierungspotential vorhanden ist. Dies gilt insbesondere für Transporter und Lieferwagen, aber auch für kleine und mittelschwere Sonderfahrzeuge. Unter Berücksichtigung der Dynamik des absehbaren Markthochlaufs bei Lkw wird in den kommenden Jahren vorrausichtlich eine hohe Anzahl an unterschiedlichen Modellen zum Kauf bereitstehen, die darüber hinaus zusätzliches Elektrifizierungspotential bieten werden. Aus diesem Grund gilt es, die Bemühungen zur Elektrifizierung der Fahrzeugflotte in Ludwigshafen nicht ausschließlich auf Pkw zu richten, da bei Betrachtung der absoluten Zahlen insbesondere die Nutz- und Sonderfahrzeugflotte sowohl heute als auch künftig ein hohes CO₂-Minderungspotential bietet.

4.1.4 Handlungsempfehlungen

Aus den oben dargestellten Analysen des kommunalen Fuhrparks ergibt sich ein signifikantes technisches Potential zur Elektrifizierung von Teilen des kommunalen Fuhrparks. Bei den Pkw kann bis 2030 von einer vollständigen Substituierbarkeit unter Einschluss einiger Plug-in-Hybridfahrzeuge ausgegangen werden. Bei den Nutz- und Sonderfahrzeugen ist die Palette benötigter Fahrzeugtypen und Aufbauten diverser; insbesondere bei leichteren Nutzfahrzeugen und Arbeitsmaschinen sind bereits heute elektrische Lösungen auf dem Markt.

Mit der Elektrifizierung des Fuhrparks sind deutliche CO₂-Minderungspotentiale verbunden, deren Ausnutzung nicht zuletzt von der Strombereitstellung abhängt. Bei Pkw können unter Annahme einer vollständigen Umstellung der Flotte auf BEV und PHEV im Jahr 2030 etwa 30 % der CO₂-Emissionen eingespart werden. Die Flotte der Nutz- und Sonderfahrzeuge stößt absolut gesehen etwa die fünffache Menge an CO₂ wie die Pkw-Flotte aus, allerdings gibt es Stand heute nur für einen Flottenanteil mit etwa 30 % dieser Emissionen elektrische Antriebsvarianten am Markt.

Sowohl bei Pkw als auch bei Nutzfahrzeugen ist mittelfristig noch mit höheren Vollkosten bei Anschaffung von Elektrofahrzeugen zu rechnen. Bei Pkw resultiert dies wesentlich aus den geringen Fahrleistungen pro Fahrzeug, so dass die höheren Anschaffungskosten nicht gut „abgeschrieben“ werden können. Allerdings gab es in den vergangenen Jahren wiederholt Förderaufrufe, mit denen die Fahrzeuganschaffung auch bei Kommunen unterstützt wurde.

Für die Kommune ergeben sich daraus folgende Handlungsempfehlungen:

- **Bei Neubeschaffungen im kommunalen Fuhrpark sollte die Beschaffung von Elektrofahrzeugen den Standardfall darstellen.** Die maßgeblichen internen Richtlinien sollten entsprechend angepasst werden. Dabei kann in begründeten Ausnahmefällen (z.B. wenn das Fahrprofil absehbar die verfügbare Reichweite übersteigt, die Mehrkosten unverhältnismäßig hoch sind oder ein Modell mit der benötigten Ausstattung nicht mit elektrischem Antrieb verfügbar ist) weiterhin die Anschaffung eines Verbrennungsfahrzeugs gestattet werden.
- **Die spezifische Auslastung der kommunalen Pkw-Flotte sollte insgesamt gesteigert werden.** Dies hilft, den relativen Kostennachteil von Elektrofahrzeugen zu verringern und ihren Umweltvorteil unter Berücksichtigung der Fahrzeugherstellung zu erhöhen. Ansätze zur Steigerung der Auslastung sind insbesondere
 - verstärktes Carpooling innerhalb der Flotte
 - die Deckung von Spitzen der Nachfrage mittels Integration von Carsharingfahrzeugen in die kommunale Flotte
- **Die Einführung eines elektronischen Fuhrparkmanagements für die kommunale Pkw-Flotte (evtl. auch für einen Teil der Nutzfahrzeugflotte) sollte geprüft werden.** Dies würde eine genauere Analyse der auftretenden Nutzungsmuster ermöglichen, um die Potentiale von Carpooling sowie Integration von Carsharing verlässlich abschätzen zu können.
- **Bei Neubeschaffungen sollte Fahrzeugen der kleineren Segmente der Vorzug gegeben werden,** wenn diese das Anforderungsprofil ebenfalls erfüllen. Zum einen ist der Betrieb kleinerer Fahrzeuge generell wirtschaftlicher, zum anderen gibt es hier auch kurzfristig eine größere Auswahl an batterieelektrischen Fahrzeugen.
- **Plug-in-Hybride sollten nur dann angeschafft werden, wenn das Nutzungsprofil eine besondere Flexibilität erfordert** (z.B. unregelmäßige Fernstrecken bei insgesamt weitgehend städtischem Nutzungskontext). Eine regelmäßige und niedrigschwellig nutzbare Lademöglichkeit ist hier eminent wichtig, um einen hohen elektrischen Fahranteil und damit Betriebskosten- sowie Umweltvorteile zu realisieren.
- Bei **Nutz- und Sonderfahrzeugen** sollte die Marktentwicklung elektrischer Alternativen genau beobachtet werden und **im Einzelfall über die Anschaffung elektrischer Fahrzeuge entschieden werden.** Insbesondere Müllfahrzeuge haben bezogen auf

die Fahrzeuganzahl einen sehr hohen Anteil an den CO₂-Emissionen. Hier kommen gegenwärtig die ersten serienmäßigen Elektrofahrzeuge in Europa auf den Markt.

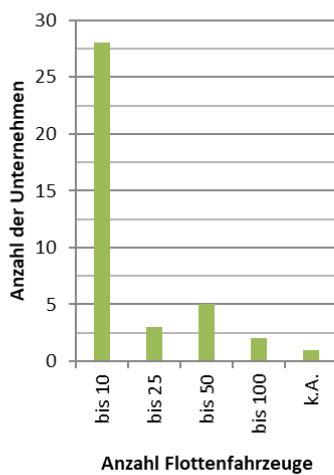
- **Maßnahmen zur Fahrtenvermeidung und zur Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsmittel** (Fahrrad/ Lastenrad/ Pedelec, Fuß oder öffentlicher Verkehr mit Zug oder Bus) sind der Umstellung des Antriebs in jedem Fall vorzuziehen – sowohl aus Umwelt- als auch aus Kostengesichtspunkten.

4.2 Elektrifizierungspotential von betrieblichen Flotten

Das Elektrifizierungspotential betrieblicher Flotten stellte bei der Erstellung dieses Elektromobilitätskonzepts keinen Schwerpunkt dar, weswegen hier nur kurz auf diesen Teilaspekt eingegangen wird. Die im Folgenden zusammengefassten Erkenntnisse speisen sich zum einen aus den Rückläufen der Onlinebefragung von Betrieben in Ludwigshafen (39 vollständige Antworten) und zum anderen aus vertiefenden telefonischen Befragungen einiger Betriebe.

Die überwiegende Anzahl der befragten Unternehmen verfügt über relativ kleine Firmenflotten von bis zu 10 Fahrzeugen (Abbildung 28). Unter den Segmenten ist die Kompaktklasse am stärksten vertreten. Etwa 30 % der Unternehmen gaben an, bereits E-Fahrzeuge zu betreiben, wobei diese vor allem Kleinwagen oder Oberklassefahrzeuge sind (Abbildung 29).

Größe der Unternehmensflotten



Aufteilung auf Fahrzeugsegmente

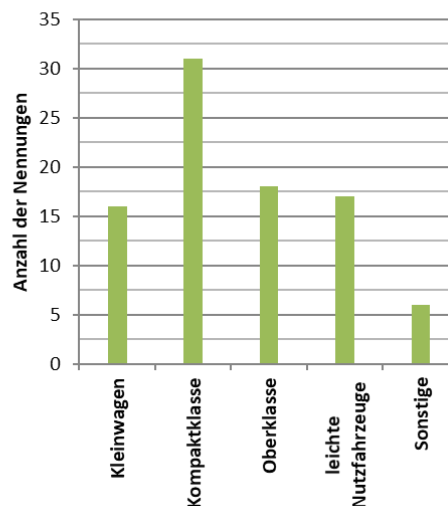


Abbildung 28: Flottenzusammensetzung der befragten Unternehmen

Elektrofahrzeuge werden derzeit primär als Poolfahrzeuge für den Betrieb auf kurzen Strecken auf dem oder im Umfeld des Werksgeländes eingesetzt. Hierdurch kann das Risiko mangelnder Reichweite gering gehalten werden und bei entsprechender Planung eine gute Auslastung der Fahrzeuge realisiert werden, was sich kostenseitig vorteilhaft auswirkt. Zudem ist bei den in diesem Bereich vorherrschenden Fahrprofilen (Stadtverkehr, relativ geringe Geschwindigkeit) der Effizienzvorteil des elektrischen gegenüber dem konventionellen Antrieb besonders hoch. Die mit Abstand größte Flotte dieser Art betreibt die BASF (ca. 200 Fahrzeuge).

Bei Dienstwagen waren die befragten Unternehmen deutlich skeptischer, da hier das Einsatzprofil heterogener ist und sich zudem die Frage nach Ladeinfrastruktur am Wohnort des Mitarbeiters stellt¹. Allerdings gilt seit Anfang 2019 eine vergünstigte Abschreibung für elektrische Dienstwagen². Es ist davon auszugehen, dass dies einen deutlichen Schub für elektrische Dienstwagen zur Folge haben wird.

Betreibt Ihr Unternehmen bereits Elektrofahrzeuge?

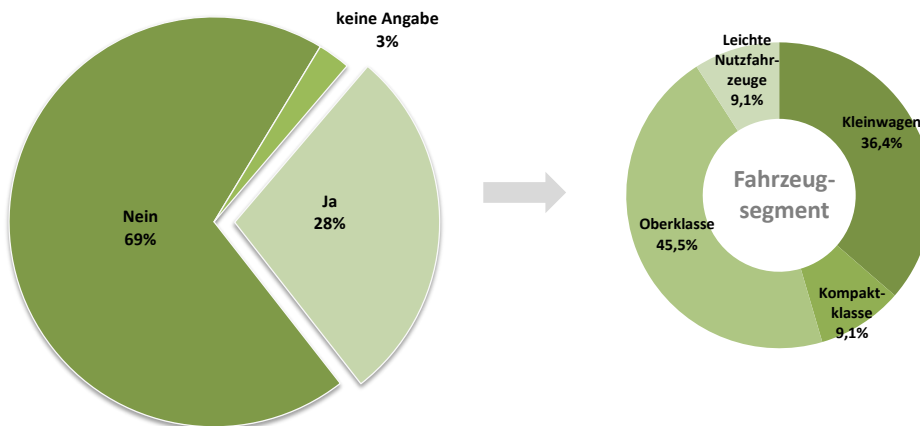
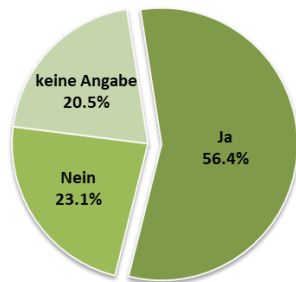


Abbildung 29: Elektrofahrzeuge im Bestand der befragten Firmen



Planen Sie, in den kommenden 3-5 Jahren zusätzliche E-Fahrzeuge anzuschaffen?

Abbildung 30: Planungen zu künftigen E-Pkw-Anschaffungen bei den befragten Unternehmen

¹ Aus betriebssicherheitsrechtlichen Gründen ist es Unternehmen beispielsweise nicht gestattet, Ladeinfrastruktur auf dem Grundstück eines Mitarbeiters zu installieren.

² Diese Regelung sieht vor, dass Arbeitnehmer nur 0,5 % des Bruttolistenpreises pro Monat steuerlich als geldwerten Vorteil geltend machen müssen, im Gegensatz zu 1 % bei konventionellen Fahrzeugen.

Im Gespräch mit den Unternehmen traten einige wichtige **Hemmnisse** zu Tage, die einer schnellen Elektrifizierung der Firmenflotten entgegenstehen:

- Die Modellauswahl wird als unzureichend wahrgenommen, u.a. in Bezug auf repräsentative Zwecke
- Bei Nutzfahrzeugen befinden sich die benötigten Fahrzeugmodelle z.T. noch im Prototypenstadium. Bei Serienfahrzeugen ist eine zeitnahe Lieferbarkeit oftmals nicht gegeben
- Die Umwelt- und Sozialverträglichkeit von E-Fahrzeugen wird aufgrund diverser Medienberichte angezweifelt.
- Bei deutschlandweit agierenden Firmen wird die Fahrzeugbeschaffung in der Regel zentral organisiert und vorgegeben, die lokalen Niederlassungen haben nur geringen Einfluss.
- Rahmenbedingungen und Förderung werden z.T. als intransparent wahrgenommen.

Für die Kommune ergeben sich daraus vor allem zwei **Handlungsempfehlungen**:

- **Bessere Informationen** für Betriebe zu bestehenden Rahmenbedingungen und Erleichterungen
- **Klares städtisches Commitment zur Elektromobilität**, z.B. durch die Formulierung von offiziellen Zielen. Dies würde den Betrieben mehr Sicherheit geben, „nicht aufs falsche Pferd zu setzen“.

4.3 Elektrifizierungspotential beim CarSharing

4.3.1 Allgemeines

Carsharing ist eine Dienstleistung, bei der Pkw durch kommerzielle Carsharing-Betreiber der Öffentlichkeit entgeltlich zur Verfügung gestellt werden. Carsharing-Pkw werden von den Nutzenden für einen begrenzten Zeitraum gemietet. Die monetäre Abrechnung erfolgt in der Regel in Zeit- und Verbrauchsabhängigkeit. Carsharing wird bisher vorrangig in Stadt- und Ballungsräumen angeboten, erste Konzepte erproben derzeit auch den Einsatz von Carsharing im ländlichen Raum.

In Deutschland gibt es – Stand 2018 – rund 2,1 Million Carsharing-Kunden bei 165 Carsharing-Unternehmen. Der Bestand an Carsharing-Fahrzeugen beträgt etwa 18.000 Pkw, der Anteil der Elektrofahrzeuge daran liegt bei 10,4 %¹ und damit deutlich über der Elektrifizierungsquote privater Pkw in Deutschland (0,6 %). (Bundesverband CarSharing 2018/1)

Carsharing wird üblicherweise nach der Art und Weise der Bereitstellung der Pkw unterschieden. Es gibt stationäre, teilstationäre und stationsunabhängige Carsharing-Modelle (s. Tabelle 12):

Bei den ersten beiden Varianten des Carsharing gibt es netzartig über die Stadt verteilte feste Stationen, mit einem oder mehreren Stellplätzen, an denen Carsharing-Pkw bereitge-

¹ Umfasst Batterie-Elektrofahrzeug (BEV) und Plug-In-Hybridfahrzeug (PHEV)

stellt werden. Diese beiden Modelle unterscheiden sich darin, dass bei Ersterem jedem Pkw eine feste Station bzw. ein fester Stellplatz zugewiesen ist. Jede Miete eines Pkw beginnt oder endet an diesem Ort. Bei der teilstationären Variante ist das Abstellen eines Carsharing-Pkw an jeder Station/auf jedem Stellplatz des jeweiligen Betreibers zulässig. In beiden Fällen werden die Stellplätze an den Carsharing-Stationen von den Carsharing-Betreibern vorgehalten. Das Abstellen und Parken von Pkw auf diesen Stellplätzen ist exklusiv Carsharing-Pkw des jeweiligen Betreibers vorbehalten.

Bei dem stationsunabhängigen Modell, auch Free-Floating genannt, sind die Carsharing-Fahrzeuge nicht an Stationen gebunden, sondern werden zwischen den Mietvorgängen auf Stellplätzen im öffentlichen oder halböffentlichen Raum abgestellt. Üblich ist dabei eine räumliche Einschränkung. Das heißt, die Pkw müssen innerhalb einer definierten Zone geparkt werden. Der Betreiber des stationsunabhängigen Carsharing muss folglich keine Stellplätze für den Betrieb der Dienstleistung vorhalten.

Tabelle 12: Varianten des Carsharing

Modell	Charakteristika
Stationär	<ul style="list-style-type: none"> • Carsharing-Pkw sind einer Station/einem Stellplatz zugewiesen • die Leihe der Pkw beginnt und endet am selben Ort • Der Carsharing-Betreiber muss Stellplätze für die Miet-Pkw an den Stationen vorhalten, d. h. baulich herstellen oder anmieten
Teilstationär	<ul style="list-style-type: none"> • Der Carsharing-Betreiber betreibt mehrere Carsharing-Stationen, mit jeweils einem oder mehreren Carsharing-Pkw • Die Leihe der Pkw beginnt und endet an einer der Stationen, jedoch nicht zwingend an der selben Station • Der Carsharing-Betreiber muss Stellplätze für die Miet-Pkw an den Stationen vorhalten, d. h. baulich herstellen oder anmieten
Stationsunabhängig (Free-Floating)	<ul style="list-style-type: none"> • Der Carsharing-Betreiber stellt Carsharing-Pkw zur Verfügung, die auf Stellplätzen im öffentlichen und halböffentlichen Raum abgestellt werden • Es gibt keine feste Stationen, i. d. R. müssen die Pkw innerhalb einer Zone abgestellt werden • Der Carsharing-Betreiber muss keine Stellplätze für die Miet-Pkw vorhalten

Abhängig von der Bereitstellungsform des Carsharing werden unterschiedlich stark ausgeprägte, positive Effekte für die Umwelt und den Stadtraum erzielt:

Eine Kundenbefragung von Anbietern für **stationäres und teilstationäres Carsharing** in Deutschland zeigt, dass 78 % der Teilnehmenden keinen eigenen Pkw mehr besitzen. Die Ersatzquote mit der private Pkw auf Grund der Nutzung von Carsharing abgeschafft werden, liegt bei einem Faktor zwischen acht und 20 Fahrzeugen. Das heißt, für jeden angeschafften Carsharing-Pkw werden zwischen acht und 20 private Autos abgeschafft bzw. nicht neu angeschafft. Das hat positive Auswirkungen auf die Auslastung von und den Bedarf an Stellplätzen für Privat-Pkw im öffentlichen Straßenraum. Die Anzahl der notwendigen Stellplätze für Pkw reduziert sich nicht nur gleichsam mit der Anzahl der abgeschafften

Pkw, sondern überproportional auf Grund der deutlich höheren Nutzungsrate der verbleibenden Car-Sharing-Fahrzeuge (Carsharing-Pkw „stehen“ seltener als private Pkw). (Bundesverband CarSharing 2016).

Für **stationsunabhängiges Carsharing** werden diese Effekte dagegen nicht oder nicht in dieser Stärke beobachtet. Die Ersatzquote liegt für dieses Betreibermodell bei 1:1 bis 1:2. Mit Hilfe von Free-Floating-Angeboten werden folglich mit jeder Inbetriebnahme eines Carsharing-Pkw ein bis maximal zwei private Pkw ersetzt (Suiker und van der Elshout 2013). Damit sind Flächengewinne, durch geringere Bedarfe an Parkraum, analog zum (teil-)stationären Carsharing, nur eingeschränkt möglich.

Von allen drei Varianten des Carsharing lassen sich dagegen positive Effekte für die Umwelt erwarten:

- Carsharing-Pkw sind in der Regel kleiner, leichter und weniger leistungsstark motorisiert als private Pkw. Damit benötigen Carsharing-Fahrzeuge im Mittel weniger Kraftstoff und emittieren weniger Schadstoffe als private Pkw-Flotten.
- Carsharing-Pkw sind stärker ausgelastet als private Pkw und werden deshalb auf Grund stärkeren Verschleißes in kürzeren Intervallen häufiger durch neue Modelle ersetzt. In der Folge etablieren sich in Car-Sharing-Flotten schadstoffreduzierende Technologien schneller, als in privaten Pkw-Flotten.
- Der höhere Anteil Elektromotorisierung bei Carsharing-Pkw, im Vergleich zu privaten Pkw, führt zu einem geringeren fahrzeugnahen Ausstoß von Schadstoffen und kann damit vor allem stark Schadstoff-belastete Städte entlasten. Der gesamtökologische Effekt ist in diesem Fall vom Anteil der umweltfreundlichen Energieträger am Energiemix beim Ladevorgang abhängig.
- Nach der Anmeldung bei Carsharing und der Abschaffung eines privaten Fahrzeuges fahren Carsharing-Nutzende in der Regel weniger häufig mit dem Pkw als zuvor. Es werden Pkw-Fahrten vermieden und damit der Ausstoß von Schadstoffen reduziert. Wege werden dagegen häufiger mit dem Rad oder dem ÖPNV bewältigt.

4.3.2 Elektromobilität im Carsharing

Die Kombination von Carsharing und Elektromobilität kann als logische Schlussfolgerung aus den Chancen beider Systeme für eine nachhaltige Mobilität betrachtet werden: Carsharing, das sowohl die Abschaffung privater Pkw als auch die Verlagerung von Wegen vom Pkw auf umweltfreundliche Verkehrsmittel fördert und Elektromobilität, die unter der Prämisse der Stromzufuhr aus rein regenerativen Energiequellen eine umweltfreundliche Fortbewegung mit dem Pkw ermöglicht. Bereits heute gibt es Carsharing-Unternehmen, die reines E-Carsharing anbieten (z. B. Cambio). Für den Betrieb von E-Carsharing ergeben sich folgende Vor- und Nachteile (Bundesverband CarSharing 2018/2):

- + Das Reichweitenproblem, das in vielen Fällen als wichtiges Argument gegen die Nutzung von E-Pkw genannt wird, ist in einer gemischten Carsharing-Flotte (E-Pkw und konventionell angetriebene Pkw) nichtig, da Kunden bei jeder Fahrt, abhängig von der zu erwarteten Fahrleistung (kurze oder lange Strecken) das passende Carsharing-Fahrzeug wählen können.
- + Carsharing wird derzeit zu einem großen Teil im dichten, urbanen Raum angeboten und genutzt. Da Menschen besonders im städtischen Umfeld stark von gesundheitsbelastenden Emissionen betroffen sind, kann eine Teilverlagerung des Kfz-Verkehrs auf Fahrzeuge mit Elektroantrieb zu einer Reduzierung der Luftschadstoffe in den Städten führen (Verlagerung der Emissionen vom Pkw hin zu den Kraftwerken beim derzeitigen Strommix). Dies darf jedoch nur als kurzfristige Chance zur Entlastung der Städte verstanden werden (→ Externalisierung der Umwelt- und Gesundheitsproblematik).
- Das Nachladen von E-Pkw stellt eine Herausforderung bei der Umsetzung von Elektromobilität im Carsharing dar. Private Pkw ruhen in der Regel über 90 % der Zeit, weshalb längere „Tankzeiten“ bei privaten E-Pkw gegenüber Benzin- oder Dieselfahrzeugen unproblematisch sind (Strom tanken über Nacht oder während der Arbeitszeit). Carsharing-Pkw sind dagegen deutlich stärker ausgelastet und Standzeiten stark reduziert. Längere Ladezeiten und kürzere Reichweiten sind deshalb eine Herausforderung für die Garantie der Carsharing-Anbieter, dass Kunden mit dem E-Pkw zum Wunschzeitpunkt die gewünschte Strecke zurücklegen zu können.
- Stationäres E-Carsharing benötigt fest zugeordnete E-Ladeinfrastruktur an den Carsharing-Stationen, da das Abstellen der Fahrzeuge auf diese Stellplätze beschränkt ist. E-Ladeinfrastruktur an Carsharing-Stationen schließt wiederum die Nutzung dieser Ladesäulen durch andere E-Pkw-Inhabende aus, da Stellplätze an Carsharing-Stationen exklusiv für das Parken von Fahrzeugen des jeweiligen Carsharing-Betreibers der Station genutzt werden dürfen. Förderrichtlinien der Ministerien für das Einrichten von E-Ladeinfrastruktur sehen allerdings derzeit eine solche Exklusivität nicht vor. Die vollständige Finanzierung von E-Ladeinfrastruktur durch Carsharing-Betreiber ist, nach Aussagen des Bundesverbandes für Carsharing (bcs) aus Gründen der Wirtschaftlichkeit nicht tragbar.
- Der wirtschaftliche Betrieb von E-Carsharing stellt grundsätzlich einen Nachteil dar. Die höheren Anschaffungskosten der Fahrzeuge können nur bedingt über die geringeren Betriebskosten beglichen werden, weshalb eine Amortisierung nicht grundsätzlich eintritt. Muss das Carsharing-Unternehmen zudem die Kosten für E-Ladeinfrastruktur übernehmen, ist ein kosteneffizienter Betrieb von E-Carsharing derzeit ausgeschlossen.

4.3.3 E-Carsharing in Ludwigshafen

In Ludwigshafen gibt es derzeit einen Anbieter für Carsharing-Dienstleistungen. Das Unternehmen „stadtmobil Rhein-Neckar“ betreibt 17 Stationen mit 26 Carsharing-Fahrzeugen, als stationäres Carsharing. Damit steht der Bewohnerschaft in Ludwigshafen 0,15 Carsharing-Pkw pro 1.000 Einwohner zur Verfügung (zum Vergleich: Karlsruhe füh-

rend in Deutschland mit 2,71 Pkw / 1.000 EW). Von den 26 Fahrzeugen sind drei Pkw mit hybridem Antrieb (PHEV) und ein Pkw mit rein elektrischem Antrieb (BEV) ausgestattet. 22 Carsharing-Fahrzeuge besitzen einen konventionellen Antrieb. Damit liegt der Anteil an (teil-)elektrisch angetriebenen Car-Sharing-Fahrzeugen in Ludwigshafen mit 15 % über dem bundesdeutschen Schnitt (10,4 %).

Tabelle 13: Car-Sharing in Ludwigshafen, Übersicht

Carsharing Betreiber	stadtmobil Rhein-Neckar
Carsharing-Modell	Stationäres Carsharing
Anzahl Stationen	17
... davon mit E-Ladeinfrastruktur	1
Anzahl Carsharing-Pkw	26
... davon rein elektrisch angetrieben (BEV)	1
... davon mit hybridem Antrieb (PHEV)	3
Anteil E-Pkw an Carsharing-Flotte	15 %
Carsharing-Pkw je 1.000 EW	0,15

Plan 1.1 (s. Anlage) ist die räumliche Verteilung der Car-Sharing-Stationen in Ludwigshafen zu entnehmen. Die Karte zeigt die Lage von Carsharing-Stationen in Ludwigshafen, die Anzahl der dort jeweils positionierten Carsharing-Pkw sowie die davon mit elektrischem Antrieb ausgestatteten Fahrzeuge (BEV und PHEV). Zudem ist vermerkt, ob an der jeweiligen Station das Laden von E-Pkw an Ladesäulen möglich ist.

In acht der 14 Stadtteile Ludwigshafens befindet sich derzeit mindestens eine Station. Es zeigt sich, dass sich der Schwerpunkt auf das Zentrum Ludwigshafens konzentriert. Rund die Hälfte der Carsharing-Standorte liegt in den beiden zentralen Stadtteilen Ludwigshafen Süd und Mitte (acht von 17 Stationen). Weitere Stationen befinden sich in den angrenzenden Bezirken Nord-Hemshof (2 Stationen), Friesenheim (4), Mundenheim, Gartenstadt und Rheingönheim (je 1). Von den peripheren Stadtteilen kann lediglich Oggersheim eine Station aufweisen. In den Stadtteilen Pfingstweide, Edigheim, Oppau, Ruchheim, Maudach und Ludwigshafen West befinden sich derzeit keine Carsharing-Stationen. Es ist eine deutliche Abnahme der Dichte an Carsharing-Stationen vom Zentrum der Stadt hin zum Stadtrand zu erkennen.

(Teil-)elektrisch angetriebene Carsharing-Fahrzeuge befinden sich zum überwiegenden Teil an den Stationen in Friesenheim. An jeder der drei Standorte für Carsharing wird eines der dort gelegenen Fahrzeuge elektrisch bewegt. Hier befindet sich auch die einzige Station, an der E-Ladeinfrastruktur vorhanden ist. An der Carsharing-Station „Hohenzollern-Höfe“ kann an zwei Ladesäulen Strom getankt werden. Die Station liegt im halböffentlichen Raum auf Stellplätzen der Eigentümergemeinschaft der Hohenzollern Höfe und kann sowohl von der Bewohnerschaft der Hohenzollern Höfe, als auch für das Laden von Carsharing-Fahrzeugen von stadtmobil genutzt werden. Für das Laden privater E-Pkw steht die Ladeinfrastruktur nicht zur Verfügung.

Ausblick auf die Entwicklung von (E-)Carsharing in Ludwigshafen im Austausch mit stadtmobil Rhein-Neckar

Um die zukünftige Entwicklung von Carsharing und im speziellen E-Carsharing in Ludwigshafen abzuschätzen, wurde im laufenden Prozess der Erstellung des Elektromobilitätskonzepts der Austausch mit dem Carsharing-Anbieter stadtmobil Rhein-Neckar gesucht. Ziel war es, Erkenntnisse über die kurz- und langfristige Planung des Unternehmens hinsichtlich E-Mobilität im Carsharing Ludwigshafens zu sammeln und dabei Hemmnisse zu identifizieren, die einer Elektrifizierung von Carsharing-Flotten in Wege stehen. Dabei wird auch der Blick in Richtung der Nachbarstädte Mannheim und Heidelberg geworfen, für die ebenfalls nahezu zeitgleich ein Elektromobilitätskonzept erstellt wurde und auch dort stadtmobil Carsharing anbietet.

Stadtmobil betreibt keine angebotsorientierte, sondern eine nachfrageorientierte Planung neuer Carsharing-Stationen. Das heißt, die Anzahl an Carsharing-Stationen und auch – Fahrzeugen wird erst bei ausreichender zusätzlicher Nachfrage durch „Noch-Nicht-Kunden“ sukzessive erweitert. Deshalb gibt es bei stadtmobil keine konkreten Standorte, an denen neue Angebote geplant sind. Dennoch wird an verschiedenen Stellen in Ludwigshafen kurz- und mittelfristig ein zusätzlicher Bedarf an Carsharing-Stationen gesehen. Mögliche neue Standorte werden als Wunschstandorte bezeichnet. Die Installation neuer Carsharing-Stationen ist jedoch auch in Teilen dem möglichen Rückbau bestehender Stationen geschuldet (z. B. Jäger- und Ludwigsstraße), die beispielsweise auf Grund wegfallender Stellplätze nicht länger zur Verfügung stehen.

Die Orte zukünftiger Carsharing-Stationen und die voraussichtlich dort positionierte Anzahl an Carsharing-Pkw können ebenfalls Plan 1.1 entnommen werden.

Der Fokus für den Ausbau des Carsharing-Angebots durch stadtmobil liegt, wie bisher, im Zentrum Ludwigshafens. Sechs der zehn potentiell neuen Standorte befinden sich in den Stadtteilen Ludwigshafen Mitte und Süd, mit einer möglichen Gesamtanzahl von Carsharing-Pkw zwischen sechs und 13 Fahrzeugen. Weitere Stationen sind in den Bezirken Nord-Hemshof (2 Stationen), Mundenheim und Oggersheim (je 1) geplant – mit einer Anzahl von einem bis maximal zwei Pkw pro Station. Ob an diesen Stationen neben Carsharing mit konventionellem Antrieb (Verbrennungsmotor) auch Pkw mit (teil-)elektrischem Antrieb bereitgestellt werden, ist nach derzeitigem Stand nicht zu prognostizieren. Derzeit scheitert die Umsetzung von E-Carsharing an den hohen Kosten für die Anschaffung von E-Pkw, weshalb für stadtmobil der Betrieb unwirtschaftlich ist.

Um ein Gespür für den „Stand“ des Carsharing-Systems in Ludwigshafens zu erhalten, ist ein vergleichender Blick auf die beiden Nachbar-Großstädte Mannheim und Heidelberg sinnvoll. Tabelle 14 zeigt eine Übersicht von Carsharing-Kennwerten des Unternehmens stadtmobil für die drei Städte, wie die Anzahl der Stationen, Anzahl der Carsharing-Pkw etc. Mit derzeit 17 Carsharing-Stationen liegt Ludwigshafen dabei weit hinter dem Angebot in Heidelberg mit 73 und Mannheim mit 59 Stationen. Im Verhältnis zur Bevölkerungszahl der Städte gibt es damit in Mannheim rund doppelt und in Heidelberg 4,5-Mal so viele Stationen für Carsharing, als in Ludwigshafen. Zu dem stationären Angebot werden in Mannheim und Heidelberg zudem nicht-stationäre Carsharing-Pkw unter dem Name „Joe-Car“ offeriert. Damit gibt es in Heidelberg eine Gesamtzahl von 182 und in Mannheim eine Anzahl von 186 Carsharing-Pkw. Die Versorgung mit Carsharing-Fahrzeugen und damit die Dichte des Angebots liegt in Mannheim (0,60 Pkw je 1.000 EW) und in Heidelberg (1,13 Pkw je 1.000 EW) deutlich über den 0,15 Carsharing-Pkw je 1.000 EW in Ludwigshafen.

Tabelle 14: Carsharing im Vergleich: stadtmobil in Ludwigshafen, Mannheim und Heidelberg

	Ludwigshafen	Mannheim	Heidelberg
Einwohnerzahl	168.500 ¹	308.000 ¹	160.600 ¹
Anzahl Stationen	17	59	73
Stationen je 1.000 EW	0,10	0,19	0,45
Stationen mit Ladeinfrastruktur	1	2	5
Anzahl Pkw (stationär)	26	138	147
Anzahl Pkw (free-floating)	-	48	35
Pkw je 1.000 EW	0,15	0,60	1,13
Anteil E-Pkw (BEV+ BHEV)	15 %	1 %	3 %

Es lassen sich nach Aussage von stadtmobil zwei wichtige Ursachen für die unterschiedliche Entwicklung der Carsharing-Systeme in diesen drei Städten identifizieren:

- Zum Einen liegt der Einführungszeitpunkt von Carsharing in Ludwigshafen kürzer zurück, als der in Mannheim und Heidelberg. Dort wird seit der Gründung der von stadtmobil Rhein-Neckar GmbH im Jahr 1999 Carsharing angeboten wird. Laut stadtmobil entspricht die Nachfrage-Entwicklung in Ludwigshafen in etwa der von Heidelberg und Mannheim, wenn man den Zeitraum zwischen Einführung und dem Status quo in Ludwigshafen mit dem gleichen Zeitraum der beiden anderen Städte vergleicht.
- Kein Einfluss lässt sich derzeit aus der unterschiedlichen soziodemographischen Struktur der Städte ableiten. Obwohl Mannheim und Heidelberg als Universitätsstädte einen großen Anteil der Carsharing-affinen Studierendenschaft an der Gesamtbevölkerung aufweisen, ist die Entwicklung des Carsharing in Ludwigshafen (keine Universitätsstadt), im vergleichbaren Zeitraum ähnlich zur Entwicklung in Mannheim und Heidelberg. Dennoch ist anzunehmen, dass sich bei der Etablierung von Carsharing in der Breite – wie es heute in Mannheim und Heidelberg bereits der Fall ist – Effekte äußern, die sich auf die abweichende soziodemographische Struktur der Stadt, im Vergleich zu Mannheim und Heidelberg, zurückführen lassen.
- Die zweite Ursache für die unterschiedliche Entwicklung der Carsharing-Systeme der drei Großstädte ist, laut stadtmobil, die verschieden stark ausgeprägte Unterstützung des Carsharing durch die Städte, bzw. deren Akteure aus Politik und Verwaltung. Hier sei beispielhaft die Tatsache genannt, dass die Städte Mannheim und Heidelberg selbst Kundinnen bei stadtmobil sind, während in Ludwigshafen dies, nach anfänglicher Zusammenarbeit, nicht mehr der Fall ist.

¹ Stand 31.12.2017, Quelle:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1353/umfrage/einwohnerzahlen-der-grossstaedte-deutschlands/>

Für eine breit angelegte Einführung von E-Mobilen im Carsharing lassen sich aus Sicht von stadtmobil folgende Hemmnisse identifizieren:

- Für Carsharing-Kunden ist die Nutzung von E-Pkw häufig noch mit mangelnder Vertrautheit mit der Technologie verbunden. Kurze Reichweiten der Fahrzeuge, eine geringe Dichte der Ladeinfrastruktur und auch intransparente Abrechnungsmodalitäten an den Ladesäulen stellen eine Hürde bei der Nutzung der Fahrzeuge dar.
- Ein wirtschaftlicher Betrieb von Carsharing mit E-Pkw ist derzeit auf Grund der deutlich höheren Kosten bei der Anschaffung der Fahrzeuge nicht möglich.
- Die Preise für das Tanken von Strom an E-Ladeinfrastruktur sind äußerst intransparent. Je nach Betreiber und Standort schwanken die Kosten je Ladeinheit stark und liegen häufig deutlich über dem marktüblichen Preis für Strom.
- Die Mietpreise für Stellplätze, an denen Ladeinfrastruktur vorhanden ist, sind für einen wirtschaftlichen Betrieb von E-Carsharing in der Regel deutlich zu hoch.
- Das Finden von Werkstätten, die Reparaturen von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen anbieten, gestaltet sich für stadtmobil derzeit umständlich.

Aus diesen Hemmnissen leiten sich für stadtmobil wiederum Notwendigkeiten ab, die erfüllt werden müssen, um die Chance, E-Mobilität im Carsharing zu etablieren, zu erhöhen:

- Rabattierung von E-Pkw, um einen wirtschaftlich sinnvollen Betrieb von E-Carsharing zu ermöglichen.
- Ein ausreichendes Angebot an E-Ladeinfrastruktur, das auch von Carsharing-Anbietern genutzt werden kann; d. h. fest reservierte Stellplätze mit Lademöglichkeit für E-Carsharing-Pkw (Diese sind derzeit häufig nicht förderwürdig).
- Reduzierung von Stellplatzmietkosten für Carsharing-Anbieter, insbesondere bei Stellplätzen mit E-Ladeinfrastruktur.
- Harmonisierung der Strompreise an E-Ladeinfrastruktur für eine transparentere Kostenstruktur.

Aber: Auch wenn o. g. Punkte erfüllt sein sollten, wird es aus Sicht von stadtmobil keine kurzfristige vollständige Umstellung der Carsharing-Flotte auf E-Mobilität geben. Stadtmobil verweist darauf, dass die positiven ökologischen Effekte von Carsharing darin liegen, dass Carsharing-Kunden sukzessive immer weniger Auto fahren, die Fahrzeuge gemeinsam nutzen (und besser auslasten) und jeder Carsharing-Pkw eine große Anzahl privater Pkw substituiert. E-Mobilität ist in diesem nachhaltigen Konzept nur ein Teilaspekt.

4.3.4 Fazit

Für Carsharing im Allgemeinen und E-Carsharing im Speziellen lassen sich für Ludwigshafen folgende Erkenntnisse formulieren:

- Das Angebot an Carsharing-Stationen und –Pkw ist derzeit als deutlich unterdurchschnittlich zu bewerten. Mit einer Versorgungsquote von 0,15 Carsharing-Pkw je 1.000 EW liegt Ludwigshafen weit hinter den Quoten deutscher Städte mit guten oder sehr guten Carsharing-Angeboten. Insbesondere der Vergleich mit den beiden Nachbarstädten Mannheim und Heidelberg zeigt den Nachholbedarf bzw. das Potential für Carsharing-Nutzung.
- Derzeit werden vorrangig zentrumsnahe Quartiere mit Carsharing-Angeboten versorgt. Die Dichte an Stationen nimmt vom Stadtkern in Richtung Stadtrand ab. In sechs peripheren Stadtteilen gibt es aktuell keine Carsharing-Station.
- Der Ausbau von Carsharing in Ludwigshafen wird durch das Finden geeigneter Flächen/Stellplätze für das Einrichten neuer Carsharing-Stationen stark erschwert.
- E-Carsharing spielt in Ludwigshafen derzeit nur vereinzelt eine Rolle. Die Anschaffung von Elektro-Pkw ist im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen teurer und deshalb unwirtschaftlich.
- E-Carsharing braucht fest zugeordnete Ladeinfrastruktur mit exklusivem Zugangsrecht für die Pkw des Carsharing-Anbieters. Förderprogramme schließen eine solche Exklusivität bisher aus. Die Installation von und Investition in E-Ladeinfrastruktur durch den Carsharing-Anbieter ist sowohl aus Kompetenzsicht – „Carsharing-Unternehmen sind keine Energieversorger“ – und aus wirtschaftlichen Gründen nicht verfolgenswert.
- Nicht nur in Ludwigshafen ist der Markt für Ladestrom für E-Fahrzeuge intransparent. Der Preis für Strom an Ladeinfrastruktur liegt häufig weit über dem üblichen Preis für Strom. Starke Schwankungen des Preises, je nach Anbieter und Lage der Station, erschweren die Kalkulation von E-Carsharing.

4.3.5 Lösungsansätze/Maßnahmenvorschläge

- Überführung des Carsharing-Gesetzes (CsgG) in das Kommunalrecht zur Schaffung zusätzlicher Carsharing-Standorte & -Infrastruktur (Ausweisung exklusiver Stellplätze für Carsharing-Pkw)
- Ausweisung von E-Carsharing-Stellplätzen mit angepasster (exklusiver) Ladeinfrastruktur; Lösungsvorschlag: Eine Ladesäule mit zwei Ladenpunkten: eine exklusiv für CS eine öffentlich zugänglich
- Änderung der Vergabepaxis von Anwohnerparkausweisen zugunsten von (e)Carsharing- und elektrisch betriebenen Fahrzeugen
- Bezuschussung der Strompreise für E-Carsharing und Verleihmodelle mit elektrifizierten Zwei-/Dreirädern
- Akquise weiterer (E-)Carsharing-Unternehmen für die Stadt Ludwigshafen
- Integration von (E-)Carsharing in städtebauliche Ausschreibungen
- Integration von (E-)Carsharing in städtische Fuhrparke

4.4 Elektrifizierungspotential im Busverkehr

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) ist nicht nur Grundpfeiler volkswirtschaftlichen Wohlstands, sondern ebenso wesentlicher Bestandteil gesellschaftlichen Lebens und Teilhabe. Ein effizienter und ressourcenschonender ÖPNV kann in diesem Kontext einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die Lebensqualität in den stetig wachsenden Metropolregionen zu erhöhen. Die größten Potentiale liegen dabei in der Umstellung der Busflotte von konventionellen Diesel- auf elektrische Antriebe, durch die Energie mit einem sehr hohen Wirkungsgrad eingesetzt und lokale Emissionen vermieden werden können.

Bereits mehrere Städte, darunter Hamburg, Berlin und Köln, haben angekündigt, bis 2030 alle Dieselbusse auf Elektroantrieb umzustellen. Hamburg plant die Anschaffung von 30 Elektrobusen bis Ende 2019¹. In Berlin sollen 2019 allein in der ersten Jahreshälfte 30 neue Elektrobusse in Betrieb genommen werden².

Für den konkreten Anwendungsfall bei Stadtbussen sollen im Folgenden zunächst verschiedene Varianten elektrischer Betriebskonzepte vorgestellt und deren jeweilige Besonderheiten in Hinblick auf den Einsatz im Linienbetrieb dargestellt werden (Abschnitt 4.4.1). Daran anschließend wird mit der Potentialanalyse für das Angebotskonzept der Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (rnv) in Ludwigshafen (Stand 2019) untersucht, unter welchen Bedingungen und mit welcher Konfiguration Elektrobusse in Ludwigshafen eingesetzt werden können (Abschnitte 4.4.2 bis 4.4.4). Abschließend wird die Kostenstruktur für die Umstellung ausgewählter Linien bzw. Umläufe³ auf den E-Busbetrieb dargestellt und dem Kostengerüst konventioneller Fahrzeuge gegenübergestellt (s. 4.4.5).

4.4.1 Übersicht alternativer Elektrobuskonzepte

Die Betriebskonzepte elektrischer Fahrzeugantriebe können im Wesentlichen danach unterschieden werden, auf welche Weise die benötigte Traktionsenergie für das Fahrzeug bereitgestellt wird. Folgende Konzepte mit hinreichendem technologischem Reifegrad, Praxiserfahrungen im Realbetrieb sowie einem gewissen Fahrzeugangebot am Markt kommen mittelfristig für den Einsatz in Betracht:

- Hybrid-Oberleitungsbusse
- Batteriebusse
 - Ladung ausschließlich im Depot („Nachtlader“)
 - Ladung auch an den Wendepunkten und/oder zusätzlich entlang der Route („Gelegenheitslader“)
- Brennstoffzellenbusse

¹ <https://dialog.hochbahn.de/bus-in-zukunft/der-erste-von-1000-1-serienreifer-e-bus-in-hamburg/>

² <https://www.tagesspiegel.de/berlin/elektromobilitaet-berlin-bekommt-30-neue-elektrobusse/23828596.html>

³ Fahrzeugumläufe beinhalten neben der produktiven Fahrzeugeinsatzzeit (Kurbelzeit), d. h. der Fahrzeit zur Beförderung von Fahrgästen und der Wendezeit an den Endhaltestellen, auch Aus- und Einrückfahrten (Wege vom Betriebshof zum ersten bzw. letzten Regelhalt) sowie Leer- und Umsetzfahrten.

Hybrid-Oberleitungsbus

Anfänge der Technologie reichen zurück ins Jahr 1882, wo Werner von Siemens das erste oberleitungselektrische Versuchsfahrzeug unter der Bezeichnung „Elektromote“ vorstellte. Ab den 1920er Jahren wurden weltweit in vielen Städten O-Bussysteme als Alternative zur Straßenbahn eingeführt. Während in Deutschland die Hochzeit der O-Busse in den 1950er und 60er Jahren mit etwa 60 gleichzeitig betriebenen Netzen lag, wurde auf Grund einer auf andere Verkehrssysteme ausgerichteten verkehrspolitischen Strategie der überwiegende Teil des O-Busbetriebs in Deutschland wieder eingestellt. Heute werden noch drei O-Busnetze in Deutschland (Esslingen, Solingen und Eberswalde) betrieben.

Der elektrisch angetriebene Hybrid-Oberleitungsbus (HO-Bus) bezieht die benötigte Traktionsenergie mittels Stromabnehmer aus einem zweipoligen Fahrleitungssystem über der Straße (s. Abbildung 31). Um nichtelektrifizierte Streckenabschnitte befahren zu können, verfügt der Bus über einen zweiten Energiewandler (z. B. einen Dieselmotor) oder einen zusätzlichen Batteriespeicher, der während des Betriebs an der Oberleitung geladen werden kann.



Abbildung 31: Fahrleitungssystem am Knotenpunkt (O-Bus Salzburg) © Julius Rücker

Die konduktive und permanente Stromübertragung beim O-Bus-System ist Grundlage betrieblicher und wirtschaftlicher Vorteile, allerdings resultieren aus dieser spezifischen Systemarchitektur auch Herausforderungen für den Betriebsablauf, die im Folgenden näher skizziert werden sollen:

- Der Fahrzeugeinsatz ist an die mit einer Oberleitung ausgestattete Strecke gebunden. Die Flexibilität in der Fahrzeugdisposition ist abhängig von der Auslegung des Hybridsystems (u. a. Reichweite der mitgeführten Traktionsbatterie).
- Betriebliche Vorteile ergeben sich zum einen aus den besseren fahrdynamischen Eigenschaften auf Grund der Elektrotraktion (z.B. bessere Beschleunigung) und zum anderen durch verzichtbare Ladungs- und Betankungsvorgänge auf Grund der kontinuierlichen Energieübertragung.

- Im Vergleich zu anderen Elektrobus-Konzepten ist das HO-Bussystems durch einen hohen Investitionsbedarf in die elektrischen Anlagen (Masten, Fahrleitung, Unterwerke) gekennzeichnet.
- Durch die direkte Übertragung der Traktionsenergie von der Oberleitung über den Stromabnehmer auf den Fahrmotor und den damit verbundenen hohen Wirkungsgrad ergeben sich deutliche Betriebskostenvorteile gegenüber konventionellen Antrieben.
- Die hohe Leistungsfähigkeit der Infrastruktur ist besonders für Linien mit hohem Verkehrsaufkommen geeignet; dort können sich Investitionen in die Infrastruktur am besten amortisieren.

Batteriebusse

Batteriebusse haben im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen ähnliche fahrdynamische Vorteile wie HO-Busse und gleichzeitig einen Vorteil beim flexiblen Einsatz im Liniennetz, da sie nicht an eine kontinuierliche Stromübertragung gebunden sind. Allerdings ergeben sich durch den mitzuführenden Energiespeicher (Batterie) sowohl wirtschaftliche als auch betriebliche Implikationen für den Fahrzeugeinsatz.

Batterien sind, trotz stetiger Innovationen in diesem Bereich, nach wie vor gekennzeichnet durch eine relativ geringe gravimetrische Energie- und Leistungsdichte, die zu einem hohen Leistungsgewicht des Energiespeichers führt. Durch die mitzuführenden „toten Massen“ des Energiespeichers wird sowohl die Nutzlast der Fahrzeuge eingeschränkt, als auch die Reichweite durch die speicherbare Energiemenge begrenzt. Darüber hinaus stellt die Batterie einen wesentlichen Kostenfaktor bei den Fahrzeuganschaffungskosten dar. Zwar kann mittelfristig mit einer weiteren Kostendegression bei den Batterien gerechnet werden, allerdings bleibt in Bezug auf den Fahrzeugpreis die installierte Speicherkapazität maßgebend. Den im Vergleich zu konventionellen Bussen höheren Anschaffungskosten steht eine deutlich längere Nutzungsdauer der Fahrzeuge von bis zu 20 Jahren (im Vergleich zum Dieselbus mit ~12 Jahren) gegenüber. Ausgenommen davon bleibt jedoch die Batterie, deren Lebensdauer einerseits kalendarisch und andererseits hinsichtlich der Anzahl möglicher Ladezyklen begrenzt ist.

Im Umgang mit den Nachteilen der Batteriespeicher haben sich für das Einsatzgebiet bei Stadtbussen zwei Konzepte (Nachtlader, Gelegenheitslader) etabliert, die sich hinsichtlich der Kapazität des auf dem Fahrzeug installierten Energiespeichers und des entsprechenden Laderegimes voneinander unterscheiden:

Nachtlader (Ladekonzept: Betriebshof)

Beim „Nachtlader“-Konzept ist auf dem Fahrzeug ein relativ großer Energiespeicher installiert (bis zu 400 kWh, Stand 2018). Die Batterie wird ausschließlich auf dem Betriebsgelände und im Regelfall über Nacht wieder vollständig aufgeladen (s. Abbildung 32). Dabei bedarf es außer dem Ladepunkt auf dem Betriebsgelände keiner weiteren Ladeinfrastruktur entlang der Strecke. Um die gesamte Flotte der Elektrobusse über Nacht laden zu können, muss jedoch der Netzanschluss auf dem Betriebsgelände eine entsprechende Ladeleistung ermöglichen.

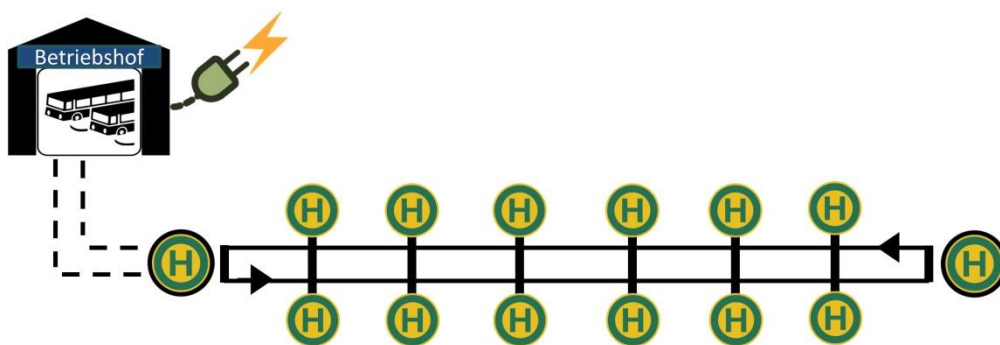


Abbildung 32: Nachtladen; Ganztageinsatz ohne Zwischenladen

Beim Nachtlader-Konzept ist auf Grund der durch den Batteriespeicher begrenzten Energiemenge die maximale Tagesfahrleistung und damit das Einsatzspektrum der Fahrzeuge begrenzt, weshalb sich das Nachtlader-Konzept vor allem für Umläufe mit kleinen und mittleren Streckenlängen eignet. Das Einsatzspektrum für Nachtlader kann jedoch durch die Paarung von Umläufen innerhalb eines Tages deutlich erweitert werden. Dabei fährt ein Fahrzeug mehrere Umläufe pro Tag und rückt jeweils zwischen den Fahrten wieder ein, wobei die Zeit zwischen den Umläufen zum Nachladen auf dem Betriebsgelände genutzt werden kann.

Gelegenheitslader (Ladekonzept: Betriebshof mit Gelegenheitsladung)

Neben dem Laden auf dem Betriebsgelände über Nacht bzw. zwischen den Umläufen werden beim „Gelegenheitslader“-Konzept die Batteriebusse innerhalb eines Umlaufs über konduktive oder induktive Schnellladung (s. Abbildung 33: Schnittstelle und Ladeinfrastruktur für Elektrobusse) an den Wendepunkten der Linien und/oder an einzelnen Unterwegshaltestellen zusätzlich mit Energie versorgt (s. Abbildung 34).

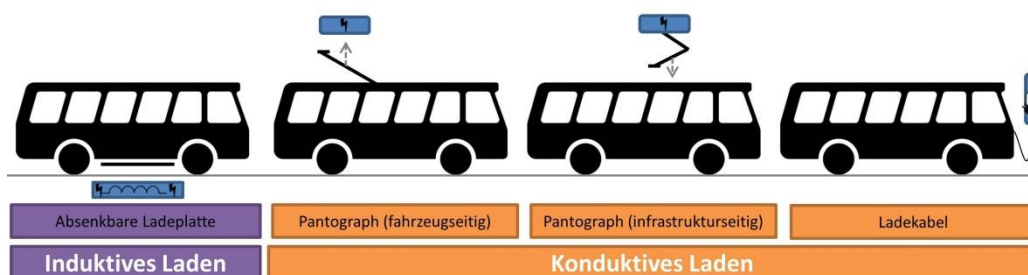


Abbildung 33: Schnittstelle und Ladeinfrastruktur für Elektrobusse

Durch die zusätzlichen Ladevorgänge im Umlauf können Fahrzeuge mit kleineren Batteriespeichern eingesetzt werden. Während Fahrzeuge mit geringerer Batteriekapazität günstiger in der Anschaffung sind, besteht mit der Schnellladeinfrastruktur ein zusätzlicher Investitionsbedarf. Allerdings können in Städten mit anderen elektrischen Verkehrssystemen wie Straßenbahn oder O-Bus Synergien und damit Kosteneinsparungen durch die gemeinsame Nutzung von Netzanschlüssen oder Unterwerken ausgeschöpft werden.

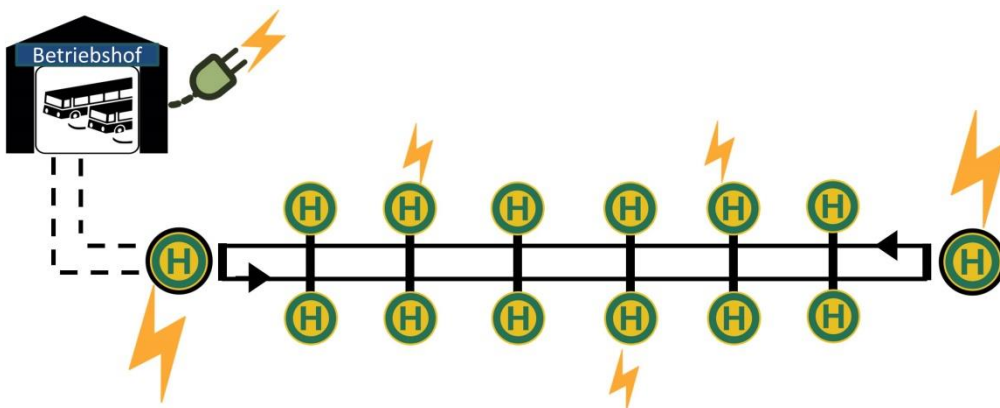


Abbildung 34: Nachladen + Gelegenheitsladen an den Endhaltestellen + bei Fahrgastwechsel an Unterwegshaltestellen

Der Aufbau zusätzlicher Ladeinfrastruktur entlang der Strecke ist nur auf wenig verspätungsanfälligen Linien sinnvoll, damit die fahrplanmäßigen Haltestellenaufenthalts- und Wendezeiten für den Ladevorgang genutzt werden können und nicht durch Verspätungen aufgezehrt werden. Dabei werden für das Gelegenheitslader-Konzept linienreine Umläufe angenommen, bei denen jedes Fahrzeug lediglich auf einer Linie eingesetzt wird. Dagegen ist es jedoch in der Praxis üblich, Fahrzeuge innerhalb eines Umlaufs auf verschiedenen Linien einzusetzen (Linienwechsler). Für dieses Prinzip des Fahrzeugeinsatzes ist jedoch das Gelegenheitslader-Konzept ungeeignet, da die mit Ladeinfrastruktur ausgestatteten Haltestellen nicht in der gleichbleibenden Frequenz wie im linienreinen Umlauf angefahren werden und somit das Zwischenladen im annähernd gleichen Intervall nicht möglich ist.

Die Konfiguration der Fahrzeuge und damit die installierten Batteriekapazitäten hängen von der Umlaufplanung und dem jeweiligen Laderegime ab. Herstellerseitig werden Fahrzeuge mit Speicherkapazitäten bis zu 600 kWh angeboten, wobei die meisten der derzeit im Regelbetrieb eingesetzten Fahrzeuge über eine Batteriekapazität bis 400 kWh verfügen (s. Abbildung 35).

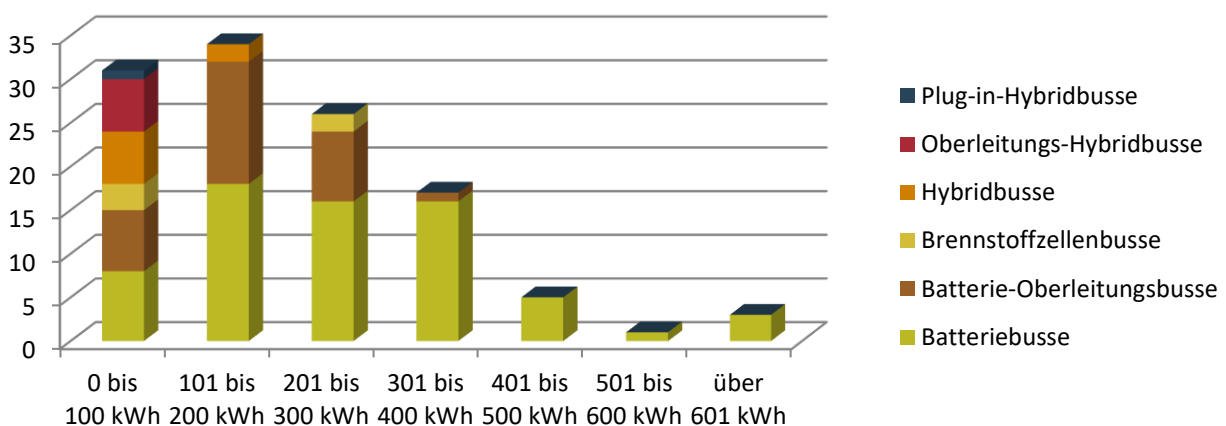


Abbildung 35: Anzahl am Markt verfügbarer Busmodelle nach Batteriekapazität und Antriebskonzept (eigene Marktuntersuchung)

Bei dem größten Teil der am Markt verfügbaren Elektrobusse handelt es sich um Batteriebusse (BEV), wobei einige Modelle auch als Batterie- und Oberleitungs-Hybrid Busse angeboten werden (BEV/OH). Während Brennstoffzellenfahrzeuge derzeit nur bei einzelnen Herstellern serienmäßig verfügbar sind, werden Hybrid- und Plugin-Hybridbusse (PHEV)

von einer Vielzahl an Herstellern mit unterschiedlichsten Konfigurationen angeboten. Tabelle 15 zeigt einen Ausschnitt der am Markt verfügbaren Elektrobusmodelle für die am häufigsten eingesetzten Fahrzeugtypen Standardlinienbus und Gelenkbus.

Tabelle 15: Marktübersicht Elektrobus für SLB und GB (Ausschnitt eigener Marktuntersuchung)

Hersteller	Modellname	Fz-Größe	Plätze	Leistung [kW]	Batt.[kWh]	Ladeleistung
Alstom	Aptis	über 18 m	95	180	346	
Ankai	HFF6123G03EV-2	12 bis 13 m	38		323	
Ebusco	2.1	12 bis 13 m	79	220	311	75...120 kW
Ebusco	2.2	13 bis 18 m	95	270	362	400...700 kW
MAN	Lion's City E solo	12 bis 13 m	90	270	480	100/ 150 kW
MAN	Lion's City E articulad	über 18 m			640	100/ 150 kW
Mercedes-Benz	eCitaro	12 bis 13 m	90	250	243	150 kW
Scania	Citywide LF electric	12 bis 13 m		220/295	150	
Sileo	S12	12 bis 13 m	90	240	231	40 / 80 kW
Sileo	S18	13 bis 18 m	136	480	346	40 / 80 kW
Sileo	S24	über 18 m	210	480	452	40 / 80 kW
Skoda	Perun HE	12 bis 13 m	82	160	230	100 kW
Skoda	Perun HP	12 bis 13 m	82	160	80	600 kW
Skoda	E'City	12 bis 13 m	85	160		
Solaris	Urbino 12 electric	12 bis 13 m	75	250	240	120-450 kW
Solaris	Urbino 18 electric	13 bis 18 m	129	240	175	120-450 kW
Ursus Bus	City Bus Smile 18	13 bis 18 m	104	452	105	625 kW
Ursus Bus	City Bus Smile 12	12 bis 13 m	82	170	175	30 kW
Volvo	7900 Electric	12 bis 13 m	95	180	200	150/ 300 kW

Brennstoffzellenhybridbus

Der Brennstoffzellenantrieb besteht aus einem Elektromotor, der über eine Brennstoffzelle (s. Abbildung 36, rechts) mit Strom versorgt wird. Die Brennstoffzelle wandelt Wasserstoff und Sauerstoff zu Strom, Wärme und Wasser um. Um Leistungsspitzen abfedern zu können, wird eine zusätzliche Pufferbatterie eingesetzt. Während die Stromerzeugung aus Wasserstoff und Sauerstoff keine lokalen Treibhausgasemissionen verursacht, ist jedoch die Wasserstoffherzeugung und -verflüssigung (für den Transport) sehr energieintensiv. Auf Grund der niedrigen volumenbezogenen Energiedichte des Wasserstoffs wird dieser für den Einsatz im Fahrzeugbereich stark verdichtet, wozu sehr hohe Drücke von 700 bis über 1.000 bar aufgewendet werden. Dies wiederum erfordert entsprechend druckfeste Wasserstofftanks (s. Abbildung 36, links). Die Fahrzeugkosten werden jedoch im Wesentlichen durch die Brennstoffzelle bestimmt, die auf Grund der als Katalysator eingesetzten Platinmetalle mit ~1/3 der Gesamtkosten den größten Kostenblock ausmacht.



Abbildung 36: Wasserstofftank (links), Brennstoffzelle (rechts) © Julius Rücker

Vorteile haben Stadtbusse mit Brennstoffzellenantrieb auf Grund der hohen Reichweite (von bis zu 350 km, aktuell angeboten u. a. von den Herstellern Solaris und Van Hool) und dem flexiblen Einsatz im Liniennetz. Verschiedene Städte, darunter Stuttgart, Münster und Wuppertal testen bereits den Einsatz von Brennstoffzellenbussen im Regelbetrieb. Allerdings handelt es sich bei den eingesetzten Fahrzeugen größtenteils um Prototypen und Kleinserien, deren technologischer Reifegrad noch keine größere Marktdurchdringung ermöglicht.

Um klimapolitische Ziele erreichen und gleichzeitig ein effizientes ÖPNV-Konzept realisieren zu können, steht der Brennstoffzellenantrieb als Alternative zum konventionellen Diesel noch vor zentralen Herausforderungen wie dem Erlangen der Serienreife, der Kostendegression einzelner Komponenten (vor allem Brennstoffzelle und Tank) und der klimaneutralen Wasserstoffherzeugung.

4.4.2 Vorüberlegungen zur Potentialanalyse

Da die wirtschaftlichen wie betrieblichen Potentiale für die Umstellung konventioneller ÖPNV-Busse auf Elektroantrieb entscheidend von den spezifischen Rahmenbedingungen des entsprechenden ÖPNV-Angebotskonzepts abhängig sind, werden zunächst allgemeine Vorüberlegungen für den vorteilhaften Einsatz von Elektrobussen formuliert. Daran anknüpfend wird anhand der konkreten Linienkennwerte und Umlaufpläne ein Potentialatlas für das Angebotskonzept der Stadt Ludwigshafen am Rhein erstellt. Untersucht werden dabei u. a. Linienlängen, Fahrzeugfolgezeiten, eingesetzte Fahrzeugtypen und Fahrleistungen.

Die Vorüberlegungen beinhalten sowohl grundlegende Aspekte der unterschiedlichen E-Buskonzepte als auch Faktoren, die die Betriebsführung betreffen. Grundlage hierfür sind Erfahrungen aus der Untersuchung verschiedener E-Buskonzepte im Rahmen der Potentialstudie zu Hybrid-Oberleitungsbusen im Auftrag des BMVI (Bergk et al. 2015) und die Hinweise aus dem Arbeitstreffen zwischen der Rhein-Neckar-Verkehr GmbH und dem ifeu Heidelberg am 02.11.2018:

- Das O-Buskonzept wird als Alternative nicht weiter vertieft. Grund dafür sind sowohl Konflikte der sich kreuzenden Fahrleitungssysteme von O-Bus und Straßenbahn als auch die hohen Infrastrukturkosten für Oberleitungsbusse.

- In Mannheim wurde durch die rnv ein Ladekonzept mit induktiver Gelegenheitsladung an einigen Haltestellen erprobt. Dieses Ladekonzept stellte sich dabei für die Betriebsabläufe der rnv aus verschiedenen Gründen als problematisch heraus und wird daher bei der vorliegenden Potentialanalyse ebenfalls nicht betrachtet.
- Auf Grund des technologischen Reifegrades, der am Markt verfügbaren Serienfahrzeuge und der nach wie vor hohen Kosten für Fahrzeugtechnik und Energiewandlung wird Wasserstoff als Antriebskonzept ebenfalls nicht vertiefend betrachtet.

Verkehrsbetriebe sind mit der gemeinwirtschaftlichen Verpflichtung im Sinne der Daseinsvorsorge mit der Erbringung von Verkehrsleistungen beauftragt. Durch die Subventionierung im Querverbund sind jedoch zusätzliche Kosten besonders rechtfertigungsbedürftig und sollen im Allgemeinen minimiert werden.

Da neben den Fahrzeugkosten vor allem die Kosten für Fahrpersonal einen Großteil der Gesamtkosten ausmachen, sind Angebots- und Umlaufplanung dahingehend optimiert, einen möglichst effizienten Personal- und Fahrzeugeinsatz zu realisieren. Die Einführung neuer Fahrzeugbetriebskonzepte soll dementsprechend zu möglichst geringen Änderungen der bestehenden Umlaufplanung führen um so entstehende Mehrkosten durch z. B. einen höheren Fahrzeugbedarf oder zusätzliche Aus- und Einrückfahrten zu vermeiden.

Ausgehend von der Marktanalyse von Batteriebussen (S. 82) wurden vier Fahrzeugtypen in der Potentialanalyse untersucht. Hierbei wurden sowohl für einen 12 m Standardlinienbus (SLB) als auch für einen 18 m Gelenkbus (GB) jeweils eine Konfiguration mit kleinerer Batterie (Gelegenheitslader, kurz GL) und eine mit größerer Batterie (Nachtlader, kurz NL) berücksichtigt. Die Bezeichnung Gelegenheitslader (GL) bzw. Nachtlader (NL) beschreibt dabei Fahrzeugkonfiguration hinsichtlich der Batteriegröße. Die Laderegime werden in Bezug auf die Ladeleistung und den Standort wie folgt unterschieden:

- Ladekonzept: Betriebshof
- Ladekonzept: Betriebshof mit Gelegenheitsladung

Die betrachteten Fahrzeugkonfigurationen (s. Tabelle 16) orientieren sich dabei an den Vorüberlegungen sowie am aktuellen Marktangebot (s. Tabelle 15) und soll ein möglichst weites Einsatzspektrum bei der aktuellen Angebots- und Umlaufplanung ermöglichen.

Tabelle 16: Kapazität und Reichweite der verschiedenen E-Buskonfigurationen

	Einheit	SLB-NL	SLB-GL	GB-NL	GB-GL
Batteriekapazität (brutto)	kWh	350	250	400	300
Batteriekapazität (netto)	kWh	280	200	320	240
Reichweite (alle Klimaregionen)	km	175	140	136	114
Reichweite (kälteste Klimaregion)	km	158	124	123	102
Reichweite (kältester Monat)	km	136	106	107	87
Ladezeit bei 0 % SOC (mit 50 kW)	hh:mm	06:05	04:20	06:57	05:13

Der Gesamtenergieverbrauch beim Fahrbetrieb setzt sich im Wesentlichen aus der zur Überwindung der Fahrwiderstände benötigten Traktionsenergie und dem Energiebedarf

der Nebenverbraucher zusammen. Diese werden vor allem durch den Energiebedarf für Heizung bzw. Klimatisierung bestimmt. In Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen verringert sich die zur Verfügung stehende Reichweite um bis zu 25 % auf Grund des zusätzlichen Energiebedarfs für die Heizung. Dabei wurde der spezifische Energieverbrauch sowohl in Bezug aufs Jahresmittel der kältesten Klimaregion, als auch für den worst-case, d. h. den kältesten Monat im Jahr berechnet (s. Tabelle 17). Grundlage für die Unterscheidung der Klimaregionen bilden die Testreferenzjahre des Deutschen Wetterdienstes¹, die einen typischen mittleren witterungsverlauf im Jahresgang repräsentieren (Bergk et al. 2015).

Tabelle 17: Energieverbrauch (Traktion + Nebenverbraucher) in Abhängigkeit von der Klimaregion [kWh/km]

	alle Klimaregionen (Jahresmittel)	kälteste Klimaregion (Jahresmittel)	kälteste Klimaregion (kältester Monat)
SLB-NL (350 kWh)	1,60	1,77	2,05
SLB-GL (250 kWh)	1,43	1,60	1,87
GB-NL (400 kWh)	2,34	2,59	2,99
GB-GL (300 kWh)	2,09	2,34	2,74

Für einen Ladepunkt im Betriebshof wurde mit einer Leistung von 50 kW gerechnet. Am Betriebshof in Ludwigshafen stehen derzeit freie Kapazitäten von ~750 kW für Ladeinfrastruktur zur Verfügung. Damit könnten theoretisch 15 Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden. Das Laden mit einer Leistung von 50 kW erlaubt es darüber hinaus nicht nur, die Fahrzeuge während der Betriebspause (über Nacht) wieder komplett voll zu laden, sondern auch in ausreichendem Maße Energie zwischen zwei Umläufen aufzunehmen, um zweimal pro Tag ausrücken zu können.

Für das Gelegenheitsladen an den Wendepunkten wurde ein üblicher Schnellladepunkt mit einer Leistung von 250 kW angenommen. Bei einer Ladezeit von 5 Minuten könnten so ~19,2 kWh aufgenommen werden, was beim Standardlinienbus einer zusätzlichen Reichweite von 12-13 km und beim Gelenkbus von 8-9 km entspricht.

In Abstimmung mit der Rhein-Neckar-Verkehr GmbH konzentriert sich die Potentialanalyse auf rein batterieelektrische Buskonzepte, wobei zunächst das Gelegenheitslader- und dann das Nachtlader-Konzept für die mögliche Anwendung im ÖPNV-Angebotskonzept der Stadt Ludwigshafen untersucht werden. In Hinblick auf Fahrzeug- und Infrastrukturkonfiguration liegt der Fokus auf Grund betrieblicher und wirtschaftlicher Vorteile auf dem konduktiven Laden auf dem Betriebsgelände. Wesentliche Gründe gegen das Gelegenheitsladen entlang der Linienrouten sind dabei u. a. Konflikte mit der innerstädtischen Baustellenfolge sowie die Verspätungswirkung auf den einzelnen Linien.

4.4.3 Potentialanalyse für das Ladekonzept: Betriebshof mit Gelegenheitsladung

Die Potentialanalyse für das Konzept der Gelegenheitslader wird unter der Annahme linienreiner Umläufe durchgeführt (ein Fahrzeug ist immer auf der gleichen Linie unterwegs). Bei einer sukzessiven Umstellung der ÖPNV-Flotte auf E-Fahrzeuge können beim linienreinen Betrieb die Infrastruktur der Schnellladepunkte bestmöglich ausgenutzt und

¹ https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/spez_themen/try/try_node.html

bei einem hohen Fahrplanwirkungsgrad (= Quotient der Summe aus Fahrzeit der Hin- und Rückrichtung und der Umlaufzeit) der Fahrzeugbedarf optimiert werden. Da kurz bis mittelfristig zunächst nur Teile der Busflotte umgestellt werden und sich der Aufbau der Schnellladeinfrastruktur zunächst auf ausgewählte Punkte konzentriert, können Fahrzeuge und Infrastruktur nur wirtschaftlich betrieben werden, indem Sie optimal ausgelastet werden, wobei das Einsatzspektrum des Gelegenheitslader-Konzepts auf die Linienrouten mit entsprechenden Lademöglichkeiten beschränkt bleibt.

Unter der Prämisse des linienreinen Fahrbetriebs wurden die einzelnen Linien anhand deren Kennwerte wie Fahrzeit, Wendezeit und Fahrzeugfolgezeit auf die Eignung für die Umstellung auf E-Busbetrieb mit Gelegenheitsladern an den Wendepunkten untersucht.

Kriterien und Annahmen für das Gelegenheitslader-Konzept:

- Wendezeiten, die ein Zwischenladen ermöglichen, sollten in Abhängigkeit von der Linienlänge und damit dem Energieverbrauch auf der Linie nicht kleiner als 6 Minuten und nicht größer als 13 Minuten sein.¹
- Linien mit Endschleifenführung sind für das Konzept des Gelegenheitsladers ungeeignet, da hier üblicherweise keine Aufstellflächen vorgehalten werden, die bei Linienführung im Regelfall für Wendevorgänge vorgesehen sind.
- Linien mit hoher Verspätungsanfälligkeit sind weniger gut für das Gelegenheitsladen im linienreinen Umlauf geeignet, da durch Verspätung die verfügbaren Ladezeiten an den Wendestellen aufgezehrt werden.
- Mehrfache Wechsel der Gefäßgrößen auf einer Linie (z. B. um Kapazitätsanpassungen für die Haupt-, Normal- und Spätverkehrszeit – kurz HVZ, NVZ und SVZ – vorzunehmen), die zusätzliche Aus- und Einrückfahrten erforderlich machen und somit zu einem höheren Fahrzeugbedarf auf der entsprechenden Linie führen, müssen besonders in Hinblick auf den wirtschaftlichen Einsatz von Elektrobussen überprüft werden.
- Wenn mehrere Linien den gleichen Wendepunkt haben, können Synergien durch die gemeinsame Nutzung der Ladeinfrastruktur und somit deren bessere Auslastung realisiert werden.

Anhand der Kriterien für das Gelegenheitslader-Konzept bei linienreinen Umläufen wurden alle Linien im Regelbetrieb (inkl. der Moonliner-Linien 90 bis 97) anhand der Linienkennwerte untersucht (s. Tabelle 18). Für die Linien 76 und 78 konnte eine besondere Eignung für das Gelegenheitslader-Konzept festgestellt werden, da diese Linien über ausreichende Wendezeiten verfügen und darüber hinaus einen gemeinsamen Wendepunkt mit dem Halt in Maudach anfahren. Auch der Moonliner Linie 96 könnte von einer Lademöglichkeit in Maudach profitieren, allerdings ist hier die Wendezeit sehr klein und könnte leicht durch Verspätungen auf der Linie aufgezehrt werden.

Übersicht der Linien mit:

t_r	Reisezeit
t_w	Wendezeit

¹ Aus der Prämisse, dass am Wendepunkt eine Mindestzeit zum Laden von 3 Minuten zur Verfügung steht und gleichzeitig die unproduktive Zeit am Wendepunkt begrenzt bleiben soll, ergibt sich das Auswahlkriterium für den Filter anhand der Wendezeit wie folgt: $6 \text{ min} \leq t_w \leq 13 \text{ min}$. Hierbei werden auch eventuelle Verspätungen von 3 Minuten berücksichtigt.

t_u	Umlaufzeit
t_z	Taktzeit
N_{Fz}	Fahrzeugbedarf
$p_{\text{Pers-km/Platz-km}}$	Auslastung

Tabelle 18: Übersicht Buslinien Ludwigshafen am Rhein, Potentialanalyse Gelegenheitslader (Datengrundlage: rnv)

Linie	H/R	t_r	t_w	$t_{w,NVZ}$	t_u	$t_{u,NVZ}$	t_z	$t_{z,NVZ}$	N_{Fz}	$N_{Fz,NVZ}$	$p_{\text{Pers-km/Platz-km}}$	Bemerkung	
70	Hin	35	5		80			20	4		0,152		
70	Rück	38	2										
71	Hin	24	16		80			20	4		0,181	Endhalt=Rathaus	
71	Rück	21	19									Endhalt=Notwende	
72	Hin	26	14		80			20	4		0,073	Endhalt=Melm	
72	Rück	26	14									Endhalt=Ruchheim	
73	Hin	27					20/40					2 Abfahrten pro Stunde	
73	Rück	26											
74	Hin	41	9	19	100	120	10	20	10	6	0,183	Endhalt=Rathaus	
74	Rück	39	11	21								Endhalt=Berliner Platz	
75	Hin	29	11	11	80	80	10	20	8	4		Endhalt=Rheingönheim	
75	Rück	30	10	10								Endhalt=Berliner Platz	
76	Hin	23	7	17	60	80	10	20	6	4	0,166	Endhalt=Maudach	
76	Rück	20	10	20								Endhalt=Berliner Platz	
77	Hin	14	6		20			20	1		0,061		
77	Ringlinie											Endhalt=Berliner Platz	
78	Hin	29	11		80			20	4		0,093	Endhalt=Maudach	
78	Rück	30	10									Endhalt=BASF Süd	
84	Hin	22	38		120			60	2			Endhalt=Oppau	
84	Rück	23	37									Endhalt=Frankenthal	
85	Hin	6	14		40			20	2			Endhalt=Oppau	
85	Rück	6	14									Endhalt=Oppau West	
86	Hin	20	0					20	1			Ringlinie	
86	Ringlinie												
87	Hin	13	7		40			20	2		0,138	Endhalt=Pfingstweide	
87	Rück	13	7									Endhalt=Oppau	
90	Hin	31						30	60			Endschleife	
90	Rück	32											
94	Hin	22	8		60			30	60	2	1	0,1	Endhalt=Niederfeld
94	Rück	23	7									Endhalt=Berliner Platz	
96	Hin	26	4	4	60	60	30	60	2	1	0,109	Endhalt=Maudach	
96	Rück	28	2	2								Endhalt=Berliner Platz	
97	Hin	29	1					30	60			Endhalt=Pfingstweide	
97	Rück	30	0									Endhalt=Berliner Platz	

Im Angebotskonzept der Stadt Ludwigshafen konnten durch die Auswertung der entsprechenden Kennwerte drei Linien (76, 78 und 96) mit einem hohen Potential für die Einführung von Elektrobussen mit Gelegenheitsladung am Wendepunkt identifiziert werden. Die tatsächliche Eignung einer Linie hängt jedoch darüber hinaus noch von weiteren Faktoren wie dem Netzanschluss oder der verfügbaren Aufstellfläche am Wendepunkt ab, die im entsprechenden Einzelfall zu prüfen sind. Die Umsetzung eines linienreinen Umlaufs für E-Busse mit Gelegenheitsladung macht darüber hinaus eine Anpassung sämtlicher Umläufe, die Fahrten auf dieser Linie beinhalten, erforderlich.

Da jedoch linienreine Umläufe momentan die Ausnahme bei der Fahrzeugdisposition darstellen, würde die Einführung eines linienreinen E-Bus-Betriebs voraussichtlich größere Änderungen an den Umlaufplänen notwendig machen. Die Prüfung entsprechender Auswirkungen war im Rahmen dieses Projekts nicht möglich, ist aber notwendig, wenn die Umstellung einzelner Linien auf elektrischen Betrieb konkretisiert werden soll.

4.4.4 Potentialanalyse für das Ladekonzept: Betriebshof

Im Folgenden werden die Potentiale für Elektrobusse mit reinem Betriebshofladen in Hinblick auf die aktuelle Umlaufplanung der rnv für Ludwigshafen untersucht. So können zusätzliche Potentiale für den Einsatz von Elektrobussen identifiziert werden, wobei die Vorteile des Linienwechslers wie die Reduzierung der unproduktiven Dienstzeit in Form von Warte- oder Wendezeiten und die Optimierung des Fahrzeug- und Personaleinsatzes erhalten bleiben können.

Das E-Bus-Konzept mit ausschließlichem Laden auf dem Betriebsgelände ist unabhängig von Ladeinfrastruktur entlang der Buslinien, weswegen es für die Umsetzung im Rahmen bestehender, integrierter Umlaufplanungen mit wechselnden Linien in Frage kommt. Im Fokus der Potentialanalyse für das Betriebshof-Ladekonzept steht daher die Anwendbarkeit der verschiedenen E-Bus-Konfigurationen für Linienwechsler in Ludwigshafen. Die bestehende optimierte Umlaufplanung (Stand November 2018) dient im Folgenden als Untersuchungsgrundlage. Mit der Analyse wird gezeigt, welche Umläufe mit welchem Fahrzeugkonzept (unterschiedliche Batteriekapazität) realisierbar sind.

Mit der im Tagesgang variierenden Verkehrsnachfrage geht eine entsprechende Anpassung der Fahrzeugfolgezeit und somit der angebotenen Kapazität einher. Dies wird von den Umläufen und somit von den Einsatzprofilen der Fahrzeuge widerspiegelt. Der überwiegende Teil der Fahrzeuge rückt dabei nicht nur einmal, sondern mehrmals pro Tag aus und wieder ein, wobei üblicherweise zwei Umläufe pro Tag von einem Fahrzeug gefahren werden. Damit ergeben sich Umlaufpaare, die durch eine entsprechende Tagesfahrleistung sowie eine Aufenthaltszeit auf dem Betriebsgelände zwischen den Umläufen gekennzeichnet sind.

Rahmenbedingungen für die Untersuchung des Betriebshof-Ladekonzepts:

- Untersucht werden eigene Nutzfahrten der Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (keine Umläufe, die in Fremdvergabe gefahren werden).
- Die Tagesfahrleistung eines Fahrzeugs ergibt sich als Summe zweier Umläufe.
- Für die zum Laden verfügbare Zeit wird von der Aufenthaltszeit auf dem Betriebsgelände zwischen zwei Umläufen eine Pufferzeit von 15 Minuten abgezogen (u. a. zum Auf- und Abrüsten der Fahrzeuge und als Reserve für Verspätungen; eigene Annahme).

Für 52 Umläufe, die von der rnv als eigene Servicefahrten bedient werden, wurden zunächst entsprechend des eingesetzten Bus-Typs für jeden Umlauf zwei E-Bus-Konzepte (jeweils einmal mit großer und einmal mit kleinerer Traktionsbatterie) hinsichtlich deren Eignung für die Umstellung auf Elektrobetrieb untersucht. Dabei wurde für den ersten Umlauf im Tageseinsatz eine vollgeladene Batterie angenommen, wobei sich die zur Verfügung stehende Reichweite an der nutzbaren Kapazität der Batterie orientiert (80 % des Nennwertes) (Landau et al. 2016). Für die verschiedenen Buskonfigurationen wurden so neben der Restreichweite nach dem ersten Umlauf auch der Ladezustand und die zusätzliche Reichweite in Abhängigkeit einer bestimmten Ladezeit sowie die benötigte Zeit zum Vollladen berechnet (s. Tabelle 19).

Tabelle 19: Rechner für Reichweite und Ladezeit (Beispiel aus der Analyse von Buskonzept und Umlaufpaarung)

Bus		SLB-GL
Batteriekapazität (nutzbar)	kWh	200
Reichweite (bei 100 % soc)	km	140,05
Ladeleistung	kW	50
gefahrte km in Umlauf_1	km	90
Batteriekapazität (aktuell)	kWh	71,47
Ladezustand (aktuell)	%	36
Reichweite (aktuell)	km	50,05
Ladezeit	hh:mm	02:00
Ladezeit	s	7200
Verbrauch	kWh/km	1,43
Aufgenommene Energiemenge	kWh	92,00
Zusätzliche Reichweite	km	64,42
Ladezustand (update)	%	82
Reichweite (update)	km	114,84
Benötigte Zeit zum Vollladen	hh:mm	02:47

Ausgehend von den Kennwerten der einzelnen Umläufe wie der Umlaufstrecke sowie der Aus- und Einrückzeit wurden mögliche Umlaufpaare gebildet (unter der in Kap. 4.4.2 beschriebenen Prämisse, dass Fahrzeuge üblicherweise zwei Umläufe pro Tag fahren). Dabei wurden insgesamt 252 Umlaufkombinationen, die hinsichtlich der zeitlichen Abfolge des Aus- und Einrückens der Fahrzeuge möglich wären, in Bezug auf deren Potential für die Umstellung auf Elektrobetrieb mit Ladung auf dem Betriebshof untersucht. Davon wurden für Umläufe, auf denen ein Standardlinienbus (SLB) eingesetzt wird, 203 und für Umläufe, auf denen aktuell ein Gelenkbus (GB) fährt, 49 mögliche Umlaufkombinationen betrachtet.

Umlaufkombinationen sind für die Umstellung auf Elektrobus geeignet, wenn:

- die Reichweite (bei SOC 100%) des Fahrzeugs ausreicht um den ersten Umlauf zu fahren,
- die Ladezeit zwischen den Umläufen auf dem Betriebshof ausreicht, um mit der aufgenommenen Energie auch den zweiten Umlauf fahren zu können.

Ausgehend vom durchschnittlichen Energieverbrauch der Fahrzeuge im Jahresmittel (alle Klimazonen), wurde für die Umlaufpaare mit SLB ein Elektrifizierungspotential identifiziert, welches ~62 % der möglichen Umlaufkombinationen umfasst, wobei hier die Fahrzeugkonfiguration mit der größeren Batterie (SLB-NL; 350 kWh) zu Grunde gelegt wurde. Für die

Fahrzeugkonfiguration mit kleinerer Batterie (SLB-GL; 250 kWh) ergibt sich noch ein Elektrifizierungspotential von ~40 % der möglichen Umlaufpaare. Abbildung 37 zeigt das Elektrifizierungspotential der möglichen Umlaufpaare entsprechend deren Tagesfahrleistung und möglicher Zwischenladezeit auf dem Betriebsgelände.

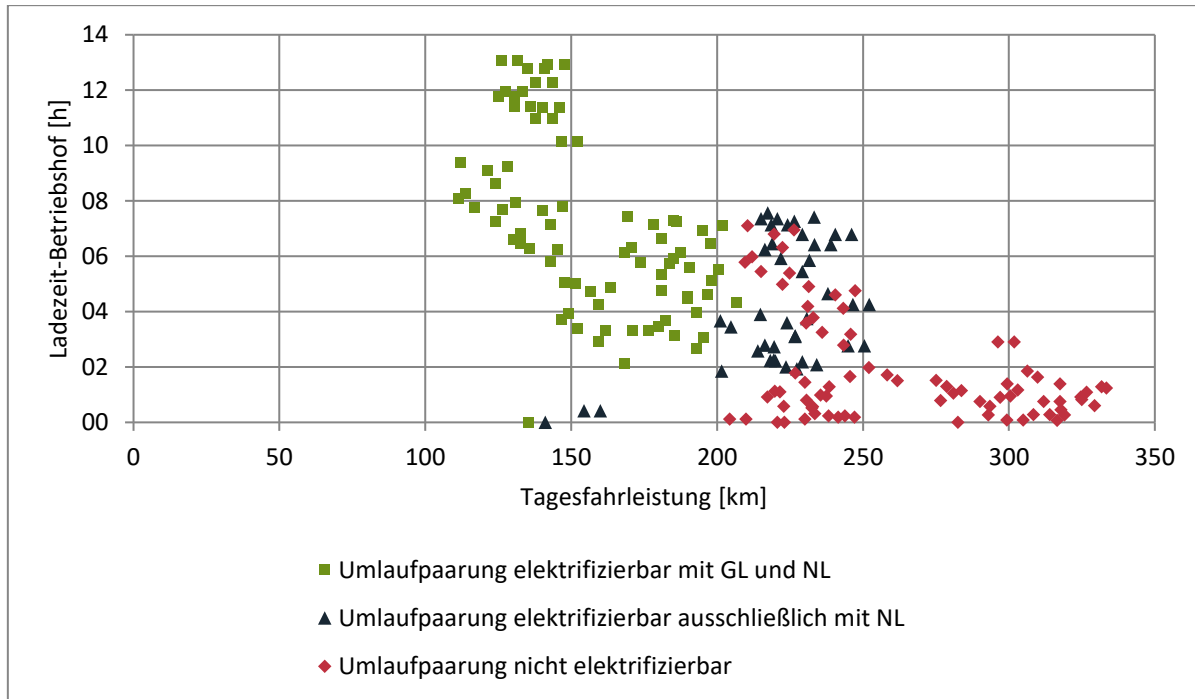


Abbildung 37: Elektrifizierbarkeit der Umlaufpaare mit Standardlinienbus (SLB), Energieverbrauch im Jahresmittel aller Klimaregionen

Im Falle des worst-case in Bezug auf den Gesamtenergieverbrauch des Fahrzeugs, also den kältesten Monat im Jahr, können noch insgesamt ~40 % der Umläufe auf elektrischen Betrieb umgestellt werden. Während 25 % der Umläufe mit der kleineren Batterieausstattung (250 kWh) realisierbar sind, sind rund 15 % nur mit dem größeren Batteriespeicher (350 kWh) machbar (s. Abbildung 38).

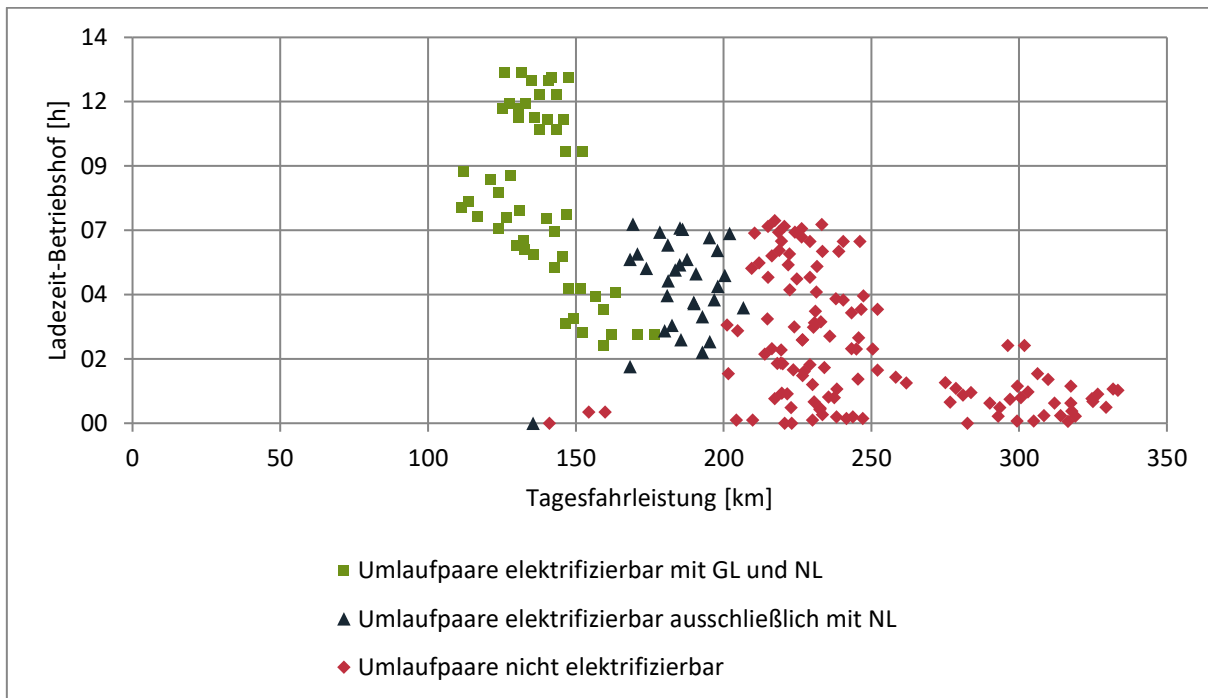


Abbildung 38: Elektrifizierbarkeit der Umlaufpaare mit Standardlinienbus (SLB), Energieverbrauch worst-case

Für jede mögliche Umlaufpaarkombination wurde so gezeigt, ob eine Umstellung auf Elektrobetrieb möglich ist und wenn ja, mit welcher der beiden untersuchten Fahrzeugkonfigurationen. Im Folgenden wird für Umlaufpaare, die mit dem Umlauf Nr. 71.52 möglich sind, das Prinzip der Potentialanalyse verdeutlicht (s. Tabelle 20). Ausgehend vom Umlauf Nr. 71.52 mit einer Länge von 61 km, ergibt sich für den gemittelten Energieverbrauch eine Restreichweite für den SLB mit 250 kWh Batterie (SLB-GL) von ~79 km und für den SLB mit 350 kWh Batterie (SLB-NL) von ~114 km. Für den Fall des höchsten Energieverbrauchs im kältesten Monat ergibt sich für den SLB-GL noch eine Restreichweite von 45 km und für den SLB-NL von 75 km. In Abhängigkeit von der Kombination mit dem zweiten Umlauf ergeben sich die Ladezeit auf dem Betriebsgelände und damit die verfügbare Reichweite für den zweiten Umlauf, als Summe aus Restkapazität nach dem ersten Umlauf und aufgenommener Energie. Bis auf die Kombinationen mit den Umläufen Nr. 74.63, 74.64 und 76.55, reicht im Beispiel für die Umlaufpaarung mit Nr. 71.52 die Ladezeit auf dem Betriebsgelände aus, um die Batterie wieder vollständig zu Laden. Im Beispiel (s. Tabelle 20) wird der Einfluss des höheren Energieverbrauchs durch die Nebenverbraucher bei besonders kalten Klimlagen auf die Machbarkeit der Elektrifizierung deutlich. Durch den höheren Energiebedarf der Heizung geht Reichweite verloren, so dass letztlich einzelne Umläufe unter diesen Bedingungen nicht mehr mit den ausgewählten E-Buskonfigurationen realisierbar sind.

Potentialanalyse (Tabelle 20) mit:

t_{Laden}	Ladezeit zwischen den Umläufen
s_{Umlauf_2}	Umlaufstrecke für Umlauf_2

Tabelle 20: Potentialanalyse für Umlaufpaarung mit 71.52 (Ausschnitt aus Potentialanalyse)

Umlauf_1	t _{Laden}	Umlauf_2	s _{Umlauf_2}	GL-viabel	NL-viabel	GL-viabel (worst-case)	NL-viabel (worst-case)	km-ges.
71.52	04:44	71.53	96	1	1	1	1	157
71.52	07:08	72.54	118	1	1	0	1	178
71.52	00:45	74.63	230	0	0	0	0	290
71.52	01:05	74.64	266	0	0	0	0	327
71.52	04:28	74.65	130	1	1	0	1	190
71.52	06:56	74.67	135	1	1	0	1	195
71.52	07:16	74.68	166	0	1	0	0	226
71.52	07:38	74.69	80	1	1	1	1	140
71.52	09:05	74.7	80	1	1	1	1	121
71.52	00:48	76.55	170	0	0	0	0	231
71.52	03:36	76.57	163	0	1	0	0	224
71.52	04:36	76.58	180	0	0	0	0	240
71.52	06:48	76.6	180	0	0	0	0	220
71.52	12:46	90.51	75	1	1	1	1	135
71.52	12:46	96.51	80	1	1	1	1	141

Für die 49 möglichen Umlaufpaare, auf denen Gelenkbusse (GB) eingesetzt werden, gibt es ein Elektrifizierungspotential von 88 % bei der E-Bus-Konfiguration mit großer Traktionsbatterie (400 kWh). Für die Konfiguration mit der 300 kWh Batterie ergibt sich immer noch ein Elektrifizierungspotential von 78 % (s. Abbildung 39). Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Umläufe der Gelenkbusse im Mittel deutlich kürzer sind, als die der Standardlinienbusse.

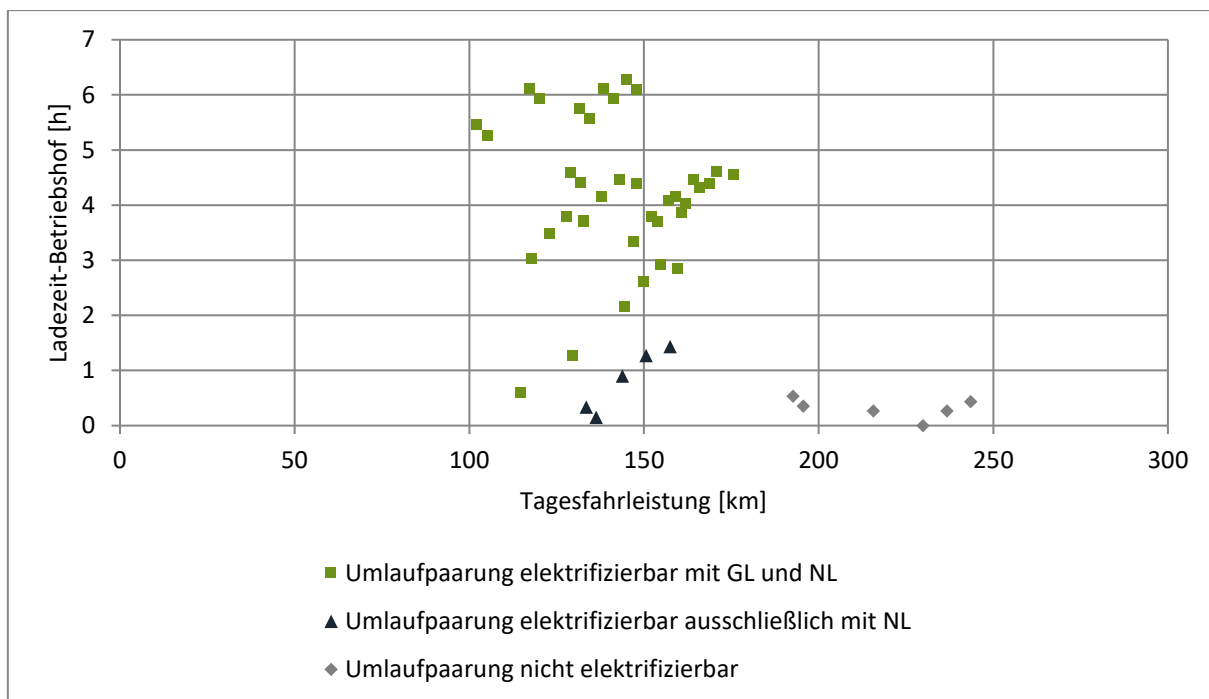


Abbildung 39: Elektrifizierbarkeit der Umlaufpaare mit Gelenkbus (GB)

Während die Einführung von E-Bussen mit Gelegenheitsladung an den Wendepunkten die Umstellung auf linienreine Umläufe erforderlich macht und darüber hinaus hohe Anforderungen an die Planung und den Betrieb richtet, ermöglicht das reine Betriebshofladen einen deutlich flexibleren Einsatz der Fahrzeuge im Netz und reagiert dabei weniger sensibel auf Verspätungen oder sonstige betriebliche Abweichungen. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass ausgehend von der aktuellen Umlaufplanung und unter der Prämisse der Umlaufpaarung, bereits heute mit den am Markt verfügbaren E-Bus-Konfigurationen ein Großteil der Umläufe auf elektrischen Betrieb umgestellt werden kann.

4.4.5 Lebenszykluskosten für Elektrobusse

Im Folgenden werden für die untersuchten E-Busse die entsprechenden Lebenszykluskosten mit denen konventioneller Dieselfahrzeuge verglichen. Ausgehend von den Ergebnissen der Potentialanalyse konzentriert sich die Kostenberechnung auf das E-Bus-Konzept mit reinem Betriebshofladen, für welches ein besonders hohes Potential für die Einführung von Elektrobusen festgestellt werden konnte. Für die Berechnung wurden folgende Kostenkomponenten berücksichtigt:

- Fahrzeugkosten
- Infrastrukturkosten
- Energiekosten

Kosten für Fahrpersonal werden nicht in der Kalkulation aufgeführt, da für den Ansatz des reinen Betriebshofladens nicht von einem zusätzlichen Personalbedarf ausgegangen wird. Weitere Annahmen wurden als Kalkulationsgrundlage für die Berechnung der Lebenszykluskosten entweder als Angaben der rnv übernommen oder aus den Erfahrungen der Potentialstudie zu Oberleitungs-Hybrid Bussen abgeleitet, wo bereits eine detaillierte Kostenabschätzung einzelner Kostenkomponenten vorgenommen wurde (Bergk et al. 2015). Zu den grundlegenden Annahmen der Berechnung gehören:

- Eine einheitliche Nutzungsdauer von 12 Jahren (unabhängig vom Fahrzeugkonzept)
- jährliche Fahrleistung: ~81.000 km (Standardlinienbus) bzw. ~44.000 km (Gelenkbus); dies sind Durchschnittswerte aus den fahrzeugspezifischen Daten der rnv.
- Ein Kalkulationszins von 4 %
- Der reguläre Batterietausch bei Elektrobusen nach 6 Jahren (Bergk et al. 2015)
- Bei Elektrobusen der durch Fördermittel finanzierte Anteil von 40 % der Mehrkosten in Bezug zu einem vergleichbaren Dieselfahrzeug

Fahrzeugkosten

Obwohl Batterien in den vergangenen Jahren eine deutliche Preisreduktion erfahren haben, machen sie zusammen mit den elektrischen Antriebskomponenten wie Elektromotor und Leistungselektronik nach wie vor einen Großteil der Anschaffungskosten für Elektrobusse aus. Für die Batterie wurden Kosten von 335,00 €/kWh (Kunith 2017) angenommen. Während die in Abbildung 40 dargestellten Anschaffungskosten noch keine Ersatzinvestitionen für einen regulären Batterietausch nach 6 Jahren beinhalten, wurde dieser Kostenblock bei der Errechnung der jährlichen Kosten bzw. dem Vergleich der Lebenszykluskosten (s.u.) mit berücksichtigt. Obwohl im Bereich der Batterietechnik bereits deutliche Fortschritte gemacht wurden, zeichnen sich bereits heute weitere Innovationen ab, für die wiederum mit weiteren Leis-

tungszuwächsen und bei entsprechendem Markthochlauf mit weiteren Kostendegressionen zu rechnen ist.

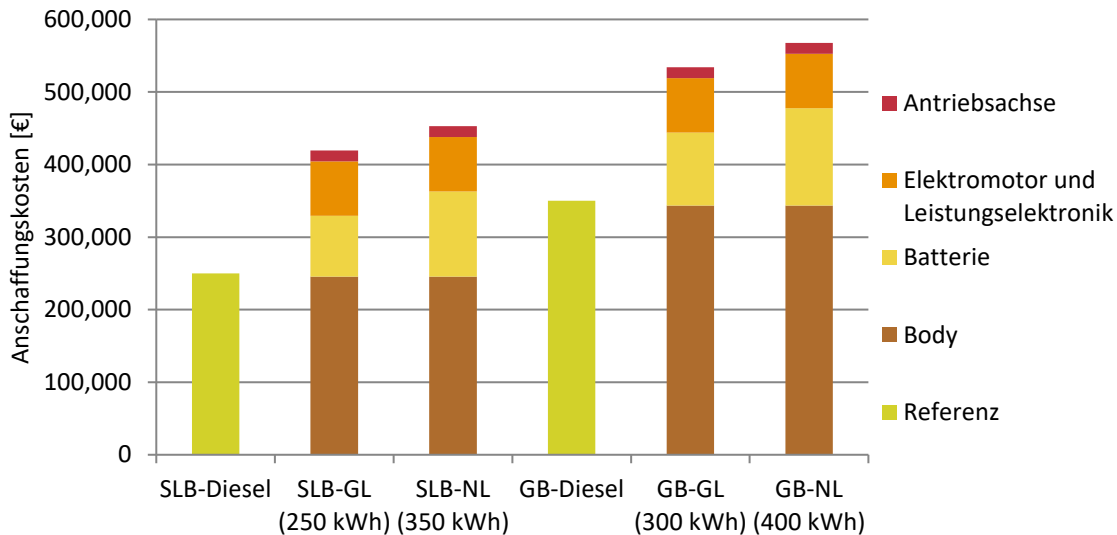


Abbildung 40: Vergleich der Anschaffungskosten (ohne Ersatzinvestitionen)

Infrastrukturkosten

Für alle Batteriebuskonzepte wurde eine Ladeleistung von 50 kW angenommen. Mit dieser Ladeleistung können sowohl die Batterien während der Betriebspause über Nacht wieder voll aufgeladen, als auch während der Standzeit auf dem Betriebshof zwischen zwei Umläufen ausreichend zwischengeladen werden. Für die Ladeinfrastruktur wurden 1.000,- EURO pro kW Ladeleistung angesetzt (Mathieu 2018). Pro Ladepunkt à 50 kW wurden bei einer angenommenen Lebensdauer von 40 Jahren (Wickert et al. 2014) somit jährliche Kapitalkosten von ~2.500,- EURO errechnet.

Aktuell steht netzseitig eine Kapazität von 750 kW am Betriebshof Ludwigshafen für Ladeinfrastruktur zur Verfügung. Kostenabschätzungen für die Erhöhung dieser Leistungsreserve können nicht pauschal bewertet werden, da diese entscheidend vom konkreten Umfang der Leistungserhöhung und somit vom Ausbau der E-Busflotte, der elektrischen Fahrleistung und dem Ladekonzept abhängig ist. Die Leistungserhöhung muss beim zuständigen Netzbetreiber beantragt werden und verursacht entsprechende Kosten u. a. in Form des Baukostenzuschusses für den Netzanschluss an das 20 kV Netz und die Investition in elektrische Anlagen wie Trafo, Umrichter, etc.

Energiekosten

Für die unterschiedlichen Buskonfigurationen wurden entsprechende Energieverbräuche (

Tabelle 21) und ein einheitlicher Strompreis von 0,215 €/kWh sowie ein Dieselpreis von 1,207 €/l zu Grunde gelegt.

Tabelle 21: Energieverbrauch [kWh/km]

SLB-NL	1,599
SLB-GL	1,428
GB-NL	2,337
GB-GL	2,087
SLB-Diesel	3,867
GB-Diesel	5,652

Neben den unterschiedlichen Energieverbräuchen wurden auch die Verluste beim Laden mit $\eta_{Laden}=0,92$ und die Differenz zwischen angegebener Batteriekapazität und der verfügbaren Energie mit $\eta_{netto/brutto}=0,8$ berücksichtigt.

Gesamtkostenrechnung und Kostenvergleich

Trotz des oben gezeigten höheren Investitionsbedarfs für Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur sind bereits heute batterieelektrische Busse konkurrenzfähig zum konventionellen Diesel (s. Abbildung 41). Dabei werden die höheren Fixkosten für Elektrobusse inklusive der Kapitalkosten für Fahrzeug und Infrastruktur durch die leistungsabhängigen Kostenvorteile bei einer entsprechend hohen Fahrzeugauslastung (Fahrleistung) überkompensiert. Dies liegt zum einen an dem sehr hohen Wirkungsgrad elektrischer Antriebe und dem niedrigeren Energiepreis für Strom im Vergleich im Diesel, und zum anderen an den niedrigeren Kosten für Wartung und Instandhaltung der deutlich langlebigeren Elektromotoren.

Für die Berechnung der km-bezogenen Kosten wurde mit einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung bei Standardlinienbussen mit ~81.000 km und bei Gelenkbussen mit ~44.000 km gerechnet. Dies ergibt sich aus den fahrzeugspezifischen Daten der rnv und wurde für die Berechnung als Durchschnittswert angesetzt.

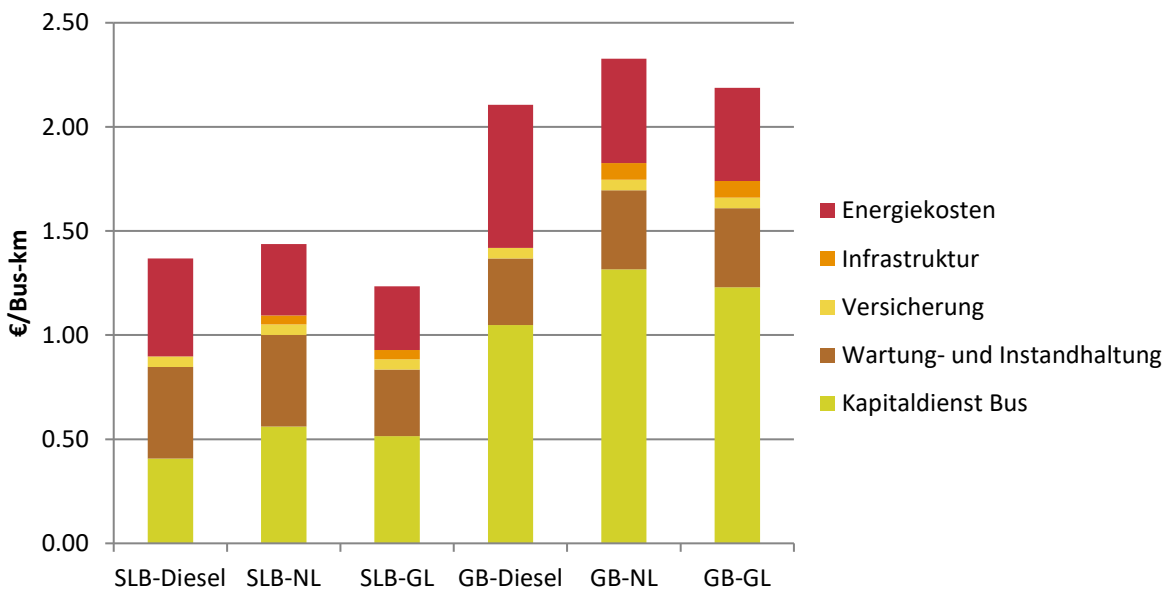


Abbildung 41: Gesamtkostenvergleich pro Bus-km

Bezogen auf die Jahresfahrleistung zeigt sich deutlich der Effekt der günstigeren Betriebskosten in Bezug auf die Jahresgesamtkosten für die unterschiedlichen Fahrzeug-Typen und Konfigurationen (s. Abbildung 42). Während der Standardlinienbus mit kleiner Batterie (SLB-GL) bereits ab einer Jahresfahrleistung von ~43.000 km günstiger ist als der konventionelle Dieselbus, liegt die Kostenparität von Diesel und Elektrobus mit großer Batterie (SLB-NL) bei ~125.000 km Jahresfahrleistung. Dies begründet sich durch die Batteriekapazität als wesentlicher Kostenfaktor bei der Fahrzeuganschaffung und den daraus resultierenden höheren Fixkosten für E-Buskonzepte mit größerem Energiespeicher. Die Fixkosten der dargestellten Jahresgesamtkosten umfassen sowohl die Kosten für die Fahrzeuge als auch für die Infrastruktur.

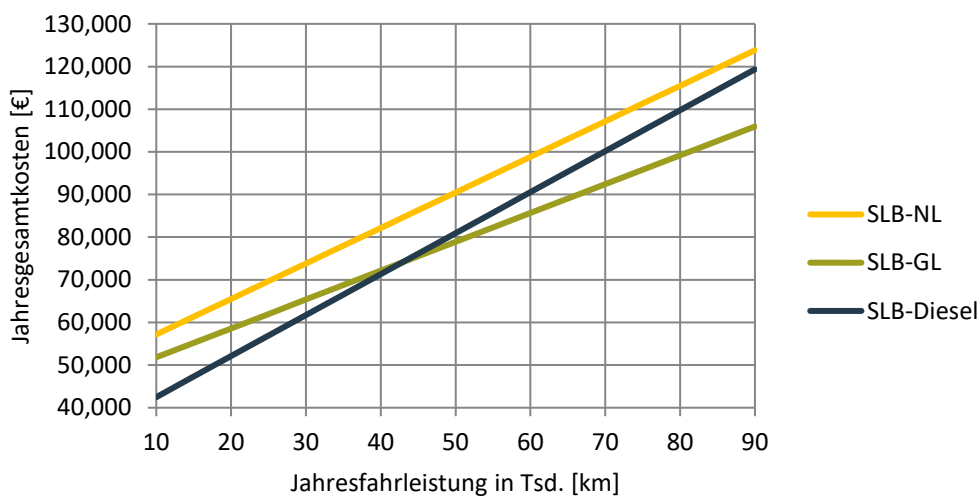


Abbildung 42: Jahresgesamtkosten (ohne Fahrpersonal) für Standardlinienbus (SLB) in Abhängigkeit von der Jahresfahrleistung

Beim Vergleich der unterschiedlichen Fahrzeugkonfigurationen für Gelenkbusse zeigt sich ein ähnliches Bild (s. Abbildung 43). Einen Kostenvorteil erreicht die Fahrzeugkonfiguration mit kleinerem Batteriespeicher jedoch erst ab einer Jahresfahrleistung von ~63.800 km. Grund dafür sind die die höheren Fixkosten und der höhere Energieverbrauch der Fahrzeuge.

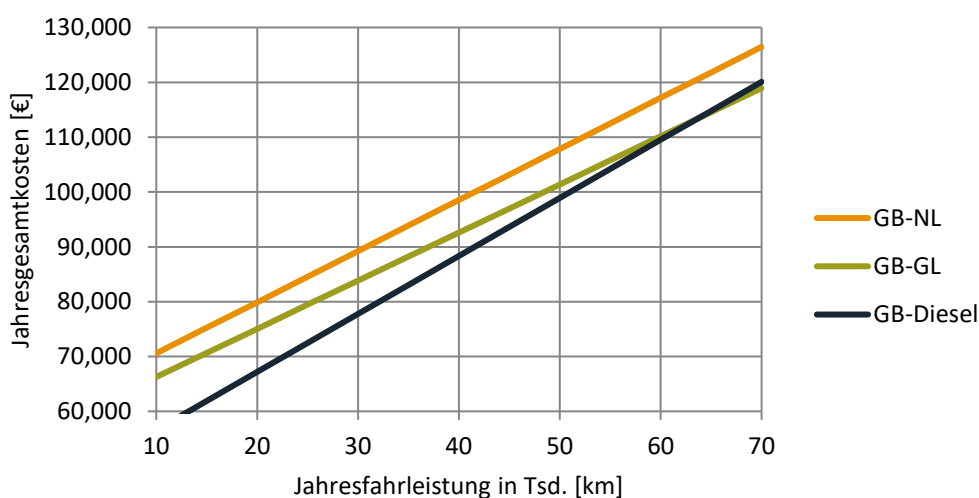


Abbildung 43: Jahresgesamtkosten (ohne Fahrpersonal) für Gelenkbus (GB) in Abhängigkeit von der Jahresfahrleistung

4.4.6 Fazit aus Potentialanalyse und Kostenvergleich

Zwar konnten für das Elektrobuskonzept mit Gelegenheitsladung an den Wendepunkten drei Linien mit Potential für die Umstellung auf Gelegenheitsladung identifiziert werden, allerdings gehen mit dem Gelegenheitsladen besondere Herausforderungen und Restriktionen einher, die u. a. den flexiblen Einsatz der Fahrzeuge im Netz, als auch die Optimierung der Fahrzeugeinsatz- und Dienstpläne betreffen.

Ein deutlich größeres Potential zur Elektrifizierung konnte für die Elektrifizierung der traditionellen Umläufe mit Linienwechslern bei der Anwendung des Ladekonzeptes mit reinem Betriebshofladen gezeigt werden. Ein elektrischer Standardlinienbus mit kleinerer Batteriekonfiguration (250 kWh) kann dabei auf etwa 40 % der möglichen Umlaufpaare betrieben werden. Für diese Buskonfiguration konnte dann in der Untersuchung der Lebenszykluskosten gezeigt werden, dass die km-bezogenen Gesamtkosten ab einer Jahresfahrleistung von 40.000 km günstiger sind als beim vergleichbaren Diesel-Bus.

Für die aktuell gefahrenen Einsatzprofile ist die Umstellung auf elektrischen Betrieb mit Batteriebussen in Ludwigshafen nicht nur unter technischen Gesichtspunkten möglich, sondern kann unter bestimmten Voraussetzungen auch bereits heute wirtschaftlich vorteilhaft sein. In jedem Fall müssen jedoch höhere Anschaffungskosten für die Fahrzeuge sowie Infrastrukturkosten vorfinanziert werden, um dann während des Betriebs von den geringeren laufenden Kosten profitieren zu können.

4.5 Elektrifizierungspotential bei der Taxiflotte

Allgemeines

Der Taxiverkehr besitzt eine Sonderstellung im Personenverkehr, da dieser sowohl Charakteristika des privaten als auch des öffentlichen Verkehrs besitzt. Ähnlich wie bei öffentlichen Verkehrsmitteln werden ein oder mehrere Fahrgäste mittels eines Verkehrsmittels von einem Start- zum Zielort (passiv) befördert. So wird der Taxiverkehr gemäß § 8 Abs. 2 PBefG zu den öffentlichen Verkehrsmitteln gezählt. Damit gilt für den Taxiverkehr, wie für Bus- oder Bahnverkehre, die Tarif-, Betriebs- und Beförderungspflicht. Da jedoch – im Gegensatz zu den öffentlichen Verkehrsmitteln – im Taxiverkehr Start- und Zielort, sowie die Abfahrtszeit flexibel sind, besitzt der Taxiverkehr ebenfalls Eigenschaften, die denen des privaten Individualverkehrs ähneln.

Taxiverkehre, die Vergabe von Taxi-Konzessionen und die Abgrenzung zu andersartigen Transport- bzw. Personenbeförderungsdiensten (z. B. Limousinen-Services) sind in § 47 des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) geregelt. Dazu sind Landesregierungen ermächtigt, im Rahmen des o. g. Gesetzes eigene Rechtsverordnungen zu erlassen, die weitere Regelungen – bspw. zur Ordnung an Taxisständen – enthalten. Die Anzahl der Taxikonzessionen, die von einer Stadt vergeben werden, sind in der Regel in ihrer Anzahl limitiert. Derzeit gibt es in Ludwigshafen 78 Taxis und über 250 Taxifahrinnen und Taxifahrer (Taxi-Zentrale Ludwigshafen, 2018).

Für die Art und Weise, wie ein Taxi zu Fahrtbeginn angefordert werden kann, existieren folgende drei gängige Szenarien, die für weitere Betrachtungen des Taxiverkehrs im Kontext der E-Mobilität von Bedeutung sind:

- Die **„Winkfahrt“**: Fahrgäste halten ein freies Taxi, das sich im fließenden oder ruhenden Verkehr befindet, an und steigen zu. Eine der wenigen Untersuchungen des Taxiverkehrs (Wien) zeigt, dass „Winkfahrten“ rund 50 % der Taxifahrten ausmachen und damit das dominierende Szenario der Taxi-Anforderung darstellt. (Hager et al., 2017)
- Zusteigen am **Taxistand**: Fahrgäste steigen an einem Taxistand in ein Taxi und erteilen einen Fahrauftrag. In der Regel wird hier den Fahrgästen jenes Taxi zugewiesen, das den Taxistand zuerst erreicht hat. Dies entspricht dem Prinzip des **„In-Reihe-Nachrückens“**. Lediglich Fahrzeuge bzw. deren Fahrzeugführer, die nach § 47 PBefG eine Taxi-Lizenz besitzen, dürfen an Taxiständen halten. (Übersicht Taxistände in Ludwigshafen vgl. Tabelle 22).
- Die **Taxibestellung**: Potentielle Fahrgäste können ein Taxi über die Taxizentrale (TAZ) bestellen. Das Taxi fährt zum Standort des Fahrgasts und befördert diesen anschließend an den gewünschten Zielort. Auch hier erfolgt üblicherweise die Vergabe der Fahraufträge an die Taxen nach dem Prinzip „first-in-first-out“ („FIFO“) – das Taxi, das zuerst eine Meldung an die Taxizentrale abgibt, erhält die erste Fahrt.

Tabelle 22: Übersicht Taxistände in Ludwigshafen

Stadtteil	Standort	Anzahl Stellplätze
Nord-Hemshof	Berliner Platz	2
Ludwigshafen Mitte	Rathaus	7
Ludwigshafen Mitte	Hauptbahnhof	5
Ludwigshafen Süd	Bahnhof Mitte	2
Mundenheim	Rheingönheimer Straße	3
Oppau	Bahnhof Oppau	4

Der Taxiverkehr wird im Allgemeinen und in Ludwigshafen im Speziellen durch folgende verkehrliche Kennzahlen und Eigenschaften charakterisiert:

- Derzeit gibt es 78 lizenzierte Taxen in Ludwigshafen.
- In Ludwigshafen finden pro Jahr ca. 300.000 Taxifahrten statt (Stand 2014, aus: Zahlen, Daten, Fakten – Ludwigshafen am Rhein 2015).
- Durchschnittlich werden zwischen zwölf und 15 Fahrten je Taxi und Tag zurückgelegt.
- Die durchschnittliche Fahrleistung der Taxen in Ludwigshafen liegt bei ca. 10.000 km pro Taxi und Monat bzw. 120.000 km pro Taxi und Jahr und damit deutlich über der durchschnittlichen Fahrleistung aller Kfz in Deutschland (rund 13.400 km pro Jahr).
→ hohe Laufleistung der Fahrzeuge
- Taxifahrten finden zu einem großen Teil innerhalb des Stadtgebietes statt, dabei werden vorrangig kurze Strecken zurückgelegt. Vereinzelt werden Taxen auch für längere Strecken gebucht (z. B. Fahrten zum Flughafen Frankfurt).
- Derzeit werden im Taxiverkehr bevorzugt Fahrzeuge mit Dieselmotoren eingesetzt.

Weitere verkehrliche Kennwerte (z. B. Wegelängen der Taxifahrten, Standzeiten zwischen den Fahrten, Ein-/ Zweischnittbetrieb etc.) für den Taxiverkehr in Ludwigshafen lagen während der Projektbearbeitung nicht vor.

Elektromobilität im Taxiverkehr

Taxiverkehre sind Teil des ÖPNV (gemäß § 8 Abs. 2 PBefG) und dienen der Ergänzung, der Verdichtung und (bedingt) dem Ersetzen von Bus- und Bahnverkehren. Damit ist der Taxiverkehr Bestandteil des Umweltverbundes (umweltfreundliche Verkehrsmittel, wie Bus, Bahn, Fahrrad oder Carsharing) und deshalb grundsätzlich geeignet, einen Beitrag zu einer zukünftigen multimodalen und umweltgerechten Mobilität zu leisten. Das Umstellen von Kfz des Taxiverkehrs von konventionellen Antrieben mit Verbrennungsmotoren (bei Taxen i. d. R. Dieselmotoren) hin zu elektrischen Antrieben ist deshalb sinnvoll. Es ergeben sich aus dem „System“ Taxiverkehr und den Ansprüchen, die sich daraus an Fahrzeuge des Taxiverkehrs ableiten lassen, folgende Vor- und Nachteile bei dem Einsatz von Elektromobilität:

- + Taxen legen i. d. R. täglich große Strecken zurück, zugleich liegen die Entfernungen der einzelnen Fahrten üblicherweise unterhalb der Reichweitenbeschränkung heutiger Elektrofahrzeuge. Da sowohl der ökologische, als auch der ökonomische Benefit von Elektro-Pkw mit dem Fahraufwand steigt (geringerer Energiebedarf, geringerer Verschleiß, geringerer Reparaturaufwand, geringere Betriebskosten), würden sich bei einem Einsatz von E-Pkw im Taxiverkehr sowohl der zunächst höhere ökologische, als auch der zunächst höhere ökonomische Mehraufwand bei der Anschaffung schneller amortisieren, als bei Fahrprofilen mit geringerer Fahrleistung.
- + Taxifahrten finden zu einem großen Teil innerstädtisch statt. Da vor allem Städte unter starker Luftschadstoffbelastung leiden, ist der Einsatz von E-Pkw im Taxiverkehr, auf Grund der Vermeidung fahrzeugnaher Emissionen, sinnvoll. Zudem sind E-Pkw im städtischen Verkehr effizienter als Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb. Sowohl das häufigere Beschleunigen (effizienter bei Elektromotoren), als auch das vermehrte Abbremsen (Wiederbeladen des Akkus durch Energierückgewinnungseffekte [Rekuperation]) bei innerstädtisch-üblichem „Stop-and-Go“ sprechen für den Einsatz von E-Taxen im urbanen Raum.
- Auch wenn Taxifahrten großenteils auf kurzen Distanzen stattfinden, werden gelegentlich Taxen auch für längere Fahrstrecken geordert. Diese Fahrten sind für Taxiführer- und Unternehmen sehr lukrativ. Wenn solche Fahrten auf Grund der Reichweitenproblematik nicht mit E-Pkw erfolgen können, stellt dies ein wichtiges Argument gegen die Nutzung des alternativen Antriebs dar.
- *Bei der Taxibestellung:* Die Vermittlung von Fahrten in der Taxizentrale erfolgt auf Grund eines Neutralitätsgebots der Zentrale gegenüber den verschiedenen Taxiunternehmen nach dem „First-in-first-out“-Verfahren. Randbedingungen, wie die voraussichtliche Fahrstrecke oder die Rest-Reichweite des Taxis, werden bei der Auftragsvergabe nicht berücksichtigt. → Das Ablehnen einer Fahrt durch den Taxiführer ist auf Grund der Beförderungspflicht nur in Sonderfällen zulässig.
- *Am Taxistand:* Ein E-Taxi, das geladen wird, kann nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen am Prozess des „In-Reihe-Nachrückens“ teilnehmen. Grundsätzlich herrscht u. a. deshalb in Deutschland noch Unklarheit darüber, ob ein

Taxi, das geladen wird, als fahrbereit in Sinne des PBefG gilt und damit der Beförderungspflicht nachkommen kann. Einen rechtlich wirksamen Präzedenzfall gibt es bisher nicht. Sollte ein ladendes Taxi als ‚nicht fahrbereit‘ eingestuft werden, wäre das Anstellen in einer Reihe am Taxistand während des Ladevorgangs nicht zulässig. In der Folge würden für Taxiführer mit E-Pkw zeitliche und damit monetäre Verluste entstehen.

Erkenntnisse aus anderen Städten

Erste Erfahrungen mit E-Pkw im Taxi-Verkehr wurden in anderen Städten (vgl. Tabelle 23) bereits gesammelt. Erkenntnisse aus diesen Projekten sollen erste Ansatzpunkte für die Elektromobilisierung der Taxiflotte in Ludwigshafen liefern. Deren Umsetzbarkeit und Übertragbarkeit auf das Taxisystem in Ludwigshafen muss geprüft werden muss.

Tabelle 23: Erkenntnisse aus dem Einsatz von E-Pkw im Taxiverkehr in Hamburg, Stuttgart und Wien (Hager et al., 2017)

Hamburg	Stuttgart - Modellprojekt GuEST	Wien
<p><i>Allgemeines</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 14 BEV, 8 PHEV (insgesamt ca. 3.200 Taxen) • Es gibt keine Taxizentrale • Ø 62.000 km/Taxi und Jahr 	<p><i>Allgemeines</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 5 BEV (insgesamt ca. 700 Taxen) • Es gibt eine Taxizentrale • Keine Angaben zur durchschnittlichen Fahrleistung der Taxen • Taxen verkehren üblicherweise im Zwei-Schicht-Betrieb 	<p><i>Allgemeines</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 BEV (insgesamt ca. 5.300 Taxen) • Etwa die Hälfte der Taxen sind in zwei großen Zentralen registriert • Ø 60.000 – 100.000 km/ Taxi und Jahr d. h. ca. Ø 110 – 140 km/Taxi und Tag • Taxen verkehren üblicherweise im Zwei-Schicht-Betrieb
<p><i>Erkenntnisse</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • E-Pkw werden vorrangig im City-Gebiet eingesetzt. • E-Pkw verkehren im Einschichtbetrieb (Vollladen über Nacht, ein- (im Sommer) bis zweimaliges (im Winter) Nachladen während der Schicht. • Es gibt keine Taxi-exklusive Ladeinfrastruktur an Taxiständen (aus Sicht der Hamburger Behörden nicht zulässig). • Ziel: Aufbau von Schnellladeinfrastruktur (DC) in der Nähe von Taxiständen → Taxiverbände werden in Standort-suche involviert • E-Taxen reihen sich nach dem Laden an externer Infrastruktur am Taxistand in Reihe hinten ein. 	<p><i>Erkenntnisse</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Vermittlung von Fahrten erfolgt in der Taxizentrale nach dem „First-in-first-out“-Prinzip, eine Bevorzugung von E-Taxen ist nicht möglich (Gleichberechtigungsprinzip). → Lediglich bei explizitem Kundenwunsch nach E-Taxi möglich • Keine Taxi-exklusive Ladeinfrastruktur vorhanden. 	<p><i>Erkenntnisse</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Taxizentralen ermöglichen sog. Ladepausen: Das Taxi fährt zur Ladeinfrastruktur und lädt – verbleibt währenddessen an gleicher Position in der Warteschlange und reiht sich anschließend auf dieser Position ein. • Taxi-exklusive Ladeinfrastruktur ist vorhanden (11 DC-Ladepunkte, nicht an Taxiständen).

Konzept für Ludwigshafen / Lösungsansätze

Im Folgenden werden die wesentlichen Maßnahmen beschrieben mit denen der Einsatz von E-Taxen in Ludwigshafen gefördert und die erforderliche Ladeinfrastruktur aufgebaut werden kann. Dem sollten allerdings eine verkehrstechnische Analyse des Ludwigshafener Taxisystems und eine Potentialabschätzung für den Einsatz von E-Taxen vorausgehen.

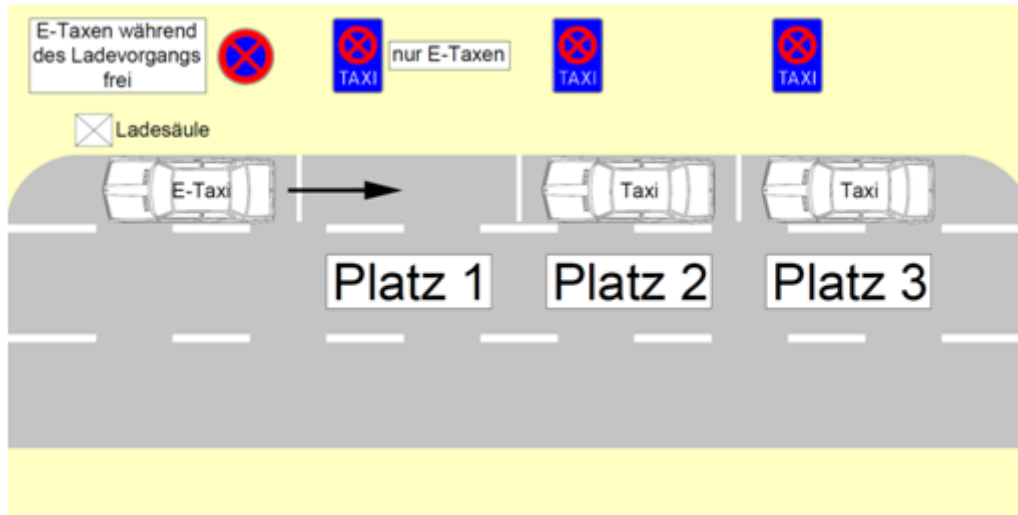
- Kaufzuschüsse für Taxiunternehmen bei dem Erwerb von E-Taxen.
- Fördermaßnahmen zur Senkung der Betriebskosten von E-Taxen; insbesondere der Kosten für Strom (Sonderkonditionen für das Laden von E-Taxen).
- Einführung gemischter Taxiflotten aus reinen E-Pkw (BEV) und Hybridfahrzeugen (PHEV) in Ludwigshafen. Während reine E-Pkw vorrangig im städtischen Bereich eingesetzt werden, bieten sich Hybridfahrzeuge v. a. auf größeren Strecken an (z. B. zum Flughafen) – zugleich sind Hybridfahrzeuge (bei entsprechende Fahrweise und regelmäßigem Beladen des Akkus) auch sinnvoll für den innerstädtischen Verkehr einzusetzen.
- Vergabe der Taxikonzession zukünftig nur für Elektrofahrzeuge.
- Nachfragesteigerung durch Vergabe von Sonderfahrten (z. B. Bluttransporte, Krankenfahrten, Kurrierfahrten etc.) durch städtische Behörden an E-Taxen (→ Implizite Anforderung von E-Taxen durch die Behörden bei der Taxizentrale [Umgehen des Gleichberechtigungsprinzips])
- *Bei der Taxibestellung*, bei Vermittlung der Fahrten in der Taxizentrale nach dem „First-in-first-out“-Prinzip: Bei der Vergabe sollen Akku-Füllstände, Fahrziel und Reisedistanz, Lage von Ladeinfrastruktur etc. berücksichtigt werden. Zudem sollen E-Taxen, wie bspw. in Wien, Ladepausen während der Betriebszeit ermöglicht werden. E-Taxen melden sich bei der Zentrale an, Laden anschließend, und werden daraufhin an der Warteposition eingereiht, auf der sie sich mit der Anmeldung befinden.
- Platzieren neuer Ladeinfrastruktur (zwingend Schnellladen) in direktes Umfeld von oder direkt an Taxistände. Der Zugang zur Infrastruktur sollte exklusiv für E-Taxen gewährleistet sein.
- *Am Taxistand*: Am Taxistand ist derzeit nicht geklärt, ob ein ladendes E-Taxi als fahrbereit im Sinne des PBefG gilt. Eine Lösung hinsichtlich dieser Problematik wird in Abbildung 44 (grüner Kasten) und der anschließenden Erläuterung exemplarisch dargestellt.
- Einführung eines Ladekodex, der eine gemeinschaftlich solidarische Nutzung der Ladeinfrastruktur ermöglicht. Der Ladekodex soll Fragen zur Ladeberechtigung, Ladedauer (bspw. max. 30 min.), Ansprechbarkeit während des Ladens (z. B. Telefonnummer in Windschutzscheibe), Kontakt zu Fahrgästen während des Ladens, Durchsetzung von Regeln usw. beantworten.

Als Synthese aus diesen Erkenntnissen und Überlegungen wurde ein Leitfaden zur Elektromobilität im Taxiverkehr erstellt, der in Anhang A8 zu finden ist.

Organisation des Taxistands mit Taxi-exklusiver Ladeinfrastruktur –

Konzept gemäß Umsetzungsstudie Elektro-Taxi-Aktionsplan Stuttgart (Hager et al., 2017):

Abbildung 44: Lösungsvorschlag für Ladeinfrastruktur am Taxistand (eigene Abbildung in Anlehnung an Hager et al. (2017, S. 53))



- Die Taxiplätze 2 und 3 sind Standplätze für Taxen unabhängig von der Antriebstechnologie.
- Der Taxiplatz 1 ist ausschließlich E-Taxen vorbehalten.
- Vor Taxiplatz 1 befindet sich ein Stellplatz mit Ladeinfrastruktur, ausschließlich für das Laden von E-Taxen. Dieser Platz ist kein offizieller Taxiplatz. Der Taxifahrer darf keine Fahrt annehmen.
- Während des Ladevorgangs darf das E-Taxi keinen Auftrag annehmen.
- Nach Beendigung des Ladevorgangs muss das E-Taxi den Ladeplatz verlassen.
 - Wenn Platz 1 frei ist, kann das E-Taxi den Taxiplatz belegen.
 - Wenn Platz 1 bereits von einem anderen E-Taxi besetzt ist, muss das E-Taxi sich am Ende der Reihe auf Platz 2 oder 3 einordnen.
- Die Annahme von Fahraufträgen erfolgt in Reihenfolge von Platz 1 bis Platz 3.

5 Maßnahmenvorschläge

In diesem Kapitel werden wesentliche Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen aus den vorangegangenen Kapiteln zunächst mit Inputs der lokalen Akteure (Abschnitt 5.1) sowie Aktivitäten anderer Kommunen (Abschnitt 5.2) abgeglichen. Ergänzend werden weitere kommunale Handlungsfelder zur Förderung der Elektromobilität (private Ladeinfrastruktur, Güterverkehr) betrachtet und mögliche Maßnahmen identifiziert. Die Gesamtschau resultierender Maßnahmen wird dann strukturiert nach Handlungsfeldern tabellarisch dargestellt (Abschnitt 5.3). Die aus Sicht des Projektteams prioritären Maßnahmen werden schließlich in Form von Steckbriefen vertieft dargestellt (Abschnitt 5.4).

5.1 Prioritäten lokaler Akteure

Im Rahmen der Erstellung des Elektromobilitätskonzepts wurde zur Beteiligung von Akteursgruppen am 07.02.2019 ein Workshop durchgeführt. Zielgruppen des Vorhabens waren die Verwaltung der Stadt Ludwigshafen, regionale Verwaltungseinheiten (Rhein-Pfalz-Kreis, Metropolregion) sowie weitere betroffene Akteure aus ortsansässigen oder örtlich agierenden öffentlichen und privaten Unternehmen und Institutionen. Zudem waren Vertreterinnen und Vertreter der Städte Heidelberg und Mannheim zwecks Erfahrungsaustausch und Koordination möglicher Aktivitäten eingeladen.

Ziel des Workshops war es, die bis dahin erarbeiteten Erkenntnisse des Planungsteams im Rahmen einer gemeinsamen Diskussion weiterzuentwickeln und zu priorisieren. Damit wird sichergestellt, dass die Anforderungen und die Bedürfnisse der Ziel- und Akteursgruppen im Elektromobilitätskonzept berücksichtigt sind. Die Beteiligung der Teilnehmenden während des Workshops erfolgte an Thementischen – eingeteilt nach Akteurs- und Zielgruppen:

Tabelle 24: Einteilung der Workshop-Teilnehmenden in Arbeitsgruppen

Arbeitsgruppe 1	Arbeitsgruppe 2	Arbeitsgruppe 3	Arbeitsgruppe 4
Verwaltung I	Verwaltung II	Wohnungsgesellschaften / Unternehmen	Mobilitätsunternehmen
<ul style="list-style-type: none"> ● Stadt LU ● Wirtschafts-betriebe LU ● TWL ● Stadt Heidelberg ● Stadtwerke HD ● MRN ● Autohaus Berati 	<ul style="list-style-type: none"> ● Stadt LU ● Energieagentur Rhein-Pfalz ● Emobil-Verein Rhein-Neckar ● Rhein-Pfalz-Kreis ● Stadt HD ● Stadtwerke HD ● Pfalzwerke ● MVV 	<ul style="list-style-type: none"> ● Stadt LU ● TWL ● Handwerkskammer ● GAG LU ● FA. AbbVie ● FA. Berkel ● Emobil-Verein Rhein-Neckar 	<ul style="list-style-type: none"> ● Stadt LU ● Stadtwerke LU ● Stadtmobil ● rnv ● Taxizentrale LU ● Inst. für Management und Innovation

Inhaltlich wurde an den Thementischen zum einen anhand von Leitfragen (*Was fehlt / Was ist wichtig? Welche Zielkonflikte / welche Probleme sehen Sie? Welchen Beitrag will / kann ich leisten?*) Grundsätzliches diskutiert. Zum anderen wurden verschiedene Einzelmaßnahmen, die aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden von diskussionswürdig sind, priorisiert (geringe, mittlere oder hoher Priorität) und gemäß einer möglichen Umsetzung zeitlich eingeordnet (kurzfristige, mittelfristige oder langfristige Umsetzung). Insbesondere letzterer Teil der Gruppenarbeit findet in der weiteren Bearbeitung des Elektromobilitätskonzepts Eingang in die Ausarbeitung der Maßnahmenliste.

Zusammenfassend kann der Workshop als einen wichtigen Beitrag für das Mobilitätskonzept der Stadt Ludwigshafen betrachtet werden. Es ist gelungen, wichtige Akteure, die für eine erfolgreiche Umsetzung des Konzepts notwendig sind, in den Prozess zu integrieren und damit folgende Punkte, die unter den Teilnehmenden als Konsens betrachtet werden, zu destillieren:

- Ein klares Bekenntnis der Stadt Ludwigshafen zur Elektromobilität als Zukunftstechnologie würde es vielen Akteuren leichter machen, ihrerseits das Thema anzugehen.
- Die Zugänglichkeit von Informationen zum Thema Elektromobilität muss verbessert werden. Hierfür sollten einheitliche Anlaufstellen geschaffen und bekannt gemacht werden. Beim Workshop wurden verschiedene konkrete Ideen in diesem Bereich geäußert (TWL als zentraler Ansprechpartner, Organisation eines Elektromobilitätstags etc.)
- Die Kommune verfügt über einige verwaltungsrechtliche Instrumente (v.a. Bebauungspläne, Möglichkeit zur Ausweisung von CarSharing-Standorten, Parkraumkonzepte), die ein hohes Potential zur Förderung elektrischer Antriebe bergen und intensiv auf Anpassungsbedarf geprüft werden sollten.
- Elektromobilität wird in den meisten Anwendungsfällen bis auf weiteres mit Mehrkosten / Investitionen verbunden sein. Einige denkbare Maßnahmen (v.a. beim Stichwort Ladeinfrastruktur) erfordern die Bereitschaft der Kommune (bzw. öffentlicher Unternehmen), diese Mehrkosten zu tragen. Dies gilt ebenso, wenn die Kommune selber als Vorbild agieren möchte (z.B. durch Elektrifizierung ihres Fuhrparks).
- Es gibt noch kein einheitliches Verständnis des zu erwartenden Ladebedarfs in den kommenden Jahren, was auch mit der dynamischen Entwicklung am Fahrzeugmarkt zusammenhängt. Dies macht Investitionen schwierig zu rechtfertigen.
- Elektromobilität kann nur ein Baustein für ein nachhaltiges städtisches Verkehrskonzept sein. Eine Abstimmung mit anderen (Klimaschutz-, Mobilitäts-)Konzepten ist erforderlich.

Diese Punkte wurden vom Projektteam als Schwerpunkte für die Finalisierung des Elektromobilitätskonzepts mitgenommen.

5.2 Best Practice – Ein Blick auf andere Städte

Einige deutsche Städte beschäftigen sich bereits seit längerer Zeit intensiv mit dem Thema Elektromobilität und kommunalen Handlungsoptionen in diesem Bereich. Teilweise geht dies auf die Beteiligung an großen Förderprogrammen des Bundes (Modellregionen, Schaufenster) sowie auf die örtliche Nähe zu großen Automobilherstellern zurück. Um Erfahrungen dieser Städte für Ludwigshafen nutzbar zu machen, wurden mit dreien dieser Städte, namentlich Hannover, Dresden und Hamburg, vertiefte telefonische Interviews geführt. Wesentliche Ergebnisse werden im Folgenden kurz zusammengefasst. Die drei genannten Städte verfügen bereits über abgeschlossene Elektromobilitätskonzepte. Der Elektromobilitätskoordinator von Hannover, Herr Rainer Konerding, hat zudem als Gast beim Workshop am 7.2.2019 im Rahmen der Erstellung dieses Konzepts die Erfahrungen aus Hannover eingebracht.

Bei allen drei Städten liegen Schwerpunkte der kommunalen Aktivität auf der Elektrifizierung des kommunalen Fuhrparks sowie auf der Steuerung und Förderung des LIS-Ausbaus. Für Neubeschaffungen im Fuhrpark haben die Städte jeweils Leitlinien aufgestellt, die eine prioritäre Beschaffung von E-Fahrzeugen vorsehen, dabei allerdings Ausnahmen vorsehen, wenn Bedenken hinsichtlich der Reichweite bestehen oder das benötigte Fahrzeugmodell nicht mit elektrischem Antrieb lieferbar ist. In der Praxis spielt hier (im Einklang mit der für Ludwigshafen durchgeführten Fuhrparkanalyse) der Aspekt der Modellverfügbarkeit eine deutlich wichtigere Rolle. Für die Beschaffung elektrischer Fahrzeuge werden gemeinhin von der Kommune Mehrkosten in Kauf genommen, allerdings gab es in den vergangenen Jahren auch umfangreiche Fördermöglichkeiten vom Bund.

Beim Thema öffentliche Ladeinfrastruktur wird allgemein das Prinzip einer (mehr oder weniger rudimentären) Grundausstattung gewählt, die durch einen gezielten, bedarfsabhängigen Ausbau ergänzt wird. Die Ausstattung insbesondere von Points of Interest im halböffentlichen Raum wird als vielversprechend und damit prioritär angesehen, u.a. aufgrund der hohen Umschlagsrate, die einen wirtschaftlichen Betrieb erleichtert, sowie aufgrund der Eigenmotivation von Eigentümern halböffentlicher Flächen (Kundenbindung, Image). Zudem wird LIS für Mobilitätspunkte sowie P+R-Parkflächen angestrebt. Bei öffentlicher LIS geht die Tendenz hin zu (spezifisch) möglichst kostengünstigen Lösungen, um die LIS angesichts begrenzter finanzieller Mittel möglichst breit ausrollen zu können. Hannover organisiert den Aufbau öffentlicher LIS über eine öffentlich ausgeschriebene Konzession. Die Bereitstellung dedizierter Ladeplätze im öffentlichen Raum birgt den Erfahrungen zufolge Konfliktpotential mit Nutzern von Verbrennungsfahrzeugen.

Bei anderen Flotten (Carsharing, Busse, Taxen) ist das Bild zwischen den betrachteten Kommunen eher heterogen. Übereinstimmend wurde allerdings berichtet, dass die Hürden für eine Elektrifizierung des Taxiverkehrs überdurchschnittlich hoch liegen.

5.3 Tabellarische Auflistung konkreter Maßnahmenvorschläge

Im Rahmen der Erstellung des Elektromobilitätskonzepts wurden Maßnahmen in fünf Handlungsfeldern (HF) identifiziert (s. Tabelle 25). Die Handlungsfelder wurden sowohl aus den vorherigen Kapiteln – sprich der Analyse des Status der Elektromobilität in Ludwigshafen und der dort gegebenen Rahmenbedingungen – als auch aus den Erkenntnissen aus anderen Städten sowie den Ergebnissen des Workshops mit lokalen Akteuren entwickelt. Während die Handlungsfelder HF 1 bis HF 3 die Kommune bzw. kommunale Akteure anspricht, beinhaltet HF 4 Maßnahmen, die lokale nicht-kommunale Akteure und private Unternehmen direkt ansprechen. Abschließend bildet HF 5 gewissermaßen den Rahmen des Konzepts, da es mit Kommunikations- und Informationsmaßnahmen sowohl öffentliche als auch private Stakeholder anspricht, auch wenn als handelnde Institutionen hier primär die Stadt oder kommunale Unternehmen (v. a. TWL) adressiert werden.

Tabelle 25: Handlungsfelder für mögliche Maßnahmen

HF 1	HF 2	HF 3	HF 4	HF 5
Anpassung des regulatorischen Rahmens	Eigenprojekte der Kommune / kommunaler Unternehmen	Ausschreibungen / Unterstützung von Akteuren durch die Kommune	Eigeninitiative Maßnahmen der Unternehmen	Kommunikation und Information der Akteure und Nutzenden über Elektromobilität
... im Planungsrecht	... im Bereich LIS	... im Bereich LIS		
... im Verkehrsrecht	... im Bereich Fahrzeuge und Flotten ... im Bereich Vernetzung	... im Bereich Fahrzeuge und Flotten		

Für jedes der Handlungsfelder HF 1 bis HF 5 wurden Maßnahmen erarbeitet, die in der nachfolgenden „Longlist“ festgehalten sind. Für jede Maßnahme zeigt die Tabelle, wer der handelnde Akteur bzw. die handelnden Akteure bei der Umsetzung ist / sind, und definiert zudem die Zielgruppe der Maßnahme. Zudem wurde für jede Maßnahme eine Priorisierung (gering - mittel - hoch) vorgenommen, die eine Empfehlung dahingehend darstellt, mit welcher Dringlichkeit zur Umsetzung geraten wird. Geprüft wurde auch, in welchem Zeitraum eine Umsetzung der Maßnahme möglich ist bzw. als sinnvoll zu erachten ist. Für die zeitliche Abfolge gilt: Kurzfristig (ab 2020), mittelfristig (~ 2025) und langfristig (~ 2030). Gemeint ist hier jeweils der Zeitpunkt, zu dem die Maßnahme beschlossen werden sollte; dieser fällt nicht zwingend mit der Erreichung des Ziels der Maßnahme zusammen.

Bei der Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf elektrische Antriebe ist beispielsweise der Zeitpunkt gemeint, zu dem die neue Beschaffungsrichtlinie eingeführt wird.

1. Kommune – Planungs- und verkehrsrechtliche Instrumente

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung ¹
Planungsrecht						
1.1	Aufstellung eines verbindlichen Leitfadens zur Errichtung von Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen	s. Steckbrief Nr. 3	Kommune	Kommune, Energieversorger, Ladeinfrastruktur-Unternehmen	Hoch	Kurzfristig
1.2	Berücksichtigung elektrifizierter Verkehrsmittel inkl. LIS bei Neubauten	s. Steckbrief Nr. 4	Kommune	Bauträgerschaften, Bauherren	Hoch	Kurzfristig (Langfristig)
1.3	Obligatorische Vorrüstung von Stellplätzen für LIS	s. Steckbrief Nr. 5	Kommune	Bauträgerschaften, Bauherren	Hoch	Kurzfristig (Langfristig)
1.4	Ausweisung von Carsharing-Flächen durch Sondernutzungserlaubnis für Carsharing / durch Überführung des Carsharing-Gesetzes in Kommunalrecht	s. Steckbrief Nr. 6	Kommune	Carsharing-Unternehmen & -Nutzer	Hoch	Kurzfristig
1.5	Leitfaden zur Förderung von E-Mobilität im Taxiverkehr	Siehe Anhang A8	Kommune	Taxiunternehmen	Gering	Mittelfristig
1.6	Politische Ziele für wichtige Kennzahlen der Elektromobilität setzen (z.B. elektrischer Anteil an der Pkw-Fahrleistung in LU)		Kommune	Alle	Mittel	Kurzfristig

¹ Kurzfristig: Umsetzung innerhalb eines Jahres (2020), Mittelfristig: Umsetzung in den kommenden 3 bis 5 Jahren (2025), Langfristig: Umsetzung in 5 - 10 Jahren (2025 - 2030)

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung ¹
Verkehrsrecht						
1.7	Sanktionierung der Blockade von LIS durch Verbrennungsfahrzeuge		Kommune	Kommune	Hoch	Kurzfristig
1.8	Begünstigung von elektrischen Lieferfahrzeugen (z. B. Privilegierung bei der Parkerlaubnis)		Kommune	Kommune, (mittelständische) Wirtschaftsbetriebe	Mittel	Mittelfristig
1.9	Parkgebührenbefreiung (inkl. freies Anwohnerparken) für private elektrisch betriebene und Carsharing-Fahrzeuge		Kommune (Verkehrsamt)	BesitzerInnen elektrisch betriebener Fahrzeuge, Carsharing-Unternehmen	Hoch	Kurzfristig

2. Kommune – Umsetzungsstrategie

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung
Lade- und Abstellinfrastruktur						
2.1	Aufstellung eines Strategiepapiers zum Vorgehen bei der Bereitstellung von LIS im öffentlichen und halböffentlichen Raum (abhängig von städtebaulich-verkehrlichen Rahmenbedingungen)	Siehe Anhang A7	Kommune	Kommune, Energieversorger, Ladeinfrastruktur-Unternehmen	Hoch	kurzfristig
2.2	Richtlinien für die Ausstattung öffentlicher Gebäude mit Ladeinfrastruktur (inkl. Umsetzungsplan)		Kommune	BesitzerInnen elektrisch betriebener Fahrzeuge, insbesondere Beschäftigte der Verwaltung	Mittel	Mittel
2.3	Ausstattung von Park & Ride-Stationen mit LIS	Maßnahme erhöht auch die Attraktivität von P+R und kann so ggf. den innerstädtischen Parkdruck senken	Kommune	Kommune, Eisenbahn-/ Verkehrsunternehmen, Parkhausbetreiber	Hoch	Mittelfristig
2.4	Bereitstellung städtischer Flächen (Mikrodepots) für Logistikanbieter mit E-Lastenrädern und/oder Fahrzeugen		Kommune	Logistikunternehmen (KEP-Unternehmen?)	Hoch	Mittel-Langfristig
2.5	Errichtung von Ladehöfen in Gebieten ohne eigene Stellplätze (z.B. im Geschosswohnungsbau, gemeinsam mit Wohnungsunternehmen)		Kommune, Wohnungsbaunternehmen	Logistikunternehmen, Bewohnerschaft	Hoch	Mittelfristig

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung
2.6	Ausstattung von Schulparkplätzen mit 22kW-Säulen (Stadt als Vorbild)		Kommune	Lehrerschaft	Hoch	Mittelfristig
2.7	Schaffen von Mobilitätshubs als intermodale Schnittstellen zwischen Verkehrsmitteln des Umweltverbundes (ÖPNV, Leihrad, Carsharing) inkl. Ladeinfrastruktur		Kommune, Verkehrsunternehmen	Bürgerschaft	Hoch	Mittelfristig
2.8	Schaffung von Fahrradabstellanlagen zum sicheren Abstellen von insbesondere Pedelecs	Fehlende sichere Abstellmöglichkeiten stellen für viele potentielle Nutzer ein wichtiges Hemmnis für die Anschaffung eines Pedelecs dar.	Kommune	Bürgerschaft	Hoch	Mittelfristig
Fahrzeuge						
2.9	Monitoring des städtischen Fuhrparks hinsichtlich Einsatzprofilen und Auslastung	Voraussetzung für eine effiziente Umstellung des Fuhrparks auf Elektroantrieb, siehe Maßnahme 2.10 und Steckbrief Nr. 7	Kommune	Kommune	Hoch	Kurzfristig
2.10	Umstellung der städtischen Pkw-Flotte auf Elektroantrieb	E-Fahrzeuge als Standard für Neubeschaffungen im kommunalen Pkw-Fuhrpark; s. Steckbrief Nr. 7	Kommune	Kommune	Hoch	Kurz- bis Mittelfristig
2.11	Erhöhung des Anteils elektrischer Nutz- und Sonderfahrzeuge im städtischen Fuhrpark	Umsetzbarkeit u.a. Abhängig von der Marktverfügbarkeit	Kommune	Kommunalunternehmen, Privatunternehmen	Hoch	Mittelfristig

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung
2.12	Prüfung von H ₂ -Optionen für Ludwigshafen (insb. Nutzfahrzeuge, ÖPNV, ggf. große Pkw)	Ziel sollte hier sein, möglichst bald Klarheit zu erlangen, welche Antriebstechnologien von der Kommune für welche Fahrzeugtypen verfolgt werden.	Kommune (ggf. Vergabe eines Forschungsauftrags)	Potentiell alle Akteure	Mittel	kurzfristig
2.13	Akquise weiterer (e-)Carsharing-Unternehmen für die Stadt Ludwigshafen		Kommune	Carsharing-Unternehmen & -Nutzer	Mittel	Kurzfristig
2.14	Aufbau öffentlicher Verleihsysteme für elektrifizierte Zwei-/Dreiräder und Lastenfahrräder zzgl. Ladeinfrastruktur und angepassten Abstellflächen		Kommune, Verkehrsverbund	BürgerInnen der Stadt Ludwigshafen, PendlerInnen	Mittel	Mittelfristig

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung
Vernetzung						
2.13	Einrichtung einer regelmäßig tagenden Arbeitsgruppe der Stadtverwaltung und der TWL zur Verstetigung der Kommunikation, ggf. unter Einbezug weiterer Akteure aus dem Bereich Stadtentwicklung		Kommune	Kommune, TWL, ggf. weitere Akteure aus dem Bereich Stadtentwicklung	Hoch	Kurzfristig
2.14	Angebot von Investorenberatung zur E-Mobilität (→ Städtebaulicher Vertrag)	Ziel ist hier das frühzeitige Mitdenken von Elektromobilität bei Planungsprozessen	Kommune	Immobilieninvestoren	Hoch	Kurzfristig
2.15	Vernetzung mit anderen Kommunen mit ambitionierten Zielen im Bereich Elektromobilität	Lernen aus Best-Practices und vermeiden von Fehlern anderer.	Kommune	Kommune	Mittel	Kurzfristig

3. Kommune - Ausschreibungen / Unterstützung von Akteuren

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung
Ladeinfrastruktur						
3.1	Ausschreibungsverfahren / Konzession für öffentliche Low-Cost Ladeinfrastruktur	Ziel ist, möglichst kostengünstig in der Breite ein „Destination Charging“ mit geringer Leistung anzubieten.	Kommune	Ladeinfrastruktur-Unternehmen	Hoch	Mittelfristig
3.2	Förderung von LIS in halb-öffentlichen Bereichen ohne Schranke	vgl. „Umweltfreundlich mobil“ in Heidelberg	Kommune	Bürgerschaft	Hoch	Kurzfristig
3.3	Bereitstellen von Info- und Begleitungs-paketen für Unternehmen, um öffentlich zugängliche LIS anzubieten	Hintergrund sind diverse Hürden für Unternehmen, öffentlich nutzbare LIS anzubieten (s. Bericht)				
Fahrzeuge						
3.4	Einführung von E-Bussen in Ludwigshafen	Kommune kann als Anteilseignerin der rnv hier mitentscheiden	Kommune	Rhein-Neckar-Verkehrsbetriebe	Hoch	Kurz- bis Mittelfristig
3.5	Integration von (e)Carsharing in städtische Fuhrparke	s. Steckbrief Nr. 8	Kommune	Beschäftigte der Verwaltung	Hoch	Kurzfristig
3.6	Integration von (e)Carsharing in städtebauliche Ausschreibungen (z. B. städtebauliche Wettbewerbe)		Kommune	Carsharing-Unternehmen	Hoch	Kurzfristig
3.7	Bezuschussung der Strompreise für e-Carsharing und Verleihmodelle mit elektri-		Kommune, Ladeinfra-	Carsharing-Unternehmen & -	Mittel	Kurzfristig

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung
	fizierten Zwei-/Dreirädern sowie Lastenrädern		struktur-, Stromanbieter	Nutzer, Anbieter und Nutzer elektrifizierter Zwei-/Drei-/Lastenräder-Verleihsysteme		
3.8	Kooperation mit Autohäusern zur Steigerung des Angebots von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben		Kommune	Autohausbetreiber	Gering	Kurzfristig
3.9	Anbieten von Kaufzuschüssen für Taxiunternehmen beim Erwerb von E-Taxen		Kommune	Taxiunternehmen	Mittel	Mittelfristig
3.10	Bezuschussung der Strompreise für E-Taxen		Kommune, Ladeinfrastruktur-, Energieversorger	Taxiunternehmen	Mittel	Mittelfristig
3.11	Abwrackprämie für Motorroller / Mofas bei Anschaffung eines Pedelecs	In Tübingen bereits eingeführt ¹	Kommune	Nutzer motorisierter Zweiräder	Mittel	Mittelfristig

¹ <https://www.tuebingen.de/tuebingen-macht-blau/17926.html>

4. Unternehmen als Akteure – Direkte Förderung von E-Mobilität / Sharing-Modellen

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung
4.1	Bereitstellung eines eCar-Pools sowie von elektrischen Fahrrädern (Jobrad) für Beschäftigte (dienstlich/privat, Leasingmodelle, ...)		Unternehmen	Beschäftigte	Mittel	Mittelfristig
4.2	Aufbau von privat und/oder öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur auf Unternehmensgelände		Unternehmen	Beschäftigte, BesucherInnen, , ggf. Bürgerschaft	Hoch	Mittelfristig
4.3	Ausbau von Abstellmöglichkeiten für elektrifizierte Zwei-/Dreiräder in Wohnungsnähe		Wohnungsbaugesellschaften	Bewohnerschaft, Bürgerschaft	Mittel	Kurzfristig
4.4	Bereitstellung eines Jobtickets zur vernetzten Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und (e)Sharing-Angeboten	z. B. e-Carsharing und Pedelec-Verleihsysteme	Unternehmen	Beschäftigte	Hoch	Kurzfristig
4.6	Vergabe von Parkplatzprivilegien für E-Fahrzeuge auf dem Werksgelände		Unternehmen	Beschäftigte	Gering	Kurzfristig

5. Kommunikation und Information der Akteure und Nutzenden über Elektromobilität

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung
5.1	Schaffung einer zentralen Anlaufstelle für Elektromobilität in Ludwigshafen	s. Steckbrief Nr. 1	Kommune, Energieversorger	(pot.) BesitzerInnen elektrisch betriebener Fahrzeuge, alle potentiellen Akteure	Hoch	Kurzfristig
5.2	Kooperation / Information von Wohn- und Miet-Organisationen zum Thema E-Mobilität / LIS (z. B. Mieterbund, Eigentümerverband Haus & Grund, (städtische) Wohnungsgenossenschaften und Unternehmen ec.)		Kommune, Wohnungsbauunternehmen, Energieversorger, Ladeinfrastruktur-anbieter	Mieterschaften, Bewohnerschaften, Bauherren	Mittel	Mittelfristig
5.3	Nutzergerechte Simulationen für den potenziellen Einsatz von E-Fahrzeugen		Kommune, Ladeinfrastrukturanbieter	(pot.) BesitzerInnen elektrisch betriebener Fahrzeuge	Gering	Mittelfristig
5.4	Schulungen im Umgang mit e-Fahrzeugen durch Kooperationen mit Fahrschulen und/oder Flottenmanagern		Kommune, Fahrschulunternehmen	Bürgerschaft, Beschäftigte von Unternehmen mit elektrifizierten Dienstflotten, Beschäftigte der Stadt Ludwigshafen	Gering	Kurzfristig
5.5	Einrichten eines jährlichen „Tag der Elektromobilität“ mit diversen öffentlichen Veranstaltungen zum Thema Elektromobilität		Kommune	Unternehmen, Verbände, Bürgerschaft	Gering	Kurzfristig
5.6	Schaffen von Möglichkeiten für zufriedene Nutzer von E-Fahrzeugen, ihre Zufrieden-		BesitzerInnen	(pot.) BesitzerInnen elektrisch betriebener	Gering	Kurzfristig

Nr.	Maßnahme	Anmerkung	Akteure	Zielgruppe	Priorität	Zeitliche Umsetzung
		heit mit potentiellen Neunutzern zu teilen	elektrisch betriebener Fahrzeuge	Fahrzeuge. Hierbei können auch Nutzervereinigungen (z.B. EVRN) einbezogen werden.		
5.7	Einrichten einer städtischen Ladekarte (Chipkarte) inkl. Roaming		Kommune, Ladeinfrastrukturbetreiber, externe Dienstleister	alle potentiellen Akteure	Hoch	Mittelfristig
5.8	Konzeption und Umsetzung einer Informationskampagne zum Thema Elektromobilität	s. Steckbrief Nr. 2. Die Kampagne kann diverse andere Maßnahmen aus dieser Kategorie integrieren. Sie sollte erst durchgeführt werden, wenn die Umsetzung kurzfristiger Maßnahmen eingeleitet ist.	Kommune, externe Dienstleister	Bürgerschaft, Unternehmen	Hoch	Kurz- bis Mittelfristig

5.4 Steckbriefe prioritärer Maßnahmen

Die in der vorangegangenen Maßnahmentabelle fett hervorgehobenen Maßnahmen werden vom Projektteam als prioritär angesehen und nachfolgend in Form von Steckbriefen näher erläutert.

5.4.1 Zentrale Anlaufstelle für Elektromobilität

Schaffung einer zentralen Anlaufstelle für Elektromobilität in LU	
Ziel	Die Maßnahme soll für alle Akteure Klarheit schaffen, wohin man sich mit allen Anliegen rund um die Elektromobilität wenden kann. So soll insbesondere die Information der Akteure über vorhandene Förder- und Unterstützungsmöglichkeiten verbessert und die zügige Umsetzung von elektromobilitätsbezogenen Vorhaben ermöglicht werden.
Adressatenkreis	Umsetzung: Stadtverwaltung, TWL; Begünstigte: potentiell alle Akteure
Ausgangslage	Informationslage und Verantwortlichkeiten beim Thema Elektromobilität werden bei vielen Akteuren aktuell als unübersichtlich wahrgenommen.
Kurzbeschreibung	Es wird eine zentrale Stelle eingerichtet, die als Ansprechpartner für sämtliche Anfragen bezüglich Elektromobilität von Bürgerinnen und Bürgern, von Unternehmen (hier insbesondere KMU, die selbst über geringe organisatorische Ressourcen verfügen) sowie aus allen Bereichen der Verwaltung fungiert. Zu erwartende Themenschwerpunkte der Anfragen sind u.a. technische Fachfragen, Entscheidungsunterstützung bei elektromobilitätsbezogenen Maßnahmen, rechtliche und organisatorische Fragen sowie Fragen zu Fördermöglichkeiten. Die zentrale Anlaufstelle kann sicherstellen, dass Informationen jederzeit aktuell und konsistent sind und die notwendigen Kontakte zwischen verschiedenen Akteuren hergestellt werden können. Insbesondere kann auf diese Weise eine optimale Koordination der Aktivitäten zwischen Stadtverwaltung und TWL gewährleistet werden.
Voraussetzungen für die Umsetzung	In die Planung einer solchen zentralen Anlaufstelle sollten alle relevanten Akteure im Vorfeld gut eingebunden werden, um ihre Erwartungen und Bedürfnisse einbringen zu können.
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl der Institution, bei der die zentrale Anlaufstelle angesiedelt werden soll. In Frage kommen hier die Stadtverwaltung sowie die TWL (ggf. auch die WEG, falls Fokus auf Gewerbe). • Ausstattung der Anlaufstelle mit Personal und Infrastruktur • Etablierung von Kommunikationskanälen mit allen Akteuren: relevante Bereiche der Verwaltung, Unternehmen (insbes. IHK, HWK), zivilgesellschaftliche Akteure (Quartiersinitiativen, Emobil-Nutzervereine, ...) • Öffentliche Bekanntmachung der Anlaufstelle
Umsetzungszeitraum	Kurzfristig
Wechselwirkungen/ Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen	Die Maßnahme kann potentiell die Umsetzung einer Vielzahl weiterer denkbarer Maßnahmen begünstigen, indem Verantwortlichkeiten geklärt und Netzwerke verstetigt werden.

5.4.2 Informationskampagne

Konzeption und Umsetzung einer Informationskampagne	
Ziel	Infos mit Aktualitätsgarantie bereitstellen, um damit Bewusstsein für individuelle Handlungsmöglichkeiten im Bereich Elektromobilität zu schaffen und den Stellenwert des Themas aufseiten der kommunalen Verwaltung zu unterstreichen.
Adressatenkreis	Bürgerinnen und Bürger, Betriebe
Ausgangslage	<ul style="list-style-type: none"> • Die Information über vorhandene Rahmensetzungen und Fördermöglichkeiten im Bereich Elektromobilität wird aktuell als unzureichend wahrgenommen. • Insbesondere beim Thema Ladeinfrastruktur und diesbezüglicher Ausbauplanungen gibt es ein Informationsdefizit. • Bürgerinnen und Bürger können oftmals schlecht einschätzen, ob ein Elektrofahrzeug ihre Bedürfnisse erfüllen kann.
Kurzbeschreibung	Es wird eine professionell organisierte Informationskampagne zur Elektromobilität in Ludwigshafen geplant und umgesetzt, die verschiedene Medien bespielt (Print, Online und Social Media) und in deren Verlauf mehrere Vor-Ort-Veranstaltungen ausgerichtet werden. Eine zu schaffende zentrale Anlaufstelle für Elektromobilität sollte federführend für die Organisation der Kampagne zuständig sein.
Voraussetzungen für die Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Einrichtung einer zentralen Anlaufstelle Elektromobilität, siehe entsprechende Maßnahme. • Umsetzung anderer kurzfristiger Maßnahmen, Klarheit über die zukünftige Umsetzung und Priorisierung mittelfristiger Maßnahmen
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl und Konkretisierung der Elemente für die Kampagne. Denkbar wären beispielsweise <ul style="list-style-type: none"> ○ Zentrale Homepage mit allen Infos und Kontakten ○ Zentrale Übersicht der Lademöglichkeiten in LU und ihres jeweiligen Status, inkl. Möglichkeit zum Vorschlag neuer Ladestationen ○ Nutzerindividuelle Infos zu E-Fahrzeugen (Eignung, Kosten, Umwelt), z.B. über ein entsprechendes Online-Tool ○ Kostenfreie Beratungen zum Thema Elektromobilität auf Anfrage ○ Formate, über die Bürger mit Elektrofahrzeug ihre Erfahrungen mit potentiellen Neunutzern teilen können • Ausschreibung der benötigten Fremdleistungen • Umsetzung und abgestimmte Bewerbung der einzelnen Infomaßnahmen
Umsetzungszeitraum	Kurz- bis mittelfristig (abhängig von der Umsetzung anderer Maßnahmen, s.o.)
Wechselwirkungen/ Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen	Die Maßnahme ist geeignet, die öffentliche Aufmerksamkeit für weitere Maßnahmen zu erhöhen.

5.4.3 Verbindlicher Leitfaden zur Aufstellung von LIS

Aufstellung eines verbindlichen Leitfadens zur Errichtung von LIS in Ludwigshafen	
Ziel	Ziel ist, eine Einheitlichkeit in der Gestaltung und der Nutzbarkeit von LIS sowie bei (verkehrs-)rechtlichen Regelungen in deren Kontext zu erreichen, um Transparenz für Nutzerinnen und Nutzer von LIS zu erzeugen.
Adressatenkreis	Kommune, Energieversorgungsunternehmen, Ladeinfrastrukturunternehmen
Ausgangslage	<ul style="list-style-type: none"> • Das Angebot an LIS in Ludwigshafen wird derzeit als intransparent / nutzerunfreundlich / unübersichtlich wahrgenommen (z. B. unterschiedliche Steckertypen, verschiedene Zugangsmöglichkeiten [RFID, SMS, QR-Code], intransparente Preisstrukturen etc.) • Die Intransparenz führt zu geringer Akzeptanz von LIS und E-Mobilität im Allgemeinen und bedeutet ein Hemmnis für die Anschaffung von E-Fahrzeugen bei der Bürgerschaft.
Kurzbeschreibung	Vorgabe allgemeingültiger Rahmenbedingungen für den Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglicher LIS in Ludwigshafen mittels eines verbindlichen Leitfadens (Handlungsvorschrift mit bindendem Charakter). Wichtige Bausteine eines Leitfadens sind beispielsweise Kennzeichnung, Gestaltungshinweise, Zugangssystem und Tarifierung. Eine erweiterte Übersicht und Beschreibung möglicher Bausteine findet sich im Anschluss an diesen Steckbrief.
Voraussetzungen für die Umsetzung	Als Grundlage für die Erstellung des Leitfadens sollte zunächst geklärt werden, welche rechtlichen Bestimmungen im Kontext von LIS derzeit lokal bestehen und in welchem Umfang diese ggf. angepasst werden sollen.
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Rahmenbedingungen mit betroffenen Akteuren abstimmen • Leitfaden ausarbeiten (→ evtl. rechtliche Prüfung des Leitfadens) • Umsetzung gewährleisten
Umsetzungszeitraum	Kurzfristig
Wechselwirkungen/ Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen	

Tabelle 26: Mögliche Bausteine eines Leitfadens zum Aufbau von Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen

Baustein	Erläuterung / Beispiel
Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> ● Beschilderung und Markierung nach StVO, Piktogramme ● Aussagen zur Befristung der Verweildauer an Ladepunkten („nur während des Ladevorgangs oder max. 3 h“)
Gestaltungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zur Gestaltung von Ladepunkten und – Infrastruktur (z. B. Corporate Design) zur besseren Sichtbarkeit und Wahrnehmbarkeit
Technische Standards	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zur verfügbaren Ladeleistung (Schnell-/ Normal-Laden, minimale/maximale Ladeleistung) ● Vorgaben zu Anschlussmöglichkeiten (Steckertypen, Anzahl Ladepunkte, Notwendigkeit eines Lastenmanagements) ● Integration der Anforderungen der Ladesäulenverordnung (LSV) ● Lokales Lademanagement bzw. Nachrüstung ● Kommunikationsstandards (PLC nach DIN EN ISO 15118) ● Roamingmöglichkeit (Zugang zu LIS unabhängig vom Betreiber ermöglichen) ● Anbindung über offenen Standard (wie OCPP) an ein Backend ● Ermöglichung von Ad-hoc Laden (durch Änderung der Ladesäulenverordnung von 2017 unter „Punktueller Laden“ ist dies für neu errichtete öffentliche LIS ohnehin verpflichtend)
Energie	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zur Energie-/Stromquelle (z. B. rein/teil-regenerative Energie, Bezug von lokalen Energieversorgern)
Zugang / Nutzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zur Zugangstechnologie (z.B. Zahlung per EC-Karte) ● Zugang 24/7 gewährleisten (keine Schranken etc.) ● Online-Info zum Status (z.B. über App) und Reservierbarkeit ● Ausreichende Beleuchtung
Tarife	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorgaben zu Abrechnungstarifen (zeit- und/oder energieabhängige Tarife, Unterschiede bei Langsam- und Schnellladen) ● Transparenz des Tarifs sicherstellen
Abstimmungsprozess/ Ansprechpartner	<ul style="list-style-type: none"> ● Angaben zu den Ansprechpartnern bei der Stadt Ludwigshafen (z. B. Straßenverkehrsamt, Stadtplanungsamt) ● Bereitstellung von Informationen für eine zu schaffende zentrale Anlaufstelle für Elektromobilität in Ludwigshafen

5.4.4 Elektromobilität im Neubau

Rechtliche Vorgaben zur Berücksichtigung elektrifizierter Verkehrsmittel inkl. LIS bei Neubauten	
Ziel	Lange Standzeiten von E-Fahrzeugen (E-Pkw, E-Bikes, Pedelecs etc.) fallen i. d. R. über Nacht am Wohn- oder tagsüber am Arbeitsort an. Damit ist – insbesondere bei den derzeitigen langen Ladephasen – das Laden im privaten Bereich (an Ladepunkten an Wohn- oder Arbeitsorten) zu fördern und das Platzieren von LIS dort zielführend.
Adressatenkreis	Bauträgerschaften, Bauherren
Ausgangslage	Derzeit hat die Stadt Ludwigshafen keine Handhabung, das Ausstatten von Stellplätzen im privaten Bereich mit LIS oder das Vorrüsten mit der notwendigen Infrastruktur, zu regulieren.
Kurzbeschreibung	<p>Städte können aus mehreren Instrumenten wählen, die geeignet sind, die Integration von LIS in Bauvorhaben zu forcieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verpflichtung von Bauträgern mit Hilfe eines städtebaulichen Vertrags und eines Durchführungsvertrags • Aufstellen einer Stellplatzsatzung mit Angaben zur Ausstattung von Stellplätzen mit LIS • Anpassung von Bebauungsplänen • Aufstellen eines Leitfadens (nicht rechtsverbindlich)
Voraussetzungen für die Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Für die Verankerung von Ladeinfrastruktur in einer Stellplatzsatzung ist zunächst eine Anpassung der LBauO Rheinland-Pfalz (wie beispielsweise in der HBO Hessen) notwendig. • Für alle anderen o. g. Instrumente sind keine Voraussetzungen zu erfüllen.
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung, welche Vorgaben bezügl. des Aufbaus von LIS bei Neubauten von Seiten der Stadt gegeben werden sollen • Auswahl eines oder mehrerer der o. g. Instrumente • Ausarbeitung und rechtliche Prüfung • Umsetzung gewährleisten • (Bei Stellplatzsatzung: Anpassung der LBauO beim zuständigen Ministerium anregen)
Umsetzungszeitraum	Kurzfristig (Stellplatzsatzung langfristig)
Wechselwirkungen/ Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen	-

5.4.5 Vorrüstung von Stellplätzen für LIS

Obligatorische Vorrüstung von Stellplätzen für LIS	
Ziel	Ziel ist es, dass bei der Herstellung von Stellplätzen die nachträgliche Installation von LIS berücksichtigt wird. Das heißt, dass bei Baumaßnahmen bereits die notwendige vorbereitende Infrastruktur (Stromanschlüsse, Leerrohre etc.) hergestellt wird.
Adressatenkreis	Öffentliche Bauträgerschaften / Bauherren, private Bauträgerschaften / Bauherren
Ausgangslage	<ul style="list-style-type: none"> • Es ist derzeit nicht absehbar, in welchem Umfang zukünftig Ladeinfrastruktur für das Laden von E-Fahrzeugen benötigt wird. • Nachrüsten von Stellplätzen mit Ladepunkten ist häufig sehr kostenintensiv. • Das Vorrüsten von Stellplätzen für eine spätere Installation von LIS ist dagegen bereits mit geringem finanziellem Aufwand möglich. • Eine dynamische Anpassung des LIS-Angebots an die Nachfrage durch steigende Anzahl E-Fahrzeuge ist damit möglich.
Kurzbeschreibung	<p>Je nach Adressat gibt es verschiedene Instrumente, um die Vorrüstung von Stellplätzen für LIS zu forcieren.</p> <p><i>Öffentliche Bauträgerschaften oder Bauherren:</i> Um die Vorrüstung öffentlicher Stellplätze für LIS sicherzustellen, können Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Stadt mit Hilfe eines verwaltungsinternen Leitfadens auf die Umsetzung hingewiesen werden.</p> <p><i>Private Bauträgerschaften oder Bauherren:</i> Analog zur Maßnahme „Berücksichtigung elektrifizierter Verkehrsmittel inkl. LIS bei Neubauten“ kann die Stadt Ludwigshafen diese Zielgruppe mit Hilfe verschiedener Instrumente erreichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ städtebaulicher Vertrag und Durchführungsvertrag ○ Stellplatzsatzung ○ Bebauungspläne ○ Leitfaden
Voraussetzungen für die Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Für die Verankerung der Vorrüstung von Stellplätzen für LIS in einer Stellplatzsatzung ist zunächst eine Anpassung der LBauO Rheinland-Pfalz (wie beispielsweise in der HBO Hessen) notwendig. • Für alle anderen o. g. Instrumente sind keine Voraussetzungen zu erfüllen.
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung, welche Vorgaben bezügl. der Vorrüstung von Stellplätzen für LIS von Seiten der Stadt gegeben werden sollen • Auswahl einer oder mehrerer der o. g. Instrumente • Ausarbeitung und rechtliche Prüfung • Umsetzung gewährleisten
Umsetzungszeitraum	Kurzfristig (Anpassung der Stellplatzsatzung vsl. erst längerfristig möglich)
Wechselwirkungen/ Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen	Wechselwirkung mit der Maßnahme „Berücksichtigung elektrifizierter Verkehrsmittel inkl. LIS bei Neubauten“. Die Anzahl der herzustellenden Stellplätze mit LIS und die Anzahl der vorzurüstenden Stellplätze für LIS sind abzustimmen.

5.4.6 Ausweisung von Carsharing-Flächen

Ausweisung von Carsharing-Flächen durch Sondernutzungserlaubnis für Carsharing / durch Überführung des Carsharing-Gesetzes in Kommunalrecht	
Ziel	Ziel ist, Flächen für den Ausbau von Carsharing-Angeboten inkl. LIS für (e)-Carsharing bereitzustellen.
Adressatenkreis	Carsharing-Unternehmen
Ausgangslage	Flächenknappheit und hohe Nutzungskonkurrenzen um Parkraum in der Stadt führen zu hohen Miet- / Pachtkosten für Carsharing-Unternehmen und erschweren ihnen den Ausbau und die Verdichtung ihres Angebots.
Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitstellung von Flächen zu günstigen Bedingungen erleichtern Carsharing-Unternehmen den Ausbau ihres Systems. • Die Stadt kann auf verschiedene Art und Weise öffentliche Verkehrsflächen unentgeltlich oder für geringes Entgelt an Carsharing-Unternehmen zur Verfügung stellen: <ul style="list-style-type: none"> ○ ... durch Aufstellen einer Sondernutzungserlaubnis ○ ... durch Überführung des CsgG in Kommunalrecht
Voraussetzungen für die Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Für die Aufstellung einer Sondernutzungserlaubnis müssen keine weiteren Voraussetzungen erfüllt werden. • Für die Überführung des CsgG in Kommunalrecht muss zunächst das Bundesgesetz in Landesrecht überführt werden.
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffen rechtlicher Voraussetzungen für die Ausweisung von Carsharing-Flächen (Sondernutzungserlaubnis, CsgG) • Auswahl in Frage kommender zusätzlicher Flächen für Carsharing • Ggf. Abstimmung der Ausweisung mit anderen betroffenen Akteuren
Umsetzungszeitraum	Kurzfristig (Sondernutzungserlaubnis), langfristig (Anwendung des CsgG)
Wechselwirkungen/ Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen	-

5.4.7 Umstellung der städtischen Pkw-Flotte auf Elektroantrieb

E-Fahrzeuge als Standard für Neubeschaffungen im kommunalen Pkw-Fuhrpark	
Ziel	Mit der sukzessiven Umstellung der städtischen Fahrzeugflotte auf Elektroantrieb kann ein deutlicher Beitrag zur Treibhausgasreduktion und ggf. auch zur Verbesserung der Luftqualität geleistet werden. Zudem nimmt die Stadtverwaltung damit ihre Vorbildfunktion wahr und kann zusätzliche Glaubwürdigkeit für Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität gewinnen, die sich an die Bürgerschaft und/oder Unternehmen richten.
Adressatenkreis	Kommunale Verwaltung, insbesondere die für die Verwaltung des Fuhrparks zuständige Abteilung (innerhalb des WBL)
Ausgangslage	<ul style="list-style-type: none"> • Momentan ist der Anteil von E-Fahrzeugen im städtischen Fuhrpark gering • Im Rahmen von Bundesförderung wurden bereits einige Fahrzeuge beschafft bzw. bestellt, momentan gibt es jedoch keine für die Kommune nutzbaren Förderprogramme für Neuanschaffungen von E-Fahrzeugen • Die spezifischen Fahrleistungen bei der kommunalen Pkw-Flotte liegen weit unter dem Durchschnitt. Die höheren Anschaffungskosten für E-Fahrzeuge können daher auch mittelfristig vsl. nicht durch geringere Betriebskosten kompensiert werden. Eine verstärkte Beschaffung von E-Pkw aus betriebswirtschaftlichen Gründen ist somit unwahrscheinlich. • Bei den Fahrprofilen der kommunalen Pkw-Flotten sind hinsichtlich der Reichweite von E-Fahrzeugen kaum Probleme zu erwarten. Allerdings sind einige Ausstattungsmerkmale (spezielle Aufbauten, Anhängerkupplung) am Markt derzeit noch kaum verfügbar.
Kurzbeschreibung	Bei Neubeschaffungen von Fahrzeugen für die kommunale Pkw-Flotte werden standardmäßig E-Fahrzeuge gewählt. Bei entsprechender Marktentwicklung kann dies auf die Nutz- und Sonderfahrzeuge ausgeweitet werden.
Voraussetzungen für die Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Klärung des zusätzlichen Finanzrahmens, der für die Maßnahme verfügbar ist. • Genauere Untersuchung der Flotte hinsichtlich der Fahrprofile und spezieller Anforderungen an die Fahrzeuge (z.B. Anhänger ziehen). Hierfür wäre eine zentrale Erfassung der Flottenbetriebsdaten hilfreich. • Information der kommunalen Belegschaft zu den Besonderheiten bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen, evtl. Angebot von Fahrtrainings
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Beschaffungsrichtlinie: Die Beschaffung batterieelektrischer Fahrzeuge wird zum Standard erklärt. Beschaffungen von Verbrennungsfahrzeugen müssen begründet werden (z.B. ungeeignetes Fahrprofil, spezielle Ausstattung) • Bereitstellung der entsprechenden Gelder • Vernetzung mit anderen Kommunen zur Ausschreibung von Fahrzeugbeschaffungen • Bedarfsgerechter Ausbau der LIS an den Flottenstandorten
Umsetzungszeitraum	Kurz- bis Mittelfristig
Wechselwirkungen/ Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiell kann die Wirksamkeit anderer Maßnahmen dadurch gesteigert werden aufgrund erhöhter Glaubwürdigkeit des kommunalen Handelns und erhöhter Sichtbarkeit von Elektromobilität im Alltag (Gewöhnungseffekt) • Kombinierte Nutzung von Ladeinfrastruktur z.B. mit ÖV-Flotte prinzipiell denkbar • Die Zahl notwendiger Neubeschaffungen hängt u.a. davon ab, ob e-Carsharing in die kommunale Flotte integriert wird (siehe entsprechende Maßnahme)

5.4.8 e-Carsharing in städtischen Flotten

Integration von e-Carsharing in städtische Flotten	
Ziel	Dienstwege von Beschäftigten der Stadt Ludwigshafen sollen zukünftig z. T. mit E-Fahrzeugen von Carsharing-Unternehmen zurückgelegt werden. Damit kann zum einen der Umfang des städtischen Kfz-Pools reduziert und zum anderen die Umstellung der Carsharing-Flotten auf E-Pkw vorangetrieben werden.
Adressatenkreis	Beschäftigte der Stadt Ludwigshafen, Carsharing-Unternehmen
Ausgangslage	Städtische Fuhrparke sind in der Regel nur gering ausgelastet (wenig Fahrleistung pro Fahrzeug). Zudem befinden sich bisher nur wenige E-Fahrzeuge im Fahrzeugbestand der Stadt.
Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Die kommunale Verwaltung erhält Zugriff auf e-Carsharingfahrzeuge. Damit können Auslastungsspitzen des Fahrzeug-Pools aufgefangen und die Anzahl der vorgehaltenen Fahrzeuge reduziert werden. Die mittlere Fahrleistung sowohl der kommunalen als auch der Carsharingflotte kann damit erhöht und die Wirtschaftlichkeit insbesondere der E-Pkw verbessert werden.
Voraussetzungen für die Umsetzung	Bevor (e-)Carsharing in die städtische Kfz-Flotte integriert wird, muss ein Monitoring der Nutzungsprofile der Fuhrparkfahrzeuge durchgeführt werden. Dies ermöglicht bspw. Aussagen dazu, welche Anzahl an Pool-Fahrzeugen durch die Verwaltung selbst gut ausgelastet wird und wie viele / welche Fahrten zukünftig mit e-Carsharing-Fahrzeugen zurückgelegt werden sollten.
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> Monitoring der Dienstwege und der Auslastung des Fahrzeug-Pools Ausschreibung der Carsharing-Leistung mit Anforderungen an E-Mobilität Zugangsmöglichkeit der Beschäftigten zu Carsharing-Fahrzeugen Abschaffen überschüssiger Pool-Fahrzeuge
Umsetzungszeitraum	mittelfristig
Wechselwirkungen/ Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen	-

5.4.9 Einführung von E-Bussen

Einführung von E-Bussen in Ludwigshafen	
Ziel	Vorbildfunktion der öffentlichen Hand, Fahrgäste von den Vorteilen elektrischer Antriebe überzeugen (geringer Geräuschpegel, wenig Vibrationen, flüssige Fahreigenschaften) → wirtschaftlicher und attraktiver ÖPNV → Verlagerung vom MIV auf den ÖPNV
Adressatenkreis	Rhein-Neckar-Verkehr GmbH
Ausgangslage	Bisher sind E-Busse im Gebiet der rnv nur für Heidelberg und Mannheim bereits realisiert oder geplant.
Kurzbeschreibung	Einführung von E-Bussen auf einer Linie (oder wahlweise auch auf einem bestimmten Fahrzeugumlauf) in Ludwigshafen. Dies kann dann ggf. den Ausgangspunkt für die Elektrifizierung weiterer Linien / Umläufe darstellen.
Voraussetzungen für die Umsetzung	Potentialanalyse für unterschiedliche E-Bus-Konfigurationen (Überprüfung von Wirtschaftlichkeit und betrieblicher Umsetzbarkeit)
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl einer geeigneten Linie / geeigneter Fahrzeugumläufe durch die rnv. Hierbei sind wesentliche Routenkennwerte sowie die Voraussetzungen zum Aufbau von Infrastruktur zu prüfen. • Auswahl einer geeigneten Fahrzeug-Infrastruktur-Kombination • Beschaffung und Inbetriebnahme • Auswertung der Akzeptanz bei Fahrpersonal und Kunden • Prüfung weiterer Schritte zur Elektrifizierung der Busflotte, auch in Abstimmung mit den Aktivitäten in Mannheim und Heidelberg. Insbesondere Prüfung einer Richtlinie für die routinemäßige Beschaffung von Elektrobussen.
Umsetzungszeitraum	Kurz- bis mittelfristig
Wechselwirkungen/ Zielkonflikte mit anderen Maßnahmen	Die betriebshofseitige Ladeinfrastruktur wird nicht nur über Nacht zum Laden der Busflotte genutzt, sondern auch tagsüber zwischen den Umläufen zum Zwischenladen der Fahrzeuge, so dass bereits eine gute Auslastung durch die Stadtbusse erreicht werden kann. Es ist darüber hinaus denkbar, die für E-Busse im Betriebshof aufgebaute Ladeinfrastruktur auch für andere Fahrzeuge zur Verfügung zu stellen, um allgemein das LIS-Angebot in der Stadt zu verbessern und die Auslastung und damit auch die Wirtschaftlichkeit der LIS im Betriebshof weiter zu steigern.

Literaturverzeichnis

Agora Verkehrswende: Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial. Berlin, 2019.

Bergk, F., Lambrecht, U., Landinger, H.: „Potenziale des Hybrid-Oberleitungsbusses als effiziente Möglichkeit für die Nutzung erneuerbarer Energien im ÖPNV“, 2015.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). (2015). *Elektromobilität in Flotten – Handlungsleitfaden*. Zugriff am 15.11.2018. Verfügbar unter www.starterset-elektromobilitaet-in-flotten-handlungsleitfaden.pdf

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). (2018). *Starterset Elektromobilität*. Zugriff am 10.11.2018. Verfügbar unter www.starterset-elektromobilitaet.de

Bundesverband CarSharing. (2016). *Neue bcs-Studie: Mehr Platz zum Leben - wie CarSharing Städte entlastet*. Zugriff am 29.10.2018. Verfügbar unter www.carsharing.de/sites/default/files/uploads/bcs_factsheet_nr.2_0.pdf

Bundesverband CarSharing. (2018/1). *Aktuelle Zahlen und Daten zum CarSharing in Deutschland*. Zugriff am 29.10.2018. Verfügbar unter www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen/aktuelle-zahlen-daten-zum-carsharing-deutschland

Bundesverband CarSharing. (2018/2). *Elektrofahrzeuge in CarSharing-Flotten – Chancen realisieren, Herausforderungen meistern*. Zugriff am 29.10.2018. Verfügbar unter www.carsharing.de/sites/default/files/uploads/bcs_factsheet_5_download.pdf

Knote, T.: „E-Bus-Standard. »Ansätze zur Standardisierung und Zielkosten für Elektrobusse«, BMU, Dresden, 2017.

Kunith, A. W.: Elektrifizierung des urbanen öffentlichen Busverkehrs. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017.

Landau, M., Prior, J., Gaber, R.: „Technische Begleitforschung Allianz Elektromobilität – TEBALE“, 2016.

Litzlbauer, M., Schuster, A. (2013). *Erfüllbarkeitsszenarien einer E-Taxiflotte – Zwischenergebnisse des Forschungsprojekts ZENEM*. Zugriff am 15.11.2018. Verfügbar unter www.ea.tuwien.ac.at/fileadmin/t/ea/projekte/ZENEM/P_20_Litzlbauer_Markus_13-Feb-2013_13_48.pdf

Mathieu, L.: „Electric buses arrive on time“, 2018.

Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden Württemberg (Hrsg.). (2018). *Potenziale der Elektromobilität in gewerblichen Flotten in Baden-Württemberg (eMO)*

Nobis, Claudia und Kuhnimhof, Tobias (2018): *Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht*. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin. www.mobilitaet-in-deutschland.de

Suiker, S. und van der Elshout, J. (2013). *Effectmeting introductie Car2Go in Amsterdam*. Amsterdam.

Taxi-Zentrale Ludwigshafen. (2018). Zugriff am 15.11.2018. Verfügbar unter: www.taxi-lu.de/

Wickert, M., Gerhard, N., Trost, T., Prior, J.: „Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erstellung von fahrzeugbezogenen Analysen zur Netzintegration von Elektro-fahrzeugen unter Nutzung erneuerbarer Energien“, 2014.

Vogt, M., Hager, K., Dr. Tözün, R., Schmid, M. und Prof. Dr. Rid, W. (2017). *Umsetzungsstudie Elektro-Taxi-Aktionsplan Stuttgart*. Zugriff am 21.01.2019 Verfügbar unter www.stuttgart-meine-stadt.de/file/5a94132ac8a2fb11790bacfc/

Anhang

A1 Steckbriefe öffentlicher und halböffentlicher E-Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen

Kurfürstenstraße 29 Ludwigshafen Süd		1
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Halböffentlich (Privatparkplatz Pfalzwerke AG)	
Kontext	Parkplatz im seitlichen Straßenraum	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	2	
Zugangsbarrieren	Keine	
Betreiber	Pfalzwerke AG	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	SMS (Mobiltelefon)	
Abrechnung	Derzeit kostenfrei	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	2 x Typ 2 und 2 x Schuko	
Maximale Ladeleistung [kW]	22 kW (Typ 2), 3,7 kW (Schuko)	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	44 kW	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Nein	
Modellbezeichnung / Hersteller	Walther-Werke	

Pfalzgrafenstraße 21 Ludwigshafen Süd		2
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Öffentlich (Pfalzgrafenplatz)	
Kontext	Seitlicher Straßenraum	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	2	
Zugangsbarrieren	Keine	
Betreiber	New Motion Deutschland GmbH / Technische Werke Ludwigshafen AG	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	RFID (Karte) / QR-Code (Smartphone)	
Abrechnung	30 ct./kWh + 1 ct./min.	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	2 x Typ 2	
Maximale Ladeleistung [kW]	22 kW	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	44 kW	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Nein	
Modellbezeichnung / Hersteller	Mennekes Smart T22	

Yorckstraße 2 Ludwigshafen Süd		3
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Halböffentlich	
Kontext	Parkhaus (Walzmühlcenter)	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	8	
Zugangsbarrieren	Beschränkt, 24 h zugänglich	
Betreiber	Technische Werke Ludwigshafen AG	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	Frei zugänglich	
Abrechnung	Laden kostenfrei, Parkgebühr maximal 3,40 €	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	4 x Typ 2 und 2 x Schuko	
Maximale Ladeleistung [kW]	22 kW (1 x Typ 2), 11 kW (3 x Typ 2), 3,7 kW (2 x Schuko)	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	63 kW	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Nein	
Modellbezeichnung / Hersteller	EA Systems	

Ludwigsplatz 1 - 2 Ludwigshafen Mitte		4
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Öffentlich	
Kontext	Seitlicher Straßenraum	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	2	
Zugangsbarrieren	Keine	
Betreiber	NewMotion GmbH / Technische Werke Ludwigshafen AG	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	RFID (Karte) / QR-Code (Smartphone)	
Abrechnung	30 ct./kWh + 1ct./min.	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	2 x Typ 2 und 1 x Schuko	
Maximale Ladeleistung [kW]	22 kW (Typ 2)	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	44 kW	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Nein	
Modellbezeichnung / Hersteller	Mennekes Smart T22	

Wredestraße 10 Ludwigshafen Mitte		5
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Halböffentlich	
Kontext	Kundenparkplatz	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	1	
Zugangsbarrieren	Beschränkt, während der Geschäftszeiten nutzbar	
Betreiber	Schuh-Keller KG	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	Frei zugänglich für Kunden	
Abrechnung	Derzeit kostenfrei	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	1 x Typ 2 und 2 x Schuko	
Maximale Ladeleistung [kW]	22 kW (Typ 2), 3,7 kW (Schuko)	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	n.a.	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	nein	
Modellbezeichnung / Hersteller	n.a.	

Bürgermeister-Grünzweig-Straße 87 Nord-Hemshof		6
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Halböffentlich	
Kontext	Parkplatz Müllheizkraftwerk	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	2	
Zugangsbarrieren	Keine	
Betreiber	NewMotion GmbH / Technische Werke Ludwigshafen AG	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	RFID (Karte) / QR-Code (Smartphone)	
Abrechnung	30 ct./kWh + 1ct./min.	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	2 x Typ 2	
Maximale Ladeleistung [kW]	22 kW	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	44 kW	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Nein	
Modellbezeichnung / Hersteller	Mennekes Smart T22	

Dessauer-Straße 69 Nord-Hemshof		7
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Öffentlich	
Kontext	Seitlicher Straßenraum	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	2	
Zugangsbarrieren	Keine	
Betreiber	NewMotion GmbH / Technische Werke Ludwigshafen AG	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	RFID (Karte) / QR-Code (Smartphone)	
Abrechnung	30 ct./kWh + 1ct./min.	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	2 x Typ 2	
Maximale Ladeleistung [kW]	22 kW	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	44 kW	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Nein	
Modellbezeichnung / Hersteller	Mennekes Smart T22	

Sankt-Ingberter-Straße 2 Friesenheim		8
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Halböffentlich (Kia Autohaus Bayer)	
Kontext	Parkplatz	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	1	
Zugangsbarrieren	Keine	
Betreiber	Autohaus Bayer KG / NewMotion GmbH	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	RFID (Karte, Smartphone-App)	
Abrechnung	30 ct./kWh	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	Typ 2	
Maximale Ladeleistung [kW]	22 kW	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	22 kW	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Nein	
Modellbezeichnung / Hersteller	NewMotion Business Pro	

Ruchheimer Straße 1 Oggersheim		9
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Halböffentlich (Autohaus BMW Scheller)	
Kontext	Parkplatz	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	4	
Zugangsbarrieren	Keine	
Betreiber	Pfalzwerke AG / Freshmile	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	Frei zugänglich	
Abrechnung	Derzeit kostenfrei, zukünftig Freshmil- echarge-Tarif	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	2 x CHAdeMO, 2 x Combined Charging, 2 x Typ 2	
Maximale Ladeleistung [kW]	50 kW (CHAdeMO), 50 kW (Combined Charging), 22 kW (Typ 2)	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	Jeweils 72 kW	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Keine Angabe	
Modellbezeichnung / Hersteller	ABB Terra 53 CJG	

Hedwig-Laudien-Ring 1 Oggersheim		10
Allgemeine Informationen		
Verfügbarkeit	Öffentlich	
Kontext	Seitlicher Straßenraum	
Stellplätze mit Zugang zu E-Ladeinfrastruktur	2	
Zugangsbarrieren	Keine	
Betreiber	NewMotion GmbH / Technische Werke Ludwigshafen AG	
Zugangsmöglichkeiten/-technologien	RFID (Karte) / QR-Code (Smartphone)	
Abrechnung	30 ct./kWh + 1ct./min.	
Technische Spezifika		
Anschlusstyp / Adapter vorhanden	Typ 2	
Maximale Ladeleistung [kW]	22 kW	
Maximale Gesamtleistungsabgabe der Ladestation [kW]	44 kW	
Anpassung der Leistungsabgabe an die Netzsituation möglich?	Nein	
Modellbezeichnung / Hersteller	Mennekes Smart T22	

A2 Förderprogramme für die Beschaffung von Fahrzeugen und den Aufbau von LIS

1. Sofortprogramm Saubere Luft 2017 bis 2020 des BMVI, Richtlinie zu einer gemeinsamen Förderinitiative zur Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität	
Was wird gefördert?	<p>Projekte zu folgenden Schwerpunkten (u.a.):</p> <ul style="list-style-type: none"> · Feldversuche in ausgewählten Fahrzeugsegmenten und Anwendungsbe- reichen · Pilotversuche zu verkehrlichen sowie Umwelt- und Klimawirkungen au- tomatisierter & autonomer Fahrzeuge · Erschließung des Klima- und Umweltvorteils von Elektrofahrzeugen so- wie Verfahren zur Verbesserung von Ladekomfort, Verfügbarkeit und Auslastung von Ladeinfrastruktur · Stärkung der Wertschöpfungsketten der Elektromobilität im Bereich Produktion <p>Allgemeine Zielsetzung der zu fördernden Projekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verringerung der Gesamtsystemkosten der Elektromobilität - Senkung der Hürden bei der Industrialisierung der neuen Technologie - Abbau von Kaufhemmnissen - Wirtschaftliche Integration der Elektromobilität in die Energiewende
Förderhöhe	<p>Zuschüsse für einen Zeitraum von bis zu drei Jahren</p> <ul style="list-style-type: none"> · i.d.R. max. 50% der förderfähigen Kosten für Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft · max. 100% der zuwendungsfähigen Ausgaben für Hochschulen und außeruni- versitäre Forschungseinrichtungen · potenzielle Boni für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)
Gesamtvolumen des Fördertopfs	k.A.
Wer kann beantragen?	<ul style="list-style-type: none"> · Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen mit Forschungs- und Entwicklungskapazitäten in Deutschland · Gebietskörperschaften und Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung · Hinweis: Bestimmte Voraussetzungen in der Projektförderung bei Forschungseinrichtungen, die von Bund und Ländern grundfinanziert werden
Voraussetzungen / Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> · Personelle, materielle und fachliche Qualifikation der Antragssteller · Erstellung eines Verwertungsplans · Teilnahme und Unterstützung an öffentlichkeitswirksamen Aktivitäten des Zu- wendungsgebers · Möglichkeit zu kumulierter Förderung im Rahmen des EU-Forschungsprogramms nach Artikel 8 AGVO (verpflichtende Angabe der Förderungen)
Laufzeit des Förderpro- gramms	bis 2020
Sonstige Formalia	<ul style="list-style-type: none"> · Zweistufiges Antragsverfahren · Letztmaliges Einreichungsdatum der Projektskizzen (erste Stufe) bis zum 1. März 2020

2. Sofortprogramm Saubere Luft 2017 bis 2020 des BMVI, Förderrichtlinie zur Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr	
Was wird gefördert?	<ul style="list-style-type: none"> · Kauf oder Leasing von Linienbussen mit diesel- und batterie-elektrischem Antrieb zum Zwecke der Personenbeförderung im Linienbetrieb des ÖPNV · Bau von Ladeinfrastruktur im Zusammenhang mit der Anschaffung von Plug-In Hybrid- oder Batteriebussen <p>Beihilfefähige Kosten sind u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mehrkosten für die Anschaffung der Fahrzeuge - Kosten für Batteriegarantie/-leasing - Investitionen für notwendige Fahrer- & Werkstattschulungen - Personalkosten für zusätzlichen Aufwand bei der Integration der Fahrzeuge in den Linienbetrieb - Mehrkosten für notwendige Ladeinfrastruktur, exklusive Netzanschlusskosten
Förderhöhe	<p>Förderung in Form eines Zuschusses:</p> <ul style="list-style-type: none"> · max. 40% der förderfähigen Investitionsmehrkosten bzw. –ausgaben für Plug-In-Hybridbusse · max. 80% der förderfähigen Investitionsmehrkosten bzw. –ausgaben für Batteriebusse
Gesamtvolumen des Fördertopfs	aktuell 35 Mio. €, Aufstockung vorgesehen laut Angaben des BMU
Wer kann beantragen?	<ul style="list-style-type: none"> · Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft oder der öffentlichen Hand, die Personen im ÖPNV transportieren (Verkehrsbetriebe) · Hinweis: Förderanträge kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) werden ausdrücklich begrüßt
Voraussetzungen / Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> · Anschaffung von mind. fünf Neufahrzeugen für den ÖPNV · Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen · Erfüllung der technischen Mindeststandards für Plug-In-Hybridbusse · Keine Stilllegung der Fahrzeuge innerhalb der Zweckbindungsfrist von fünf Jahren ab Zeitpunkt der Inbetriebnahme · Kumulierung mit anderen Förderprogrammen möglich, sofern diese nicht vom Bund bereit gestellt werden; Doppelförderung ausgeschlossen
Laufzeit des Förderprogramms	bis 31. Dezember 2021
Sonstige Formalia	<p>Ausgeschlossen von der Förderung sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hersteller von den nach der Richtlinie förderfähigen Fahrzeugen oder deren Komponenten - Der Bund, die Bundesländer sowie deren Einrichtung ausgeschlossen der mit dem ÖPNV beauftragten Institutionen

3. Sofortprogramm Saubere Luft 2017 bis 2020 des BMVI, Förderaufruf für investive Kommunale Klimaschutz-Modellprojekte im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) des BMUs	
Was wird gefördert?	Modellprojekte u.a. aus den Bereichen <ul style="list-style-type: none"> · Energie- und Ressourceneffizienz · Stärkung des Umweltverbunds, grüne City-Logistik und Treibhausgas-Reduktion im Wirtschaftsverkehr · Smart-City (Vernetzung, Integration und intelligente Steuerung verschiedener umwelttechnischer Infrastrukturen) Kriterien für Modellhaftigkeit der Projekte (u.a.) <ul style="list-style-type: none"> · hohe THG-Minderung im Verhältnis zur Fördersumme · Verfolgung der klimaschutzpolitischen Ziele des Bundes · besonderer und innovativer konzeptioneller Qualitätsanspruch · Einsatz bester verfügbarer Techniken und Methoden · Einbeziehung unterschiedlicher Akteure
Förderhöhe	Zuschüsse für einen Zeitraum von vier Jahren <ul style="list-style-type: none"> · max. 70% der zuwendungsfähigen Gesamtausgaben · max. 90% der zuwendungsfähigen Gesamtausgaben in finanzschwachen Kommunen Fördersummen <ul style="list-style-type: none"> · 200.000 € Mindestzuwendung pro Vorhaben · 10 Mio. € Maximalzuwendung pro Vorhaben
Gesamtvolumen des Fördertopfs	k.A.
Wer kann beantragen?	<ul style="list-style-type: none"> · Kommunen (Städte, Gemeinden und Landkreise) und Zusammenschlüsse von Kommunen · Betriebe, Unternehmen und sonstige Einrichtungen mit mindestens 25 % kommunaler Beteiligung · Hinweis: Bei Zusammenarbeit in Verbundvorhaben und Vorhaben, in denen Arbeitspakete durch mehrere Partner umgesetzt werden, ist in einer schriftlichen Kooperationsvereinbarung zu regeln
Voraussetzungen / Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> · Beginn des Bewilligungszeitraumes frühestens zwölf Monate nach Einreichung der Skizze; der Bewilligungszeitraum beträgt bis zu vier Jahre · Kumulierung möglich sofern Eigenbeteiligung von mind. 15% des Gesamtvolumens der zuwendungsfähigen Ausgaben erfolgt; Doppelförderung (Kombination mit anderen Förderprogrammen des Bundes) ausgeschlossen Zuwendungsfähige Ausgaben (u.a.): <ul style="list-style-type: none"> · Beschaffung der notwendigen Komponenten/Materialien · Projektbezogenen Planungsleistungen · Beteiligung & Information der Zielgruppe und Öffentlichkeitsarbeit · Monitoring zur Bewertung der Projektwirkung
Laufzeit des Förderprogramms	2019 bis 2024
Sonstige Formalia	<ul style="list-style-type: none"> · Einreichungsfristen: <ul style="list-style-type: none"> - 1. Einreichungsfrist bis 01. August 2019 - 2. Einreichungsfrist bis 01. August 2020 · Von der Förderung ausgeschlossen sind u.a.: <ul style="list-style-type: none"> - Neubauten und Maßnahmen zur kommerziellen Stromerzeugung - Maßnahmen aus dem Bereich Elektromobilität und des Radverkehrs, die bereits in anderen Förderprogrammen der Bundesregierung zuwendungsfähig sind

4. Aktionsplan Klimaschutz 2020, Betriebliches Mobilitätsmanagement	
Was wird gefördert?	Einzel- und Verbundprojekte insbesondere in den Bereichen <ul style="list-style-type: none"> - Pendlermobilität, - Fuhrparkmanagement, - Dienst- und Geschäftsreisen (Infrastrukturmaßnahmen inbegriffen), die zur verstärkten Nutzung umweltverträglicherer Verkehrsmittel und damit zur Reduzierung von umwelt- und klimaschädlichen Emissionen beitragen
Förderhöhe	Zuschussförderung von <ul style="list-style-type: none"> · max. 40% der förderfähigen Kosten für Unternehmen · max. 50% der förderfähigen Kosten für mittlere Unternehmen · max. 60% der förderfähigen Kosten für kleine Unternehmen · höhere Förderquoten möglich für öffentliche Einrichtungen Förderhöhe in Abhängigkeit der zu fördernden Projekte, jedoch mit max. 2 Mio. € pro Unternehmen und Vorhaben
Gesamtvolumen des Fördertopfs	k.A.
Wer kann beantragen?	<ul style="list-style-type: none"> · alle juristischen Personen des privaten und öffentlichen Recht · Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen · Kommunen ohne eigene Rechtspersönlichkeit (kommunale Eigenbetriebe)
Voraussetzungen / Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> · Betriebsstätte oder Niederlassung des Antragstellers in Deutschland · Verfügung über notwendige fachliche, personelle und finanzielle Kapazitäten · Erstellung eines Verwertungsplans · Grundsätzlich keine Kumulierung mit anderen staatlichen Beihilfen möglich, Ausnahmenregelung gemäß Artikel 8 AGVO
Laufzeit des Förderprogramms	bis 30. September 2020 (erster Förderaufruf)
Sonstige Formalia	<ul style="list-style-type: none"> · Zweistufiges Antragsverfahren → erster Förderaufruf zwar schon abgelaufen (Frist: 15. Juli 2018), später eingereichte Anträge können je nach Verfügbarkeit von Haushaltsmitteln jedoch zusätzlich gefördert werden

A3 Technologieatlas Ladeinfrastruktur (hochauflösend jeweils in separater Datei)

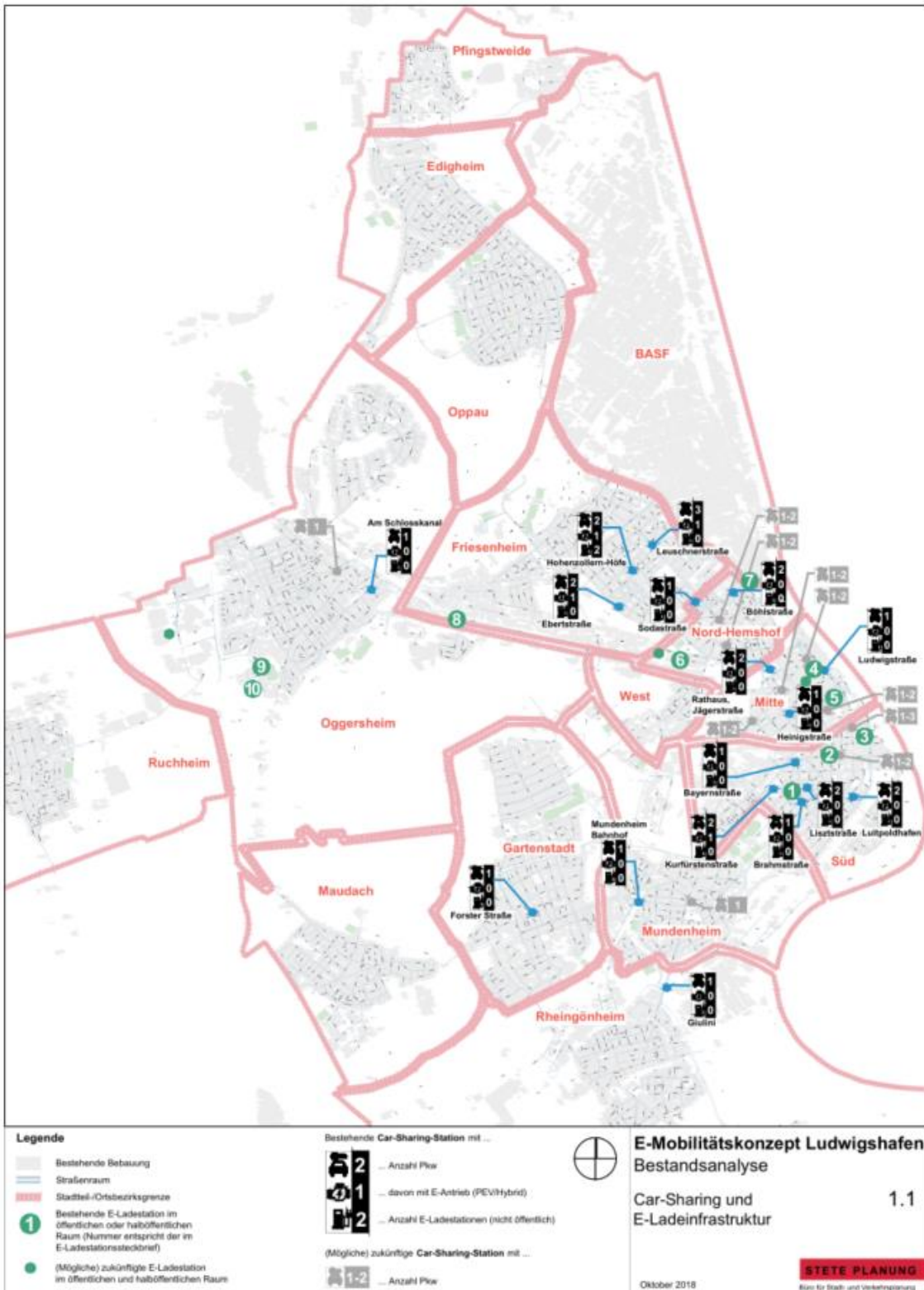


Abbildung 45: Öffentliche und halböffentliche Ladeinfrastruktur + Carsharing-Standorte in LU (Bestandsaufnahme + Ausblick)

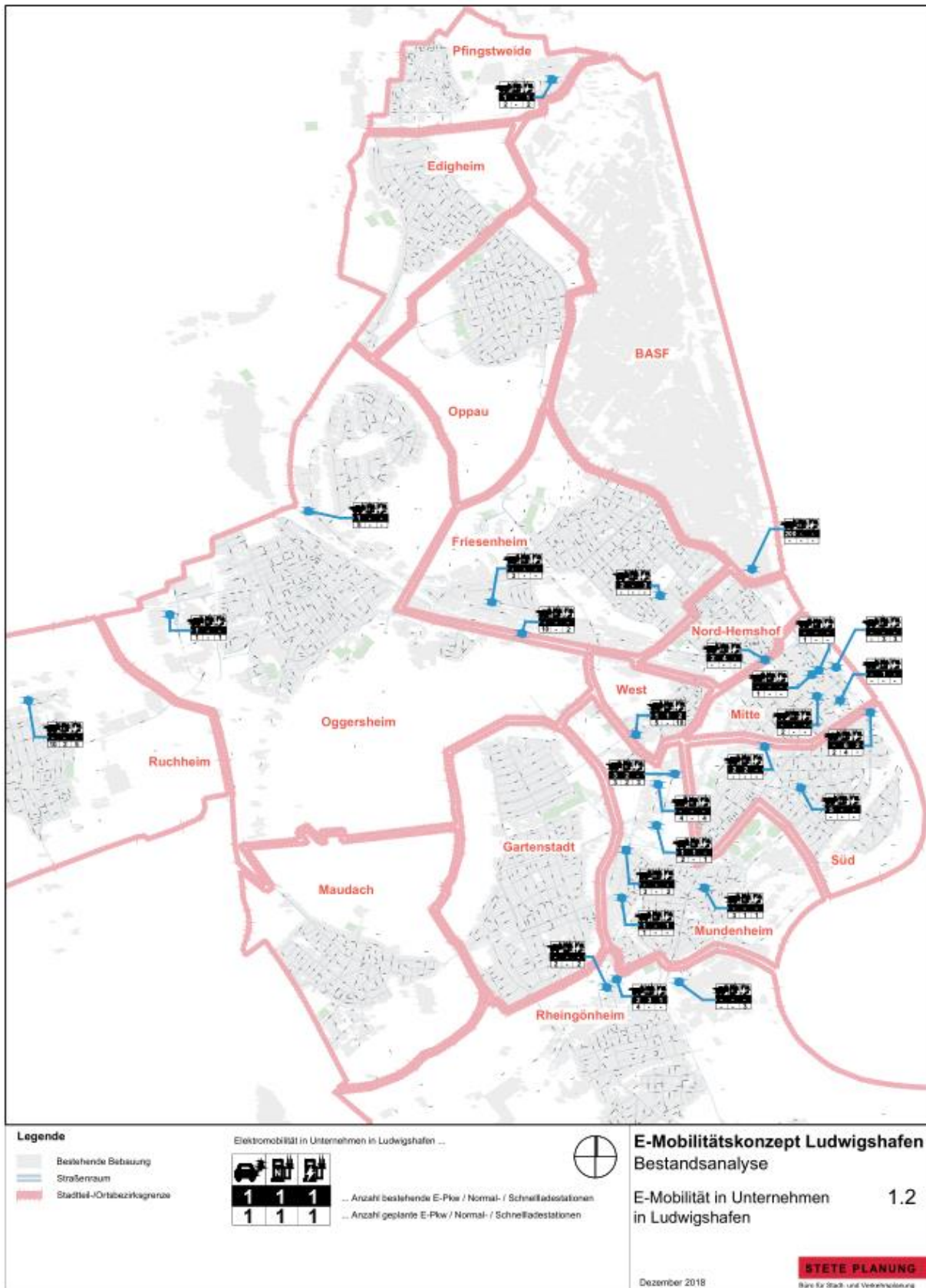


Abbildung 46: Betriebliche Ladeinfrastruktur in LU (Bestandsaufnahme + Ausblick)

A4 Grundlagendaten zur Potentialanalyse der kommunalen Pkw-Flotte

Tabelle 27: Spezifischer Energieverbrauch Pkw-Flotte (Annahmen aus TREMOD-Trendszenario Version 5.82/19.09.2018)

			Spezifischer Verbrauch [MJ/km]		
Antrieb	Segment	Energie	2018	2025	2030
Benzin	Minis und Kleinwagen		1,93	1,78	1,69
	Kompaktklasse		2,28	2,07	1,95
	Mittel- und Oberklasse		2,82	2,60	2,45
Diesel	Minis und Kleinwagen		1,65	1,50	1,43
	Kompaktklasse		1,86	1,69	1,60
	Mittel- und Oberklasse		2,40	2,22	2,12
PHEV	Minis und Kleinwagen	Elektrisch	0,46	0,36	0,34
		Konventionell	0,38	0,35	0,33
	Kompaktklasse	Elektrisch	0,59	0,46	0,44
		Konventionell	0,47	0,43	0,40
	Mittel- und Oberklasse	Elektrisch	0,72	0,55	0,53
		Konventionell	0,67	0,61	0,58
BEV	Minis und Kleinwagen		0,59	0,56	0,54
	Kompaktklasse		0,77	0,73	0,70
	Mittel- und Oberklasse		0,97	0,91	0,88

Tabelle 28: Spezifische CO₂-Emissionen der Energieträger Well-to-Wheel (Annahmen aus TREMOD-Trendszenario)(Version 5,82/19.09.2018)

Energie	Spezifische CO ₂ -Emissionen [g CO ₂ /MJ]		
	2018	2025	2030
Benzin	71,50	71,19	71,19
Diesel	69,60	69,49	69,49
Strom	141,06	132,50	114,72

Tabelle 29: Angenommene Listenpreise für Pkw-Neuzulassungen¹

		Basispreis [€]		
Antrieb	Segment	2018	2025	2030
Benzin	Minis und Kleinwagen	15.000 €	15.000 €	15.000 €
	Kompaktklasse	25.000 €	25.000 €	25.000 €
	Mittel- und Oberklasse	40.000 €	40.000 €	40.000 €
PHEV	Minis und Kleinwagen	23.000 €	22.051 €	21.398 €
	Kompaktklasse	36.000 €	34.515 €	33.492 €
	Mittel- und Oberklasse	57.000 €	54.979 €	53.029 €
Diesel	Minis und Kleinwagen	17.000 €	17.000 €	17.000 €
	Kompaktklasse	28.000 €	28.000 €	28.000 €
	Mittel- und Oberklasse	43.000 €	43.000 €	43.000 €
BEV	Minis und Kleinwagen	23.000 €	21.136 €	19.898 €
	Kompaktklasse	35.000 €	32.164 €	30.280 €
	Mittel- und Oberklasse	55.000 €	50.543 €	47.582 €

Tabelle 30: Angenommene Fixkosten der Pkw¹

		Fixkosten [€] pro Fahrzeug und Jahr
Antrieb	Segment	Durchschnitt für Zeitraum 2018-2030
Benzin	Minis und Kleinwagen	1.488 €
	Kompaktklasse	1.740 €
	Mittel- und Oberklasse	1.968 €
PHEV	Minis und Kleinwagen	1.398 €
	Kompaktklasse	1.704 €
	Mittel- und Oberklasse	1.938 €
Diesel	Minis und Kleinwagen	1.620 €
	Kompaktklasse	1.908 €
	Mittel- und Oberklasse	2.100 €
BEV	Minis und Kleinwagen	1.308 €
	Kompaktklasse	1.668 €
	Mittel- und Oberklasse	1.908 €

¹ Annahmen abgeleitet aus ADAC Kostendaten
https://www.adac.de/infotestrat/autodatenbank/autokosten/autokosten-vergleich/default_geschuetzt.aspx?ComponentId=35230&SourcePagelId=0

A5 Abschätzung zur prinzipiellen Elektrifizierbarkeit¹ in der kommunalen Nutz- und Sonderfahrzeugflotte

Zeilenbeschriftungen	Anzahl von Fahrzeug gesamt	Prizipiell zum Ersatz geeignet
Abrollkipper	2	0
Absetzkipper	4	0
Arbeitsmaschine	8	2
Bagger	3	3
Bestattungsfahrzeug	1	1
Geländefahrzeug	2	2
Geräteträger	4	3
Geschlossener Kastenwagen	21	20
Hebebühne	5	1
Hubwagen	1	1
Kamerafahrzeug	3	3
Kanalreiniger	6	0
Kipper	97	72
Mähmaschine	1	1
Kranaufbau	1	0
Müllwagen	28	0
Offener Kastenwagen	13	9
Pick-UP	2	2
Pritsche	7	5
Schaufellader	1	0
Sonderfahrzeug	17	15
Stapler	1	1
Straßenreiniger	13	10
Streifwagen	4	0
Traktor	11	0
Van	33	33
Gesamt	290	

A6 Online-Befragung von Betrieben in Ludwigshafen

Um den aktuellen Stand sowie die Planungen von Betrieben in Ludwigshafen bzgl. Elektromobilität und Ladeinfrastruktur abzufragen, wurde eine Online-Befragung erstellt. Der verwendete Fragebogen ist aufgrund seines Umfangs in einer separaten Datei dokumentiert („Online-Befragung - Elektromobilität bei Unternehmen in Ludwigshafen.pdf“).

¹ Die prinzipielle Eignung wurde unter der Berücksichtigung eines bereits heute am Markt verfügbaren elektrischen Fahrzeugs bestimmt. Sofern Daten zum tatsächlichen Einsatzprofil des Fahrzeugs verfügbar waren (z.B. Fahrleistungen), wurden auch diese zur Bestimmung der prinzipiellen Eignung miteinbezogen.

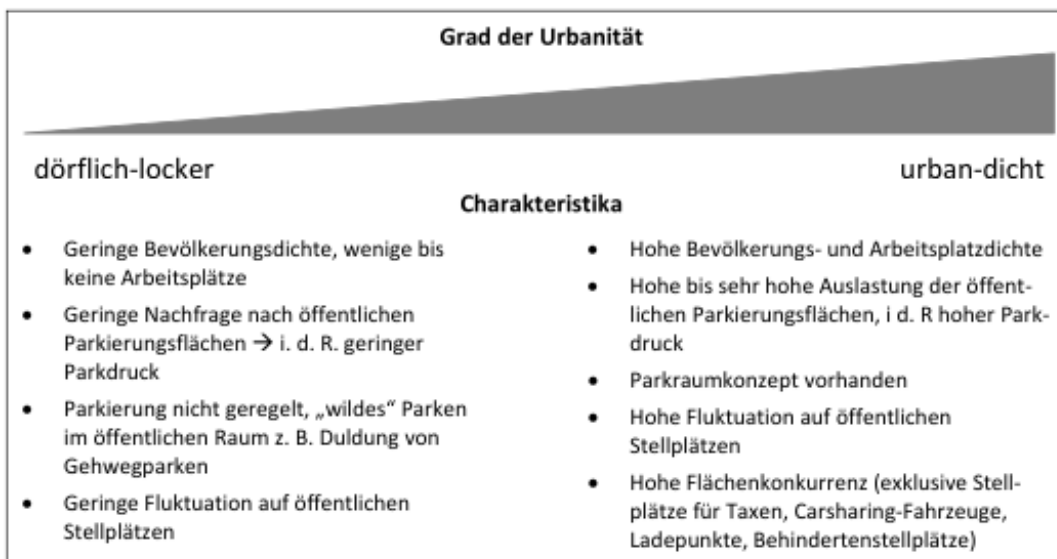
A7 Strategiepapier zur Bereitstellung von Ladeinfrastruktur

Strategiepapier zum Vorgehen bei der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen und halböffentlichen Raum unter Berücksichtigung städtebaulich-verkehrlicher Rahmenbedingungen

ZIEL

Identifikation potentieller Standorte für Ladeinfrastruktur in Ludwigshafen.

AUSGANGSLAGE / BESTANDSSITUATION



STRATEGIEN

- Der geringe Parkdruck lässt es zu, Ladeinfrastruktur durch Ausweisung von Ladepunkten im **öffentlichen (Straßen-)Raum** zu schaffen.
- Mit dem Bau der Ladeinfrastruktur und dem Einrichten des Ladepunktes können zugleich **lokale Missstände** der Verkehrsinfrastruktur behoben und damit eine städtebauliche Aufwertung erreicht werden. Z. B.
 - Neuordnung / Markierung von Stellplätzen (reduziert „wildes“ Parken oder illegales Gehwegparken)
 - bauliche Korrekturen an Kreuzungsstellen (z. B. um Rettungs- und Angriffswege zu gewährleisten)

Zweistufiges Vorgehen:

1. Kurzfristig: Auf Grund des Parkdrucks im öffentlichen Raum Aufbau von Ladeinfrastruktur vorrangig auf **halböffentlichen Flächen** (z. B. Parkplätze von Supermärkten, Baumärkten, Bäckereien, Verwaltungsgebäuden etc.).
2. Langfristig: Stellplatzbedarf sinkt in Folge einer veränderten Mobilität der Stadtbevölkerung → Aufbau von Ladeinfrastruktur auch im **öffentlichen (Straßen-)Raum**.

Anforderungen an die Standorte:

Leitungslagen und Energieversorgung prüfen, Wegfall von Parkständen vermeiden, Wahrnehmbarkeit gewährleisten, Beeinträchtigungen im Stadtbild vermeiden (Denkmalschutz)

Beteiligte Fachstellen und Akteure:

Tiefbau- und Vermessungsamt, Straßenverkehrsbehörde, Stadtplanungsamt, Bauaufsicht, Denkmalschutz und Denkmalpflege, Energieversorger, Feuerwehr, Polizei

A8 Leitfaden zur Elektromobilität im Taxiverkehr

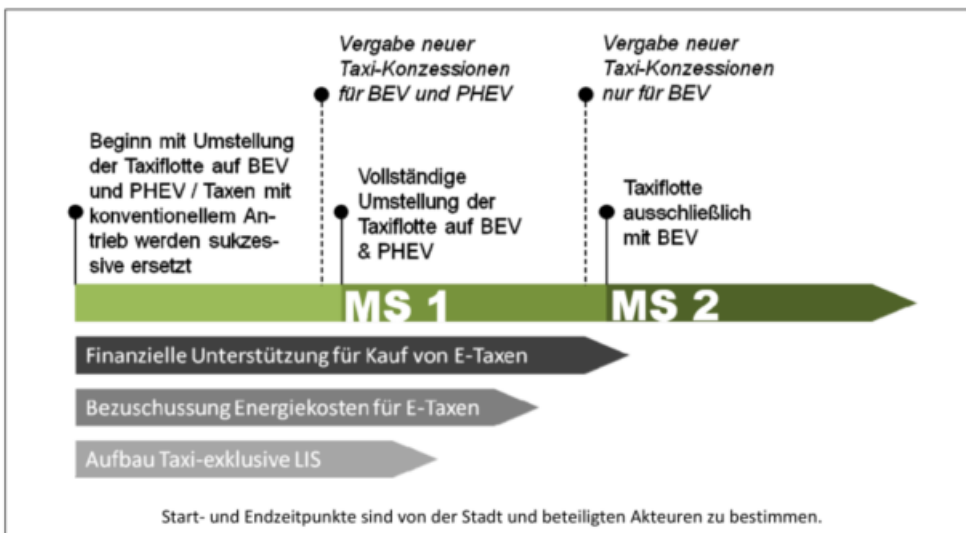
Leitfaden zur Förderung von E-Mobilität im Taxiverkehr

ZIEL

Die Taxiflotte in Ludwigshafen wird langfristig vollständig auf BEV * umgestellt.

ZEITLICHE UMSETZUNG

HEUTE	MEILENSTEIN (MS) 1	MEILENSTEIN (MS) 2
Beginn Umstellung der Taxiflotte auf BEV und PHEV	Vollständige Umstellung der Taxiflotte auf BEV und PHEV	Taxiflotte besteht ausschließlich aus BEV **



AKTEURE UND AUFGABEN

Stadt Ludwigshafen TWL	Taxiunternehmen TAZ
<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau von (Schnell-)Ladeinfrastruktur exklusiv für E-Taxen (Berücksichtigen der Fahrbereitschaftsproblematik nach PBefG) • Zuschussung / Sonderkonditionierung / Rabattierung der Energiekosten an Ladeinfrastruktur für E-Taxen • Vergabe von Sonderfahrten (z. B. Bluttransporte, Krankenfahrten, Kurrierfahrten etc.) durch städtische Behörden an E-Taxen → Nachfragesteigerung • Vergabe neuer Taxikonzessionen zukünftig nur für E-Taxen 	<ul style="list-style-type: none"> • Re-Organisation des Verfahrens des „In-Reihe-Nachrückens“ am Taxistand, um eine Gleichberechtigung für E-Taxen zu erreichen • Berücksichtigung der Anforderungen von E-Taxen bei der Vergabe / Vermittlung von Fahraufträgen in der Taxizentrale • Einführung eines Ladekodex für die Nutzung der Taxi-exklusiven Ladeinfrastruktur

* BEV: Battery Electric Vehicle | PHEV: Plug-In Hybrid Vehicle | TAZ: Taxizentrale

** Voraussetzung: Die Reichweitenproblematik von BEV ist gelöst.