

Dresden lädt auf - Dresdner Fuhrparkmanagement

Studie zum Elektromobilitäts- und Fuhrparkmanagement für die
Landeshauptstadt Dresden

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:



Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Dresden lädt auf - Dresdner Fuhrparkmanagement

Studie zum Elektromobilitäts- und Fuhrparkmanagement für die Landeshauptstadt Dresden

Auftraggeber:

Landeshauptstadt Dresden
Geschäftsbereich Umwelt und Kommunalwirtschaft
Klimaschutzstab
Grunaer Straße 2
01067 Dresden

Autoren:

René Pessier
Heike Schleussner
Philipp Randt
Daniel Merkl

Technische Universität Dresden

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“
Professur für Kommunikationswirtschaft
Institut für Wirtschaft und Verkehr
Forschungsgruppe Mobilität und Information
Würzburger Str. 35, 01187 Dresden

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Summary	8
1. Ziel der Studie	9
2. Mobilität in der Stadtverwaltung.....	11
2.1. Nutzungsanteile alternativer Mobilitätsformen	11
2.2. Charakterisierung von alternativen Mobilitätsformen.....	15
2.3. Vorteile einer integrierten Verknüpfung von Mobilitätsformen.....	15
2.4. LHD-Strukturen zur Organisation der Mobilität	17
3. Analyse der Fuhrparkstrukturen in der LHD	19
3.1. Organisatorische Strukturen	19
3.1.1. Fahrzeugbeschaffung.....	20
3.1.2. Fahrzeugverwaltung und Buchung	21
3.2. Fahrzeugstruktur	23
3.3. Standorte und Fuhrparkzuordnung	25
3.4. Anforderung an den Fuhrpark	27
3.5. Auslastungsanalyse	29
3.6. Kosten.....	33
3.7. Umweltwirkungen.....	36
3.8. Fazit und Handlungsempfehlungen	39
4. Optimierungsansätze für den LHD-Fuhrpark	41
4.1. Methodik	41
4.2. Pooling.....	43
4.3. Standortanalyse der Pools	46
4.3.1. Schnittstellen zum Umweltverbund	46
4.3.2. Charakterisierung der Pooling-Standorte	48
4.4. Optimierungsmöglichkeiten.....	51
4.4.1. Pool „Lingnerstadt“	51
4.4.2. Pool „WTC“.....	56
4.4.3. Gesamtfuhrpark	59
4.5. Fazit	60
5. Potentialanalyse: Elektromobilität im LHD-Fuhrpark.....	61
5.1. Wirtschaftliche Effekte.....	61
5.1.1. Förderung von E-Fahrzeugen.....	61
5.1.2. TCO-Vergleichsrechnung	62
5.1.3. Kosten bei Fahrzeugersetzungen.....	65
5.2. Umweltwirkungen der Elektrifizierung	66

5.2.1.	Abgrenzung der Umweltwirkungen	66
5.2.2.	Exemplarische Vergleiche	67
5.2.3.	Elektrifizierung des Fuhrparks	71
5.3.	Poolbildung mit E-Anteil	74
5.3.1.	Pool „Lingnerstadt“	74
5.3.2.	Pool „WTC“	77
5.4.	Ladeinfrastruktur	79
5.4.1.	Räumliche Voraussetzungen an den Standorten	80
5.4.2.	Ladeinfrastrukturverfügbarkeit der LHD	81
5.4.3.	Potentialabschätzung zur neuen Infrastruktur und Abstellmöglichkeiten	83
5.5.	Fazit	85
6.	Ergebniszusammenführung im Rahmen des Mobilitätsmanagements	88
6.1.	Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse	88
6.2.	Notwendigkeit des Mobilitätsmanagements	92
6.3.	Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Mobilitätsmanagements	93
6.3.1.	Reduzierung von Fuhrparkfahrten und Kosten	93
6.3.2.	Change Management zur Förderungen alternativer Verkehrsangebote	94
6.3.3.	Change Management zur Förderungen der Elektrifizierung	95
6.3.4.	Zentrale IT-Systeme und Datenhaltung	96
6.3.5.	Budget- und Verrechnungssystem zur Poolbildung	97
6.3.6.	Finanzierungsform und Outsourcing	98
6.4.	Einführungsstrategie für die empfohlenen Maßnahmen	99
7.	Relevanz und Übertragbarkeit	101
7.1.	Best Practices und Einordnung	101
7.2.	Best Practices und Stand anderer Kommunen	101
7.3.	Einordnung der LHD	104
Literatur		105
Anhang I	Bedarfsmeldung zur Beschaffung eines Dienstfahrzeuges	IV
Anhang II	Anzahl der Ämter je Liegenschaft	IV
Anhang III	Anforderungen – Detailansicht der Antworten	IV
Anhang IV	Emissionen für Verbrenner und Elektrofahrzeuge (Grundlagen)	V
Anhang V	Optimierungsergebnisse der Ämter	IX
Anhang VI	Darstellung des Pooling Potentials der Fahrzeuge nach Ämter und Vorhandensein von Fahrtenbüchern	X
Anhang VII	Pool Charakterisierung	XII
Anhang VIII	Kostenbetrachtung konventionellem und elektrischem Fuhrpark bei 10.000 km und realer Jahreslaufleistung	IV
Anhang IX	Methodik Berechnung von Umweltwirkungen	IV

Anhang X	Elektrifizierungspotentiale der Ämter	VI
Anhang XI	Elektrofahrzeugmodell-Entwicklung	VII
Anhang XII	Allgemein LIS, Zugänglichkeiten und Ladeverlust	VII
Anhang XIII	Verteilung der Ladestandards in Dresden	X
Anhang XIV	Stromproduktion in Deutschland nach Erzeugungsquellen	XII
Anhang XV	Befragung: „Elektromobilität in Kommunen“ (18.11.2016)	IV

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Studie	10
Abbildung 2: Nutzung verschiedener Mobilitätsformen nach Mitarbeiteranzahl	12
Abbildung 3: Verteilung der Fahrzeugklassen nach Antriebsart	24
Abbildung 4: Verteilung der Fahrzeuge nach Größe der Liegenschaften	26
Abbildung 5: Fahrzeuganzahl bei Verwaltungs-Liegenschaften in Dresden	26
Abbildung 6: Verteilung der Anforderungen zu Fahrzeugklassen	28
Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Fahrtenlängen über alle Ämter, über alle Fahrzeugklassen. ...	30
Abbildung 8: Tagesgang nach Fahrzeugklassen: Kleinst- bis Mittelklasse.....	31
Abbildung 9: Tagesgang nach ausgewählten Fahrzeugklassen	31
Abbildung 10: Vergleich Wegelängen E-Fahrzeug und konventionelle Kleinwagen.....	32
Abbildung 11: Gesamtkostenvergleich von Verbrennern bei 10.000 km Jahreslaufleistung	35
Abbildung 12: Kostenverteilung aktueller Fuhrparkzusammensetzung der LHD	35
Abbildung 13: Gesamte jährliche CO ₂ -Emissionen der städtischen Fahrzeugflotte.....	36
Abbildung 14: Jährliche CO ₂ -Emissionen des Fuhrparks nach Antriebsart und Fahrzeugklasse.....	37
Abbildung 15: Jährliche Schadstoffemissionen des betrachteten Fuhrparks der LHD	37
Abbildung 16: Jährliche Emissionskosten des Fuhrparks der LHD nach Ursprungsart	38
Abbildung 17: Kriterien bei der Poolbildung (Stufenverlauf)	44
Abbildung 18: Pooling-Stufen aus Verteilung der Anforderungen zu Fahrzeugklassen	45
Abbildung 19: Pooling-Potential der städtischen Fahrzeugflotte nach Fahrzeugklassen	46
Abbildung 20: Auszug der virtuellen Pools mit Angeboten des Umweltverbundes	47
Abbildung 21: Fahrzeug-Verteilung $r = 300$ m	48
Abbildung 22: Pooling-Potentiale in der LHD (Schätzung auf Basis von Durchschnittswerten)	49
Abbildung 23: Pooling-Potential skaliert nach Anzahl der Fahrzeuge.....	50
Abbildung 24: Tagesgang mittlere Fahrzeugnutzung: Kleinst-/ Kleinwagen für das Umweltamt	52
Abbildung 25: Tagesgang Fahrzeugnutzung: Kleinst-/ Kleinwagen, Amt für Stadtgrün	53
Abbildung 26: Tagesgang Fahrzeugnutzung: Kleinst-/ Kleinwagen, Kompaktwagen Hochbauamt.....	54
Abbildung 27: Anzahl benötigter Fahrzeuge im Jahresverlauf, Pool „Lingnerstadt“	55
Abbildung 28: Tagesgang und mittlere Fahrzeugnutzung der Kleinst-/ Kleinwagen, Bauaufsichtsamt .	56
Abbildung 29: Jahresverlauf Standort WTC, täglich benötigte Anzahl an Fahrzeugen im Jahresverlauf	58
Abbildung 30: Kostenvergleich E-Fahrzeuge und Verbrenner bei Jahreslaufleistung von 10.000 km ...	63
Abbildung 31: Break Even der Jahreslaufleistung zwischen Verbrennern und E-Mobilen	64
Abbildung 32: Änderung bei stufenweiser eins-zu-eins Elektrifizierung.....	65
Abbildung 33: CO ₂ -Emissionen von Verbrennern bei Jahreslaufleistung von 10.000 km.....	68
Abbildung 34: Emissionsvergleich pro Fahrzeug (Fahrzeugauswahl, 10.000 km Jahreslaufleistung)	69
Abbildung 35: Vergleich CO ₂ -Emissionen nach Fahrzeugklasse Verbrenner und EV	70
Abbildung 36: Vergleich Emissionskosten EV und Verbrenner nach Fahrzeuggruppen/-klassen	70
Abbildung 37: Emissionsvergleich EV und Verbrenner in der Gruppe Kleinstwagen (je 1 Kfz)	72
Abbildung 38: Prozentuale Veränderung CO ₂ -Emissionen und Emissionskosten, Szenarien-Überblick	73
Abbildung 39: Veränderung der absoluten Emissionskosten, Szenario-Überblick	73
Abbildung 40: CO ₂ -Emissionen und Emissionskosten durch Optimierung und Fahrtenersetzung.....	75
Abbildung 41: Entwicklung der Kosten nach Szenarien der Optimierung mit Teilelektrifizierung.....	76
Abbildung 42: Stromvergleich: Emissionsentwicklung in den Szenarien im Pool WTC	78
Abbildung 43: Kostenentwicklung nach den Szenarien der Optimierung im Pool WTC.....	79
Abbildung 44: Vorhandensein von Parkplätzen und Ladeinfrastruktur nach EV-Interesse	80

Abbildung 45: Ausstattung der Pools mit öffentlicher Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet	83
Abbildung 46: Tagesgang Fahrzeugnutzung und simulierte Ladeleistung: Pool "Lingnerstadt"	84
Abbildung 47: Prozesse eines Fuhrparks mit Elektromobilitätsanteil	87
Abbildung 48: Überblick des Vorgehens in Kapitel 6	88
Abbildung 49: A3 - Entwicklung der CO2-Emissionen Stromnetz-lokal.....	VI
Abbildung 50: A7 – Emissionsgrenzen nach Euroklassen	IV
Abbildung 51: A8 - Energieflussdiagramm für das AC-Laden, s. BMVI 2015.....	X
Abbildung 52: A9 - Verteilung der Ladestandards in Dresden (Stand 26.10.2016)	XI
Abbildung 53: A9 - Verteilung der öffentlichen und –halböffentlichen Ladeinfrastruktur.....	XI

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angaben zur Nutzung bzw. dem Vorhandensein verschiedener Mobilitätsformen	11
Tabelle 2: Einsatzszenarien und Systemanforderungen einzelner alternativer Mobilitätsangebote	15
Tabelle 3: Prozesse im Fuhrparkmanagement nach Zuständigkeiten in der LHD	21
Tabelle 4: Stichprobenumfänge zum Fahrzeugbestand	23
Tabelle 5: Fahrzeuganzahl in den Ämtern.....	25
Tabelle 6: Einsatzcharakteristika nach Fahrzeugklassen	29
Tabelle 7: Durchschnittliche Jahreslaufleistung: Vergleich E-Fahrzeuge und Verbrenner	32
Tabelle 8: Bestandteile der Kostenbetrachtung und Erklärung der Datenherkunft resp. Annahmen ...	34
Tabelle 9: Poolbeschreibung „Lingnerstadt“	51
Tabelle 10: Ergebnisse der Optimierung und Ersetzung von einzelnen Fahrten, Umweltamt	52
Tabelle 11: Ergebnisse der Optimierung und Ersetzung von einzelnen Fahrten, Amt für Stadtgrün.....	53
Tabelle 12: Fuhrparkgröße nach Optimierung sowie externer Ersetzung am Standort Lingnerstadt	55
Tabelle 13: Poolcharakteristika „WTC“	56
Tabelle 14: Ergebnisse der Optimierung und Ersetzung von einzelnen Fahrten, Bauaufsichtsamt.....	56
Tabelle 15: Fuhrparkgröße nach Optimierung sowie externer Ersetzung am Standort WTC.....	57
Tabelle 16: Break-Even Jahreslaufleistung je Fahrzeugklasse mit und ohne Förderung	65
Tabelle 17: Vergleich lokaler und globaler Emissionen zwischen E-Mobilen und Verbrennern	66
Tabelle 18: Übersicht der Szenarien (Elektrifizierungsgrad und Strommix).....	72
Tabelle 19: E-Fahrzeuge in Reichweitenszenarien mit 3,7 kW Ladung (ohne externe Ersetzung).....	74
Tabelle 20: Kosten nach Szenarien der Optimierung mit Teilelektrifizierung, Lingnerstadt	76
Tabelle 21: E-Fahrzeuge in Reichweitenszenarien mit 3,7 kW Ladung (ohne externe Ersetzung).....	77
Tabelle 22: Kostenentwicklung nach Szenarien der Optimierung mit Teilelektrifizierung, WTC	79
Tabelle 23: Vergleich Fuhrparkgrößen mit Elektroanteil Kommunen und Unternehmen.....	102
Tabelle 24: Auszug der Befragungsergebnisse „E-Mobilität in Kommunen“	103
Tabelle 25: A3 - Vorkette Benzin und Diesel (IINAS, 2015)	V
Tabelle 26: A3 - Übersicht Emissionen nach Energiequelle, Strommix 2010, Stromnetz lokal	VI
Tabelle 27: A3 - Differenzierung der Verkehrssituationen der "warmen" Emissionsfaktoren	VII
Tabelle 28: A7 - Beschreibung der Aufteilung des Verkehrsvolumens	IV
Tabelle 29: A7 - Elektrofahrzeuge nach Fahrzeugklassen	V
Tabelle 30: A7 - Emissionskosten im Straßenverkehr (Preise von 2007)	VI
Tabelle 31: A8 - Ladebetriebsarten, technische Eigenschaften	VIII
Tabelle 32: A8 - Übersicht aktueller E-Fahrzeuge mit Ladestandard und Leistungsaufnahme	IX

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
AVM	Autovermietung
BS	Bikesharing
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CS	Carsharing
DRad	Dienstoffahrrad
DVB	Dresdner Verkehrsbetriebe
GB	Geschäftsbereich
GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
EV	electric vehicle (dt.: Elektrofahrzeug)
HBEFA	Handbook Emission Factors for Road Transport
HC	Kohlenwasserstoff
Kfz	Kraftfahrzeug
Konv.	Konventionelle Fahrzeuge
KSA	kommunaler Schadensausgleich
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LHD	Landeshauptstadt Dresden
LIS	Ladeinfrastruktur
mKr	Masse Kraftstoff
Nfz	Nutzfahrzeug
NO _x	Stickstoffoxid
MIV	motorisierter Individualverkehr
OA	Ortsamt
OB	Oberbürgermeister
OE	Organisationseinheit
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
PM	Particulate Matter (dt. Feinstaub)
r	Radius
RB	Regiebetrieb
SOC	State of Charge (dt.: Ladestand)
TCO	Total Cost of Ownership
VgV	Vergabeverordnung
VVO	Verkehrsverbund Oberelbe
WTC	World-Trade-Center

Summary

Die Landeshauptstadt Dresden kann mit einem ganzheitlichen Fuhrparkmanagementkonzept eine Vorreiterrolle im Bereich der Elektromobilität einnehmen. Die vorliegende Studie verdeutlicht das bestehende große Potential ein erfolgreiches, ökonomisch und ökologisch sinnvolles Elektromobilitätskonzept umzusetzen.

23 % des aktuellen Fahrzeugbestands (Kleinstwagen bis Transporter) im Fuhrpark sind elektrifizierbar, ohne dabei Einschränkungen hinsichtlich der Nutzung in Kauf nehmen zu müssen. Dieser Anteil liegt im Kleinst- bis Kompaktwagen-Segment sogar bei knapp 50 %. Durch Maßnahmen in Form von Verlagerungen und dem Einbeziehen externer Mobilitätsangebote ist dieser Anteil perspektivisch auf das Doppelte ausbaubar. Die alleinige Elektrifizierung ohne gleichzeitige Effizienzerhöhung und Verlagerungen führt zu Mehrkosten von bis zu 15 %.

Aus diesem Grund werden in dieser Studie Maßnahmen aufgezeigt (Verlagerung, Verschiebung, Pooling etc.), die das Einsparen von Fahrzeugen fokussieren. Zwischen 5 % und 20 % der Fahrzeuge stehen dadurch zur Disposition. In Folge dessen können die eingesparten finanziellen Mittel in die Elektrifizierung des Fuhrparks der Landeshauptstadt fließen.

Das erfolgreiche Umsetzen der Maßnahmen bedingt eine vorher abgestimmte strategische Ausrichtung. Passende Rahmenbedingungen müssen hierzu mit allen Beteiligten definiert werden. Daraus resultiert eine der Kernempfehlungen dieser Studie, zentrale Strukturen und Datenlagen zu implementieren. Nur so können zukünftig deutliche Verbesserungen in den Nutzungsabläufen erfolgen, die für den effizienten Einsatz von Elektrofahrzeugen als Dienstwagen nötig sind. Der finanzielle und organisatorische Aufwand dafür ist nicht zu vernachlässigen. Durch diese Investitionen wird es der Landeshauptstadt Dresden jedoch möglich sein hinsichtlich der Planung und Abwägung zukünftiger Aktivitäten des Mobilitäts- und Fuhrparkmanagements deutlich genauere und nachhaltigere Maßnahmen forcieren zu können.

Vor allem die Bedeutung, die angesprochenen Maßnahmen im Rahmen eines ganzheitlichen Mobilitätsmanagement umzusetzen, wird aufgezeigt. Einsparungen, die lediglich aus einer reinen Fuhrparkoptimierung mit der bestehenden Auslastung als Basis geplant werden, greifen zu kurz. Nur die Kombination mehrerer Verkehrsmittel ermöglicht weitere Reduktionen zugunsten des effizienten Einsatzes von Ressourcen und des Umwelt- und Klimaschutzes.

1. Ziel der Studie

Unter ihrem Leitbild, nachhaltige Mobilitäts- und Verkehrslösungen mit Hilfe von „smarten“ Technologien umzusetzen, realisierte die Landeshauptstadt Dresden (LHD) bereits eine Vielzahl von Projekten, die ihren Fokus auf den „smart city“ Gedanken legen (vgl. Dresden 2016). Deren Ergebnisse sind bereits in das Verkehrskonzept¹ der Stadt integriert und leisten ihren Beitrag für einen optimierten Verkehrsflussprozess sowie zur täglichen Verkehrsvermeidung. In einer weiteren Ausbaustufe sollen die Gedanken der verkehrlichen Effizienz und des Umweltschutzes im internen Mobilitätsmanagement der Verwaltung der LHD verstärkt und dieses um weitere nachhaltige Mobilitäts- und Verkehrslösungen erweitert werden.

Die Förderung der Elektromobilität wird vom Dresdner Stadtrat getragen und durch verschiedenste Initiativen und Organisationseinheiten der Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Dresden unterstützt. Seit 2009 wird das Ziel verfolgt, Dresden zu einer Modellstadt für Elektromobilität unter Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu entwickeln (Stadtratsbeschluss A0018/09 [SR/005/2009]).

Die vorliegende Studie legt auf Basis der Analyse der dienstlichen Mobilität Potentiale offen und gibt Handlungsempfehlungen, wie im Rahmen eines integrierten Mobilitätsmanagements diese Potentiale zu wirtschaftlichem Erfolg und zum Erfüllen von Klimaschutzzielen transformiert werden können. (vgl. Abbildung 1) Im Kern der Betrachtungen steht dabei der stadteigene Fuhrpark der LHD mit einer Größe von ca. 500 Pkw und Nutzfahrzeugen². Durch die Analyse von

- vorherrschenden **Verwaltungsstrukturen** und Anforderungen im Fuhrparkmanagement,
- Infrastrukturen und Fahrzeugausstattungen der **Standorte**,
- **Auslastung** verfügbarer Fahrzeuge im Fuhrpark und
- **Nutzungsmustern** bzw. –gewohnheiten der Mitarbeiter

werden Optimierungsmöglichkeiten durch veränderte Verwaltungsabläufe, Reduktion des Fahrzeugbestands mit Hilfe von Poolbildung über mehrere Standorte, ein verbessertes Auslastungsmanagement der Fahrzeuge und dem Ersatz von Dienstwagenfahrten durch das Integrieren alternativer Mobilitätslösungen aufgezeigt. Darüber hinaus werden auf Basis der vorangegangenen Analysen Potentiale für Elektromobilität mit dem Ziel eines zukünftig höheren Umsetzungsgrads der Elektrifizierung im städtischen Fuhrpark verdeutlicht. Die LHD sammelt hierzu sowohl in der Stadtverwaltung, als auch bei den kommunalen Unternehmen bereits seit mehreren Jahren im Rahmen ihrer finanziellen Möglichkeiten und unter Nutzung von Förderprojekten Erfahrungen mit Elektromobilität im Pkw-, Nutz- und öffentlichem Verkehr. Aufgrund der höheren Investitionskosten für Elektrofahrzeuge, geringer Verfügbarkeit von E-Fahrzeugen und Modellen sowie vielfältigen objektiven und subjektiven Unsicherheiten wurden in den vergangenen Jahren jedoch im Regelfall Verbrennerfahrzeuge und nicht Elektrofahrzeuge (EV) beschafft. Das Ziel der Landeshauptstadt ist dies im möglichen organisatorischen und finanziellen Gestaltungsrahmen zukünftig zu ändern. Die Studie soll die Potentiale exponieren und konkrete Handlungsanweisungen für den Umstellungsprozess geben.

¹ Landeshauptstadt Dresden, Verkehrsentwicklungsplan 2025plus (VEP 2025plus)

² Im weiteren Studienverlauf werden die 125 „sonstigen Nutzfahrzeuge“, die über einen Transporter (> 3.5 t) hinausgehen, nicht weiter in die Betrachtung einbezogen. Die Begründung liegt in den großen Nutzungsunterschieden und erforderlichen Einzellösungen (z.B. Spezialaufbauten). Darüber hinaus ist das Angebot von Nutzfahrzeugen mit elektrischem Antrieb derzeit begrenzt.



Abbildung 1: Aufbau der Studie

Im Rahmen der Minderung der gesamtstädtischen Emissionen und Lärmbelastung werden folgende Konzepte von der LHD verfolgt:

- Luftreinhalteplan Dresden 2011
- Verkehrsentwicklungsplan Dresden 2025+
- Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept 2030

Der Einsatz von Elektrofahrzeugen soll neben der Verbesserung der lokalen Emissionsfreiheit dem Klimaschutz dienen und ist als Maßnahme in den drei eben genannten Plänen enthalten.

Gemäß des Sächsischen Energie- und Klimaprogrammes wird eine Reduktion der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen bis 2020 um 25% gegenüber 2009 angestrebt. (vgl. SMWA 2011)³

Die Studie wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) geförderten Projekts „Dresden lädt auf“ des ersten Förderaufrufs durchgeführt. Daneben erfolgte und erfolgt im Projekt „Dresden lädt auf – E-Fahrzeuge im Fuhrpark der Stadtverwaltung“ auch die Beschaffung von Elektrofahrzeugen.

³ Als Teilziele werden hier die Verminderung der Treibhausgasemissionen auf 2,5 t CO₂-äqu. pro Einwohner sowie eine Reduzierung der Belastung durch Luftschadstoffe bis 2020 (gemäß Immissionsgrenzwerten aus §§ 2 bis 8 der 39. BImSchV) genannt. Die Reduktionsziele beziehen sich auf insgesamt sechs Treibhausgase, umgerechnet in CO₂-Äquivalent. Um Treibhausgase in ihrer Klimawirkung pro Einheit vergleichbar zu machen, werden sie in Kohlendioxid-Äquivalent umgerechnet. So entspricht beispielsweise 1 kg Methan 21 kg CO₂-Äquivalent.

2. Mobilität in der Stadtverwaltung

Auch wenn der Fuhrpark der LHD mit 500 Fahrzeugen einen großen Anteil zur Mobilisierung der Mitarbeiter beiträgt, stehen den Mitarbeitern weitere alternative Mobilitätsangebote zur Verfügung. Das nachfolgende Kapitel dient deren Einordnung in das Gesamtmobilitätsangebot der LHD und gibt zunächst einen Überblick darüber, wie hoch Nutzungsanteile von über den motorisierten Fuhrpark hinausgehenden Lösungen derzeit ausfallen. In einem weiteren Schritt werden die Organisationsstrukturen zur Abwicklung der identifizierten Ist-Mobilität verdeutlicht. Das Kapitel leitet dann zum Studienkern, der Fuhrparkbetrachtung über.

2.1. Nutzungsanteile alternativer Mobilitätsformen

Für die Dresdner Bevölkerung und die Besucher der Stadt konnte in den letzten Jahren ein umfassendes Netz an alternativen Mobilitätsangeboten zum eigenen Pkw aufgebaut werden. So bieten die 236 Carsharing-Fahrzeuge an mehr als hundert über das Stadtgebiet verteilte Stationen die Möglichkeit, rund um die Uhr auf einen Pkw zurückzugreifen⁴. Seit April 2014 stehen den Dresdnern und den Besuchern als Kooperationsprojekt⁵ zwischen den Unternehmen nextbike und dem Dresdner Druck- und Verlagshaus rund 500 Fahrräder unter dem Namen SZ-Bike als öffentliche Leihräder zur Verfügung. Die Dresdner Verkehrsbetriebe (DVB) stellen zusammen mit den anderen Verkehrsunternehmen im Verkehrsverbund Oberelbe (VVO) durch ein gut strukturiertes Liniennetz und eine entsprechende Taktung für Bus und Bahn ein hochwertiges Angebot im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) bereit.

Der Studie liegt eine Umfrage zur Mobilität in der Stadtverwaltung der LHD an den jeweiligen Standorten zugrunde, mit der ein Überblick darüber gewonnen werden kann, wie sich die Mobilität über die verschiedenen Mobilitätsformen an den Standorten der Organisationseinheiten (OE)⁶ verteilt. Die folgende Tabelle zeigt die absoluten Häufigkeiten der Angaben zur theoretisch möglichen und der tatsächlichen Nutzung, sowie die Anzahl der Mitarbeiter am Standort des Amtes, die dies betrifft⁷.

Tabelle 1: Angaben zur Nutzung bzw. dem Vorhandensein verschiedener Mobilitätsformen

	Häufigkeit der Angaben			Mitarbeiter		
	kann genutzt werden	wird genutzt	keine Angabe	kann genutzt werden	wird genutzt	keine Angabe
ÖPNV	96	66	51	3.830	3.077	693
Privat Pkw	71	53	76	2.700	2.092	1.823
Privat Rad	62	33	85	2.623	2.063	1.900
Dienstoffrad	27	22	120	3.011	2.796	3.185
Carsharing	25	18	122	1.008	764	3.515
Autovermietung	16	14	131	852	566	3.671
Taxi	9	7	138	429	277	4.094
Bikesharing	3	1	144	36	0	4.487
OE mit Dienstfahrzeugen:			keine	Zugriff auf Fahrzeuge der OE:		kein Zugriff
	im Amt	am Standort		im Amt	am Standort	
Dienstfahrzeuge	120	76	27	3.458	2.792	1.065

⁴ ansässige Carsharing Anbieter teilauto und greenwheels

⁵ <http://unternehmen.nextbike.de/news/saechsische-zeitung-und-dvb/Pressemeldung> vom 16. April 2014

⁶ OE beschreibt die jeweiligen Ämter, die als einzelne Einheiten der Stadtverwaltung organisiert werden.

⁷ Die OE wurden befragt, ob sie die jeweilige Mobilitätsform nutzen können und ob diese genutzt wird. Die Anzahl der Mitarbeiter spiegelt die angegebene Mitarbeiteranzahl an den jeweiligen Standorten wider. Sie wurden aufsummiert, wenn vorherige Angabe zutreffend war.

Abbildung 2 gibt den Anteil der Mitarbeiter wieder, auf den die jeweilige Nutzung der Mobilitätsform am entsprechenden Standort zutrifft. Der Anteil der Mitarbeiter bezieht sich jeweils auf die gesamte eruierte Mitarbeiteranzahl von 7330, abzüglich der Mitarbeiter der Krankenhäuser (2807 Mitarbeiter).

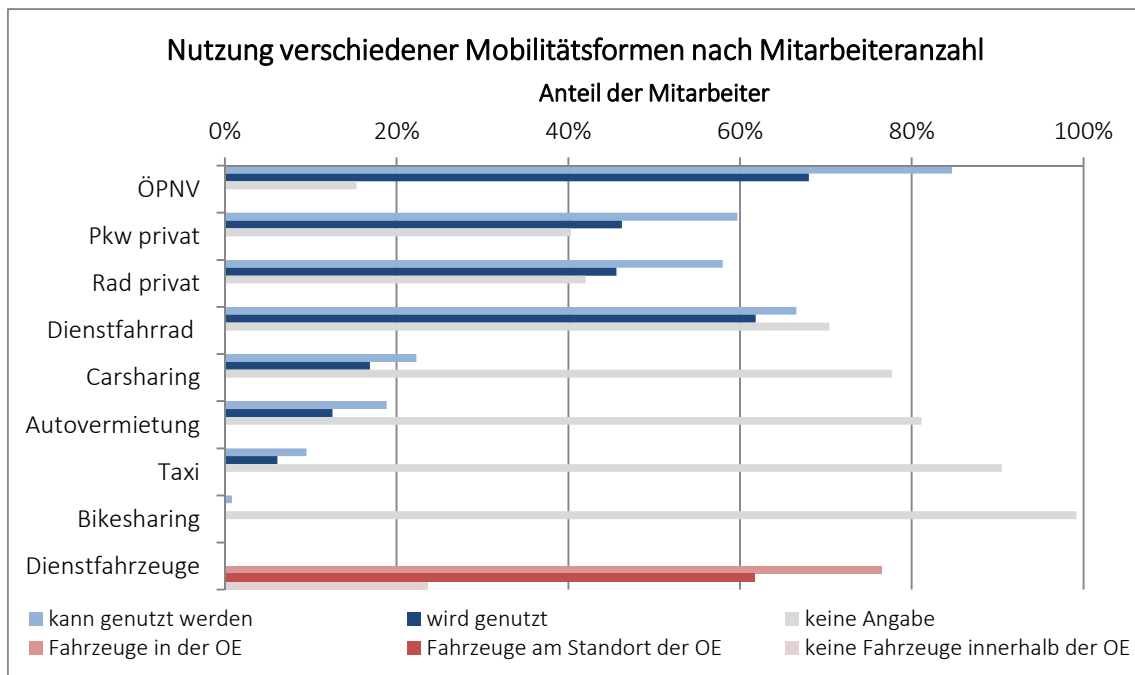


Abbildung 2: Nutzung verschiedener Mobilitätsformen nach Mitarbeiteranzahl⁸

Neben der theoretisch möglichen Kann-Nutzung (im Folgenden auch „Kann-Nutzer“), die bei der Befragung angegeben wurde⁹, kategorisiert voranstehende Abbildung auch die tatsächliche Nutzung am Standort („wird genutzt“, resp. im Folgenden „Ist-Nutzer“). Eine „Kann-Nutzung“ impliziert, dass entsprechende Vorkehrungen wie Anmeldung etc. getroffen wurden und beispielsweise eine Carsharing-Station in fußläufiger Nähe zur Verfügung steht. Die nachfolgenden Punkte greifen alle derzeitigen Mobilitätsmöglichkeiten in der Stadtverwaltung auf und gehen auf die, in Abbildung 2 dargestellten Nutzungsoptionen näher ein.

ÖPNV

Es ist gegenüber anderen Mobilitätsformen ein verhältnismäßig hoher Anteil an ÖPNV-Nutzern zu konstatieren. Gewichtet nach der Mitarbeiterzahl zeigt sich, dass ca. 85 % aller Mitarbeiter einen Zugang zum ÖPNV haben und 70 % Bus und Bahn auch tatsächlich nutzen. An der Hälfte der Standorte wird der ÖPNV mindestens mehrmals pro Woche genutzt, ein Viertel der „Ist-Nutzer“ spricht sogar von täglicher Nutzung. Der ohnehin schon hohe Nutzungsanteil von ÖPNV Angeboten verdeutlicht sich, wenn keine Gewichtung vorgenommen wird: Über alle Standorte der OE ergibt sich dann ein Anteil von 67 % „Kann-Nutzern“, wovon wiederum fast drei Viertel (66 Standorte) auch tatsächlich auf diesen zurückgreifen („Ist-Nutzer“). Die Hälfte der OE gibt an, selbst für die Mitarbeiter Zeitkarten zu beschaffen. In nur drei Ämtern werden Zeitkarten ausschließlich selbst durch die Mitarbeiter beschafft und anschließend abgerechnet oder private Tickets genutzt.

⁸ Die Dienstfahrzeuge dienen der Vergleichbarkeit und beschreiben die Fahrzeugverfügbarkeit vor Ort (nicht alle Mitarbeiter sind selbstfahrberechtigt).

⁹ Die Befragung wurde auf Standort-Ebene durchgeführt. Bezüge zu den Mitarbeitern ergeben sich dabei aus den Angaben der OE am Standort.

Privat Pkw

Der private Pkw von Mitarbeitern weist mit dem nachstehenden privaten Fahrrad Parallelen in Verfügbarkeit und Nutzung auf. Knapp 60 % haben die Möglichkeit, Wege mit dem privaten Pkw zurückzulegen, knapp über 45 % greifen auf diese Möglichkeit auch zurück. Damit zeigt sich, dass in Verbindung mit der Verfügbarkeit und vor allem Nutzung von Dienstfahrzeugen, derzeit ein großer Anteil der Mobilitätsnachfrage von Mitarbeitern mit motorisiertem Individualverkehr abgedeckt wird.

Privat Rad

Eine Befragung der Mitarbeiter der Stadtverwaltung aus dem Jahre 2011 zeigte, dass 19 % der Mitarbeiter täglich mit dem Fahrrad zur Arbeit fahren und dieses theoretisch auch für dienstliche Wege einsetzen können (vgl. Rietschel 2011, S. 5).

Die Ergebnisse der nun durchgeführten Befragung zur vorliegenden Studie bestätigen mit einem Anteil von fast 60 % an privaten Rädern eine hohe Fahrradverfügbarkeit in den OE. Fast die Hälfte der Mitarbeiter greift dann auch tatsächlich auf ihr privates Velo für Dienstwege zurück. Als Gründe für die Fahrradnutzung wurden insbesondere die sportliche Betätigung sowie die umweltfreundliche, schnelle und flexible Fortbewegung genannt. Eine Abrechnung der Einsätze erfolgt in der Regel nicht, obwohl dies möglich wäre. Hier ergibt sich wie bei der Nutzung der privaten ÖPNV-Zeitkarten ein Einspareffekt.

Dienstfahrräder

In der Stadtverwaltung stehen den Mitarbeitern 110 Dienstfahrräder zur Verfügung. Die Fahrräder wurden teilweise von den Beschäftigten selbst mitgebracht und teilweise durch die Landeshauptstadt mitfinanziert oder beschafft. Auffällig hierbei ist der hohe Nutzungsgrad: 67 % der Mitarbeiter können auf Dienstfahrräder zurückgreifen, 62 % nutzen diese auch.

Carsharing

Seit mehreren Jahren werden in einzelnen Ämtern keine eigenen Dienstwagen, sondern Carsharing-Fahrzeuge eingesetzt. Im Vergleich zu den vorab erläuterten Mobilitätsformen weist Carsharing dennoch eine geringere Nutzungsintensität auf: nicht einmal 20 % der Mitarbeiter nutzen dieses Angebot. Wie schon bei den Dienstfahrrädern ist jedoch ein großer Anteil an Ist-Nutzern im Vergleich zu Kann-Nutzern zu verzeichnen. Nach den Umfrageergebnissen der TU Dresden sind 1.668 Mitarbeiter zu Fahrzeugen zugangsberechtigt, d.h. sie dürfen ein Kraftfahrzeug nutzen. Dies entspricht ca. 22 % der Bediensteten.

Autovermietung

Während die Gebührenmodelle von Carsharing-Fahrzeugen vor allem auf kurze Strecken und Entleihdauern ausgelegt sind, fokussieren Mietwagenangebote vorwiegend Langstreckenverkehre. Sind Destinationen schlecht ans Netz der Deutschen Bahn angeschlossen oder von Dresden aus nur mit sehr hohem Reisezeitaufwand zu erreichen, sind Mietwagen auch aus finanzieller Sicht eine Alternative. Die Auswertung zeigt, dass diese Möglichkeit wahrscheinlich auf Grund von vorhandenen alternativen Angeboten wie Dienstwägen und Bahnfahrten nur 18% der Mitarbeitern und damit eher selten zur Verfügung steht. Auch der relative hohe Anteil an Nicht-Nutzern (über 80 %) lässt die Vermutung priorisierter Alternativangebot-Nutzung plausibel erscheinen.

Taxi

Mit unter 10 % steht das Angebot von Taxiunternehmen in Dresden nur wenigen Organisationseinheiten zur Verfügung. Die dementsprechend geringe Ist-Nutzung von 6 % der Mitarbeiter in der Stadtverwaltung ist vermutlich den beschränkten Einsatzszenarien, die ein Zurückgreifen auf das Taxi gegenüber dem kostengünstigeren ÖPNV rechtfertigt, zuzuschreiben. Lediglich als Zubringer zu Fernverkehrsmitteln wie Flugzeug und Bahn in Tagesrandlagen kommt das Taxi des Öfteren zum Einsatz. Als taxiähnliches Angebot stünde der Stadtverwaltung darüber hinaus ein Chauffeurservice eines auch im Bereich Bikesharing engagierten Anbieters zur Verfügung. Eine Nutzung findet derzeit jedoch nicht statt.

Bikesharing

Bikesharing bietet vor allem im Innenstadtbereich von Dresden eine gute Abdeckung an Fahrrädern und Stationen. Trotz dieser guten Nutzungsvoraussetzung spielen Leihfahrräder im Mobilitätsmix der Stadtverwaltung derzeit aber keine Rolle.

Dienstfahrzeuge

Auf die Charakterisierung des Fuhrparks in der Stadtverwaltung wird im nachstehenden Kapitel 3 im Detail eingegangen. Da motorisierte Individualverkehrsmittel im Mitarbeiter- oder Stadtbesitz einen überdurchschnittlich hohen Nutzungsanteil im Vergleich zu den alternativen Angeboten einnehmen, soll der Vollständigkeit halber dennoch bereits an dieser Stelle auf die Ergebnisse der Umfrage bezüglich der Dienstfahrzeuge eingegangen werden. Innerhalb der Stadtverwaltung werden demnach insgesamt ca. 500 Fahrzeuge betrieben. Bei Ämtern, die über Dienstfahrzeuge an ihren Standorten verfügen, nutzen theoretisch durchschnittlich sechs Mitarbeiter ein Fahrzeug. Die restlichen Organisationseinheiten mit insgesamt 1065 Mitarbeitern haben keinen Zugriff auf ein Fahrzeug. Abbildung 2 verdeutlicht die Verfügbarkeit von Dienstwagen innerhalb des Amts und am Standort der OE. Mehr als drei Viertel der Ämter haben prinzipiell die Möglichkeit Dienstfahrzeuge zu nutzen und an mehr als der Hälfte der Standorte stehen Dienstfahrzeuge direkt vor Ort zur Verfügung. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass nicht jeder Mitarbeiter im Amt auf die Dienstwagen zurückgreift bzw. zurückgreifen kann, sondern auch andere Möglichkeiten des Mobilitätsmix (Verkehrsmittel im Umweltverbund) nutzt. Bezüglich der Darlegung für ein zukünftiges Mobilitätsmanagement in der Stadt ist zu konstatieren, dass Kraftfahrzeuge eine große Rolle spielen. Der hohe Fahrzeuganteil liegt dabei sicher auch in den unterschiedlichen Aufgabenbereichen der Stadtverwaltung begründet. Neben der Wahrnehmung von Verwaltungsaufgaben liegt hinsichtlich der Aufgaben zur Bewirtschaftung und Pflege des öffentlichen Raums ein hoher Anteil von Nutzfahrzeugen bzw. Transportern nahe. Der hohe Anteil dieser Fahrzeugklassen birgt ein interessantes Potential für Elektrofahrzeuge im Transporterbereich, aber auch in kleineren Fahrzeugklassen für die allgemeinen Verwaltungsaufgaben. Eine ausführliche Analyse und Diskussion des Potentials für E-Fahrzeuge im Fuhrpark der Stadtverwaltung folgt deshalb in Kapitel 5.

2.2. Charakterisierung von alternativen Mobilitätsformen

Die im vorherigen Kapitel genannten alternativen Mobilitätsformen, können einzeln jeweils nicht alle Einsatzszenarien eines Pkw substituieren. Individuell müssen die Verwendungszwecke und Prozesse analysiert werden, um Alternativen herauszustellen. Die Ersetzung wird sich, wenn komplett möglich, meist auf verschiedene Verkehrsmittel verteilen. In vielen Fällen, insbesondere im Nutzfahrzeuge- und kurzfristigen Einsatzbereich wird es viele Prozesse und Abläufe geben, die eine Ersetzung nicht möglich machen. Die in Tabelle 2 gelisteten Punkte dienen zur Heranführung an die Maßnahmenentwicklung des Mobilitätsmanagements in Kapitel 6.

Tabelle 2: Einsatzszenarien und Systemanforderungen einzelner alternativer Mobilitätsangebote

	Einsatzszenario	Systemanforderung
Carsharing	Stationär: Planungssicherheit, längere Mietdauer	Buchungserinnerung Alternative bei spontaner Miete und nicht vorhandener Verfügbarkeit Überbrückung des Wegs zur Station/ Standort
Auto- vermietung	Langzeit-/ Tagesmiete; Transporte, spezielle Fahrzeuganforderungen	Buchungserinnerung Zielführung zur Station, Einbindung weiterer Verkehrsmittel (Leihrad, ÖPNV, Taxi)
Bikesharing	Lückenschluss von Wegeketten, wetterabhängig, Werbemittel, umweltfreundlich, Reisezeit gut kalkulierbar Geringe Transportkapazität	Reservierung Erinnerung Zielführung zum Rad Übermittlung von Freischaltcodes Alternative bei Nichtverfügbarkeit
ÖPNV	Lückenschluss von Wegeketten, günstige und spontane Nutzung	E-Ticket/ Fahrscheinebereitstellung Bereitstellung von Informationen (Abfahrtszeiten, Umstiege etc.)
Taxi/ Chauffeur	Lückenschluss von Wegeketten, spontane Nutzung, vollständige Start- Ziel-Begleitung, gehobene Anforderungen an Fahrzeugausstattung, Eventbetreuung, Transfers	Autobooking ¹⁰ Statusinformation zur Anfahrt Erinnerung Benachrichtigung bei Ankunft

Allen Verkehrsmitteln ist gleich, dass Anmeldeprozess und Buchung soweit wie möglich einfach gestaltet werden müssen, um den Administrationsaufwand auf einen vertretbaren Umfang zu begrenzen. Dafür bieten sich ineinandergreifende Prozessschritte für alle Mobilitätsangebote an. Ziel ist es, dass Vergleiche von Alternativen nicht durch umständliche separate Suchaufwendungen erfolgen müssen.

2.3. Vorteile einer integrierten Verknüpfung von Mobilitätsformen

Die Umfrageergebnisse verdeutlichen, dass aus Sicht der Mitarbeiter derzeit kein einheitliches Mobilitätsmanagement vorhanden ist. Da dieser Begriff jedoch bereits häufig Verwendung findet, sollen zunächst Rahmenbedingungen des Mobilitätsmanagements und Vorteile einer Implementierung erläutert werden.

¹⁰ Buchung bzw. Bestellung durch automatisches Einspielen wiederkehrender Termine in das System beim Anbieter

Die Stadtverwaltung kann bereits heute auf eine Vielzahl an Mobilitätsmöglichkeiten zurückgreifen. Damit ist auf den ersten Blick die Grundlage geschaffen, anhand dieser alternativen Angebote, Fahrten mit Dienstfahrzeugen zu substituieren. Dieses Vorgehen dient dem Ziel der Kosteneffizienz und der Reduzierung von Umweltproblemen¹¹ in Dresden. Was so einfach umsetzbar klingt, ist in der Praxis jedoch ein komplexer Prozess, der entsprechende Organisations- und Anreizstrukturen bedingt. Verschiedenste Forschungsprojekte versuchen seit Jahren entsprechende Maßnahmen zu entwickeln, Privatpersonen vom Pkw im Eigenbesitz abzubringen und auf Angebote im Umweltverbund zurückzugreifen. Die Erkenntnis, die sich auch identisch auf den Substitutionsprozess von Mitarbeitermobilität im Rahmen des Mobilitätsmanagements übertragen lässt, lautet: Die Vorteile des Pkw in Bezug auf Flexibilität, Komfort und Individualität sind von so enormer Bindungskraft, dass diese nur durch perfekt organisierte Prozesse im Unternehmen und der daraus entstehenden Möglichkeit alternative Mobilitätsangebote zu kombinieren und aufeinander abzustimmen, beeinflusst werden kann. Mobilitätsmanagement ist daher weitaus mehr als die alleinige Parallelexistenz von alternativen Mobilitätsangeboten. Es umfasst die ganzheitliche Beeinflussung der Verkehrsnachfrage durch Information, Beratung und Motivation in allen Bereichen des Verkehrsteilnehmers (vgl. ILS, ISB; ivm 2009, S. 9) und zeichnet sich im Detail durch folgende Elemente aus:

- **Organisation** von intelligent verknüpften Verkehrsmittelnutzungen (multi- und intermodal)
 - Setzen von Anreizen zur Nutzung
 - Bewerben innerhalb des Unternehmens
- **Aktive Verwaltung** aller anfallenden Prozesse entlang der Servicekette (Registrieren, Informieren, Buchen, Abrechnen)

Das Mobilitätsmanagement soll darüber hinaus sowohl eine umweltverträgliche und effiziente Abdeckung der Mobilitätsbedürfnisse als auch eine Kostenoptimierung bewirken. Für die Akzeptanz des entwickelten Mobilitätskonzepts sind die Rahmenbedingungen (Maßnahmen und umfassende Analyse von Voraussetzungen, Möglichkeiten und Potentialen für das Mobilitätsmanagement) ausschlaggebend (vgl. ILS GmbH o.J.). Die Optimierung des bestehenden Fuhrparks und die Potentialanalyse für den Einsatz von Elektrofahrzeugen in den nächsten Kapiteln stellen somit ebenso einen Teil eines umfassenden Mobilitätsmanagements dar.

Es sind aber nicht zuletzt Kosten- und Umweltaspekte als Treiber zur Implementierung in Unternehmensprozesse zu nennen. Nicht zu vernachlässigen sind dabei weiche Faktoren wie die öffentlichkeitswirksame Verbreitung und Imagebildung. Vor allem kommunalen Einrichtungen wird eine Vorbildfunktion zugeschrieben. Geht demnach die Stadtverwaltung von Dresden mit gutem Beispiel voran und ersetzt Fahrten mit herkömmlichen Fahrzeugen durch E-Fahrzeuge oder eine Kombination aus alternativen Mobilitätsangeboten, kann dies einen Impuls auf die Bevölkerung zur Folge haben.

Zur erfolgreichen Realisierung muss ein Mobilitätsmanagement die Kernanforderung (Bereitstellung von sach- und kostengerechter Mobilität) erfüllen, um die einzelnen Prozesse zur Nutzung der Mobilitätsangebote (Kapitel 2.1) zu administrieren. In wieweit die Strukturen in der LHD diese Voraussetzung erfüllen, klären nachstehende Ausführungen.

¹¹ Zu hohe verkehrsbedingte CO₂-Emissionen und Belastung durch Luftschadstoffe

2.4. LHD-Strukturen zur Organisation der Mobilität

Die bereits eingangs erwähnte Umfrage zur Mitarbeiter-Mobilität in der LHD erhob neben Nutzungsaspekten auch Abrechnungsmodalitäten zu den einzelnen Verkehrsmitteln. Für die Nutzung von Verkehrsmitteln des Umweltverbundes kann nur in Teilen auf zentrale Abrechnungsmodalitäten zurückgegriffen werden. Vorwiegend sind Prozesse derzeit noch dezentral gesteuert. So ist jede OE momentan selbst dafür verantwortlich, ihre Mitarbeiter beim lokal ansässigen Bikesharing Anbieter zu registrieren oder eine Kundenkarte für das Carsharing bzw. ein Ticket für den ÖPNV zu erwerben. Zur Folge hat dies vor allem personelle Ineffizienzen, da beispielsweise Einarbeitungszeiten bei jedem einzelnen Zuständigen in der OE anfallen. Beim Weggang der jeweils zuständigen Person geht das angelernte Wissen der OE danach wieder verloren und eine neue Einarbeitungszeit wird erforderlich. Aufgrund der Haushaltsgebundenheit der Mobilitätsausgaben besteht in den OE wenig Flexibilität, neue Verkehrsangebote wahrzunehmen, da die Budgets meist schon durch die Ausgaben für Fahrzeuge oder Zeitkarten gebunden sind.

22 der 43 Ämter gaben an, im Besitz von übertragbaren Zeitkarten zu sein, die in Summe 104 Einzel-, Monats- oder Jahrestickets ausmachen. Im Durchschnitt entfallen damit 5 übertragbare Zeitkarten auf jede OE mit Zeitkarten. Der identifizierte hohe Nutzungsanteil des **ÖPNV** ist auf die bereits vorhandenen Zugänge der Mitarbeiter zurückzuführen: Aktuell gibt es 2880 Job-Tickets, die mit einem Rabatt von 20 % gegenüber dem normalen Abo-Preis erworben werden können. Hinzu kommen normale, ohne zeitliche Einschränkungen übertragbare ÖPNV-Zeitkarten von Beschäftigten.

Die vorwiegende Ablehnung von **Carsharing** Angeboten kann größtenteils auf Unsicherheiten beim Ablauf und die vorherrschenden Rahmenbedingungen zurückgeführt werden. Zu letzteren zählen verfügbare Stationen, Buchung und Buchungsbedingungen sowie die Abrechnung und Zugangskarten. Abgerechnet wird die Carsharing-Nutzung einmal im Monat als Sammelrechnung an das entsprechende Amt. Einige Ämter nutzen zudem intern ein zusätzliches Fahrtenbuch zur Überprüfung der Abrechnung. Zuständig für die Anmeldung der einzelnen Mitarbeiter ist auch hier entsprechend jede OE selbst. Fahrtberechtigt ist jeder registrierte Bedienstete der LHD, der im Besitz einer Kundenkarte ist (vgl. Mobility Center GmbH 2016, S. 2).

Beim **Bikesharing** gibt es derzeit keine vertragliche Regelung zwischen SZ-Bike als Anbieter und der LHD. Eine Nutzung von Bikesharing für Dienstzwecke ist somit zum jetzigen Stand allenfalls auf privater Basis durch den Mitarbeiter möglich. Dienstfahrten mit **privaten Rädern** können Mitarbeiter laut Dienstreiseordnung in Verbindung mit §5 Sächsischen Reisekostengesetz mit 5ct je Kilometer¹² abrechnen. Dieser, in Verbindung mit den relativ kurzen Wegstrecken der Fahrraddienstfahrten, geringe absolute Auszahlungsbetrag und der hohe Organisationsaufwand zur Abrechnung – es muss eine komplette Dienstreiseabrechnung ausgefüllt werden – hindert derzeit jedoch einen Großteil der Fahrradfahrer, den finanziellen Ausgleich zu beantragen. Im schlechtesten Fall stellen diese Nachteile eine derart hohe Hürde dar, dass die Mitarbeiter sogar schon auf dem Weg zur Arbeit auf das eigene Fahrrad verzichten und für Dienstfahrten andere weniger effiziente Verkehrsmittel nutzen.

Der Großteil des Mobilitätsbedarfs der Stadtverwaltung wird über den **motorisierten Individualverkehr (MIV)** abgewickelt, der dezentral von jeder OE selbst geplant und eingesetzt wird. Im Fuhrpark

¹² Für die Nutzung eines privaten Kfz werden hingegen 15 bzw. bei Vorliegen triftiger Gründe 25 und 30 Cent pro gefahrenen Kilometer vergütet.

existieren durch getrennte Fuhrparks einzelner OE an gleichen Standorten Ineffizienzen. Diese erfordern entsprechende personelle Aufwände.

Zusammenfassend ist herauszustellen, dass die identifizierten dezentralen Strukturen im Mobilitätsmanagement und im Fuhrpark der LHD derzeit eine große Hürde in der Umsetzung eines effizienten Mobilitätsmanagements darstellen. Es kann daher nur mit Einschränkungen von einem vorhandenen Mobilitätsmanagement in der LHD gesprochen werden, dessen Implementierung jedoch aus Gesamtmobilitätssicht unter Einbezug der Fuhrparkbetrachtungen erhebliche Potentiale aufweist. Vorliegende Studie soll einen Impuls geben, Prozesse zukünftig abgestimmt und integriert umzusetzen.

3. Analyse der Fuhrparkstrukturen in der LHD

Das nachfolgende Kapitel analysiert zunächst den Ist-Stand zum aktuellen Fuhrpark hinsichtlich organisatorischer Strukturen für die Beschaffung, den Betrieb und die Nutzung. Dem folgt eine Untersuchung zur Fahrzeugnutzung und daraus entstehenden Kosten sowie Umweltwirkungen. Mit der Ableitung von Handlungsanweisungen, die sich insbesondere auf die organisatorischen Strukturen für den Fahrzeugbetrieb beziehen, schließt dieses Kapitel.

3.1. Organisatorische Strukturen

Eine zentrale Fuhrparkverwaltung über alle Ämter und Eigenbetriebe, die den sieben Geschäftsbereichen (GB) und dem Oberbürgermeister (OB) nachgeordnet sind, existiert wie in Kapitel 2 dargelegt nicht. Laut Dienstreise-/ Kfz-Ordnung sind die einzelnen OE selbst für laufende Pflege, Wartung und Hauptuntersuchungen verantwortlich (vgl. Dienstreise-/Kfz-Ordnung, Nr. 7.6 Abs. 3). Jedes Amt agiert bis auf einige zentralisierte Funktionen selbstständig und stellt gemäß ihrer Haushaltsplanung eigenständig die Gelder für Fahrzeuge und deren Unterhaltung bereit. Von den 35 Organisationseinheiten mit Dienstfahrzeugen benennen 17 einen Ansprechpartner, der für alle organisatorischen Fuhrparkangelegenheiten der jeweiligen Organisationseinheit verantwortlich ist. Bei allen anderen OE besteht keine Zusammenfassung der einzelnen Aufgaben.

Jährlich sind von den Organisationseinheiten beim Haupt- und Personalamt die folgenden Parameter zum Fahrzeugbestand einzureichen¹³:

- Fahrzeugbestand (ausgesonderte und beschaffte Fahrzeuge)
- Gesamtjahreslaufleistungen und –einsatzzeiten
- Beschaffungskosten, Leasing-Kosten (einschl. Überführungskosten)
- Carsharing-Kosten
- Kosten aus Kraftstoffen, Energie
- Steuern
- Versicherungen
- Unfallkosten
- Reparatur- und Unterhaltungskosten (z.B. Untersuchungen, Inspektionen, Ölwechsel, Pflege, Parkplatz-/ Stellplatzkosten)

Diese Angaben werden aggregiert nach Fahrzeuggruppen erfasst, sodass kein Kontrollmechanismus zur Auslastungs- und Bedarfsprüfung einzelner Fahrzeuge besteht. Darüber hinaus erfolgt aus diesen Zahlen kein zentrales nachgelagertes Controlling. Ohnehin scheint ein solcher Turnus hierfür auch nicht geeignet. Die Verantwortung über die finanzielle Fahrzeugverwaltung obliegt den einzelnen OE.

Zentralisiert sind darüber hinaus nachstehende Funktionen folgenden Ämtern zugeordnet:

- Allgemeine **Vergabe und Beschaffung** von Dienstfahrzeugen, welche das Haupt- und Personalamt vornimmt.
- **Versicherungsangelegenheiten**¹⁴ und **Bußgeldverfahren**, welche dem Rechtsamt unterliegen.
- Aufgaben bzgl. der Koordinierung von **Investitionen, Finanzierungen** und Haushaltsplanung der Fahrzeuge übernimmt die Stadtkämmerei.

¹³ Kosten, die nicht quantifiziert werden, umfassen die Verwaltungs- und Personalkosten für den Fuhrpark

¹⁴ Versicherung wird zentral über die KSA (Kommunaler Schadenausgleich) abgewickelt

- Die steuerlichen Angelegenheiten, insbesondere die **Kfz-Steuer**, werden durch das Steuer- und Stadtkassenamt bearbeitet.
- Für **Stellplätze** an den Standorten ist das Amt für Hochbau und Immobilienverwaltung verantwortlich.

Die beiden erstgenannten Ämter sind dem GB 1 „Personal und Recht“ zuzuordnen, die restlichen drei verbleibenden wiederum dem GB 2 „Finanzen und Liegenschaften“.

Eine weitere zentralisierte Funktion im Sinne eines klassischen Fuhrparks nimmt der **Fahrdienst** des GB 1 ein. Dieser erbringt vorrangig für die Mobilität der Bürgermeister und für Fernfahrten Beförderungsleistungen mit eigenen Fahrern. Diese Dienstleistung ist aber aufgrund von Kapazitätsrestriktionen beschränkt verfügbar.

Nebenfunktionen nehmen indessen das Umweltamt (GB 7) und das Haupt- und Personalamt ein. Sie sensibilisieren durch ihre Tätigkeiten Mitarbeiter für den **verantwortungsbewussten Einsatz** von Dienstfahrzeugen.

3.1.1. Fahrzeugbeschaffung

Sofern von den Ämtern eine Neubeschaffung von Fahrzeugen geplant ist, meldet der Fuhrparkleiter oder -verantwortliche den **Bedarf** beim Haupt- und Personalamt an.¹⁵ Dafür ist ein vorgefertigtes Formblatt zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, basierend auf den Jahreslaufleistungen, auszufüllen. Die beantragenden OE können das Ergebnis dieses Bewertungsformblattes nicht einsehen und erfahren dieses erst nach der Prüfung durch das Haupt- und Personalamt sowie der Stadtkämmerei. Dabei erfolgt eine Abwägung, ob ein Kauf oder Leasing die wirtschaftlichste Alternative darstellt.

Vor jeder Beschaffung mit einer prognostizierten Jahreslaufleistung unter 7.000 km muss seit dem Jahr 2014 zusätzlich die Nutzung von Carsharing durch die jeweilige Organisationseinheit geprüft werden (vgl. Anhang I). Dies hat sowohl ökologische als auch ökonomische Gründe. Ist keine Carsharing-Station in der Nähe oder werden besondere Anforderungen bzw. erhöhte Kosten geltend gemacht, sind Ausnahmen hingegen möglich.

Der **Vergabeprozess** bei standardisierten Fahrzeugen erfolgt, basierend auf einer produktneutralen Ausschreibung, nach Fahrzeugklassen.¹⁶ Es sind demnach keine Präferenzen bezüglich Herstellermarken zulässig. Als Entscheidungskriterien für den Kauf wird eine Gewichtung von 70 zu 30 zwischen Anschaffungspreis und Verbrauchskosten vorgenommen. Für mehrfach benötigte Fahrzeuge werden Rahmenverträge geschlossen, um separate Ausschreibungen zu vermeiden.

Die **Nutzungsdauer** der Fahrzeuge ist nicht zentral beschränkt. Die Ämter sind selbst dafür verantwortlich zu entscheiden, was mit den gekauften Fahrzeugen nach dem Abschreibungszeitraum von acht Jahren passiert. Berechnungen zu den Umweltwirkungen oder der Kostenstruktur werden nicht durchgeführt.

¹⁵ Ausnahme: das Amt für Brand- und Katastrophenschutz schreibt die Fahrzeuge selbst aus

¹⁶ Spezialfahrzeuge, die außerhalb der Nutzfahrzeugkategorie nur selten auftreten, sind von dieser Ausschreibungsart ausgenommen.

3.1.2. Fahrzeugverwaltung und Buchung

Bezüglich der Fahrzeugverantwortung sind nach der Dienstreise-/ Kfz-Ordnung für die laufende Pflege, Wartung und Hauptuntersuchung unterschiedliche Strukturen in den OE verbreitet. Bei einem Drittel wird diese von den Fuhrparkverantwortlichen mit übernommen, bei zwei Dritteln übernehmen dies einzelne separate Fahrzeugverantwortliche. Das einzelne Fahrzeug wird dann neben der eigentlichen dienstlichen Tätigkeit verantwortet. Teilweise ist diese Tätigkeit aufgrund des zeitlichen Aufwands in den OE schwer zu besetzen. Tabelle 3 stellt einen Gesamtüberblick über die Zuständigkeiten bei verschiedenen Prozessen des Fuhrparkmanagements in der LHD dar.

Tabelle 3: Prozesse im Fuhrparkmanagement nach Zuständigkeiten in der LHD

Fahrzeug-beschaffung	Voraussetzung für das Fahren	Buchung	Fahrt	Abrechnung
Bedarfsanmeldung • Amtsleiter	Führerscheinprüfung	zeitliche Verfügbarkeit	Fahrtenbuch • Mitarbeiter	jährliche Gesamtauswertung
Beschaffungsprozess (Auswahlverfahren, Ausschreibung, Prüfung)	Erteilung der Selbstfahr-berechtigung • Amtsleiter • Verwaltungsabteilung	• Sekretariat • Fuhrparkverant. • Buchungssystem Schlüssel • Sekretariat • Fuhrparkverant. • Mitarbeiter	Pflege/ Wartung • Mitarbeiter Tanken • Mitarbeiter • Tankkarten	• Fuhrparkverant. Versicherung • zentral Kostenerstattung (z.B. Auslagen für Tankrechnung) • Mitarbeiter
Versicherung • Amt 10 u. 20 • Amt 30, KSA				

Die Nutzung eines Dienstfahrzeuges durch einen Mitarbeiter kann nur erfolgen, wenn ihm gemäß der „DO zur Regelung von Dienstreisen und zur Kraftfahrzeugnutzung in der LHD“ vorher eine Selbstfahrberechtigung erteilt wurde (vgl. Dienstreise-/ Kfz-Ordnung Nr. 7.5). Die Genehmigung obliegt dem jeweiligen Amtsleiter. Außerdem erfolgen eine Führerschein- und Tauglichkeitsprüfung sowie eine aktenkundige Belehrung. Die Genehmigung ist jederzeit widerrufbar. Bei Fahrverboten oder Verlust des Führerscheins ist der Angestellte verpflichtet, dies dem Vorgesetzten unmittelbar mitzuteilen.

Zwei Organisationseinheiten weisen die Mitarbeiter nach Genehmigung der Selbstfahrberechtigung gesondert in bestimmte Fahrzeuggruppen (z.B. Transporter) ein. Der jeweilige Mitarbeiter erhält dann eine Bedienberechtigung, ausgestellt durch das SG Arbeitssicherheit.

Die jeweilige Nutzung bedarf in den meisten Fällen keiner speziellen Genehmigung, da oft ein Dauernutzungsrecht für die Mitarbeiter zur Erfüllung dienstlicher Wege ausgesprochen wird. Für Dienstreisen außerhalb Dresdens muss vorher vom Amtsleiter ein entsprechendes Formular (LDr 612/7) unterschrieben werden. Ein Verrechnungspreis für die Nutzung wird generell nicht erhoben, da die Fahrzeuge den einzelnen OE zugeordnet sind und keine Profitcenterstruktur existiert.

Eine ämterübergreifende Nutzung von Fahrzeugen findet nicht statt. Der operative Zugriff ist dezentral für jede OE geregelt. In wenigen exklusiven Fällen existieren direkt zugeordnete Fahrzeuge. Ebenso einzelfallabhängig werden Fahrzeuge den Mitarbeitern mit ihren jeweilig anstehenden Einsatzaufgaben direkt zugewiesen. Bei Pool-Fahrzeugen, die von verschiedenen Mitarbeitern genutzt werden, erfolgt die Beantragung typischer Weise per E-Mail, Telefon, elektronischem Kalender oder über das zuständige Sekretariat.

Die Verantwortlichkeiten für die Buchungen in den OE verteilen sich bei nicht personengebundenen Fahrzeugen wie folgt:

- 57 % beim Fuhrparkverantwortlichen
- 19 % beim Sekretariat
- 19 % bei einem anderen Mitarbeiter
- 5 % beim fast ausschließlichen Nutzer

Dabei werden folgende Koordinationsinstrumente eingesetzt:

- 43 % Reservierungsbuch
- 43 % Buchungssystem/digitale Liste
- 14 % kein separates strukturiertes Instrument

Hervorzuheben ist dabei, dass nur 43 % der antwortenden OE über digitale Systeme verfügen, die einen grundsätzlichen Zugang auch für andere OE ermöglichen würden.

Die genutzten Buchungssysteme/Kollaborationsprogramme differieren je nach OE. Folgende wurden genannt:

- MS Outlook Kalender
- Lotus Notes
- Domea
- pit-Kommunal
- Logbuch (dynamed)

Der Ausleihprozess, welcher im Wesentlichen die Abholung der Schlüssel und Fahrzeugpapiere sowie deren Rückgabe umfasst, erfolgt bei folgenden Personen bzw. Abteilungen:

- 50 % Sekretariate
- 45 % OE-intern vom Vorgesetzten, dem Verantwortlichen in den jeweiligen Bereichen, im Servicebüro oder in der Verwaltung
- 5 % direkt von der Person, die das Fahrzeug zuletzt geführt hat

Ein Schlüsselkastensystem mit Zugangsfreigabe nach Buchung oder einem Zugangsmedium existiert in keiner OE. Vielmehr ist laut Umfrageergebnisse mit folgenden Nutzungsvorfällen zu rechnen:

- Nennung von ein Drittel der Ämter (10 von 33): Fahrzeuge sind sofort bzw. mit einer Vorlaufzeit von maximal 10 Minuten verfügbar.
- Eine Nennung: 60 Minuten im Optimalfall
- Viermal genannt: je nach Einsatzzweck zwischen sofort bis 4 Stunden
- Fünfmal genannt: 1 Tag
- Zweimal genannt: 2 Tage
- Einmal genannt: 2-3 Tage
- 10 Mal: keine Antwort

Für jedes Dienst-Kfz ist zudem ein Fahrtenbuch zu führen, sofern kein Fahrtenschreiber (Tachograph) mit automatischer Auswertungsmöglichkeit vorhanden ist. In den Fahrtenbüchern sind neben Angaben bzgl. der Zeit (Datum, Zeitpunkt Fahrtantritt und -ende), den Fahrtzielen und gefahrenen

Kilometern auch Angaben zur Betankung zu machen. Die Bezahlung der Tankvorgänge erfolgt entweder durch Tankkarten oder wird durch den Bediensteten ausgelegt. Die Fahrtenbücher werden lt. Dienstreise-/ Kfz-Ordnung durch den Fuhrparkverantwortlichen oder den Amtsleiter regelmäßig kontrolliert.

Den Fuhrparkverantwortlichen im klassischen Sinne gibt es übergeordnet in der Stadtverwaltung nicht. In einigen Ämtern wurde ein Mitarbeiter mit der Aufgabe des Verantwortlichen betraut. Dies führt er teilweise neben anderen Dienstaufgaben aus.

3.2. Fahrzeugstruktur

Die aktuelle Anzahl der Fahrzeuge in der Verwaltung der Landeshauptstadt beträgt 501. Das Durchschnittsalter für Fahrzeuge zur Personenbeförderung kann mit 7,5 Jahren konstatiert werden, wohingegen das durchschnittliche Alter von anderen Fahrzeugen 9,7 Jahre beträgt. Aufgrund fehlender Antworten einiger OE kann ggf. eine minimale Differenz zum wirklichen Ist-Stand bestehen. Diese dürfte aber aufgrund anderer historischer Zahlen vernachlässigbar sein. Es stand zum aktuellen Zeitpunkt kein genauerer Datensatz zur Auswertung bereit.

Für die detaillierten Auswertungen standen die in Tabelle 4 aufgeführten Angaben zu Fahrzeugklasse (93 %) und der Fahrtenbücher (13 %) der Fahrzeuge zur Verfügung. Dabei waren einige OE bei den zur Verfügung gestellten Fahrtenbüchern gar nicht vertreten und andere überdurchschnittlich stark. Bei Fahrzeugklassen handelt es sich um eine Kategorisierung der Fahrzeuge nach Größe und Nutzungszweck. Dabei umfassen Kleinstfahrzeuge und Kleinwagen vier Sitzplätze und einen sehr kleinen Kofferraum. Auf Basis des Platzes und der Motorisierung erfolgt dann die weitere Abgrenzung.

Tabelle 4: Stichprobenumfänge zum Fahrzeugbestand

TU Dresden Befragung, 07/2016		
Dienstfahrzeuge	501	
nach Fahrzeugklassen	465	Analysen nach Fahrzeugklassen
davon mit Fahrtenbuch	67	Optimierung, Tiefenanalyse

Die Flotte zeichnet sich somit neben der großen Anzahl von Kleinst- bis Kompaktfahrzeugen (30 %) durch einen sehr hohen Anteil (38 %) leichter Nutzfahrzeuge bis 3,5 t aus, von denen fast 60 % mit besonderen Auf- oder Einbauten versehen sind. Die Unterscheidung zwischen Van, leichtem Nutzfahrzeug und sonstiger Fahrzeugklasse wurde nicht immer korrekt durch die Befragten vorgenommen.

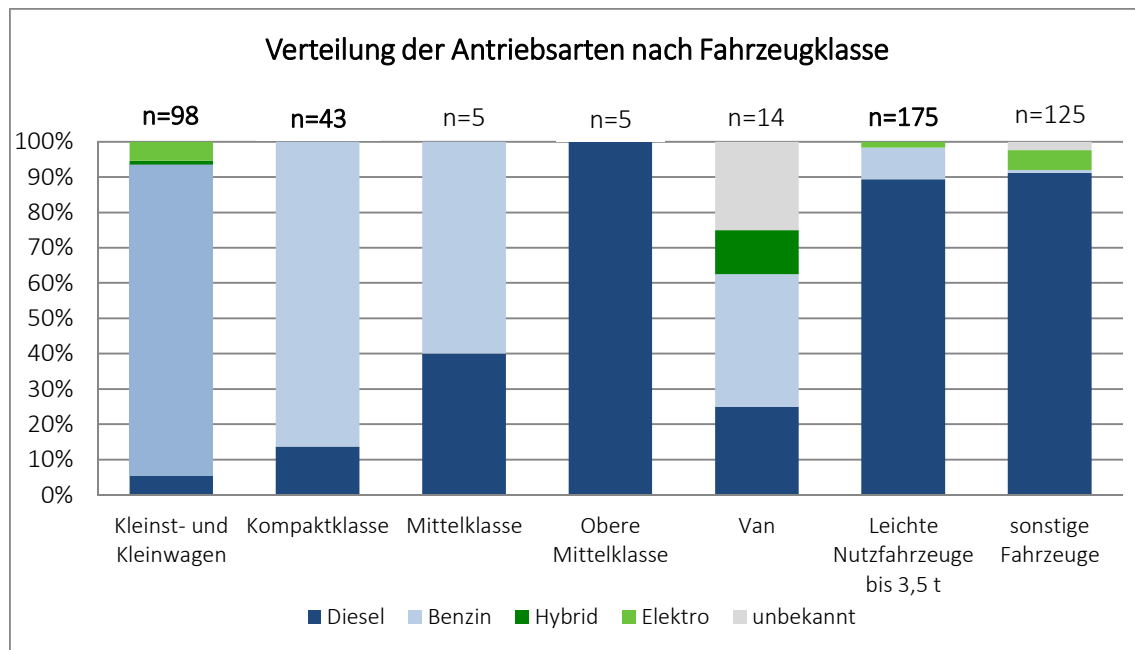


Abbildung 3: Verteilung der Fahrzeugklassen nach Antriebsart

Die große Mehrheit der Fahrzeuge aus der Kleinstwagenklasse bis Mittelklasse wird mit Benzin betrieben. Insgesamt gibt es bereits 15 elektrisch betriebene Fahrzeuge in der städtischen Flotte, von denen fünf aus dem Bereich Kleinst- und Kleinwagen sind. E-Fahrzeuge aus den Klassen leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t und „sonstige Fahrzeuge“ sind beispielsweise Multicars oder E-Karren, die schon seit mehreren Jahren mit elektrischem Antrieb verfügbar sind. Die E-Fahrzeuge verteilen sich über folgende Ämter:

- Amt für Stadtgrün und Abfallwirtschaft - 1 Fahrzeug
- Umweltamt - 2 Fahrzeuge
- Eigenbetrieb Städtisches Friedhofs- und Bestattungswesen Dresden - 1 Fahrzeug
- Eigenbetrieb Städtisches Klinikum Dresden-Friedrichstadt - 1 Fahrzeug

Leichte Nutzfahrzeuge und sonstige Fahrzeuge:

- Eigenbetrieb Städtisches Friedhofs- und Bestattungswesen Dresden - 2 leichte Nutzfahrzeuge
- Eigenbetrieb Städtisches Klinikum Dresden-Friedrichstadt - 1 leichtes Nutzfahrzeug / 3 sonstige Fahrzeuge
- Eigenbetrieb Städtisches Klinikum Dresden-Neustadt - 4 sonstige Fahrzeuge

3.3. Standorte und Fuhrparkzuordnung

Die einzelnen OE verfügen über die in Tabelle 5 nachfolgend dargestellte Verteilung der Anzahl von Fahrzeugen. Sehr viele OE betreiben eine geringe Anzahl von Fahrzeugen, einige wenige vergleichsweise viele Fahrzeuge.

Tabelle 5: Fahrzeuganzahl in den Ämtern

Anzahl der Fahrzeuge	Anzahl der Ämter	Amtsnummer(n)
168	1	27
83	1	66
29	1	52
24	1	57
20	2	32, 36
19	1	56
16	2	67, 41
12	1	53
9	1	10
8	3	56, 62, 10
7	1	86
6	1	71
5	4	94, 63, 50, 37
4	2	93, 51
3	2	96, 43
2	4	98, 92, 90, 65
1	6	97, 95, 91, 80, 61, 40
0	11	55, 47, 33, 30, 23, 22, 20, 17, 15, 14, 13

Da sich an den Standorten aber teilweise noch andere Organisationseinheiten befinden, bedarf es einer Zusammenfassung. Diese dient dem Ziel, die räumliche Fahrzeugverteilung im Stadtgebiet sichtbar zu machen. Die räumliche Zuordnung der Fahrzeuge zu den verschiedenen Standorten der Organisationseinheiten wurde auf Liegenschaftsebene, unabhängig von der Organisationseinheit, aggregiert. Dabei wurden alle Standorte, die sich innerhalb eines Radius von $r = 60$ m befinden zu einer Liegenschaft zusammengefasst.¹⁷

Zwei Drittel der Liegenschaften der LHD-Verwaltung besitzen mindestens ein Fahrzeug. Abbildung 4 zeigt, dass 23 % aller Fahrzeuge an nur einer Liegenschaft betrieben werden. An dieser Liegenschaft sind zwei OE¹⁸ ansässig, die hier zusammen 116 Fahrzeuge aufweisen (17 Kleinst-/Kleinwagen, 5 Kompaktfahrzeuge und 94 Transporter oder sonstige). 23 Liegenschaften weisen keine Fahrzeuge auf.

¹⁷ In Abwägung zur adressenbezogenen Auswertung bietet sich hierbei der Vorteil, dass auch mehrere Adressen einer Liegenschaft berücksichtigt werden können.

¹⁸ Straßen- und Tiefbauamt und der Regiebetrieb Technische Dienstleistungen

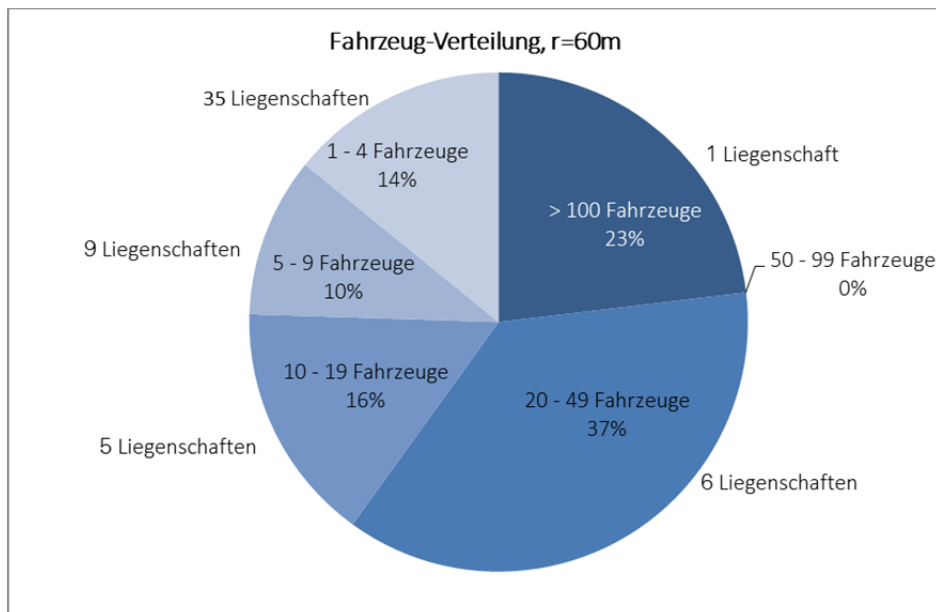


Abbildung 4: Verteilung der Fahrzeuge nach Größe der Liegenschaften

Für über 70 % der Standorte der Organisationseinheiten (92 von 144) wurde angegeben, dass Parkplätze für Dienstfahrzeuge oder Privat-Kfz verfügbar sind. Werden die Angaben zur Parkplatzverfügbarkeit auf die Liegenschaften aggregiert, ergibt sich ein Ausstattungsgrad mit Parkplätzen von fast 80 % der Liegenschaften.

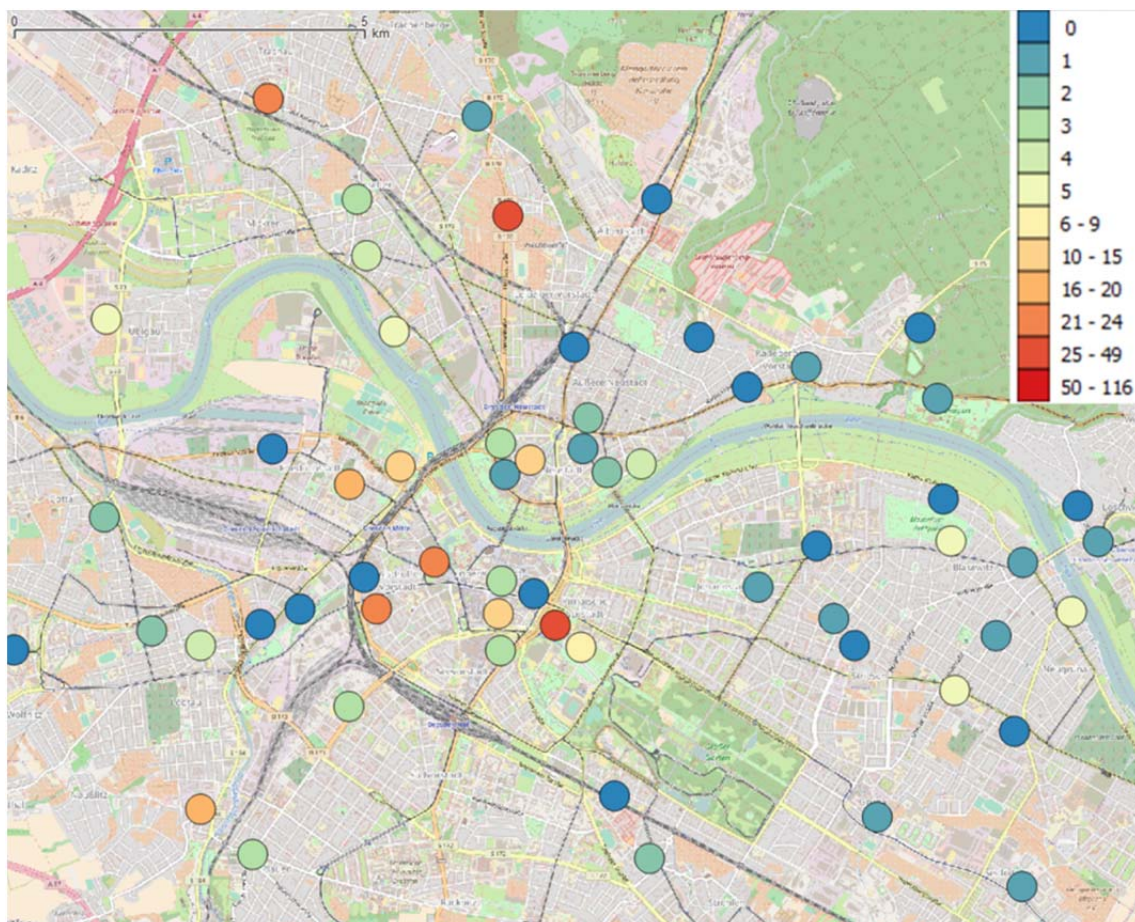


Abbildung 5: Fahrzeuganzahl bei Verwaltungs-Liegenschaften in Dresden

Ein Großteil der Ämter ist im Stadtzentrum verortet. Abbildung 5 zeigt die Liegenschaften, farblich skaliert nach der Anzahl der Fahrzeuge pro Liegenschaft. Dem Anhang II kann eine Karte mit der Verteilung der Anzahl der Ämter pro Liegenschaft über das Stadtgebiet entnommen werden.

3.4. Anforderung an den Fuhrpark

Hinsichtlich der Anforderungen an Verfügbarkeit und besondere Ausstattung der Fahrzeuge wurden am häufigsten die folgenden Punkte von den OE genannt:

- Fahrzeuggröße (19 %),
- 24/7-Verfügbarkeit¹⁹ (15 %)
- Mitführen bestimmter Werkzeuge (12 %)
- besondere Auf- und Einbauten (12 %)

74 %²⁰ der genannten Anforderungen an Fahrzeuggröße beziehen sich dabei auf Fahrzeuge der Klasse Transporter oder Lkw resp. „sonstige Fahrzeuge“. Dies deckt sich mit der hohen Anzahl von Nutzfahrzeugen in der städtischen Flotte. Nur ca. 20 %²¹ der Organisationseinheiten machten bei der detaillierten Anforderungsbeschreibung der Fahrzeuggröße Angaben zu Kleinst-, Klein- oder Kompaktklassewagen. Oft hat es in Bezug auf ein spezifisches Fahrzeug bauartbedingte Gründe, dass beispielsweise ein Kombimodell statt einer Limousine benötigt wird.

Zur Minimierung des Fragebogenumfangs wurden die Anforderungen ämterbasiert erhoben, sodass eine direkte Zuordnung der Fahrzeuge erst nachträglich erfolgte. Dies war aufgrund der tieferen Beschreibung der Anforderungen durch die Ämter möglich. Sofern standortspezifische Angaben gemacht wurden, konnten diese konkret der entsprechenden Außenstelle zugeordnet werden. Andernfalls wurden die einzelnen Anforderungen auf die verschiedenen Standorte dupliziert und den dort betriebenen Fahrzeugklassen zugeordnet. Auf Basis der Anforderungsbeschreibungen durch die OE konnten Unterkategorien zu den bereits vorgegebenen Kriterien gebildet werden. Eine Übersicht der Angaben aggregiert zu den Unterkategorien mit der Häufigkeitsverteilung kann dem Anhang III entnommen werden. Mit Hilfe der angegebenen Fahrzeuganzahl pro Verwaltungsstandort konnte anschließend eine Gewichtung vorgenommen werden, um die Relevanz der Anforderungen nach entsprechender Häufigkeit der Fahrzeuge zu berücksichtigen. Die folgenden Aussagen beziehen sich entsprechend auf die summierten Fahrzeuge pro Fahrzeugklasse für die einzelnen Standorte der Organisationseinheiten.

¹⁹ 24/7 bedeutet eine uneingeschränkte Verfügbarkeit rund um die Uhr (24 Stunden, 7 Tage die Woche). Dies betrifft z. B. Fahrzeuge, welche für die Gefahrenabwehr benötigt werden.

²⁰ Bezogen auf die bereits vorhandenen Fahrzeuge der Klassen Transporter und „sonstige“ betreffen 92,5 % der Angaben der Ämter diese Fahrzeuggröße.

²¹ Bezogen auf die vorhandenen Fahrzeuge der Klasse Kleinst- bis Kompaktwagen betreffen nur 5,6% der Angaben diese Fahrzeuggrößen.

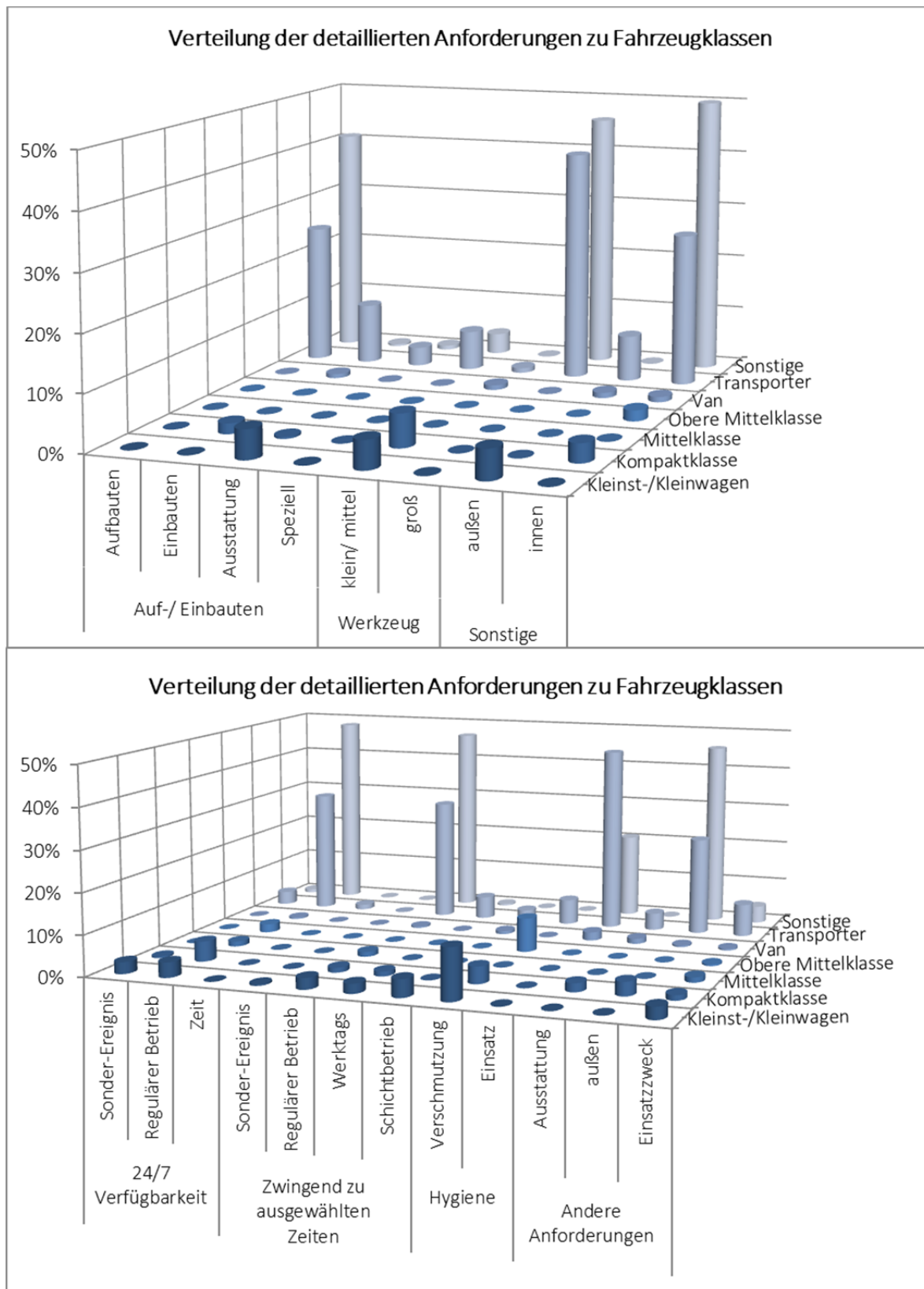


Abbildung 6: Verteilung der Anforderungen zu Fahrzeugklassen

Auf- und Einbauten werden in den Nutzfahrzeugklassen sehr häufig als Anforderung genannt. Bei kleineren Fahrzeugklassen beziehen sich Merkmale hauptsächlich auf Zubehörteile wie betrieblich notwendige Klimaanlage oder Anhängerkupplungen.

Sehr häufig wurde angegeben, dass Werkzeuge oder Geräte in kleiner und großer Ausführung transportiert werden müssen.

Anforderungen bezüglich sonstiger Ausstattung bezogen sich in den meisten Fällen (178 von 208 Angaben) auf die Innenausstattung. Hierunter fallen beispielsweise neben verschiedenen Einbauten auch Ausstattungsmerkmale wie Standheizung, Navigation, Klimaanlage, Seitenschiebetüren oder ein Schwingsitz im Transporterbereich. 30 Angaben wurden allerdings zu äußeren Ausstattungskriterien, wie Aufbauten oder gesonderter Lackierung und Kennzeichnung des Fahrzeugs, gemacht.

3.5. Auslastungsanalyse

Die Auslastungsanalyse soll aufzeigen, wie die aktuell eingesetzten Fahrzeuge genutzt werden. Dafür wurden die bereitgestellten 67 Fahrtenbücher digitalisiert. Für weitere Berechnungen wird diese exemplarische Nutzung verwendet, um auf den gesamten Fuhrpark zu schließen. Tabelle 6 stellt die durchschnittlichen Laufleistungen und Einsatzcharakteristika für die verschiedenen Fahrzeugklassen dar.

Tabelle 6: Einsatzcharakteristika nach Fahrzeugklassen

	Anzahl Fahrtenbücher (Anzahl im Fuhrpark) ²²		Ø Laufleistung [km]	Ø Anzahl Einsatztage	Ø Fahrtlänge [km]	Median der Fahrten [km]	Anteil der Fahrten > 100 km	Ø Einsatz- dauer pro Fahrt [h]
Kleinstwagen	6	(98 ²³)	7198	266	25,39	23	0 %	3,63
Kleinwagen	14		5389	198	26,63	22	1 %	8,40
Kompakt- klasse	14 (43)		5518	245	26,61	20	2 %	6,20
Mittelklasse	1 (5)		3789	55	43,13	23	5 %	12,50
obere Mittelklasse	1 (5)		41093	299	137,43	61	25 %	_ ²⁴
Van	9 (14)		4997	160	29,60	21	2 %	6,30
Transporter / Pickup	8 (175)		8282	214	46,03	31	4 %	5,33
Sonstige	4 (125)		2257	131	17,43	14	0 %	5,80

Die verhältnismäßig langen Einsatzdauern pro Fahrt lassen auf sehr lange Fahrten verbunden mit ungenau geführten Fahrtenbüchern schließen. Es ist zu vermuten, dass einzelne Fahrten am Nutzungsende aggregiert werden. Ausschließlich bei der oberen Mittelklasse ist ein relevanter Anteil an Fahrten von mehr als 100 Kilometern zu verzeichnen. Die restlichen Fahrzeugklassen weisen deutlich geringere Fahrtlängen auf, was für den Ersatz von Verbrenner-Fahrzeugen durch E-Fahrzeuge günstig ist.

²² Eine höhere Anzahl an Fahrtenbüchern zu den, von den OE angegebenen Fahrzeugen, entsteht durch unterschiedliche Fahrzeugklassen-Zuordnungen der OE. So ist bspw. die Klasse „Van“ z.T. schwierig zuordnenbar.

²³ Die Klassen Kleinst-/Kleinwagen wurden bei der Zuordnung der Kategorie zusammengefasst. Die 93 Stück beziehen sich somit auf die Gesamtanzahl aller Kleinst- und Kleinwagen.

²⁴ Fahrzeiten wurden in die Fahrtenbücher nicht eingetragen

Über alle Fahrzeugklassen hinweg beträgt die durchschnittliche Länge einer Fahrt ca. 32 km, der Median 22 km. Abbildung 7 zeigt, dass rund 70 % der Fahrten eine Länge von unter 30 km haben. Der Peak befindet sich hier bei 15 km pro Fahrt. Damit kann konstatiert werden, dass die Fahrten überwiegend im Stadtgebiet stattfinden und sehr selten längere Strecken absolviert werden. Ein hoher Anteil von extrem kurzen Strecken kann nicht festgestellt werden.

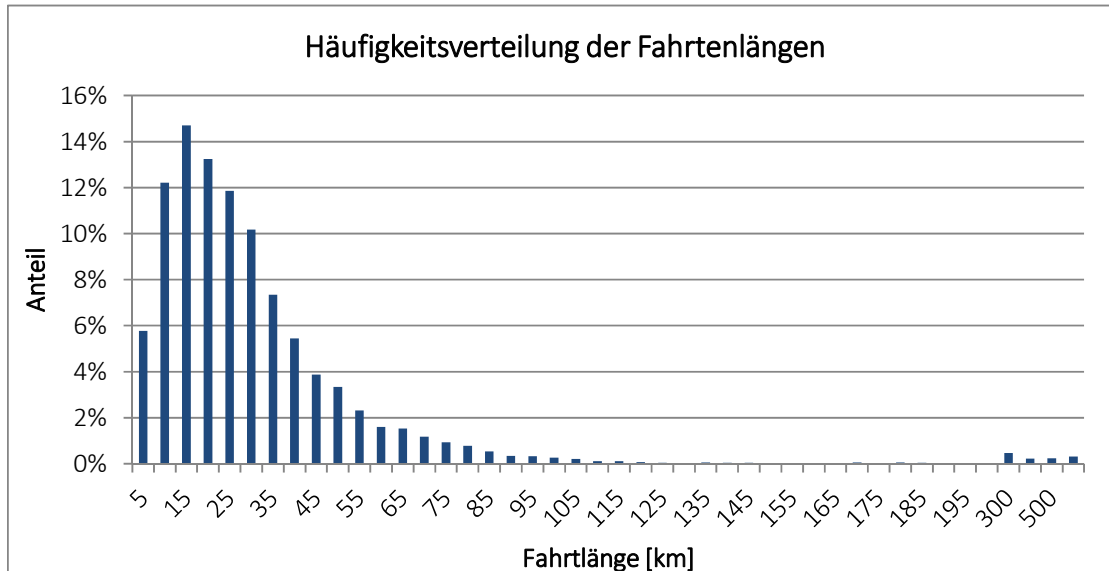


Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Fahrtenlängen über alle Ämter, über alle Fahrzeugklassen.

Der Beginn der Buchungen über den Tagesverlauf wurde exemplarisch für ausgewählte Fahrzeugklassen dargestellt. Sie zeigen den Anteil der jeweiligen Stunde über den Tagesverlauf an, in welcher der Beginn einer Buchung zu erfolgt. Es wird deutlich, dass hohe Konzentrationen zu verzeichnen sind.

Insgesamt kristallisierten sich drei auffallende Peaks heraus:

- 07:00 – 08:00 Uhr Arbeitsbeginn bei den Nutzfahrzeugen
- 09:00 – 10:00 Uhr Peak für Kleinst- bis Mittelklassefahrzeuge
- 13:00 – 14:00 Uhr Nachmittagsspitze

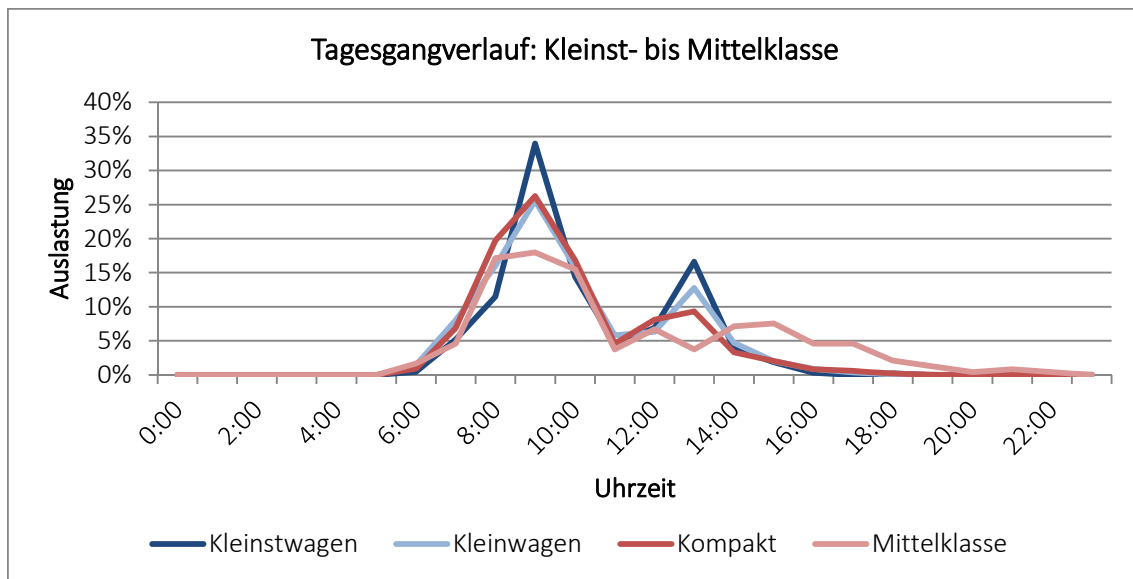


Abbildung 8: Tagesgang nach Fahrzeugklassen: Kleinst- bis Mittelklasse

Es sind die unterschiedlichen Arbeitszeiten und Arbeitsbeginn zwischen technischen und administrativen Personal ersichtlich. Auch der unterschiedliche Einsatzbereich durch längere Strecken bei den Mittelklassefahrzeugen spiegelt sich wieder.

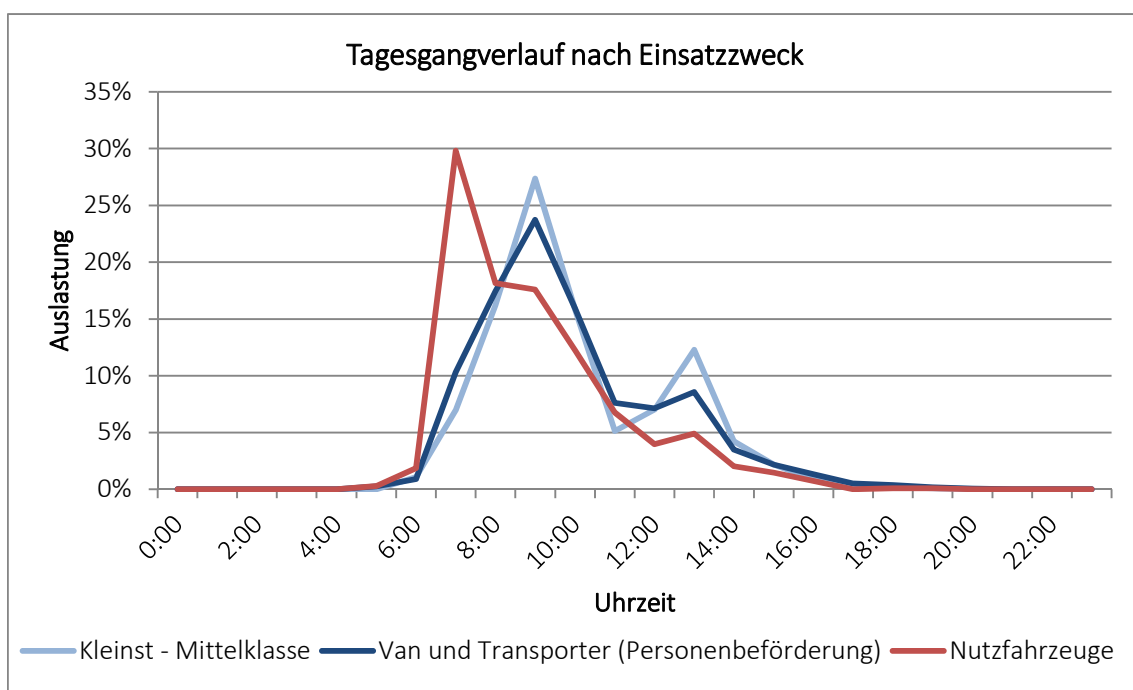


Abbildung 9: Tagesgang nach ausgewählten Fahrzeugklassen

Wie schon zu Beginn aufgeführt, wurden aus Datenschutzgründen keine Fahrtziele erhoben. Daher können keine validen Aussagen zu Pendelverkehren zwischen den Liegenschaften der LHD getroffen werden. Es wird vermutet, dass die Fahrten sich im einstelligen Prozentbereich bewegen.

Aus der Befragung ergaben sich für verschiedene Fahrzeugtypen und Ämter diversifizierte Einsatzzwecke. Die Fahrzeuge mit Dieselantrieb weisen die höchsten Wegelängen auf.

Heruntergebrochen auf die Fahrzeugklassen bewegen sich insbesondere Kleinst- bis Kompaktklassefahrzeuge im mittleren Fahrstreckenbereich, Transporter und obere Mittelklassefahrzeuge im oberen Streckenbereich und „Sonstige Fahrzeuge“ im unteren Bereich. Die Nutzungsfrequenzen liegen zwischen 1 Mal und 2,4 Mal am Tag. Nach Nutzungshäufigkeit ist die Verteilung nach Fahrzeugklassen sehr heterogen und nicht nach besonderen Kriterien kategorisierbar.

Im städtischen Fuhrpark befinden sich aktuell fünf Elektrofahrzeuge aus dem Kleinst- und Kleinwagen Segment. Es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede in der zeitlichen Nutzung. Die Häufigkeitsverteilung der Wegelängen von EV zeigt zwar eine dichtere Ausprägung im Bereich bis 25 km, allerdings bestehen auch hier kaum Unterschiede zur Nutzung der Verbrenner.

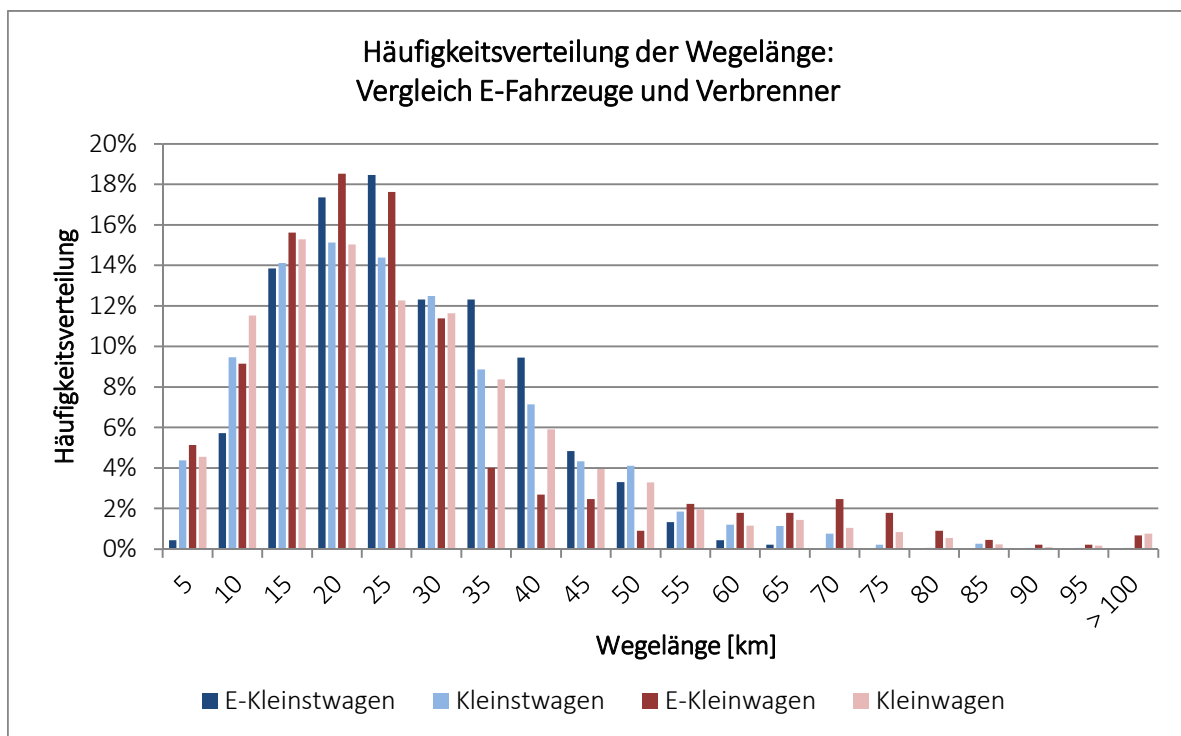


Abbildung 10: Vergleich Wegelängen E-Fahrzeug und konventionelle Kleinwagen

Für die längeren Strecken werden die Elektrofahrzeuge mit größeren Akkukapazitäten präferiert, respektive öfter genutzt. Grundsätzlich werden die vorhandenen E-Fahrzeuge gut angenommen. Die Jahreslaufleistungen unterscheiden sich nur gering von denen der Verbrenner, vgl. Tabelle 7.

Tabelle 7: Durchschnittliche Jahreslaufleistung: Vergleich E-Fahrzeuge und Verbrenner

	Elektro Laufleistung [km]	Benzin Laufleistung [km]	Einheit
Kleinstwagen	5777	5141	km/ Fahrzeug p.a.
Kleinwagen	5945	7085	km/ Fahrzeug p.a.

Aus den Gesprächen mit den Organisationseinheiten der Stadt Dresden wurde deutlich, dass nur insgesamt zwei Lademöglichkeiten in Form von Wallboxen selbst errichtet wurden: an den Standorten Heidefriedhof und am Standort Lingnerstadt. An letzterem Standort werden drei E-Mobile betrieben. Die Investitionskosten der Wallboxen, die von der LHD beschafft wurden, liegen zwischen 600 € bis 1200 €.

In der Umfrage gaben jedoch mehr Ämter an die Möglichkeit der Ladung eines Elektrofahrzeuges zu haben, vgl. 5.4.1. Eine detaillierte Auswertung erfolgt im Abschnitt 5.

3.6. Kosten

Die Kosten der Fahrzeuge setzen sich aus den Beschaffungs- oder Leasingkosten sowie den laufenden Kosten zusammen. Ein Gesamtbild muss neben diesen beiden Positionen auch die Fahrzeugklassen und die Laufleistungen der Fahrzeuge im Jahr berücksichtigen.

Durchschnittlich gaben die Ämter im Jahr 2015 für ihren Fuhrpark jährlich 8.272 € für Ersatzteile, Reparatur, Untersuchung, Inspektion und Pflege sowie 9.145 € für Kraftstoff aus. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Zahlen aufgrund der unterschiedlichen Fahrzeugzahlen und teilweise fehlender Positionen nicht besonders aussagekräftig sind. Aus den gesondert zugearbeiteten Daten einer OE²⁵ konnten detailliertere Angaben ermittelt werden. Hierfür fielen bei diesem Amt im Jahr 2015 durchschnittlich Kosten in Höhe von rund 750 €²⁶ pro Fahrzeug für Reparatur, Wäsche und Hauptuntersuchungen an.

Nachstehend werden die generellen Kosten des Fuhrparks dargestellt und in Tabelle 8 zusammengefasst. Durch Zuarbeiten eines Amtes konnten die realen Kraftstoffverbräuche (Betriebskosten) zugrunde gelegt werden. Da die OE-Angaben der Fixkosten (Reparatur, Untersuchungen etc.) sehr variieren, wurde hierfür die ADAC-Autodatenbank als Grundlage genutzt.²⁷ Für einen umfassenden Kostenvergleich werden folgende Kosten der Tabelle 8 betrachtet:

²⁵ Amt für Stadtgrün- und Abfallwirtschaft

²⁶ Aus den Quellen über die gesamte Landeshauptstadt und von Stadtgrün- und Gesundheitsamt

²⁷ Als Eingabekriterien wurde die maximal auswählbare Haltedauer von 60 Monaten und 10.000 km Fahrleistung pro Jahr verwendet.

Tabelle 8: Bestandteile der Kostenbetrachtung und Erklärung der Datenherkunft resp. Annahmen

Kosten		Erklärung
Anschaffungskosten		Verwendet werden die Referenzpreise der LHD, abgeschrieben auf 8 Jahre mit einem Zinssatz in Höhe von 0 % (Orientierung am Zinssatz von Bundeswertpapieren) ²⁸ .
Strom-/Kraftstoffverbrauch		Für die Verbrenner werden die Angaben der OE verwendet. Für die Berechnung der Stromverbräuche werden die Herstellerangaben mit einen Aufschlag von 25 % genutzt
Kraftstoffkosten		Orientierung am Durchschnitt von 2006 – 2016 (Angaben des Statistischen Bundesamtes).
Jahreslaufleistung		Für den direkten Vergleich wird zunächst eine Jahreslaufleistung von 10.000 km genutzt. Berechnungen für den gesamten Fuhrpark legen die durchschnittlichen Jahreslaufleistungen pro Fahrzeugklasse aus den Fahrtenbüchern zugrunde. Poolbasierte Berechnungen nutzen die angegebenen Laufleistungen am Standort.
Flottengröße		Die untersuchte Flottengröße bezieht sich auf die Umfrageergebnisse der TUD
Fixkosten	Kfz Steuer	ADAC Autodatenbank (E-Fahrzeuge: umgerechnet auf 5 Jahre Steuerfreiheit)
	Versicherung	ADAC Autodatenbank (gleich für Verbrenner und E-Fahrzeuge)
Wartungskosten		ADAC Autodatenbank: OE-Daten konnten aufgrund nicht sinnvoller Größenunterschiede zwischen den Fahrzeugklasse nicht genutzt werden ²⁹ . E-Fahrzeuge, sofern diese noch nicht in der Datenbank gelistet waren, unterliegen der Annahme, dass die Werkstattkosten pro Jahr 7,5 % günstiger sind (vgl. Hackmann et al. 2015).
Parkplatzkosten		Pauschal wurden monatlich 35 € Mietkosten für jeden Stellplatz angenommen.
Ladeinfrastruktur (LIS)		Die Kosten für eine Wallbox wurden auf 1.500 € aufgerundet und ebenfalls auf 8 Jahre abgeschrieben. Hinzu werden jährliche Instandhaltungskosten für die LIS von 50 € gerechnet (vgl. Kley 2011a). Da eine eins zu eins Zuordnung der Lademöglichkeiten und Fahrzeugen angestrebt wird, fallen diese Kosten für jedes Fahrzeug an.
Externe Emissionskosten		Diese Werte wurden im Vergleich mit den E-Fahrzeugen in die Betrachtung einbezogen. Grundlage bildet die HBEFA Datenbank und die Vergabeverordnung vom 12. April 2016 (BGBl. I S.624)

Die Daten basieren auf o.g. Quellen. Für einen direkten Vergleich der Fahrzeugklassen wurde zunächst eine jährliche Laufleistung von 10.0000 km zugrunde gelegt, vgl. Abbildung 11. Die Fahrzeugklassen Kleinst- bis Mittelklasse wurden als Benziner, die drei größeren Fahrzeugklassen als Dieselfahrzeuge berechnet. Bei gleicher Jahreslaufleistung ist der Unterhalt eines oberen Mittelklasse Fahrzeugs am teuersten, an zweiter Stelle kommt die Transporter-Klasse.

Die nicht auszahlungswirksamen Emissionskosten sind im Vergleich zu den anderen Kostenparametern niedrig und haben keinen signifikanten Anteil an den Gesamtkosten. Sie umfassen die Schadstoffe HC, NOx, PM und CO2 basierend auf den im nächsten Abschnitt berechneten Emissionen.

²⁸ Die Annahme folgt der aktuellen Bewertungsbasis der Landeshauptstadt Dresden. In der Zukunft sind hier ggf. deutlich höhere Werte anzusetzen.

²⁹ Daten der Ämter stellen nur zufälligen Ausschnitt dar. Bsp.: Reparaturkosten für Kleinstwagen 6 Mal so hoch wie beim Kompaktfahrzeug.

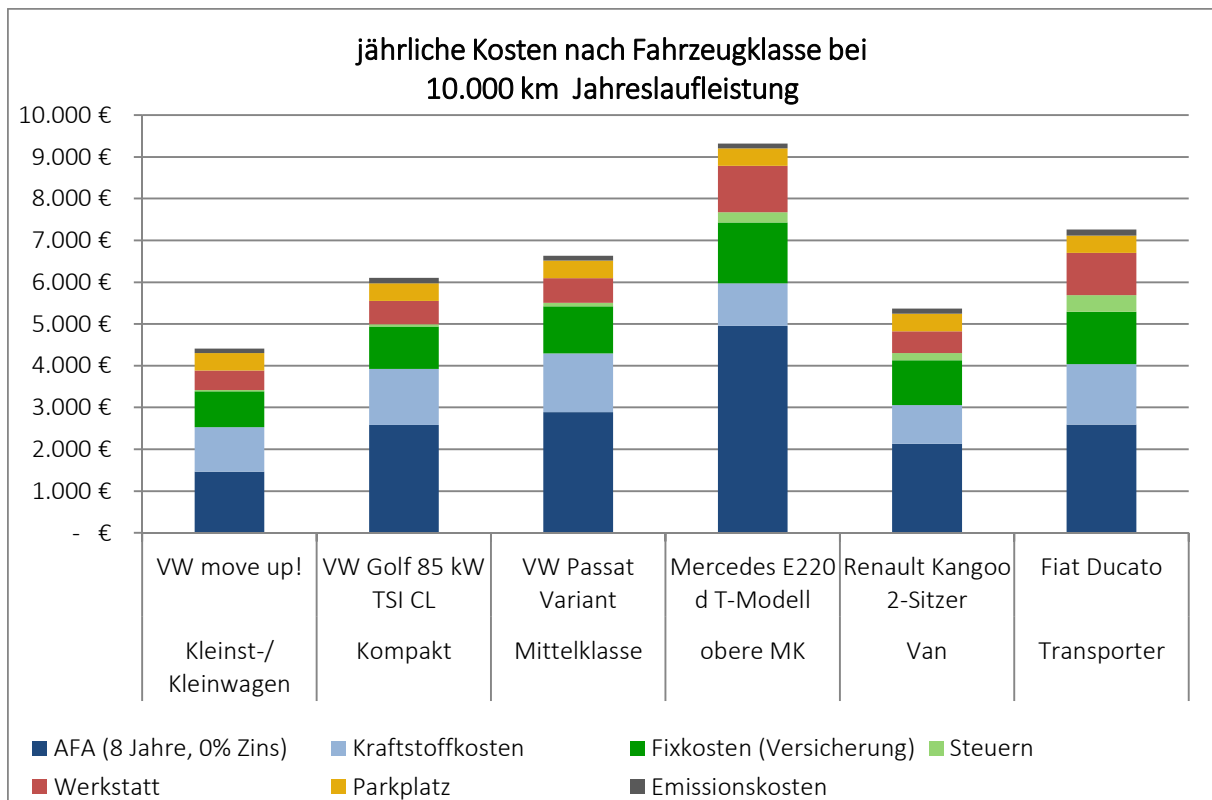


Abbildung 11: Gesamtkostenvergleich von Verbrennern bei 10.000 km Jahreslaufleistung

Bezogen auf den aktuellen Fuhrpark der Stadt wurden, basierend auf den durchschnittlichen Jahreslaufleistungen aus den bereitgestellten Fahrtenbüchern sowie der Fahrzeuganzahl, die Kostenzusammensetzungen kalkuliert. Abbildung 12 zeigt die Verteilung der jährlichen Gesamtkosten nach Fahrzeugklassen³⁰.

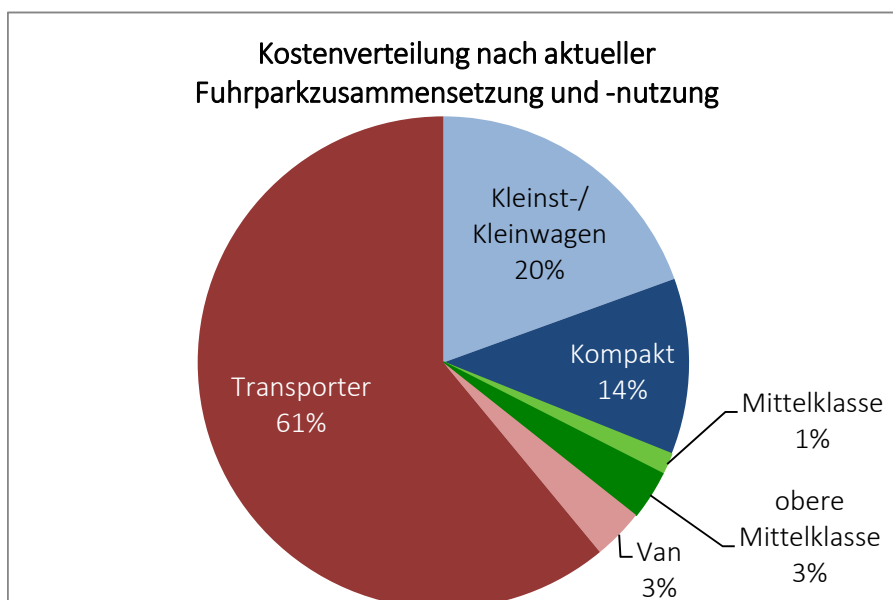


Abbildung 12: Kostenverteilung aktueller Fuhrparkzusammensetzung der LHD

³⁰ Verteilung basiert auf den 340 ermittelten Fahrzeugen nach Fahrzeugklassen inkl. fünf E-Fahrzeugen

Es zeigt sich, dass die Kosten für Kleinst- und Kleinwagen, die in Summe 29 % des städtischen Fuhrparks ausmachen, nur 20 % der Gesamtkosten verursachen. Der Großteil der Kosten (61 %) entsteht hingegen durch die Transporter, die in der Flotte³¹ die Hälfte der Fahrzeuge ausmachen. Insgesamt entstehen jährlich Kosten von ca. 2 Millionen € für den aktuellen städtischen Fuhrpark.

3.7. Umweltwirkungen

Im vorliegenden Abschnitt werden die Umweltwirkungen für den aktuellen städtischen Fuhrpark berechnet.

Berechnungsgrundlage stellt die ermittelte Anzahl der Fahrzeuge gegliedert nach Fahrzeugklassen und Antriebsart dar. Fahrzeuge der Klasse „sonstige“ können nicht in die Betrachtung mit aufgenommen werden³², zudem beinhaltet die Stichprobe fünf E-Fahrzeuge aus dem Kleinst-/ Kleinwagen Segment. Die methodische Berechnung erfolgt auf Basis der HBEFA-Datenbank (Handbook Emission Factors for Road Transport). Diese verlangt die Einordnung der Fahrzeuge in Fahrzeuggruppen³³, die durch die Antriebsart, Hubraumgröße³⁴ und Euroklasse charakterisiert werden. Basierend auf einer Fahrzeugliste der Kfz-Zulassungsstelle der Landeshauptstadt wurden die Zusammensetzungen der Fahrzeuggruppen und damit verbundene Umweltwirkungen verwendet, sodass die Emissionswerte für die Fahrzeugklassen berechnet werden konnten. Den Fahrzeugklassen liegen die durchschnittlichen Jahreslaufleistungen aus den Fahrtenbüchern zugrunde.

Für den aktuellen Fuhrpark der Landeshauptstadt Dresden ergeben sich die im Folgenden aufgeführten Emissionswerte. Zur Ermittlung aller direkten und indirekten Emissionen wurde der Well-to-Wheel-Ansatz³⁵ gewählt. Es flossen demnach Emissionen der Kraftstoffherstellung und –bereitstellung (Well-to-Tank³⁶) sowie des direkten Fahrzeugbetriebs (Tank-to-Wheel³⁷: warme Emissionen, Kaltstartemissionen und Verdampfungsemissionen) in die Betrachtung ein.

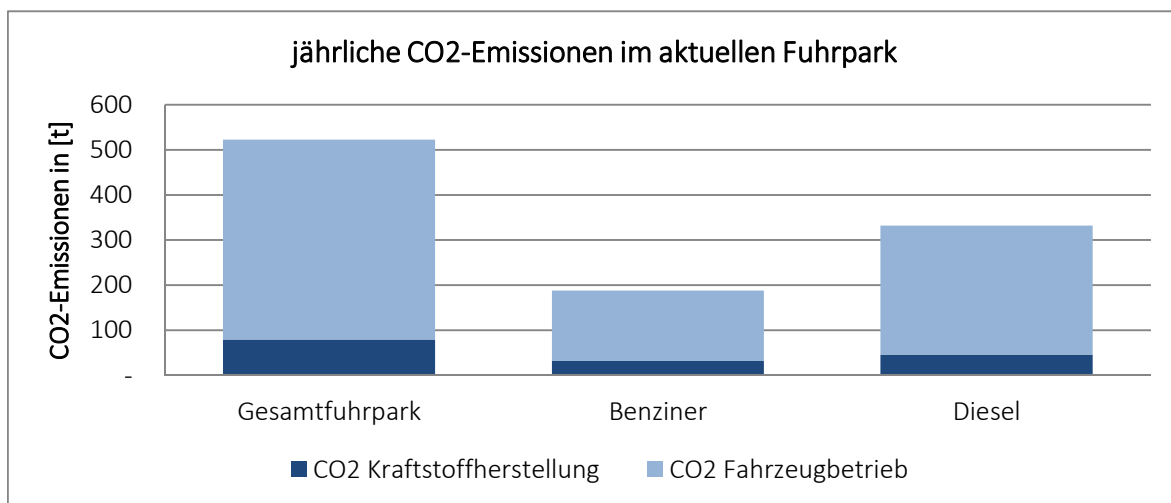


Abbildung 13: Gesamte jährliche CO2-Emissionen der städtischen Fahrzeugflotte

³¹ Ohne Fahrzeugklasse „sonstige“

³² 465 Fahrzeuge abzüglich 125 sonstiger Nutzfahrzeuge, für die keine Umweltwirkungen berechnet wurden

³³ In HBEFA als Fahrzeugschicht bezeichnet

³⁴ Werte bzgl. Hubraumgröße und Euroklasse wurden nachträglich erhoben. Es wurde entsprechend die Annahme getroffen, dass die Fahrzeuge jeweils mit dem kleinsten Motor ausgestattet sind

³⁵ Ansatz nach Darlington et. al. (2005) – berücksichtigt den gesamten Prozess vom Öl-Abbau bis zur Nutzung im Fahrzeug.

³⁶ Emissionen, die bei der Förderung des Vorproduktes Öl bis zur Bereitstellung des Kraftstoffes an der Tankstelle entstehen.

³⁷ Emissionen, die ab dem Tanken bis zur Fortbewegung des Fahrzeuges entstehen.

Ca. 15 % der gesamten CO₂-Emissionen entfallen auf die Kraftstoffherstellung und –bereitstellung, knapp 85 % fallen aufgrund des Fahrzeugbetriebs an (vgl. Abbildung 13). Insgesamt emittiert der Fuhrpark so inkl. fünf Elektrofahrzeuge innerhalb eines Betrachtungsjahres ca. 522 t CO₂. Auf eine Darstellung der Elektrofahrzeuge in Abbildung 13 wurde verzichtet, da der Balken nicht wahrnehmbar ist. Die tiefere methodische Erläuterung kann dem Anhang IV entnommen werden. Darin sind auch die Auswirkungen der Fahrzeugherstellung aufgeführt³⁸.

Abbildung 14 stellt die Verteilung der verursachten Emissionen nach den Fahrzeugklassen dar. Durch die Kombination von Fahrzeugmenge und Emissionswerten wird ersichtlich, in welchen Fahrzeugklassen die größten Anknüpfungspunkte für eine ökologische Optimierung liegen.

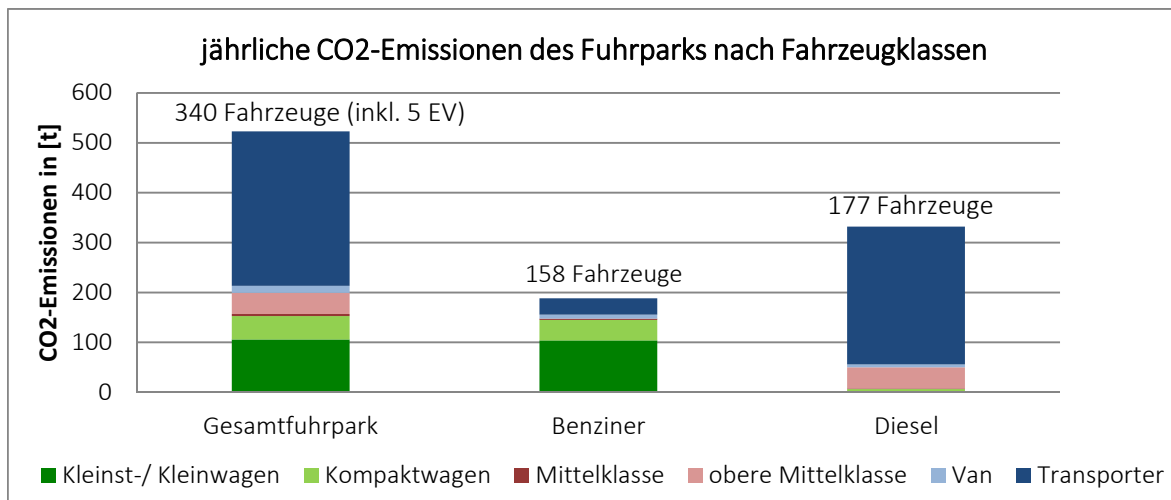


Abbildung 14: Jährliche CO₂-Emissionen des Fuhrparks nach Antriebsart und Fahrzeugklasse

Durch den durchschnittlich höheren Motorisierungsgrad der Dieselfahrzeuge im Betrachtungsfuhrpark (Benziner meist im Kleinst- und Kleinwagenbereich) entfallen knapp zwei Drittel der CO₂-Emissionen auf die 177 Dieselfahrzeuge (52 % des betrachteten Fuhrparks).

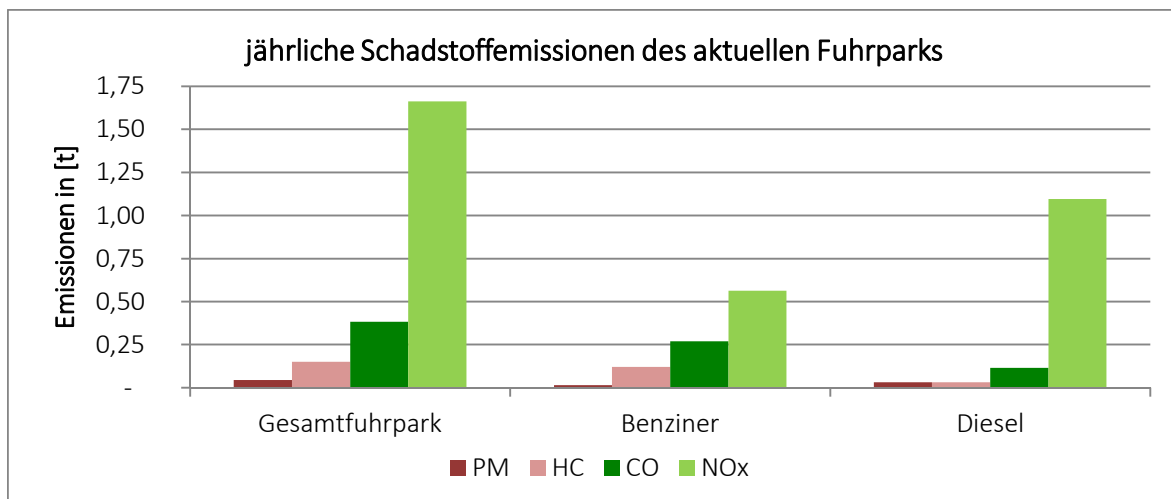


Abbildung 15: Jährliche Schadstoffemissionen des betrachteten Fuhrparks der LHD

³⁸ Die Fahrzeugherstellung und –entsorgung wurde nicht berücksichtigt, da hier keine verlässlichen Aussagen möglich waren.

Neben den CO₂-Emissionen zeigt Abbildung 15 weitere Schadstoffemissionen, die durch die verschiedenen Kraftstoffarten im städtischen Fuhrpark entstehen. Dabei tragen insb. die Dieselfahrzeuge stark zum NO_x Wert bei.

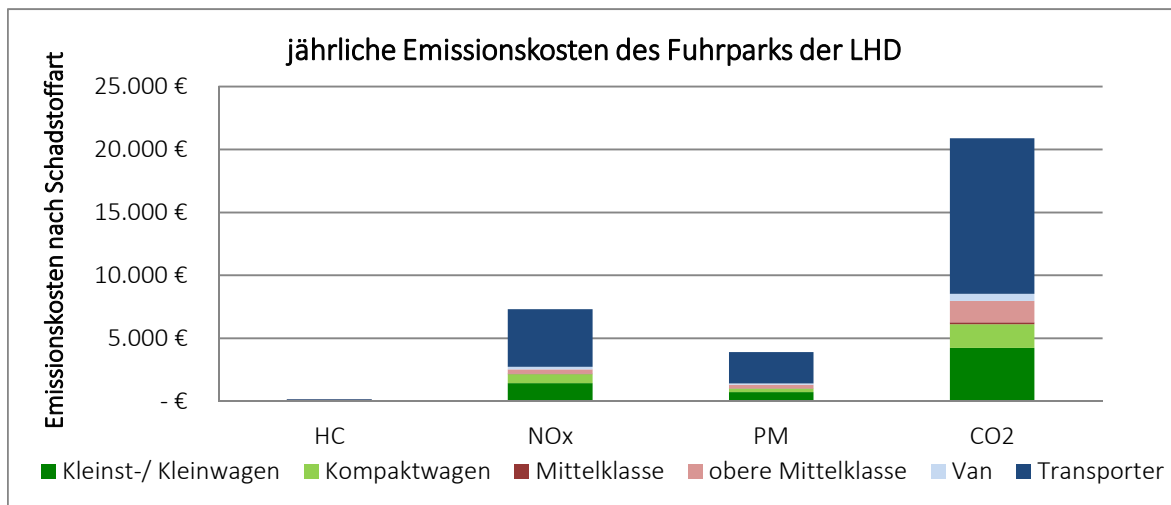


Abbildung 16: Jährliche Emissionskosten des Fuhrparks der LHD nach Ursprungsart

Insgesamt fallen über alle untersuchten Schadstoffklassen durch den Fuhrpark der Stadt Dresden jährlich ca. 32.273 € externe Umweltkosten³⁹ an, die zu 65 % auf den Emissionsfaktor CO₂ und zu 23 % auf NO_x zurückzuführen sind (vgl. Abbildung 16). Dieser Ansatz basiert auf den Lebenszykluskosten, die durch externe Effekte der Umweltbelastung entstehen (d.h. Kosten für Schäden durch Treibhausgas- und Schadstoffemissionen, Kosten des Klimawandels). In einem ganzheitlichen TCO-Kosten Ansatz können diese Kosten entsprechend herangezogen werden (vgl. BMJV 2016, §59). Allerdings erscheint der Wert im Vergleich zu den gesamten Fuhrparkkosten eher klein. Die absolute Größenordnung würde nur für beschränkte Investitionen reichen. Bei den durchschnittlichen Fahrleistungen ergeben sich im Mittel ca. 142 € je Jahr und Fahrzeug an Emissionskosten. Damit ergeben sich keine Möglichkeiten zur relevanten Finanzierung von ökologischen Maßnahmen bei den Fahrzeugen.

³⁹ Nach Preisen der Vergabeverordnung: „Emissionskosten im Straßenverkehr“ (BMJV, 2016, S. 45), ohne sonstiges externe Umweltkosten wie Folgekosten Lärm etc.

3.8. Fazit und Handlungsempfehlungen

Ist-Stand

Aktuell werden im städtischen Fuhrpark die Fahrzeuge dezentral unterhalten. Dies geschieht unter Existenz einer internen Verrechnung und OE-zugehörigem Budget. Ferner erfolgt keine amtsübergreifende Nutzung der Fahrzeuge. Aufgrund der dezentralen Struktur erscheint diese Form der Fuhrparkorganisation historisch auch nachvollziehbar. Zudem sprechen Abrechnungsproblematiken und haushaltsrechtliche Belange für eine Trennung.

Für die 340 Fahrzeuge des städtischen Fuhrparks der Klassen Kleinstwagen bis Transporter lassen sich folgende Kennzahlen konstatieren:

- Nutzungshäufigkeit: durchschnittlich 1 bis 2,4 Mal pro Tag
- Fahrtlänge: durchschnittlich 32 km pro Fahrt (Median: 22 km)
- Kosten⁴⁰: jährlich ca. 2 Millionen €
- Umwelt: jährlich ca. 522 t CO₂-Emissionen

Probleme und Lösungen

Aus dem Ist-Stand ergeben sich folgende Probleme und Lösungsansätze:

Probleme	Lösungsansätze
• hoher Anteil identisch, aber dezentral durchgeführter Aufgaben mit wahrscheinlichen Dopplungen • Routinen im Ablauf können sich insbesondere bei einer Zuordnung von einzelnen Fahrzeugen an unterschiedliche Personen nicht einstellen • Provisorien, die kein standardisiertes Controlling zulassen (insb. betroffen: viele kleinere OE mit wenigen Fahrzeuge)	• Zentrale Strukturen schaffen • Softwarelösungen für: ○ Analysen zur Ersetzung von Provisorien ○ den Betrieb (z.B. Buchungssystem) • Integration in ein gesamtheitliches Mobilitätsmanagement, um das effizienteste und ökologischste Verkehrsmittel zu wählen

Handlungsempfehlungen: Nutzung und Organisation

Um eine bessere Kostenkontrolle und -zuordnung zu gewährleisten, sollte die Nutzung und Organisation über ein einheitliches IT-Tool abgewickelt werden. Zudem sollte für alle Fahrzeuge, bei denen eine Buchung erfolgt, geprüft werden, ob eine gemeinsame Buchungsplattform einsetzbar ist. Insgesamt wird empfohlen, dass alle zu zentralisierenden Aufgaben auch zentralisiert von einer verantwortlichen Person bzw. Einheit erbracht werden. Zu diesen Aufgaben zählen u.a. die Planung von Wartungen, Unfallabwicklungen, Beschaffungsabwicklungen, Bedarfsabschätzungen und ein Controlling.

Um den Aufwand sowie die Abhängigkeit der Zugänglichkeit durch eine Person zu reduzieren, sollten Fahrzeuge via elektronischem Schlüsselkasten oder ähnlichen Einrichtungen zugänglich sein. Darüber hinaus sind auch ein koordinierter Fahrten-Ersatz oder ein zeitlich begrenztes Verschieben der Fahrzeuge zwischen den OE denkbar. Durch die interne Verrechnung und OE-zugehörige

⁴⁰ Für die Fahrzeugklassen Kleinstwagen bis Transporter. Sonstige Fahrzeuge werden aufgrund fehlender Datengrundlage nicht betrachtet. Inkludiert sind fünf Elektrofahrzeuge der Kleinst-/Kleinwagen Klasse.

Budgetplanung ist eine OE-übergreifende Nutzung in der Praxis kurzfristig eher schwierig umsetzbar. Hierfür sollten die jetzigen Mobilitätsbudgets neu kalkuliert und darauf aufbauend ein entsprechendes Preismodell konzipiert werden.

Handlungsempfehlungen: Beschaffung und Kosten

Ähnliche Handlungsempfehlungen ergeben sich für die mögliche externe Beschaffung des Fuhrparks, die durchaus Potentiale bietet. Es muss bei diesem Vorgehen jedoch unbedingt eine Weiterverwendungs- bzw. Wechselstrategie für die vorhandenen, bereits angeschafften Fahrzeuge entwickelt werden. Externe Anbieter werden zudem meist mit neueren Fahrzeugen operieren, was bei einzelnen Fahrzeugtypen die Kosten treiben würde. Die bisherige aggregierte Kostenerfassung, sollte durch eine fahrzeugbezogene Kostenerfassung ersetzt werden.

Vorteile

Die dargelegten Handlungsempfehlungen bieten den Vorteil, dass Einsparpotentiale hinsichtlich der zeitlichen Personenaufwände genutzt werden können. Dieser Effekte aus einer z.T. zentralisierten Abwicklung dürfte bei mehreren Stunden je Fahrzeuge und Jahr liegen. Daher ist davon auszugehen, dass die Zusatzaufwände für einen zentralen Ansprechpartner sich schnell amortisieren. Diese Einsparpotentiale sind derzeit jedoch nur von kalkulatorischer Art und werden sich nicht auszahlungswirksam einstellen. Das Thema gewinnt aber an Aktualität, wenn Überlegungen einbezogen werden, die bislang durch Mitarbeiter getätigten Aufgaben durch extern bezogene Leistungen abzuwickeln (Beschaffung entweder dezentral durch jedes Amt einzeln oder zentral über das Haupt- und Personalamt). Die damit einhergehenden nicht personenbezogenen wirksamen Einsparungen dürften durch vermehrte Rahmenverträge, Nutzungsanalysen und Optimierungen hoch ausfallen.

4. Optimierungsansätze für den LHD-Fuhrpark

Die Fuhrparkanalyse soll die aktuelle Nutzung der Fahrzeuge detailliert aufzeigen und Ansätze für eine Optimierung herausarbeiten. Dafür wird auf die Fahrtenbücher, soweit sie für die Analyse zur Verfügung standen, zurückgegriffen. Ziel der Betrachtungen ist es zu eruieren, ob Fahrzeuge aufgrund der bisherigen Auslastung direkt eingespart werden können oder ob auf einige Fahrten verzichtet werden kann. Neben der aktuellen Beurteilung der Auslastung, ist die Optimierung des Fahrzeugeinsatzes durch die Erhöhung der Fahrzeugauslastung das Ziel. Dies hat sowohl positive ökonomische als auch ökologische Auswirkungen. Hinzukommend kann herausgestellt werden, ob eine Zusammenlegung von Fuhrparks in relevanten Einspareffekten resultiert. Die Analyse bietet die Basis für die späteren Ausführungen zum Elektromobilitätspotential in Kapitel 5.

4.1. Methodik

Im **ersten Schritt** werden Fahrten von einzelnen Fahrzeugen entkoppelt. Für die Nachfrage an Fahrten mit den Parametern Zeitpunkt, Dauer und Kilometer werden anschließend optimale Kombinationen berechnet. Ziel ist es, die aktuellen Fahrten mit einer optimalen Kombination und möglichst wenig Fahrzeugen zu erbringen. Im Gegensatz zum aktuellen operativen Betrieb wird versucht, einzelne vorhandene Fahrzeuge möglichst nicht zu belegen. Gelingt dies bestehen Reserven, die zu Aussteuerung von Fahrzeugen führen können. Eine zeitliche Veränderung der Fahrten erfolgt dabei nicht. Eine Verschiebung zwischen Fahrzeugklassen wird nur für die Kleinst-/ Kleinwagenklasse, Kompaktklasse, Mittelklasse und Vans zugelassen. Hierfür wurde die Annahme getroffen, dass eine Fahrt immer nur auf ein Fahrzeug einer höheren Fahrzeugklasse verschoben wird, nicht jedoch auf eines der kleineren Kategorie. Es wird nur die nächsthöhere Fahrzeugklasse angesprochen, um negative ökologische und ökonomische Folgen zu vermeiden und nicht eine Verschiebung der Fahrten von Kleinwagen auf beispielsweise umweltschädlichere und teurere Mittelklassewagen zu veranlassen. Die Fahrzeugklassen der Transporter und sonstigen Fahrzeuge wurden jeweils einzeln untersucht.

In einem **zweiten Schritt** werden in Kapitel 5 die (bereits in den Fahrtenbüchern realisierten) Fahrten mit E-Fahrzeugen und dem hierfür vor- und nachgelagerten Ladeprozess in unterschiedlichen Szenarien von 3,7 kW bis 22 kW sowie Reichweitenrestriktionen von 70 km (Winter-Szenario und Batteriegröße von 24 kWh), 100 km und 130 km betrachtet. Das Einsparpotential steigt mit zunehmender Anzahl von Fahrzeugen innerhalb der Betrachtung an. Daher wird üblicherweise ein Pooling adressiert, welches große Einspareffekte bietet und schon in den beiden vorangegangenen Kapiteln erörtert wurde. Die Auswirkungen auf das Ergebnis mit neueren Fahrzeugen mit den z.T. höheren Reichweiten, sind durch die Identifikation der bisher nicht zu absolvierenden Fahrten abschätzbar. Durch die Anzahl dieser Fahrten kann bewertet werden, welche Effekte durch höhere Reichweiten entstehen würden. Eine Nutzung öffentlicher Ladeinfrastruktur wurde dabei nicht berücksichtigt. Die Fahrzeuge müssen demnach immer zum Fahrtbeginn einen Ladestand aufweisen, der für die zurückzulegende Strecke notwendig ist. Das eruierte Potential dürfte demnach höher sein, da mindestens für einige längere Wege am Zielort ein Ladevorgang ohne relevanten Zusatzaufwand möglich sein wird.

Neben der Zusammenfassung der Standorte zu Liegenschaften, erscheint eine weitere Aggregationsebene sinnvoll. Ein sogenannter Pool kann mehrere Standorte und Liegenschaften umfassen. Er stellt eine räumliche Konzentration für mehrere Standorte dar. Die optimale räumliche Ausdehnung eines Einzugsgebiets für einen Pool wurde mit einem Radius von 300 Metern bestimmt,

da dies ebenfalls eine gängige Entfernung bei der Erreichbarkeitsmessung eines Standortes, z.B. von infrastrukturellen Einrichtungen wie ÖPNV-Haltestellen, entspricht (vgl. Schwarze 2005, S. 15).

Ziel ist es, möglichst viele Ämter in einem Pool zusammenzufassen. Dieses Vorgehen wurde so lange wiederholt, bis möglichst alle Ämter einem Pool zugeordnet werden konnten und keine bessere Lösung mehr existierte⁴¹.

Durch das Pooling ergeben sich sowohl Skaleneffekte in den Angeboten der Fahrzeugverfügbarkeit, als auch in anderen Angeboten wie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Mit steigender Größe des Fahrzeugpools nimmt auch das Kombinations- bzw. Verschiebungspotential der Fahrten zu.

Mit Hilfe des Poolings können somit im Idealfall bei gleicher Mobilitätsleistung Fahrzeuge eingespart werden. Die monetären Einsparungen könnten genutzt werden, um die Mehrkosten für E-Fahrzeuge und Umstellungsaufwendungen⁴² zu finanzieren. In einem optimal geplanten Fuhrpark erfahren auch die E-Mobile höhere Auslastungen, sodass die Fahrzeuge ihre Stärke in Form von geringen Betriebskosten maximal ausspielen können.

Die Fuhrpark-Auswertung teilt sich nachfolgend in drei Teile, die für die Standorte der Ämter einzeln und für die Pools durchgeführt werden:

1. **Status-Quo Analyse** mit Tagesgängen, Häufigkeitsverteilungen, Anzahl gleichzeitig genutzter Fahrzeuge, Reichweitenauswertung für potentielle Elektrofahrzeuge,
2. **Optimierung:** Umverteilung der Fahrten aus den Fahrtenbüchern auf eine möglichst minimale Anzahl von Fahrzeugen ohne zeitliche Verschiebung,
3. **Elektrifizierung:** Simulation basierend auf den Anforderungen der E-Mobilität: Wie viele Fahrten können aufgrund der eingeschränkten Reichweite der E-Fahrzeuge nicht durchgeführt werden? Welche Ladestandards sind notwendig und welche Fahrten können aufgrund einer zu geringen Ladezeit vor der Fahrt nicht durchgeführt werden?

Durch die Auswertung von Fahrtenprofilen kann aufgezeigt werden, in welchen Fällen aufgrund einer zu geringen Reichweite keine Eignung für E-Fahrzeuge vorliegt.

Der Nachteil der auf Fahrtenbüchern basierenden Optimierung besteht darin, dass die angegebenen Nutzungszeiträume größer sind, als dies in der Realität der Fall ist. In der Nutzung von Ist-Werten (im besten Fall sogar Echtzeitdaten) birgt sich ein höheres Optimierungspotential, welches auf der bestehenden Datenbasis jedoch nicht quantifiziert werden kann. Andererseits werden Fahrzeugbuchungen tendenziell länger vorgenommen, als diese anschließend genutzt werden. Damit ergibt sich eine Differenz zwischen Buchungs- und späterer Nutzungsdauer. Da die Optimierung aus Ermangelung anderer Werte mit den Nutzungswerten vorliegt, sollte dies bei der künftigen Planung berücksichtigt werden. Größere Relevanz besitzt dies nur in Zeiten einer Volllastung des Fuhrparks.

⁴¹ Die Poolbildung erfolgt auf Basis eines Geoinformationsmodells.

⁴² Beispielsweise Einführungsaufwendungen, Infrastruktur und Software

4.2. Pooling

Die Anforderungen je Fahrzeugklasse in Kapitel 3.4 haben gezeigt, dass in einem ersten Schritt bereits ein höheres Pooling-Potential im Kleinst-, Klein- und Kompaktwagen-Segment besteht, da hier die geringsten spezifischen Anforderungen zu verzeichnen sind. Erfolgt ein Pooling, müssen vorab die Fahrzeuge identifiziert werden, die sich aufgrund der Nutzungsanforderungen dafür am besten eignen. Nachfolgend werden zunächst die einzelnen Anforderungskategorien, die einem Pooling eher entgegenstehen, detailliert vorgestellt

1.) Auf-/ Einbauten:

- Die Notwendigkeit eines besonderen Fahrzeugaufbaus wird als Ausschlusskriterium für einen Pooling Einsatz angesehen.
- Ein Einbau wird nicht als Pooling-Hindernis verstanden, da sich dies hauptsächlich auf die Inneneinrichtung im Transporter oder auf einzubauende Werkbänke⁴³ bezieht, die theoretisch als standardisierte Ausstattung in einem Teil der Fahrzeuge bereits verbaut sein können.
- Ausstattungsmerkmale wie Holzverkleidung zur Transportsicherung bzw. Verzurrschienen im Nutzfahrzeugbereich werden ebenfalls als potentielle Standardausstattung gesehen. Fahrzeuge, die nur diese Anforderungen aufweisen, können in einen standardisierten Fahrzeugpool überführt werden.

2.) Werkzeug:

- Da kleinere Gerätschaften portabel sind, ist dies kein Ausschlusskriterium für das Pooling. Lediglich eine entsprechende Fahrzeuggröße muss für die Nutzung bereitstehen. Dieser Zusammenhang wird für die Fuhrparkoptimierung genutzt.

3.) Sonstige Ausstattung:

- Der Anteil der Fahrzeuge, die eine besondere Außenausstattung benötigen, scheint für das Pooling in einem ersten Schritt eher ungeeignet. In der praktischen Umsetzung sind dabei aber Abstriche möglich, da trotz einer auffälligen und spezifisch zugewiesenen Markierung Fahrten mit diesen Fahrzeugen absolviert werden können. Diese Fahrzeuge werden der zweiten Abstufung zum Pooling zugeordnet.⁴⁴

⁴³ operativ ist die Einsetzbarkeit von der Größe des Einbaus abhängig

⁴⁴ „Fahrzeuge, die [...] durch weiß-rot-weiße Warneinrichtungen gekennzeichnet sind, dürfen auf allen Straßen und Straßenteilen und auf jeder Straßenseite in jeder Richtung zu allen Zeiten fahren und halten“ (s. StVO §35 Abs.6). Die Markierungen unterliegen der DIN 30710 und führen laut §35 StVO zu genannten Sonderrechten. Jedoch ist in dem Paragraphen des Sonderrechtes keine Nutzung der Fahrzeuge für andere sonstige Zwecke ausgeschlossen. Ein verantwortungsbewusster Umgang der Bediensteten mit markierten Fahrzeugen nach DIN 30710 wird vorausgesetzt. Eine weitere Lösung ist es, Warnmarkierungen auf Magnetfolie zu nutzen, die sich problemlos am Fahrzeug anbringen lässt. Die Haftung dieser Folien ist Herstellerangaben zufolge nicht geschwindigkeitsabhängig und somit im Stadtverkehr uneingeschränkt nutzbar.

4.) Zeitliche Verfügbarkeit:

- Die uneingeschränkte zeitliche Verfügbarkeit der Fahrzeuge ist ein wichtiger Punkt, der bei der Überführung in einen einheitlichen Fahrzeugpool zwingend berücksichtigt werden muss.
- Es wird jedoch davon ausgegangen, dass ein Anteil von Fahrzeugen, die als 24/7-einsatzbar beschrieben wurden, dennoch zu bestimmten Zeiten entbehrlich ist. Ausschließlich Fahrzeuge, die eine permanente Einsatzbarkeit aufgrund von Sonderereignissen wie Hochwasser bedingen, wurden nicht als potentielle Pooling-Fahrzeuge kategorisiert.

5.) Hygienische Anforderungen:

- Hygienische Anforderungen, die für den Arbeitseinsatz nötig sind, stellen ein Ausschlusskriterium für das Pooling dar.
- Zu vermeidende innere und äußere Verschmutzungen sind davon aber nicht betroffen. Diese Ansprüche können durch einfache Sauberkeitsmaßnahmen eingehalten werden.

Im Folgenden werden die genannten Ausschlusskriterien zusammengefasst:

- Auf-/ Einbauten: Aufbauten, Speziell
- Werkzeug: -
- Sonstige Ausstattung: außen
- zeitliche Verfügbarkeit: 24/7 Verfügbarkeit: Regulärer Betrieb, zu ausgewählten Zeiten während des typischen Arbeitsbetriebs
- Hygiene: Einsatz
- Andere Anforderungen: Außen, Einsatzzweck

Aus den Anforderungen und unter Berücksichtigung der existierenden Ausschlusskriterien, können nachstehend dargestellte Stufen für ein Pooling gebildet werden. Eine schnelle Einführung wird immer nur die erste Stufe umfassen, da hier mit geringeren Aufwänden und Umstellungsprozessen zu rechnen ist.

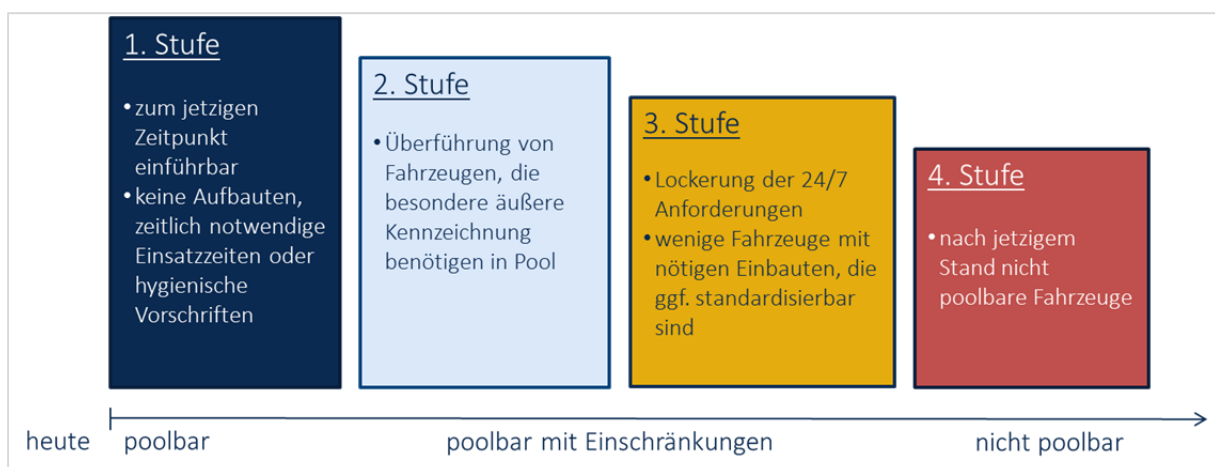


Abbildung 17: Kriterien bei der Poolbildung (Stufenverlauf)

Basierend auf den Anforderungen zeigt Abbildung 18 die genannten Anforderungskriterien nach den jeweiligen Fahrzeugklassen, farblich markiert nach den oben genannten Pooling-Stufen.

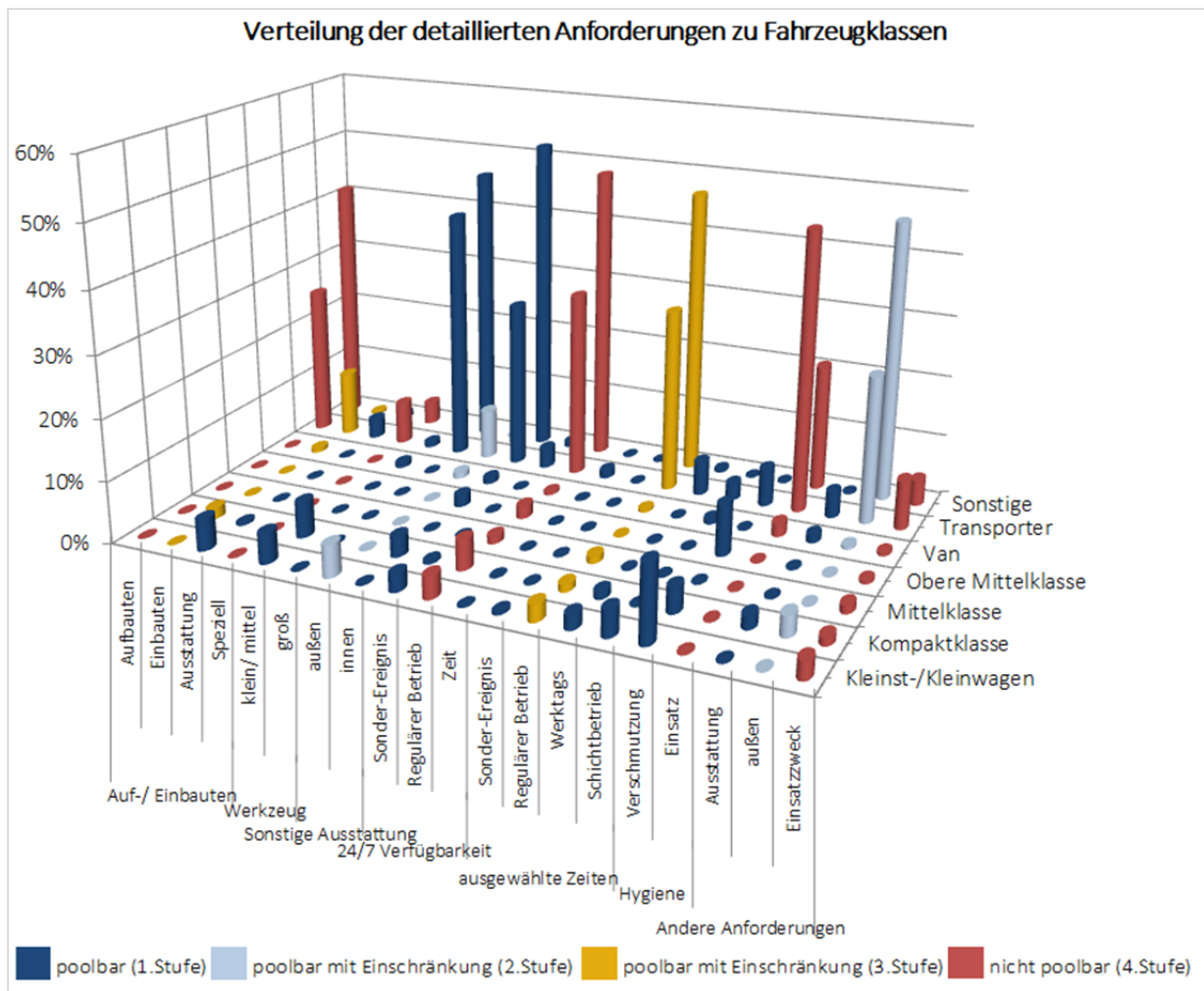


Abbildung 18: Pooling-Stufen aus Verteilung der Anforderungen zu Fahrzeugklassen

Dem Anhang VI kann eine Übersicht der Ämter und Fahrzeuge, eingeordnet nach Pooling-Potential und Anzahl verfügbarer Fahrtenbücher, entnommen werden.

Dies berücksichtigend, ergibt sich das in Abbildung 19 grafisch dargestellte Pooling-Potential in den verschiedenen Fahrzeugklassen. Es ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den Fahrzeugklassen hinsichtlich der Tauglichkeit.

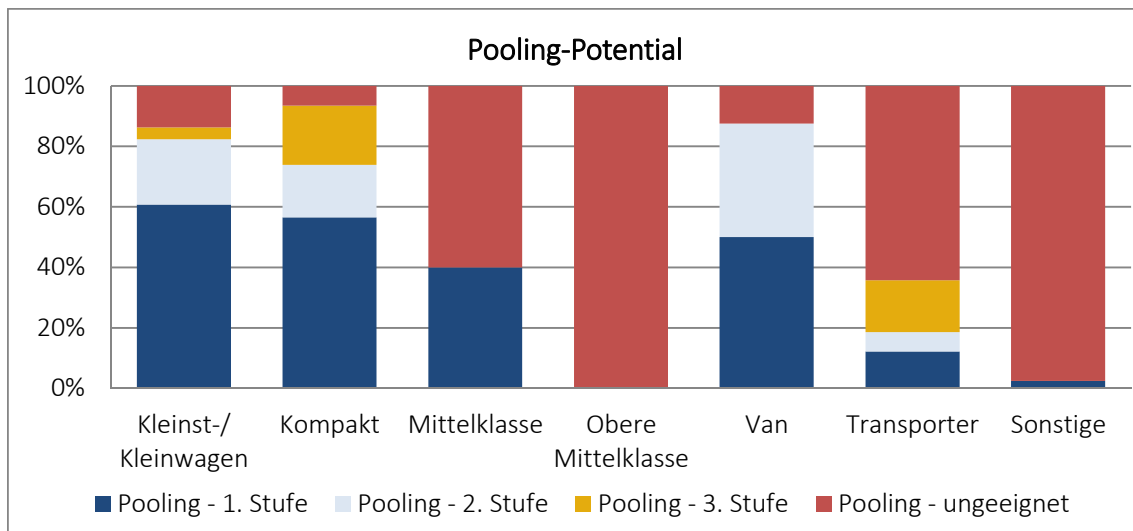


Abbildung 19: Pooling-Potential der städtischen Fahrzeugflotte nach Fahrzeugklassen

Es zeigt sich insbesondere im Kleinst-/ Klein- sowie Kompaktwagen-Segment ein Pooling-Potential von bis zu ca. 60 % der Fahrzeuge (beschrieben durch die 1. Pooling-Stufe). Dies kann um durchschnittlich 20 % erhöht werden, wenn ebenfalls Fahrzeuge in den Fahrzeugpool überführt werden können, die „äußere Anforderungen“ wie Beklebung oder Lackierung erfordern (Pooling - 2. Stufe). In der 3. Pooling-Stufe befinden sich zudem Fahrzeuge, bei denen die 24/7-Verfügbarkeit gelockert wurde oder aufwendigere Einbauten nötig sind. Da ein Fahrzeug mehrere Anforderungen besitzen kann, ist eine 100-prozentige Abgrenzung zwischen den Kategorien nicht möglich, die Auswahl orientierte sich jedoch an den genannten Kriterien.

Die untersuchten Fahrzeuge der oberen Mittelklasse weisen kein Pooling-Potential auf. Eine ähnlich schlechte Verteilung lässt sich für die sonstigen Kraftfahrzeuge konstatieren.

4.3. Standortanalyse der Pools

Wie in der Methodik (Kapitel 4.1) bereits beschrieben, wurde die optimale Poolgröße mit 300 Metern gesetzt. Dies erscheint zumutbar und entspricht nach bereits dargestellten methodischen Grundsätzen einer ungefähren Gehentfernung von 3,5 – 4,5 Minuten⁴⁵. Der verwendete Radius basiert auf der Entfernung der Luftlinie mit dem Ziel möglichst viele Fahrzeuge von Ämtern einzubeziehen. Zu beachten ist, dass unterschiedliche Standplätze der Fahrzeuge bei einer Poolbildung erhalten bleiben können, um Laufwege zu reduzieren. Wichtig ist hierbei eine klare und genaue Kommunikation über den Standort der Fahrzeuge.

4.3.1. Schnittstellen zum Umweltverbund

Um die Integration der Verkehrsmittel des Umweltverbundes zu gewährleisten, werden die Angebote in den gebildeten Pools untersucht. Das Angebot, in Form von Stationen des Car- und Bikesharing sowie der Autovermietung, des ÖPNV und der Ladeinfrastruktur wird für die einzelnen Bereiche analysiert. Das Vorhandensein in fußläufiger Entfernung von Mobilitätsangeboten wird als Grundvoraussetzung für die Nutzung und somit ein umfassendes Mobilitätsmanagement gesehen. Eine vollständige tabellarische Übersicht kann dem Anhang VII entnommen werden.

⁴⁵ Bei einer Gehgeschwindigkeit von ca. 4 - 5 km/h

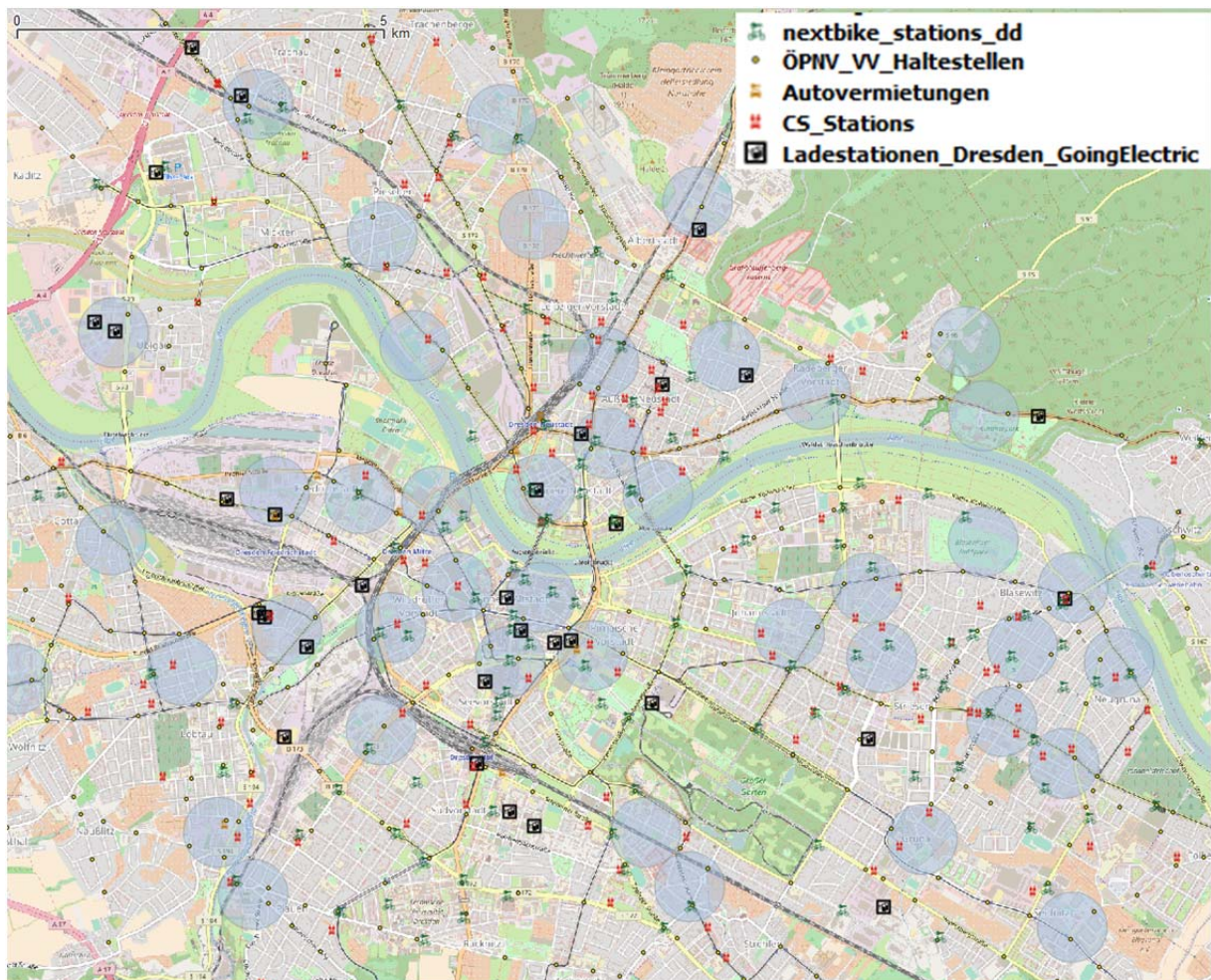


Abbildung 20: Auszug der virtuellen Pools mit Angeboten des Umweltverbundes

Abbildung 20 zeigt die Verteilung der Angebote des Umweltverbundes. Es ergeben sich folgende Befunde:

- in 90 % der Fälle befindet sich im Umkreis von 300 m eines Fahrzeugpools eine Haltestelle des ÖPNV
- ca. 50 % aller Pools weisen mindestens eine Carsharing- oder Bikesharing-Station auf
- 77 % der Bereiche haben mindestens ein Dienstfahrzeug
- drei Viertel beinhalten OE, die Interesse an E-Fahrzeugen haben
- 13 % der Einzugsgebiete (n = 8) haben bereits Erfahrungen mit dieser Antriebsart

Diese Abdeckung ist als gut einzustufen und bildet einen wichtigen Grundstein für die Erstellung eines umfassenden Mobilitätsmanagements.

Im Mittel befinden sich in einem gebildeten Pool 2,3 Standorte von Organisationseinheiten und es werden aktuell durchschnittlich acht Fahrzeuge pro Pool betrieben. In 3.3 wurde bereits die Verteilung der Fahrzeuge auf die Liegenschaften dargestellt. Eine weitere Zusammenfassung zu Pools führt zu folgender Fahrzeug-Verteilung (siehe Abbildung 21).

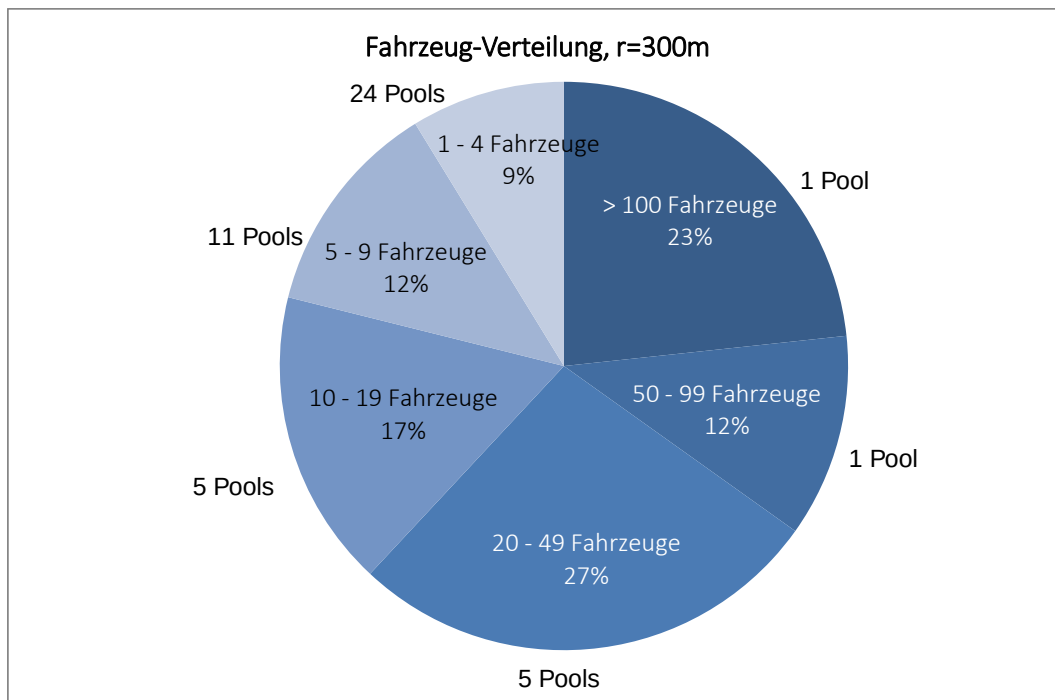


Abbildung 21: Fahrzeug-Verteilung r = 300 m

Im Vergleich zur Verteilung nach Liegenschaften sinkt die Anzahl von Organisationseinheiten, denen keine Fahrzeuge zur Verfügung stehen um 40 % von 23 auf 14⁴⁶. Dadurch entsteht eine effizientere Verteilung der Fahrzeuge, da nun mehr Mitarbeiter die Fahrzeuge nutzen können und die Auslastungen theoretisch steigen könnten. Es muss auf einen ökologisch sinnvollen Einsatz des MIV geachtet werden. Fahrten, die bisher mit Verkehrsmitteln des Umweltverbundes durchgeführt wurden, sollten daher auch weiterhin auf diese Weise absolviert werden. Ansonsten ergeben sich mittelfristig deutlich höhere Kosten.

4.3.2. Charakterisierung der Pooling-Standorte

Da der städtische Fuhrpark eine wichtige Rolle in der Mobilitätserbringung spielt, werden nachstehend die durchschnittlich absolvierten Jahreslaufleistungen pro berechneten Pool dargelegt. Hierfür wird die Anzahl der Fahrzeuge je Fahrzeugklasse mit der, anhand der Fahrtenbücher eruierten, durchschnittlichen Jahreslaufleistung multipliziert, sodass eine durchschnittliche Jahreslaufleistung pro Amt respektive pro Fahrzeugpool entsteht. Diese somit dargestellte Wege-Nachfrage ist von der Fuhrparkzusammensetzung am Standort abhängig.

⁴⁶ Die Organisationseinheiten könnten im Fall einer Poolbildung auch auf Fahrzeuge zugreifen. Aktuell ist dies strukturell für diese OE nicht gegeben.

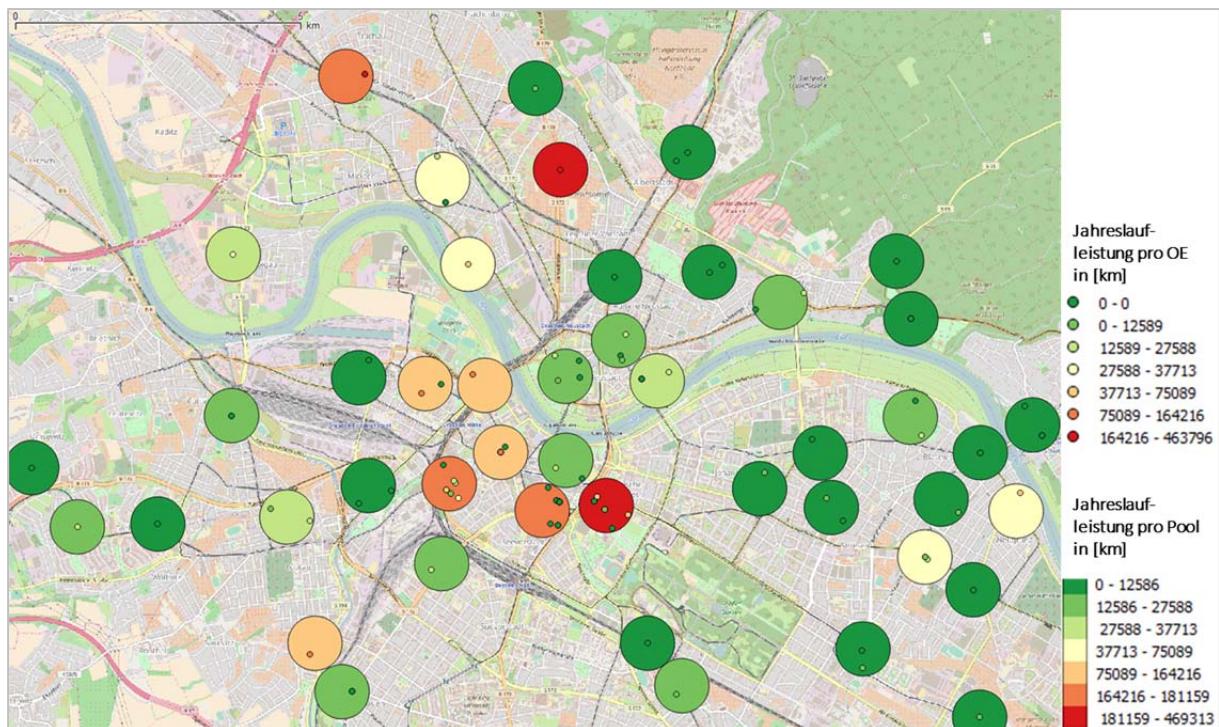


Abbildung 22: Pooling-Potentiale in der LHD (Schätzung auf Basis von Durchschnittswerten)

Insbesondere im Innenstadtbereich zeigt sich eine hohe Jahreslaufleistung, da hier die meisten Fahrzeuge betrieben werden. Durch die hohe Anzahl von Fahrzeugen und Ämtern sowie der Art der Fahrzeuge mit ihren Anforderungen besteht im Stadtkern auch das größte Pooling-Potential. Die Darstellung ist jedoch exemplarisch, da die Jahreslaufleistung pro Pool mit Durchschnittswerten anderer OE geschätzt werden musste.

Eine Darstellung der nach den definierten Pooling-Stufen gebildeten Pools, basierend auf den Anforderungen der Ämter, zeigt ebenfalls das höchste Potential im Innenstadtbereich (vgl. Abbildung 23).

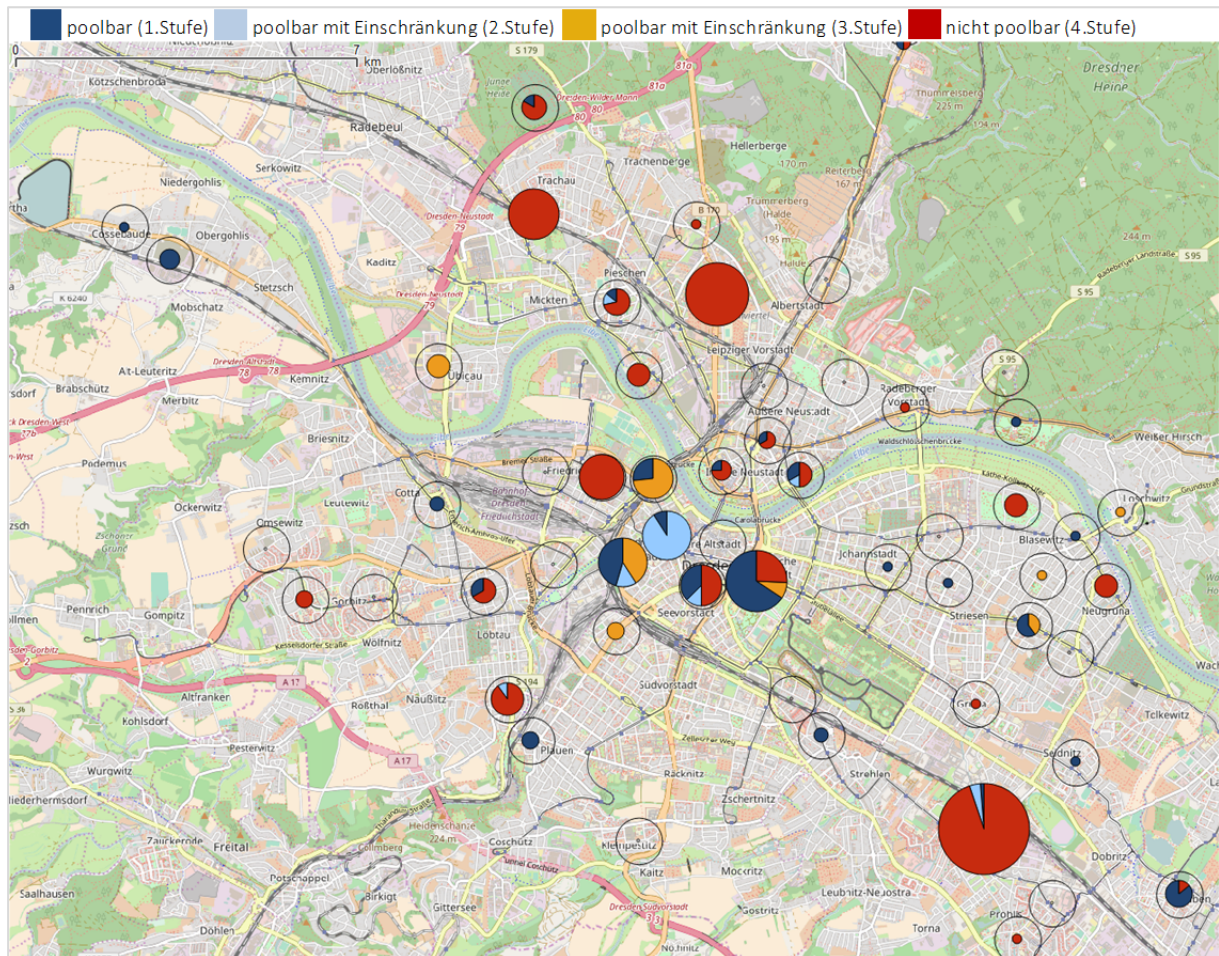


Abbildung 23: Pooling-Potential skaliert nach Anzahl der Fahrzeuge

Bezüglich der Parkraumverfügbarkeiten beinhalten 84 % der Pools Ämter, die über eigene Parkplätze direkt vor der Liegenschaft verfügen. Die konkreten Häufigkeiten pro Pool können dem Anhang VII entnommen werden. Bei 50 % der Pools ergibt sich vor Ort die Möglichkeit der Ladung eines Elektrofahrzeugs. In 20 % der Einzugsgebiete der Pools befinden sich für den Notfall öffentliche Ladestationen.

4.4. Optimierungsmöglichkeiten

Die Optimierung erfolgt in zwei Schritten: Zunächst wird die minimal benötigte Fahrzeuganzahl eruiert, ohne Fahrten zu verschieben oder zu ersetzen. Im zweiten Schritt wird eine Anzahl von Fahrten bestimmt, die ggf. einfach ersetzbar oder verschiebbar sind, da sie nur sehr wenige Fahrten pro Jahr aufweisen.

Für die, dann größere Fahrzeuganzahl in den gebildeten Pools, ergibt sich mit höherer Wahrscheinlichkeit ein intensiveres Optimierungspotential. Die Nachfrage nach Fahrten kann ggf. auf weniger Fahrzeuge verteilt werden. Nachstehend erfolgt ein Überblick über die, aus den Fahrtenbüchern abbildbaren Pools. Dabei werden beispielhaft die zwei größeren Fahrzeugpools mit je drei OE ausgewertet, für die Fahrtenbücher in großer Anzahl (allerdings auch nicht für alle im Pool befindlichen Ämter) vorlagen:

- „Lingnerstadt“: Amt für Hochbau und Immobilienverwaltung, Amt für Stadtgrün und Abfallwirtschaft, Umweltamt
- „WTC“ Bauaufsichtsamt, Eigenbetrieb Sportstätten und Stadtplanungsamt

Beide Pools sind mit einem entsprechenden Angebot des Umweltverbundes ausgestattet, sodass Ersetzungen möglich sind. Für alle anderen möglichen Pools lagen nur Fahrtenbücher einer OE vor, wodurch dort keine übergreifende Poolbildung betrieben werden konnte. Dies entspricht vier weiteren Pools mit fünf oder sechs Fahrzeugen sowie sechs weiteren Pools, für die nur Fahrtenbücher einer OE erhoben werden konnten. Es muss daher eine Abschätzung der Effekte dieser Fuhrparks vorgenommen werden. Aussagen zum gesamten Fuhrpark werden im Abschnitt 4.4.3 vorgenommen.

Dabei ist zu beachten, dass die bisher vorhandenen Kapazitäten die aktuelle Auslastungsgrenze vorgeben. Der Effekt des Zusammenlegens zu Pools führt teilweise zu einer Erhöhung der Verfügbarkeit. Dies ist insbesondere bei kleineren Einheiten der Fall, bei denen der Fuhrpark vorher häufig stark ausgelastet war. Nach einer Zusammenlegung bzw. dem Zugriff auf weitere Fahrzeuge, kann zusätzlich auf diese zurückgegriffen werden. Die Möglichkeit besteht jedoch nur, wenn bei anderen Fahrzeugen nicht auch zu gleichen Zeitslots komplette Auslastungen vorliegen.

4.4.1. Pool „Lingnerstadt“

Der Pool setzt sich aus den Fahrzeugen der nachfolgend aufgeführten Ämter zusammen. Dabei handelt es sich zu mehr als 50% um Kleinst- und Kleinwagen mit generell hoher Eignung für ein Pooling.

Tabelle 9: Poolbeschreibung „Lingnerstadt“

	Kleinst-/Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	Van	Transporter	Pickup	Sonstige	Σ
Amt für Hochbau	1	1	0	0	0	0	0	2
Amt für Stadtgrün	8	2	1	3	0	1	0	15
Umweltamt	4	1	1	2	0	0	0	8
Summe	13	4	2	5	0	1	0	25

Die nachstehenden Ergebnisse basieren auf der Optimierung mit konventionellen Fahrzeugen. Eine Simulation mit E-Fahrzeugen erfolgt in Kapitel 5. Es wird zunächst eine Darstellung der Ergebnisse der OE-spezifischen Optimierung vorgenommen. Anschließend wird ein Vergleich der Ergebnisse des Pools vorgestellt, die in 4.4.3 in eine Abschätzung zum gesamten Fuhrpark einfließen.

a. Umweltamt

Die Optimierung ergibt für das Umweltamt keine direkte Einsparung von Fahrzeugen ohne Verschiebung bzw. Ersetzung von Fahrten. Ein Fahrzeug der Kleinst-/ Kleinwagenklasse wird mit der simulierten Fahrtenverteilung nur für drei Fahrten im gesamten Jahr vorgehalten. Die Kosten für die Ersetzung dieser Fahrten sind in jedem Fall geringer als die jährlichen Unterhaltungskosten eines Fahrzeuges. Die Einsparung führt zu einer Fahrzeugreduktion von 12,5 %.

Tabelle 10: Ergebnisse der Optimierung und Ersetzung von einzelnen Fahrten, Umweltamt

UMWELTAMT	Kleinst-/ Kleinwagen	Kompakt	Mittel-klasse	Van	Transporter	Sonstige	Σ
Summe	4	1	1	2	0	0	8
Aus Optimierung (ohne Verschiebung)	4	1	1	2	0	0	8
Ersetzung von Fahrten	3	1	1	2	0	0	7
Zu verschiebende Fahrten	3						33
Anteil Fahrten	0,3 %						0,2 %

Die Verteilung des Tagesganges zeigt zudem, dass die Fahrzeuge fast zur gleichen Zeit genutzt werden. Ein höheres Einsparpotential kann erreicht werden, wenn Termine besser über den Tag verteilt werden. Da nicht alle Termine zeitlich frei wählbar sind, muss jedoch ein gewisser Puffer einkalkuliert werden, der sich durch einen größeren Fahrzeugpool aus mehreren Ämtern besser abfedern lässt, ohne eine unnötig hohe Anzahl von Fahrzeugen vorzuhalten.

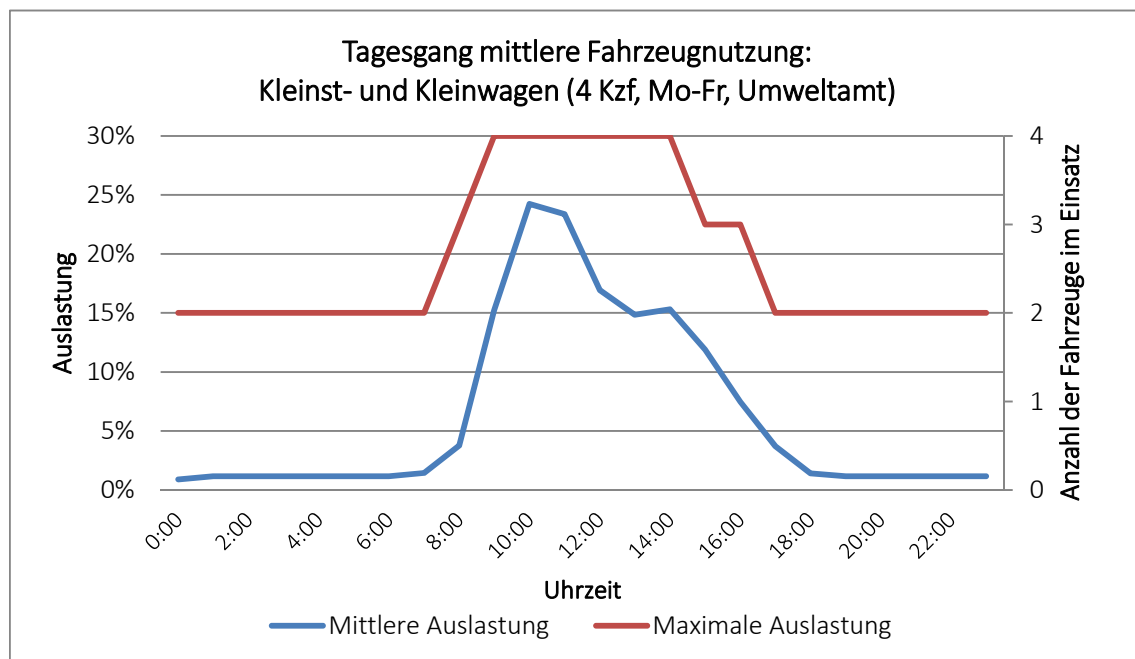


Abbildung 24: Tagesgang mittlere Fahrzeugnutzung: Kleinst-/ Kleinwagen für das Umweltamt

b. Amt für Stadtgrün und Abfallwirtschaft

Auch im Amt für Stadtgrün und Abfallwirtschaft kann keine direkte Einsparung durch die Optimierung generiert werden. Allerdings ergeben sich durch Verschiebung oder Ersetzung von insgesamt 1 % der Fahrten im Jahr 2015 über alle Fahrzeugklassen zwei einzusparende Fahrzeuge der Fahrzeugklasse Kleinst-/ Kleinwagen. Insgesamt können 18,75 % der Fahrzeuge eingespart werden. Allein bei den Kleinst-/ Kleinwagen entsteht durch eine Verlagerung eines geringen Anteils von Fahrten eine

Reduzierung um bis zu 25 %. Hieran wird deutlich, dass das Einsparpotential mit der Anzahl der Fahrzeuge im Pool steigt, da die Verschiebbarkeit von Fahrten flexibler wird.

Tabelle 11: Ergebnisse der Optimierung und Ersetzung von einzelnen Fahrten, Amt für Stadtgrün

AMT FÜR STADTGRÜN UND ABFALLWIRTSCHAFT	Kleinst-/ Kleinwagen	Kompakt	Mittel-klasse	Van	Transporter	Sonstige	Σ
Summe	8	2	1	3	1	0	15
Optimierung (ohne Verschiebung)	8	2	1	3	1	0	15
Ersetzung von Fahrten	6	2	1	3	1	0	13
Zu verschiebende Fahrten	37				2		33
Anteil Fahrten	1,6 %				0,8%		1 %

Der Tagesgangverlauf der Kleinst-/ Kleinwagen (rot in Abbildung 25) weist wie beim Umweltamt auch zwischen 10:00 und 11:00 Uhr die maximale Auslastung auf.

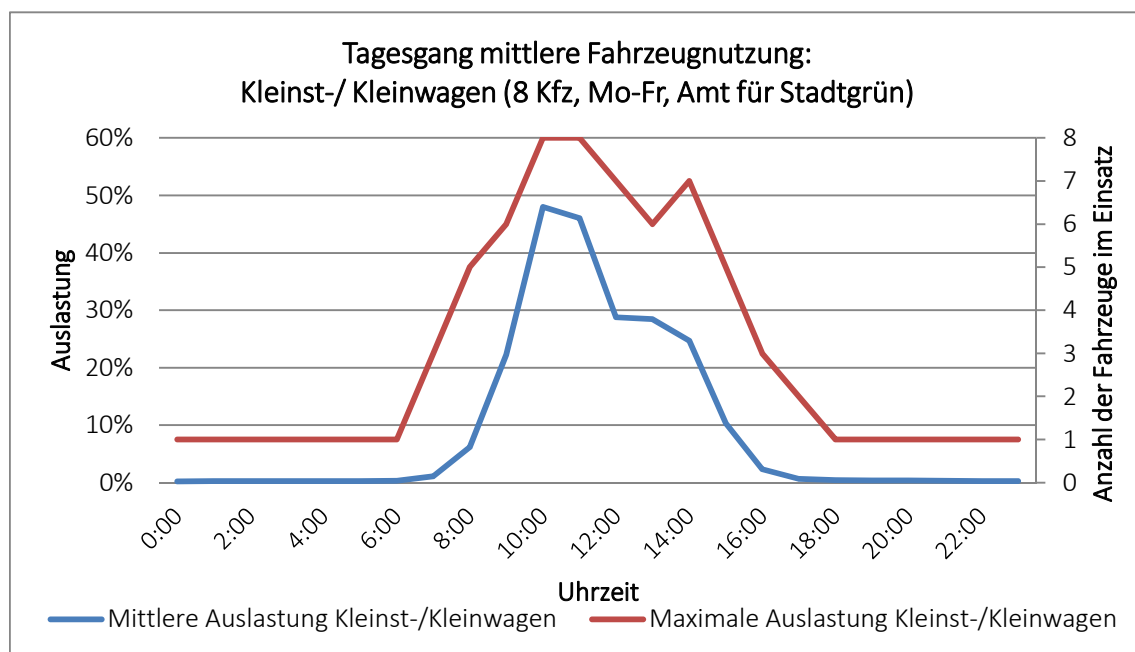


Abbildung 25: Tagesgang Fahrzeugnutzung: Kleinst-/ Kleinwagen, Amt für Stadtgrün

c. Amt für Hochbau

Für das Hochbauamt ergeben sich keine Optimierungen, da hier nur zwei Fahrzeuge betrieben werden. Der durchschnittliche Tagesgang verläuft ähnlich und die maximale Auslastung der Fahrzeuge zeigt, dass beide Fahrzeuge auch im Einsatz sind.

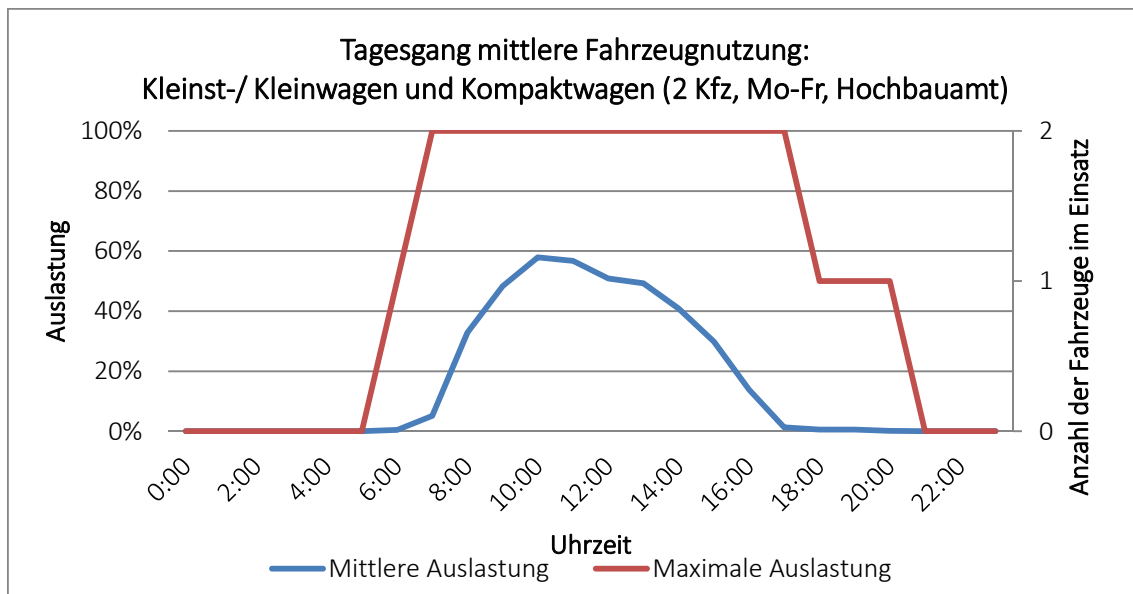


Abbildung 26: Tagesgang Fahrzeugnutzung: Kleinst-/ Kleinwagen, Kompaktwagen Hochbauamt

d. Pool

Insgesamt konnte durch die Optimierung eine Fahrzeugreduktion um 8 % von insgesamt 25 auf 23 Fahrzeuge erreicht werden, ohne dabei Fahrten extern zu ersetzen. Dies führt zu einer Kostenersparnis von bis zu 7 % der Gesamtfuhrparkkosten am Standort Lingnerstadt.

Zusätzlich befinden sich zwei Fahrzeuge aus dem Kleinst- und Kleinwagen-Segment im Pool, die für nur acht Fahrten im Jahr vorgehalten werden. Würden insgesamt 2,3 % aller Fahrten des gesamten Jahres extern ersetzt, können drei weitere Fahrzeuge eingespart werden. Dadurch beläuft sich die insgesamt benötigte Fahrzeuganzahl auf 18 Fahrzeuge. Werden die 138 Fahrten, welche über alle fünf genannten Fahrzeuge 3.669 km ausmachen, durch stationäres Carsharing ersetzt, können in diesem Szenario bis zu 20 % der Gesamtkosten für den Fuhrpark am Standort Lingnerstadt von 101.320 € für 25 Fahrzeuge pro Jahr auf 81.078 € (inkl. Kosten für Carsharing) für 18 Fahrzeuge gesenkt werden.

Durch die Reduktion auf 18 Fahrzeuge werden die CO₂-Emissionen von 35,01 t am Standort um 4 % gesenkt, da die Jahreslaufleistung pro Fahrzeug sich im Szenario „Ersetzung“ nahezu verdoppelt. Signifikante Verbesserungen werden erst durch eine Teilelektrifizierung erreicht, die im nächsten Kapitel diskutiert wird.

Die nachstehende Tabelle 12 zeigt die Anzahl der benötigten Fahrzeuge nach der reinen Optimierung und nach der Ersetzung von Fahrten an.

Tabelle 12: Fuhrparkgröße nach Optimierung sowie externer Ersetzung am Standort Lingnerstadt

		Kleinst- /Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	Van	Transporter	Sonstige	Σ	Effekt
Summe		13	4	2	5	1	0	25	
Ohne externe Ersetzung	Fahrzeug- anzahl nach Optimierung	12	4	1	5	1	0	23	-8 %
Externe Ersetzung	Fahrzeug- anzahl nach Ersetzung	7	4	1	5	1	0	18	-28 %
	Ersetzte Fahrten	138	-	-	-	-	-	-	-2 % d. Fahrten
Ø Länge d. ersetzten Fahrten		3,3 h	-	-	-	-	-	-	-
Ersetzte Jahreslaufleistung		3669 km	-	-	-	-	-	-	-

Abbildung 27 stellt die benötigten Fahrzeuge im Jahresverlauf dar. Hier wird deutlich, dass nur an einem Tag im Jahr 2015 insgesamt 23 Fahrzeuge benötigt wurden. Zudem kommt es nur an wenigen Tagen zu Nachfragespitzen, an denen mehr als 18 Fahrzeuge im Einsatz sind.

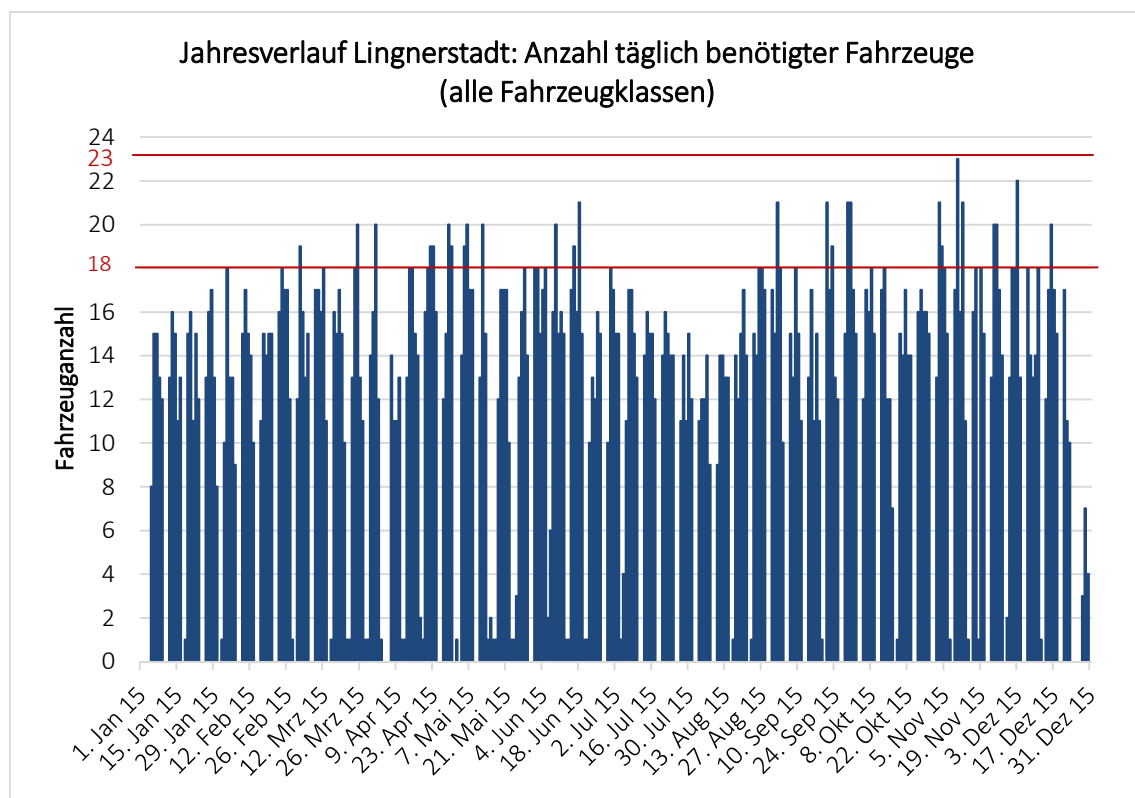


Abbildung 27: Anzahl benötigter Fahrzeuge im Jahresverlauf, Pool „Lingnerstadt“

4.4.2. Pool „WTC“

Am Standort WTC konnten drei Ämter mit Fahrtenbüchern analysiert werden. Der Pool besteht insgesamt aus neun Fahrzeugen.

Tabelle 13: Poolcharakteristika „WTC“

	Kleinst-/Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	Van	Transporter	Sonstige	Σ
Bauaufsichtsamt	5	0	0	0	0	0	5
EB Sportstätten	2	0	0	1	0	0	3
Stadtplanungsamt	0	0	0	0	1	0	1
Summe	7	0	0	1	1	0	9

a. Bauaufsichtsamt

Das Bauaufsichtsamt betreibt fünf Kleinst-/Kleinwagen am Standort WTC, von denen bereits einer bei der einfachen Ämteroptimierung eingespart werden kann. Ein weiteres Fahrzeug kann durch Ersetzung von 10 Fahrten im Jahr dem Pool entnommen werden.

Tabelle 14: Ergebnisse der Optimierung und Ersetzung von einzelnen Fahrten, Bauaufsichtsamt

BAUAUFSICHTSAMT	Kleinst-/Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	Van	Transporter	Sonstige	Σ
Summe	5	0	0	0	0	0	5
Aus Optimierung (ohne Verschiebung)	4	0	0	0	0	0	4
Ersetzung von Fahrten	3	0	0	0	0	0	3
Zu verschiebende Fahrten	10						
Anteil Fahrten	1,5%						1,5%

Der zweite Peak um 14:00 Uhr der Kleinst-/ Kleinwagen-Nutzung ist beim Bauaufsichtsamt ausgeprägter als im Pool „Lingnerstadt“, siehe Abbildung 28.

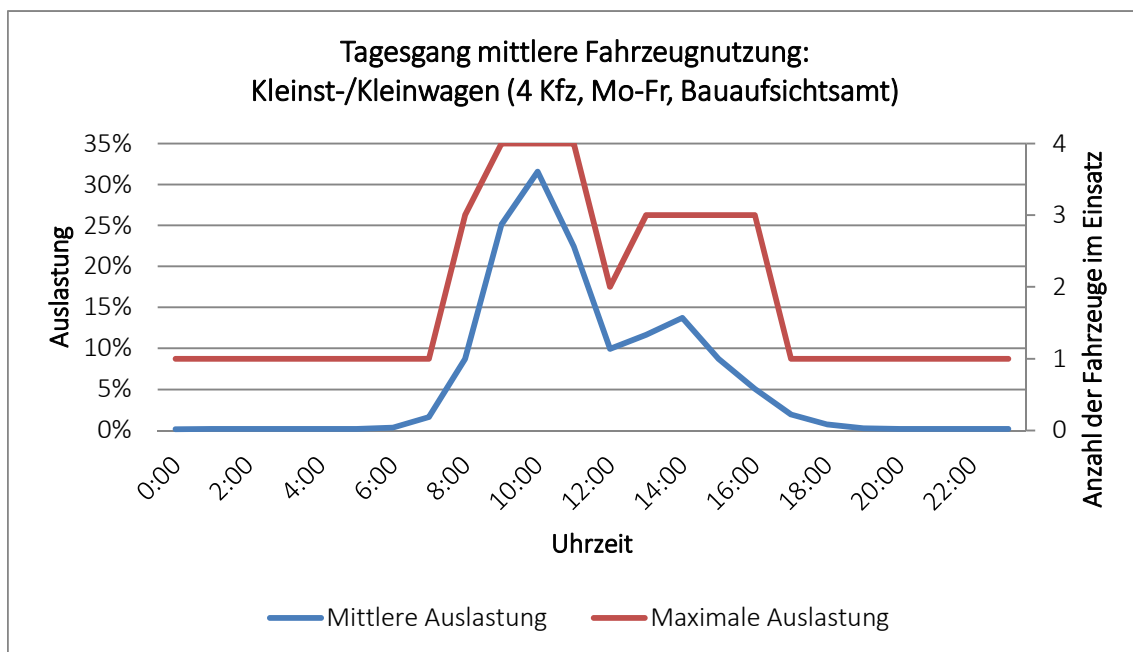


Abbildung 28: Tagesgang und mittlere Fahrzeugnutzung der Kleinst-/ Kleinwagen, Bauaufsichtsamt

b. EB Sportstätten und Stadtplanungsamt

Beide Ämter weisen keine Einsparungen bei der Einzeloptimierung auf.

c. Pool

Am Standort WTC konnte durch die Optimierung eine Fahrzeugreduktion um 9 % von insgesamt neun auf acht Fahrzeuge erreicht werden, ohne Fahrten extern zu ersetzen. Dies führt zu einer Kostenersparnis von bis zu 10 % der Gesamtfuhrparkkosten am Standort WTC.

Eine Analyse der Fahrten pro Fahrzeug nach der Optimierung zeigt, dass insgesamt zwei Fahrzeuge für die Abwicklung von nur 14 Fahrten in einem Jahr vorgehalten werden müssten. Durch die externe Ersetzung der Fahrten kann der Fuhrpark letztlich auf insgesamt sechs Fahrzeuge reduziert werden. Werden die ausgesonderten Fahrten (0,9 % aller Fahrten am Standort) mit Carsharing ersetzt, führt dies zu einer Fahrzeugeinsparung von bis zu einem Drittel des Pools. Dadurch reduzieren sich die jährlichen Kosten um 26 % von 32.409 € auf 23.953 € (inkl. Carsharing Kosten).

Die nachstehende Tabelle 15 zeigt die Anzahl der benötigten Fahrzeuge nach der reinen Optimierung und nach der Ersetzung von Fahrten.

Tabelle 15: Fuhrparkgröße nach Optimierung sowie externer Ersetzung am Standort WTC

		Kleinst- /Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	Van	Transporter	Sonstige	Σ	Effekt
Summe		7			1	1		9	
Ohne externe Ersetzung	Fahrzeug- anzahl nach Optimierung	6	0	0	1	1	0	8	-11 %
Externe Ersetzung	Fahrzeuganzahl nach Ersetzung	4	0	0	1	1	0	6	-33 %
	Ersetzte Fahrten	14	-	-	-	-	-	-	-0,9 % d. Fahrten
Ø Länge d. ersetzten Fahrten		2,9 h	-	-	-	-	-	-	-
Ersetzte Jahreslaufleistung		337 km	-	-	-	-	-	-	-

Der Jahresverlauf der täglich benötigten Fahrzeuganzahl für alle Fahrzeugklassen kann Abbildung 29 entnommen werden.

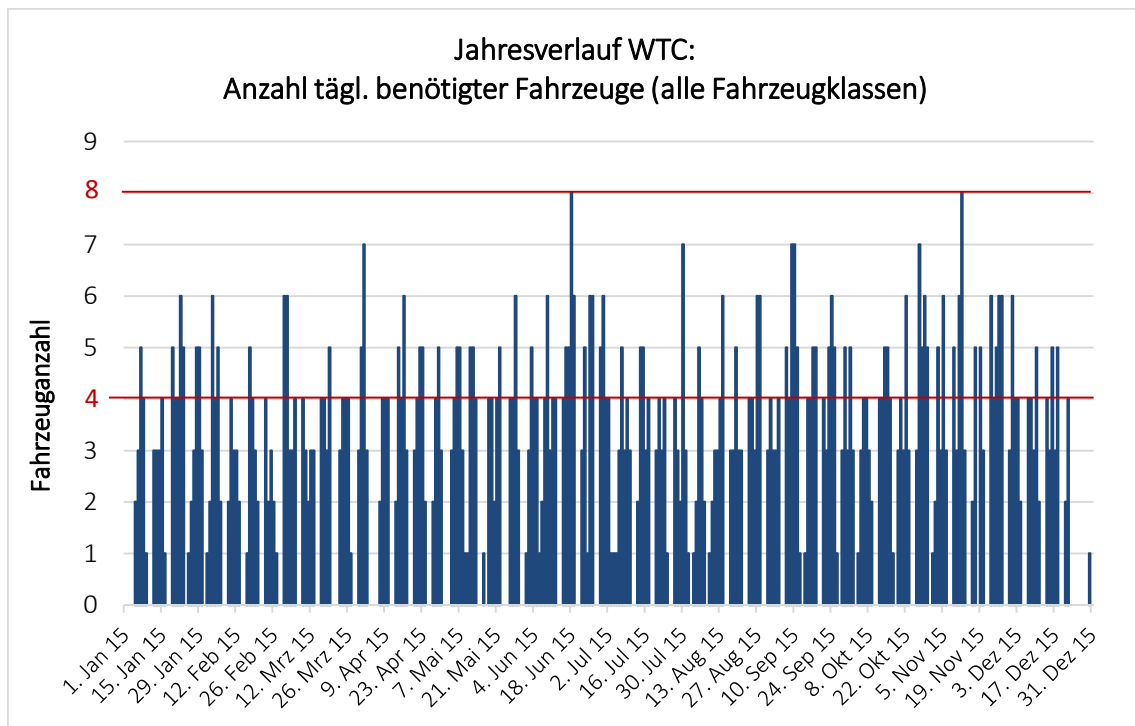


Abbildung 29: Jahresverlauf Standort WTC, täglich benötigte Anzahl an Fahrzeugen im Jahresverlauf

4.4.3. Gesamtfuhrpark

Hinsichtlich des Gesamtfuhrparks ergeben sich auf Ebene der momentanen Strukturen (separate Betrachtung aller OE-Standorte) keine enormen Einsparungen aus nicht benötigten Fahrzeugen. Auf Basis der zur Verfügung stehenden Fahrtenbücher ergibt sich dabei eine Größenordnung von etwa 5 % an potentiellen Einsparungen.

Im Anhang V können von den einzelnen Ämtern (mit zur Verfügung gestellten Fahrtenbüchern) die Anzahl der benötigten Fahrzeuge nach der Optimierung und die Anzahl der Fahrten je Fahrzeugklasse, die verschoben werden müssten, um ein bis drei weitere Fahrzeuge zu reduzieren, eingesehen werden. Basierend darauf wurden die Optimierungs- und Einsparpotentiale für den gesamten Fuhrpark ermittelt.

Es ist zu beachten, dass mit den Werten der maximalen Auslastung im Jahr gerechnet wurde, deren Angabe teilweise nur sehr selten vorhanden ist. Wird aber zu den Fahrzeugen, die auf Basis der Optimierung benötigt werden, auch die Anzahl der Fahrten für diese Fahrzeuge im Gesamtjahr untersucht, zeigt sich ein höheres Potential. Stehen Fahrzeuge mit weniger als zehn Fahrten pro Jahr – was sich durch zeitliche Fahrtenverlagerung, Nutzung anderer Alternativen oder Wegfall relativ schnell ergeben kann – im Fokus der Betrachtung, so steigt das Einsparpotential auf ca. 13 %, vgl. Anhang V. Besonders viel Einsparpotential ergibt sich bei den Kleinst- und Kleinwagen, da diese an den Standorten in größerer Anzahl vorhanden sind und deren Fahrten meist auch durch andere Fahrzeuge ersetzt werden können. Allerdings sollte aus ökologischen Gesichtspunkten darauf geachtet werden, dass auch weiterhin kleinere Fahrzeugklassen betrieben werden.

Durch die Auflösung der Ämter-basierten Organisation der Fahrzeuge, kann weiteres Optimierungspotential erreicht werden: die Optimierung steigert das Einsparpotential dadurch auf 10 %. Werden zusätzlich Fahrten extern ersetzt (bis zu < 5% der Fahrten pro Jahr) kann der Fuhrpark in einer gepoolten Organisation insgesamt um 21 % reduziert werden.

Das Pooling führt bei der reinen Optimierung also zu einem Mehr-Effekt von ca. 5 % und bei „Optimierung und externer Ersetzung“ zu einem Mehreffekt von ca. 8 %.

Je weniger Fahrzeuge am Standort betrieben werden, desto geringer fällt das Einsparpotential aus. Die Verteilung zwischen einer Ämter- und Pool-basierten Organisation verläuft dabei ähnlich: die Hochrechnungen zeigten, dass Ämter mit weniger als 5 Fahrzeugen am Standort nur 3 % Einsparungen (im Pool 4 %) erzielen können, dies wird bei 5 - 10 Fahrzeugen auf 10 % gesteigert (im Pool auf 12 %). Je größer die Flotte, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass unterschiedliche Nutzungsmuster vorliegen. Daraus ergibt sich, dass die Nutzungszeiträume durch Kombination so ergänzt werden können, dass weniger Fahrzeuge benötigt werden.

Im Rahmen der Erhebung könnten zudem eher OE mit bereits höher ausgelasteten Fahrzeugen Fahrtenbücher bereitgestellt haben, um geringe Fahrzeugauslastungen nicht begründen zu müssen. Dies stellt nur ein mögliches Szenario dar, welches zu deutlich höheren Potentialen führen würde. Demnach kann generell von Reserven im Fuhrpark ausgegangen werden. Zudem erscheint es sinnvoll sich intensiver mit der Poolbildung auseinanderzusetzen, um Einsparpotentiale zu verdeutlichen. Durch die Vergrößerung der Anzahl der Fahrzeuge ergeben sich deutlich mehr Reduktionspotentiale.

4.5. Fazit

Optimierungsergebnisse

Wie im vorangegangenen Kapitel 3 aufgezeigt wurde, verfügen zwei Drittel der Liegenschaften über mindestens ein Fahrzeug. Dieser Verdichtungsgrad zeigt das hohe Optimierungspotential. Sowohl unter ökonomischen als auch ökologischen Gesichtspunkten ergeben sich Vorteile in Form von Fahrzeugeinsparungen (Einsparpotentiale zwischen 5 und 21%).

Die separate Optimierung auf OE Ebene stößt sehr schnell an ihre Grenze. Um sowohl den Verwaltungsaufwand als auch Kosten für Fahrzeuge einsparen zu können, ist das Pooling ein sinnvolles Instrument. Dabei können mehrere Teilnehmer einen Fuhrpark nutzen.

Neben der Einsparung von Kosten (Anschaffungs- und fixe Betriebskosten), erhalten die Fahrzeuge eine höhere Auslastung. Durch die intensivere Nutzung der Fahrzeuge amortisieren sich höhere Anschaffungskosten von E-Fahrzeugen eher, wodurch diese innovative und lokal umweltfreundlichere Antriebsart gefördert werden kann. Die global höheren Emissionen bei der Fahrzeugherstellung von Elektrofahrzeugen können ebenfalls durch eine höhere jährliche Laufleistung der Fahrzeuge im Pool kompensiert werden.

Handlungsempfehlungen

Es wird empfohlen eine OE-übergreifende Fahrzeugnutzung an den größeren Liegenschaften zu ermöglichen. Hierfür muss die Möglichkeiten der Buchung von Fahrzeugen zwischen den OE durch Bekanntgabe der Reservierungsmöglichkeiten im Rahmen der perspektivischen Aufsetzung gemeinsamer Buchungssysteme implementiert werden. Eine weitere wichtige Rolle spielt dabei die Möglichkeit Fahrzeuge mehreren Nutzern zugänglich machen, um dadurch Auslastung einzelner Fahrzeuge erhöhen zu können. Die sich daraus ergebenden positiven Effekte steigen mit der Größe des Pools an, da sich die Anzahl an Ausweichmöglichkeiten erhöht.

In einigen Fällen wird den Bediensteten innerhalb eines Amtes gestattet, mit einer erteilten Selbstfahrerlaubnis die Fahrzeuge an verschiedenen Standorten zu nutzen. Dies ist bei geringen Nutzungsintensitäten oder zu Reduktion von Auslastungsspitzen gegenüber der Fahrzeuganschaffung durch das Amt zu präferieren.

Aus dem Blickwinkel der Optimierung von Kostenstrukturen in den OE wird empfohlen die aktuellen Gesamtkosten jeder OE am Standort und der Nutzungsintensität zu ermitteln. Die Erstellung eines Verteilungsschlüssels, anhand dessen die eingesparten Kosten der OE untereinander verteilt werden, ist dabei zu implementieren. Darüber hinaus sind die Absprache von Neubeschaffungen und die Abstimmung hinsichtlich der Aussteuerung von Fahrzeugen anzustreben.

Werden die voranstehend angeführten Handlungsempfehlungen umgesetzt, ergeben sich die beschriebenen Vorteile. Durch das Einbeziehen weiterer Ämter werden sich noch deutlich erhöhte Werte ergeben. Außerdem sind Verschiebungen zwischen den Pools möglich, da teilweise Peakbelastungen zu unterschiedlichen Zeiträumen vorliegen. Bei Poolingmöglichkeiten über OE-Grenzen hinweg kann außerdem die Steuerung einer größeren Fahrzeuganzahl deutlich besser erfolgen und Verkehrsalternativen ebenfalls besser adressiert werden.

5. Potentialanalyse: Elektromobilität im LHD-Fuhrpark

Im vorliegenden Abschnitt wird das Elektromobilitätskonzept für den Fuhrpark der LHD vorgestellt. Die Elektrifizierung ist sinnvoll, um weitere positive umweltbilanzielle Ergebnisse und insbesondere die Klimaschutzziele zu erreichen. Zunächst werden die ökonomischen und ökologischen Aspekte einer Elektrifizierung des Fuhrparks vergleichsweise dargelegt. Anschließend werden in Kapitel 5.3, aufbauend auf den Pooling-Ergebnissen des vorangegangenen Kapitels, die Auswirkungen der Elektrifizierung der beiden exemplarischen Pools vorgestellt.

5.1. Wirtschaftliche Effekte

Für eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Anschaffung von E-Fahrzeugen und der Errichtung von Ladeinfrastruktur ist eine ganzheitliche Kostenbetrachtung wesentlich: Verbrennerfahrzeuge sind zwar in ihrer Anschaffung günstiger, E-Fahrzeuge verfügen aber über geringere Betriebskosten. Die Kosten eines teilelektrifizierten Fuhrparks sind maßgeblich von Einflussfaktoren wie dem bezogenen Strom, der Fuhrparkgröße, dem Nutzungsverhalten und Jahreslaufleistungen abhängig. Im folgenden Abschnitt wird zunächst auf die finanziellen Fördermöglichkeiten von E-Fahrzeugen eingegangen, die anschließend zur Schmälerung der Anschaffungskosten in die TCO-Berechnung einfließen.

5.1.1. Förderung von E-Fahrzeugen

Gemäß der Förderrichtlinie Elektromobilität des BMVI vom 09.06.2015 können Kommunen eine Förderung in Höhe von 50 % der Investitionsmehrkosten für E-Fahrzeuge im Vergleich zum Verbrenner-Fahrzeug erhalten. Die förderfähigen Ausgaben, die dem Portal zur Beantragung von Fördermitteln des Bundes (easy-Online) entnommen werden konnten, stellen die maximale Förderung dar. Da die förderfähigen Ausgaben nachträglich auf Basis der einzureichenden Rechnung des angeschafften E-Fahrzeugs ermittelt werden, kann sich dies reduzieren. Ein Nachweis für das Referenz-Verbrennerfahrzeug muss nicht erbracht werden. Dies ist optional möglich, wenn ein günstigeres Angebot für ein konventionelles Referenzfahrzeug vom Händler vorliegt und dadurch die Förderung wieder erhöht werden kann.

Es ist zu beachten, dass eine Inanspruchnahme der Maximalförderung auch den höchsten Eigenanteil durch die Kommune zur Folge hat. Hinzu kommt, dass Kommunen ggf. nicht die Fahrzeugmodelle in ihrer Flotte betreiben, die als Referenzfahrzeuge vom Bund angegeben wurden. Daraus ergeben sich folgende drei Szenarien, die es zu berücksichtigen gilt:

(1) Die Kommune betreibt Fahrzeuge, die aktuell günstiger sind als die angegebenen Referenzfahrzeuge.

Die finanzielle Lücke, die zwischen dem aktuell betriebenen Verbrennerfahrzeug und dem Referenz-Verbrennerfahrzeug besteht, muss zu 100 % durch die Kommune getragen werden. Die Mehrkosten des Elektrofahrzeugs setzen sich daher nicht nur aus dem Delta zwischen E-Fahrzeug und Referenz-Verbrenner zusammen, sondern auch aus der Differenz von Referenz-Verbrennerfahrzeug und dem Verbrennerfahrzeug, das tatsächlich in der Flotte betrieben wird. Dadurch sinkt die reale Förderquote. Dies ist auch der Fall, wenn die prozentualen Händler Rabatte auf die E-Fahrzeuge kleiner sind, als die Rabatte, die auf konventionell betriebene Fahrzeuge gewährleistet werden. Die Differenz zwischen den zwei verschiedenen Antrieben wird dadurch größer, ist jedoch auf die maximale Förderung vom Bund mit den Referenzpreisen gedeckelt.

(2) Die Kommune betreibt Fahrzeuge, die aktuell teurer sind als die angegebenen Referenzfahrzeuge.

Es wird davon ausgegangen, dass dieser Fall nur auftritt, wenn ein Fahrzeug in der Fahrzeugklasse herabgestuft wird („downgrade“) - also ein höher-klassiges Fahrzeug durch ein Fahrzeug einer kleineren Fahrzeugklasse ersetzt wird – da die Kommune vermutlich auch maximal die marktfähigen Bruttolistenpreise für ein Verbrennerfahrzeug bezahlt.

Orientieren sich die förderfähigen Ausgaben dann an den vom Bund vorgegebenen Referenzpreisen, fällt die Förderung höher aus, als dies real der Fall sein sollte. Somit nähern sich die Anschaffungskosten eines Elektrofahrzeugs sich stärker denen eines Verbrennerfahrzeugs an.

(3) Die Kommune betreibt genau das Fahrzeug, auf das sich die maximalen förderfähigen Ausgaben vom Bund beziehen.

In diesem Fall orientiert sich die Förderung am Ist-Stand und die Differenz zwischen den Anschaffungskosten und den Verbrennern beträgt abzüglich der erhaltenen Förderung tatsächlich nur 50 %-Mehrkosten. In der Referenzliste des Bundes werden jedoch z.T. Fahrzeugmodelle aufgeführt, die in der Regel nicht von Kommunen betrieben werden. Daher werden die ersten beiden Szenarien als wahrscheinlicher angesehen. Das dritte Szenario ist jedoch nicht auszuschließen.

Die Mehrkosten für Elektrofahrzeuge berechnen sich daher wie folgt:

$100 \% \times \text{Differenz aus aktuell betriebenen und Referenz-Verbrenner} + 50 \% \times \text{Differenz aus Referenz-Verbrenner oder dem Händlerangebot und dem bezahlten Preis für das Elektrofahrzeug}$

Aus diesem Grund ist es besonders wichtig mit den real entstehenden Kosten für die Elektrofahrzeuge zu rechnen. Hohe Fördersummen erscheinen auf den ersten Blick zwar begünstigend für die Elektromobilität, jedoch haben die tatsächlich ersetzten bzw. aktuell betriebenen Fahrzeuge einen größeren Einfluss.

5.1.2. TCO-Vergleichsrechnung

Größtes Potential der Kosteneinsparung von konventionellen zu elektrischen Fahrzeugen liegt beim Kraftstoff. Hinzu kommt, dass Elektromotoren außer dem Rotor keine beweglichen Teile beinhalten, sodass ein geringerer Verschleiß entsteht und der Wartungsaufwand stark reduziert wird. Dies kann auch den Arbeitsaufwand für die einzelnen Mitarbeiter reduzieren.

Abbildung 30 zeigt einen direkten Gesamtkostenvergleich bei einer Jahreslaufleistung von 10.000 km zwischen Verbrennern und E-Fahrzeugen ohne Förderung.⁴⁷ Diese exemplarische Darstellung wird vorgenommen, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Neben den herkömmlichen Kostenparametern einer TCO-Analyse wurden die Kosten, die innerhalb der Fahrzeuggruppen für externe Emissionskosten⁴⁸ anfallen, integriert. Dem Anhang VIII ist auch ein Vergleich mit Förderung zu entnehmen. In Kapitel 3.6 wurden die verwendeten Kosten nach ihrer Herkunft dargelegt.

⁴⁷ Derzeit wird im Rahmen der Förderrichtlinie Elektromobilität die Anschaffung von Fahrzeugen für den kommunalen Fuhrpark in Höhe von 50 % der Mehrkosten von Elektro-Fahrzeugen gegenüber Verbrennerfahrzeugen gefördert. Die Mehrkosten werden über den gesamten Lebenszyklus betrachtet und beziehen sich nicht allein auf die Anschaffungskosten.

⁴⁸ Emissionskosten machen einen vergleichsweise geringen Anteil an den Gesamtkosten aus.

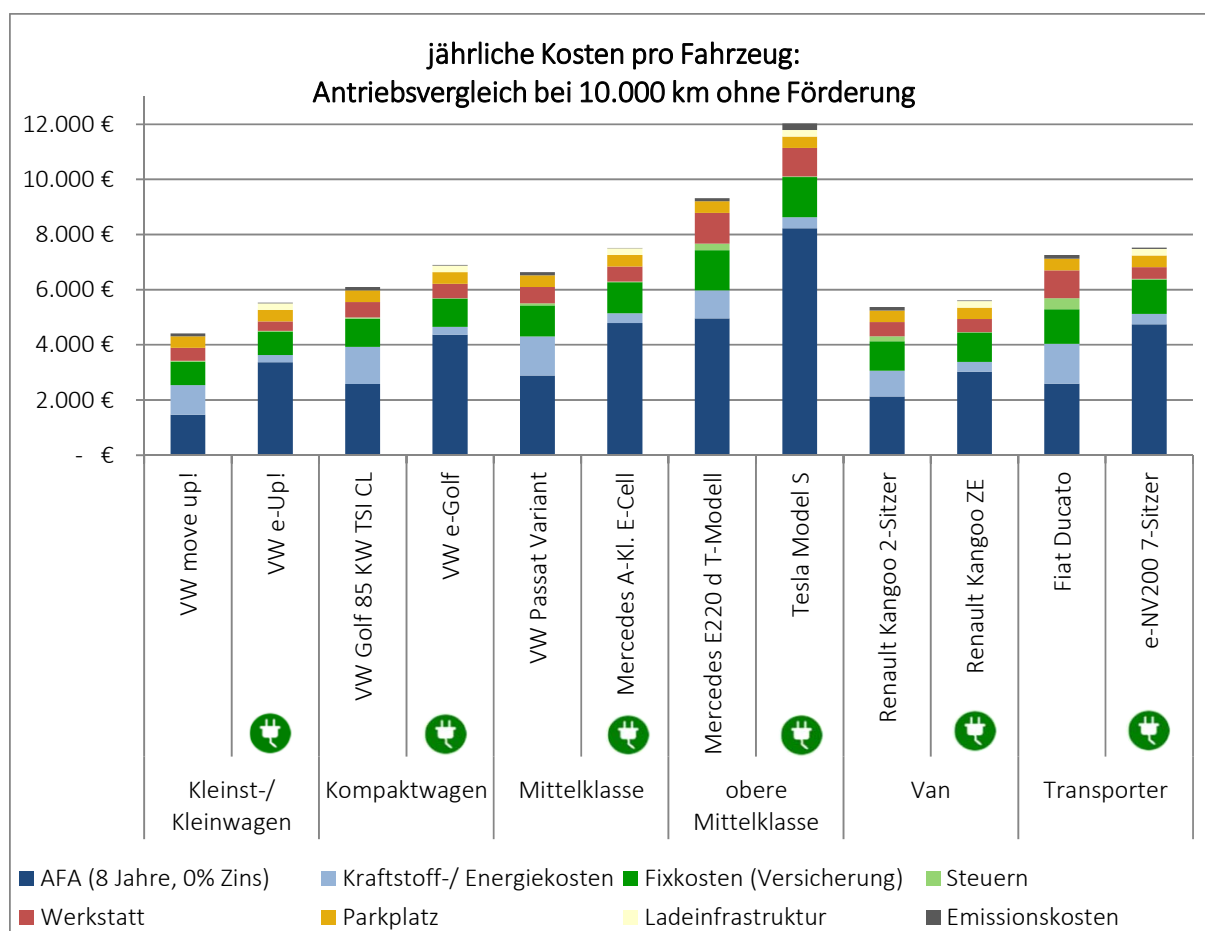


Abbildung 30: Kostenvergleich E-Fahrzeuge und Verbrenner bei Jahreslaufleistung von 10.000 km

Es zeigt sich, dass die jährlichen Kosten für einen E-Van und E-Transporter bei einer Laufleistung von 10.000 km schon heute nur marginal (4 - 5%) höher sind, als für einen konventionell betriebenes Fahrzeug. Die variablen Kosten der konventionellen Fahrzeugmodelle (vgl. Anhang VIII) wurden mit Hilfe der ADAC Autodatenbank ermittelt. Die realen Werte, der aktuell im Fuhrpark der LHD vorhandenen Fahrzeugmodelle, sind aufgrund des älteren technischen Stands vermutlich tendenziell höher. Da jedoch keine umfassenden Realdaten vorlagen, musste diese Einschränkung gemacht werden.

Durch die Inanspruchnahme der Förderung von Elektrofahrzeugen in Kommunen in Höhe von 50 % der Differenz zwischen Bruttolistenpreis des Referenzfahrzeugs und des Elektrofahrzeuges zeigen sich deutliche Unterschiede im Kostenvergleich. Ein E-Transporter wie der e-NV200 Evalia 7-Sitzer ist somit im Vergleich zum Verbrenner bei einer Jahreslaufleistung von 10.000 km bereits 7 % günstiger. Bei den aktuell durchschnittlichen Jahreslaufleistungen der Transporter der LHD liegt diese Quote heute bereits bei 5 %.

Elektrisch betriebene Modelle aus dem Kleinwagen-Segment werden erst bei höheren Jahreslaufleistungen günstiger. Abbildung 31 zeigt den Verlauf der Gesamtkosten in Abhängigkeit von der Jahreslaufleistung zwischen Verbrennern und E-Mobilen mit und ohne Förderung.

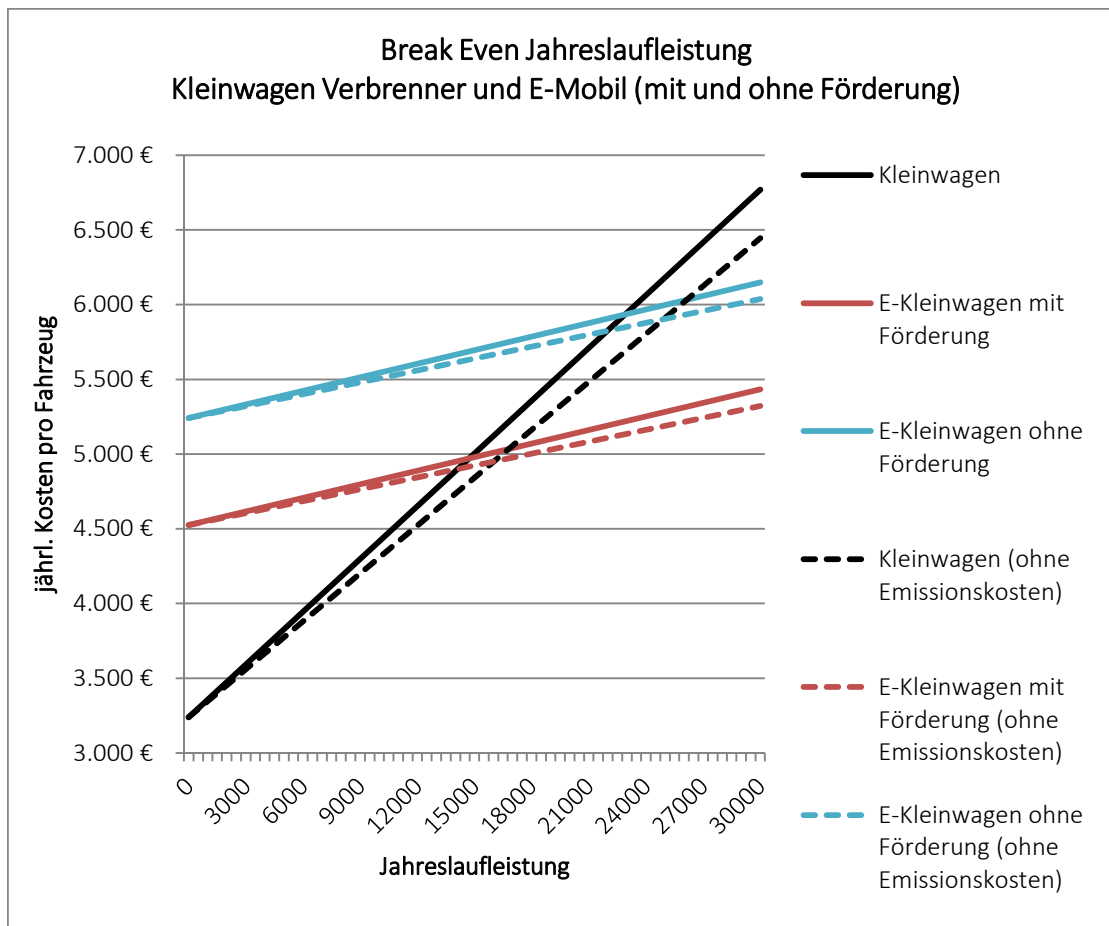


Abbildung 31: Break Even der Jahreslaufleistung zwischen Verbrennern und E-Mobilen

Es wird deutlich, dass eine Förderung (Break-Even bei 14.718 km) oder hohe Kilometerlaufleistung (Break-Even bei 18.435 km ohne Förderung) für einen Kostenvorteil notwendig ist. Die Auswirkung der Einbeziehung der Emissionskosten hat vor allem beim Verbrenner einen Einfluss: Der Break-Even ohne Förderung wird dann erst bei ca. 25.000 km erreicht. Die Laufleistung muss somit 35 % höher sein, um ein wirtschaftliches Szenario zu erreichen. Dies bedeutet, dass die Betrachtung der Umweltwirkungen bzw. externen Umweltkosten einen positiven Einfluss für die Wirtschaftlichkeit der E-Fahrzeuge haben kann.

In der nachstehenden Tabelle 16 werden die Jahreslaufleistungen pro Fahrzeug dargestellt, die notwendig sind, um eine Kostengleichheit zwischen konventionell und elektrisch betriebenen Fahrzeugen zu erreichen. Die aktuelle Jahreslaufleistung der Kleinst- und Kleinwagen müsste unter Einbeziehung der Emissionskosten und Inanspruchnahme der Förderung unter gleichbleibender Anzahl der Fahrzeuge, um mehr als das Doppelte steigen. Bei einer höheren Auslastung der einzelnen Fahrzeuge und damit steigender Laufleistung sinkt diese Differenz.

Unter den aktuellen Bedingungen in der LHD könnten E-Transporter mit der Förderung schon heute kostengünstiger betrieben werden.

Tabelle 16: Break-Even Jahreslaufleistung je Fahrzeugklasse mit und ohne Förderung

Fahrzeugklassen	Break-Even Jahreslaufleistung mit Emissionskosten [km]		Ist-Jahreslaufleistung [km]	Verhältnis zum Ist-Stand	
	Ohne Förderung	Mit Förderung		Ohne Förderung	Mit Förderung
Kleinst-/ Kleinwagen	18.435	14.718	6.293	293%	234%
Kompakt	14.385	12.864	5.518	261%	233%
Mittelklasse	14.182	12.709	3.789	374%	335%
obere Mittelklasse	42.835	38.547	41.093	104%	94%
Van	10.439	7.333	4.997	209%	147%
Transporter	11.018	6.589	8.634	128%	76%

5.1.3. Kosten bei Fahrzeugersetzungen

Im Folgenden wird die Kostenentwicklung bei der exemplarischen schrittweisen Ersetzung von Verbrennerfahrzeugen durch Elektrofahrzeuge in 25%-Schritten vorgenommen, vgl. Abbildung 32. Die Darstellung basiert auf den durchschnittlichen Jahreslaufleistungen der LHD pro Fahrzeugklasse und einem Erwerb der Fahrzeuge.

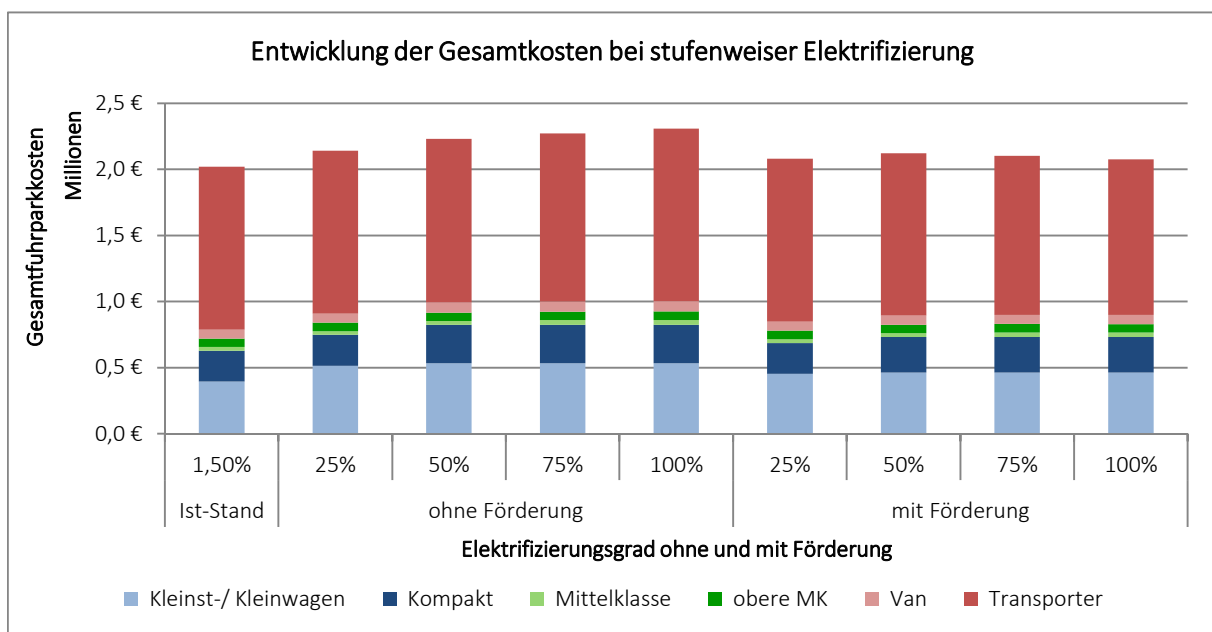


Abbildung 32: Änderung bei stufenweiser eins-zu-eins Elektrifizierung

Die Elektrifizierung wurde beginnend mit den Fahrzeugklassen Kleinst-/ Kleinwagen, Kompaktklasse und Vans durchgeführt. Anschließend wurden die Transporter, und zuletzt die Mittel- und obere Mittelklassefahrzeuge elektrifiziert⁴⁹.

Für die Berechnung wurde eine eins-zu-eins-Ersetzung vorgenommen, d.h. es werden bspw. alle bisherigen Fahrzeuge vollständig, ohne Einsparung aus der Optimierung, elektrifiziert. Die Kosten für den gesamten Fuhrpark steigen dabei je nach Elektrifizierungsgrad um jährlich 6 %, 10 %, 12 % und 14 % ohne Inanspruchnahme einer Förderung. Wird die aktuelle Förderung von E-Fahrzeugen genutzt,

⁴⁹ Die 25-%ige Elektrifizierung umfasst 87 % aller Kleinst-/ Kleinwagen; 50% umfasst bereits alle Fahrzeuge der Kleinst-/ Kleinwagen, Kompakt- und Van-Klasse sowie 9% der Transporter. In den letzten beiden Stufen kommen jeweils Transporter, Mittelklasse und obere Mittelklasse Fahrzeuge hinzu.

zeigt sich zunächst ebenfalls ein Anstieg der Kosten, allerdings fallen die Gesamtkosten bei einer kompletten Elektrifizierung nahezu wieder auf das Ursprungslevel zurück. Dies liegt in der hohen Förderquote für Transporter begründet, die in der letzten Elektrifizierungsstufe hinzukommen. Und wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt wurde, könnten diese mit elektrischem Antrieb bereits kostengünstiger betrieben werden. Eine Gesamtübersicht der Kosten nach Fahrzeugklasse kann dem Anhang VIII entnommen werden.

Der umfassende Datenbestand kann dem Anhang VIII entnommen werden. Hierbei wird ersichtlich, dass eine reine Ersetzung der Fahrzeuge zu einer Kostenerhöhung führt. Einsparpotentiale ergeben sich erst infolge der in Abschnitt 4.4 aufgezeigten Optimierungen. Eine wirtschaftlich lohnende Elektrifizierung bedingt somit den Einsatz umfassender Maßnahmen.

5.2. Umweltwirkungen der Elektrifizierung

5.2.1. Abgrenzung der Umweltwirkungen

Die Umweltwirkungen können in lokal und global entstehende Emissionen von E-Fahrzeugen und Verbrennern aufgeteilt werden. In der nachfolgenden Tabelle 17 sind die jeweiligen Emissionen bei Verbrennern und E-Fahrzeugen gegenübergestellt.

Tabelle 17: Vergleich lokaler und globaler Emissionen zwischen E-Mobilen und Verbrennern

	lokal	global
Verbrenner	Fahrzeugbetrieb	Fahrzeugproduktion und -entsorgung
	Reifen- und Bremsabrieb (PM10)	
	Lärmemissionen	Erzeugung und Transport von Kraftstoff
E-Mobil		Fahrzeugproduktion und -entsorgung
	Reifenabrieb (PM10)	Produktion und Entsorgung der Batterie
	⁵⁰	Stromerzeugung und -bereitstellung

Emissionen lokal

E-Fahrzeuge emittieren während der Nutzung lokal keine Treibhausgase. Zudem wird lokal das Lärmaufkommen minimiert, was insbesondere für den Stadtverkehr relevant ist.⁵¹ Im Gegensatz dazu fallen beim Verbrennen von fossilen Kraftstoffen in konventionellen Fahrzeugen lokale (CO₂-) Emissionen an.

Es ist zu beachten, dass in Dresden erhebliche Feinstaubbelastungen vorliegen, die nicht nur aus Motoren emittiert werden. So sind beispielsweise 19% der Feinstaubemissionen im deutschen Straßenverkehr (PM₁₀) auf Reifenabrieb und 8% auf Bremsabrieb zurückzuführen (vgl. StMUG 2010, S. 4). Reifen- und Bremsabrieb findet bei konventionellen und elektrisch betriebenen Fahrzeugen gleichermaßen statt und wird demnach nicht in die Betrachtung mit einbezogen.

⁵⁰ Bei höheren Geschwindigkeiten entstehen ebenfalls geringe Lärmemissionen

⁵¹ Messbare Effekte der Lärmreduktion werden jedoch erst durch einen hohen Anteil von E-Fahrzeugen im Stadtverkehr erzielt.

Emissionen global

Global bzw. nicht zwingend am Einsatzort entstehen sowohl für Verbrenner-, als auch für Elektrofahrzeuge Emissionen bei der Fahrzeugproduktion und -entsorgung sowie bei der Kraftstoff- oder Stromerzeugung. Beim Elektroantrieb entstehen weitere Belastungen durch die Batterieproduktion.

Die gesamte methodische Beschreibung der Berechnungsgrundlagen kann dem Anhang IX entnommen werden.

Die Berechnungsgrundlagen der einzelnen Schritte des Fahrzeuglebenszyklus (lokale und globale Emissionen) konventioneller und elektrisch betriebener Fahrzeuge kann dem Anhang IV entnommen werden. Hier werden die folgenden Punkte detaillierter aufgezeigt:

- Fahrzeugherstellung und -entsorgung
- Kraftstoffherstellung und -bereitstellung
- Stromerzeugung und -bereitstellung
- Fahrzeugbetrieb⁵²

Eine große Bedeutung für die Umweltbilanz kommt dem verwendeten Strommix zu: Ein hoher Anteil an erneuerbaren Energien sowie eine erzeugungszeitorientierte Stromabnahme können die höheren Beiträge zum Treibhausgaspotential in der Fahrzeugherstellung gegenüber den konventionellen Fahrzeugen kompensieren (vgl. NOW 2015, S 32).

Eine verbindliche Gesamtbilanz für das Emissionsverhalten von konventionellen im Vergleich zu E-Fahrzeugen im gesamten Lebenszyklus kann nicht einheitlich getroffen werden, da diese neben fahrzeugspezifischen Faktoren insbesondere vom bezogenen Strommix und dem Nutzungsverhalten abhängig ist.

5.2.2. Exemplarische Vergleiche

Die Emissionen von Fahrzeugen unterliegen einer Vielzahl von Einflussgrößen. Um das Emissionsverhalten zwischen den Fahrzeuggruppen (basierend auf der zugrundeliegenden Methodik des HBEFA) genau vergleichen zu können, werden gleiche Jahreslaufleistungen von 10.000 km angenommen.

Emissionsverhalten von konventionellen Fahrzeugen

Fahrzeugbedingte Einflussfaktoren auf das Emissionsverhalten konventioneller Fahrzeuge sind vor allem⁵³:

- Antriebsart (Benzin oder Diesel)
- Hubraumgröße
- Emissionsklasse

Die nachstehende Abbildung 33 bezieht sich auf eine Jahreslaufleistung von 10.000 km mit den für die Fahrzeugklasse typischen Wegeverteilungen⁵⁴. Sie enthält die CO₂-Emissionen von Fahrzeugen, die

⁵² unter anderem warme Emissionen, Kaltzuschläge und Verdampfungsemissionen

⁵³ Fahrweise und Zuladung sind weitere Einflussgrößen die nicht weiter betrachtet werden. Berücksichtigt wurde die durchschnittliche Aufteilung der gefahrenen Geschwindigkeiten.

exemplarisch für die im Fuhrpark der LHD enthaltenen Fahrzeuggruppen stehen. Es werden nur im Fahrzeugpool enthaltene Fahrzeuggruppen betrachtet, daher gibt es keine Darstellung zu Diesel Kleinst-/ Kleinwagen und Benzinern der oberen Mittelklasse. Die Berechnungen basieren auf den Angaben der HBEFA Datenbank mit durchschnittlichem Fahrverhalten und simulierten Umweltbedingungen für je ein Fahrzeug (für alle Fahrzeuggruppen einheitliche Annahmen).

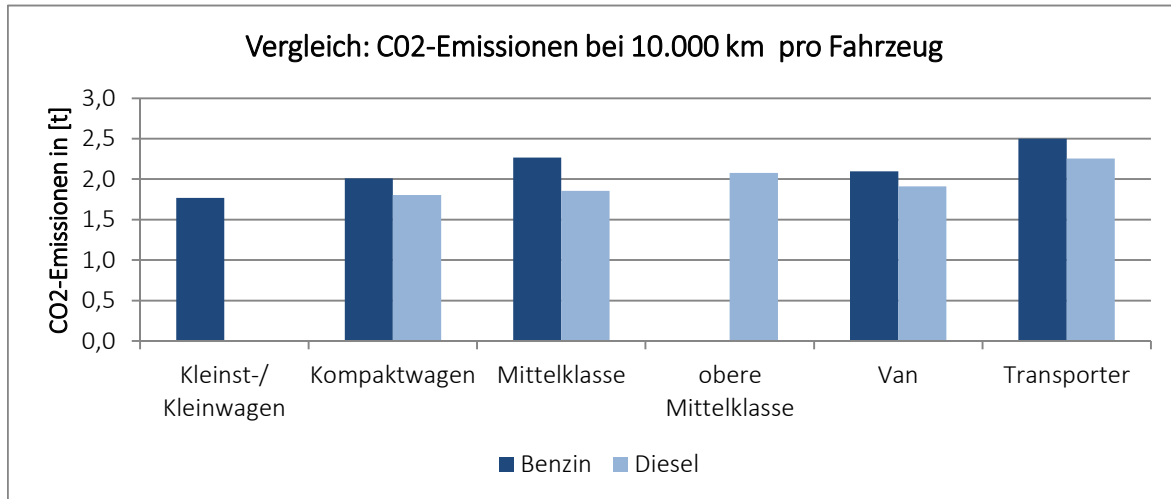


Abbildung 33: CO₂-Emissionen von Verbrennern bei Jahreslaufleistung von 10.000 km

Benzin-betriebene Pkw schneiden im direkten Vergleich innerhalb der Fahrzeugklassen in der CO₂-Bilanz etwas schlechter ab (vgl. Abbildung 33), als der Diesel. Dieser stößt jedoch mehr Stickoxide aus, die zur Bildung des gesundheitsschädlichen Sommersmogs beitragen (vgl. Abbildung 34; UBA 2016).

In Abbildung 34 ist dargestellt, wie viel ein einzelnes Fahrzeug der entsprechenden Klasse im Schnitt auf 10.000 km emittiert. Dabei wird je Schadstoff ein Referenz-Diesel und -Benziner abgebildet.

Die Benziner der Kleinst- bis Kompaktklasse stoßen insgesamt zwar weniger NO_x aus, jedoch sind bei Fahrzeugen dieser Antriebsart aufgrund weniger strenger Abgasnormen bedeutend höhere Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen zu verzeichnen.

⁵⁴ Kleinst-/ Kleinwagen, Kompaktklasse, Van, Transporter und „sonstige“ obliegen der Verteilung 85 % innerorts und 15 % außerorts; Mittelklasse: 80 % innerorts, 15 % außerorts, 5 % Autobahn; obere Mittelklasse: 60 % innerorts, 20 % außerorts, 20 % Autobahn. Die Verteilung hat Einfluss auf die durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeiten.

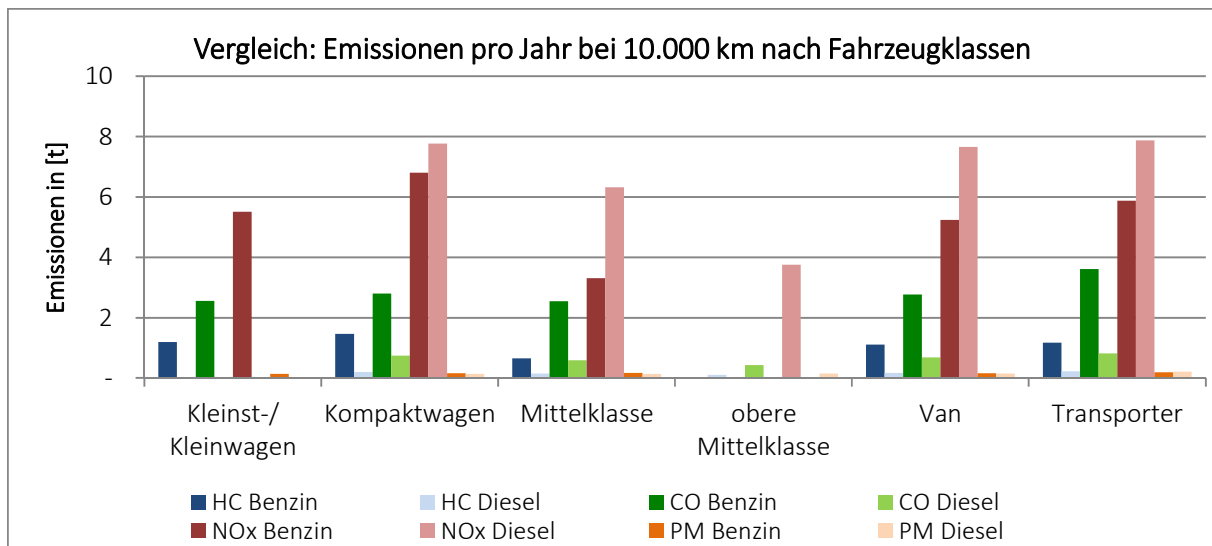


Abbildung 34: Emissionsvergleich pro Fahrzeug (Fahrzeugauswahl, 10.000 km Jahreslaufleistung)

Emissionsverhalten von E-Fahrzeugen und Verbrennern

Betrachtet man allein die Emissionen der Fahrzeugherstellung, ergibt sich für eine Eins-zu-eins-Ersetzung eines Fuhrparks durch Elektrofahrzeuge ein 77%, bzw. 97%⁵⁵ höheres Treibhauspotenzial. (vgl. Martin & Treiber 2014, S. 5). Durch die Optimierung des Fahrzeugpools könnten die Auslastungen der einzelnen Fahrzeuge erhöht werden, sodass sich dieser negative Einfluss ausgleichen kann, da insgesamt weniger Fahrzeuge benötigt werden.

Beispielsweise hebt sich der negative Einfluss der Fahrzeugproduktion auf die Ökobilanz schon bei der Ersetzung von zehn Diesel- durch sechs elektrisch betriebene Fahrzeuge fast gänzlich auf. Ein Fuhrpark von Benzinern müsste um die Hälfte reduziert werden, um ihn in Bezug auf die Anschaffung emissionsneutral durch E-Fahrzeuge zu ersetzen.

Den Fahrzeugbetrieb betrachtend zeigt sich jedoch deutlich, dass die CO₂-Belastung durch konventionell betriebene Fahrzeuge bei gleicher Jahreslaufleistung unter Verwendung des aktuellen deutschlandweiten Durchschnitts für 2015 höher ist, bedingt durch Emissionen beim Fahrzeugbetrieb konventioneller Fahrzeuge, vgl. Abbildung 35.

⁵⁵ Vergleich der Emissionen der Fahrzeugherstellung eines VW Golf mit verschiedenen Antriebsarten. Bei der Herstellung eines E-Golfs werden aufgrund der Batterieherstellung im Vgl. zum Diesel 77% und im Vgl. zum Benzin 97% höhere Treibhausgasemissionen erzeugt (vgl. Martin & Treiber 2014, S. 5).

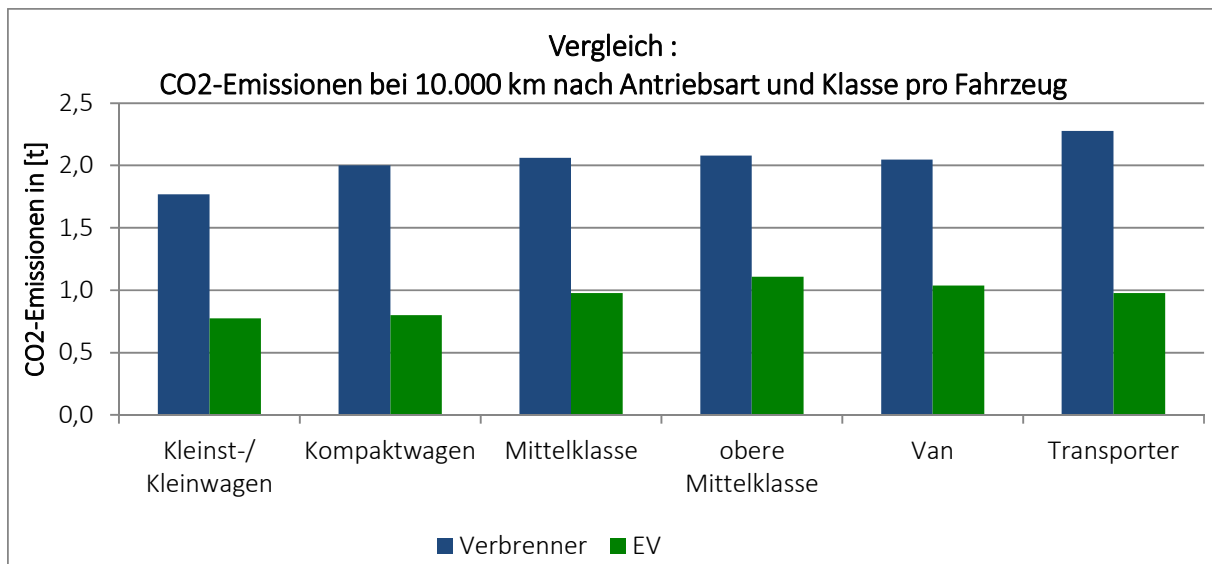


Abbildung 35: Vergleich CO2-Emissionen nach Fahrzeugklasse Verbrenner und EV⁵⁶

Ceteris paribus ergeben sich nach den Preisen für die externen Kosten der Vergabeverordnung folgende Gesamtemissionskosten (s. BMJV 2016)⁵⁷.

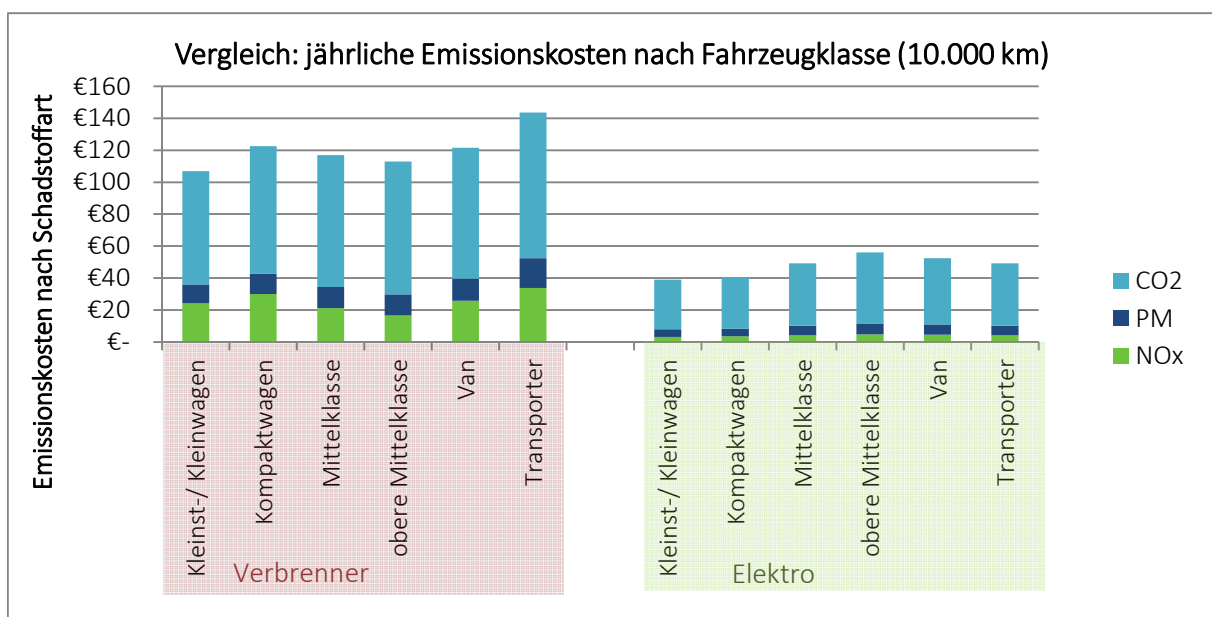


Abbildung 36: Vergleich Emissionskosten EV und Verbrenner nach Fahrzeuggruppen/-klassen

Die Kosten der Elektrofahrzeuge sind stark vom verwendeten Strommix abhängig. Die Emissionen werden in den kommenden Jahren aufgrund des steigenden Anteils an erneuerbaren Energien tendenziell noch weiter sinken. Die hier berechneten Emissionen beziehen sich auf den aktuellen deutschen Durchschnittsmix aus dem Jahr 2015.

⁵⁶ mit Strommix lokal 2015

⁵⁷ Es ist zu beachten, dass die Kosten nach VgV vom 12.04.2016 nur einen Teil der Emissionskosten umfassen.

5.2.3. Elektrifizierung des Fuhrparks

In Kapitel 4.4.3 wurde bereits beschrieben, dass eine Hochrechnung basierend auf den vorhandenen Fahrtenbüchern für die restlichen Ämter vorgenommen wurde. Dadurch ergab sich für den **gesamten Fuhrpark** zum aktuellen Zeitpunkt (ohne Optimierung oder Verschiebung, ohne Pool-Bildung) eine Elektrifizierung von 8 % der Fahrzeuge über die Kleinstwagen- bis Transporter-Klasse wenn die E-Fahrzeuge eine Reichweite von 70 km haben (Kleinst-/ Klein- und Kompaktwagen erreichen dabei 14 bis 16 %). Im Pooling beträgt dieser Anteil 10 % (für Kleinst- bis Kompaktwagen bis zu 23 %).

Dafür bedarf es nur der Einrichtung einer einfachen 3,7 kW Lademöglichkeit und keiner Änderung der Nutzungsgewohnheiten. Begrenzend für höhere Anteile sind überwiegend einige wenige längere Fahrten je Fahrzeug, für die Ladevorgänge an öffentlicher Ladeinfrastruktur notwendig werden. Durch neuere Fahrzeuge mit erhöhten Akkukapazitäten und Schnellladern ist dies teilweise lösbar. Außerdem können für seltene Fahrten auch extern Mietwagen oder andere Verkehrsmittel genutzt werden.

Das Elektrifizierungspotential steigt enorm bei Reichweiten von 100 km (von 8 % auf 17 %) sowie bei einer gepoolten Fuhrparkorganisation (bei 100 km-Reichweite im Pool können ein Drittel der Fahrzeuge zum Ist-Stand elektrifiziert werden). Es wird vermutet, dass durch den sinnvollen Einsatz der E-Fahrzeuge der Anteil real sogar höher sein kann. Dazu bedarf es nicht zwingend einer systematischen Optimierung.

Wird die Optimierung vorgenommen, steigt das Potential auf bis zu 31 % bei einer Ämter-bezogenen Organisation und beim Pooling auf 45 %. Die Übersicht der Effekte der einzelnen Szenarien wird im Kapitel 6.1 zusammengetragen.

Werden zusätzlich noch die Effizienzvorteile gehoben, welche in Kapitel 4 vorgeschlagen wurden, ergibt sich ein Potential von bis zu 60 % der Fahrzeuge. Allerdings bedarf dies auch einer Fahrzeugverfügbarkeit im benötigten mengenmäßigen Umfang und der zugehörigen Modellauswahl. Eine Darstellung des Elektrifizierungspotentials der einzelnen Ämter, die Fahrtenbücher zur Verfügung gestellt haben, kann dem Anhang X entnommen werden.

Für die Elektrifizierung des aktuellen Fuhrparks liegt die durchschnittliche Jahreslaufleistung der Fahrzeugklassen aus den Fahrtenbüchern der OE zugrunde. Ein direkter Vergleich der Fahrzeugklasse Kleinst- und Kleinwagen zeigt bei je gleicher Anzahl⁵⁸ konventionell und elektrisch betriebener Fahrzeuge und gleicher Jahreslaufleistung⁵⁹ folgende Verteilung der Emissionskosten und CO₂-Emissionen in Abbildung 37.

Die elektrisch betriebenen Fahrzeuge steuern bei gleichen Anteilen von Verbrennern und EV nur 27 % der CO₂-Emissionen und 24 % der Emissionskosten für CO₂, NO_x und PM des Gesamtfuhrparks bei. Es kann also von einer CO₂-Reduktion von 50 % ausgegangen werden. Dies verdeutlicht die Bedeutung der Elektrifizierung.

⁵⁸ 1 konventionelles Fahrzeuge Kleinstwagen (Fahrzeuggruppe Benzin < 1,4 l Euro-5), 1 Elektrofahrzeug Kleinstwagen (VW e-Up!)

⁵⁹ Durchschnittliche Jahreslaufleistung Kleinstwagen: 7198 km

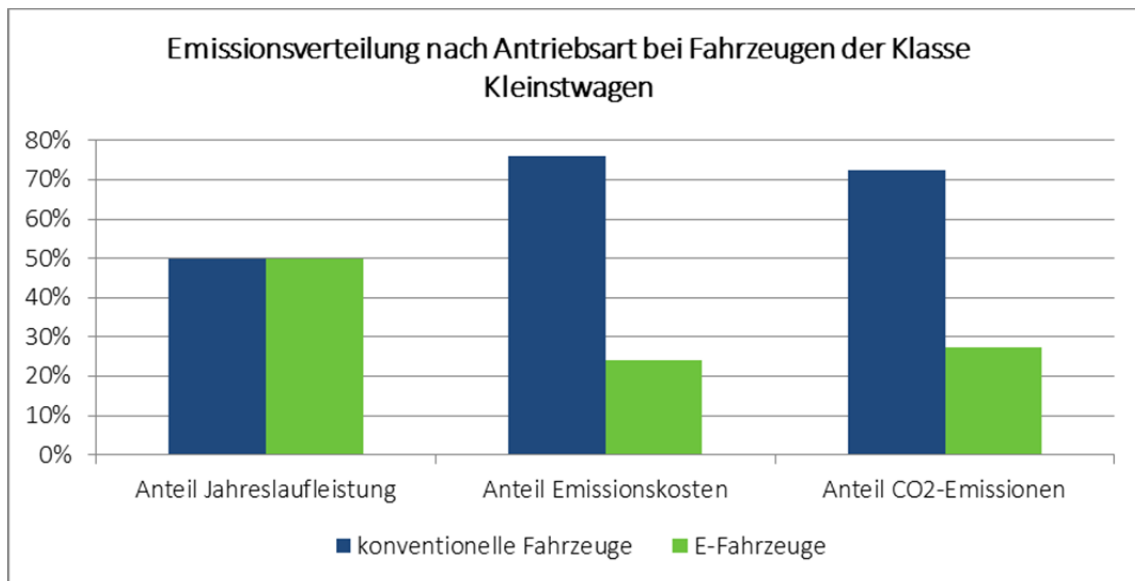


Abbildung 37: Emissionsvergleich EV und Verbrenner in der Gruppe Kleinstwagen (je 1 Kfz)

Die Auswirkungen der Fuhrparkelektrifizierung wurden anhand von drei Elektrifizierungsschritten (25 %, 50 % und 100 %) im Vergleich zum Ist-Stand) berechnet. Die Ausprägung der Szenarien wird in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Übersicht der Szenarien (Elektrifizierungsgrad und Strommix)

Szenario	Stand der Elektrifizierung	Stromherkunft	Elektro-fahrzeuge	Konventionelle Fahrzeuge
1	Ist-Stand (1,5 %)		5	335
2a	25 % Elektrifizierung	Strommix 2015	85	255
2b		Strommix 2020	85	255
2c		Ökostrommix	85	255
2d		50 Öko: 50 Mix	85	255
3a	50 % Elektrifizierung	Strommix 2015	170	170
3b		Strommix 2020	170	170
3c		Ökostrommix	170	170
3d		50 Öko: 50 Mix	170	170
4a	100 % Elektrifizierung	Strommix 2015	340	0
4b		Strommix 2020	340	0
4c		Ökostrommix	340	0
4d		50 Öko: 50 Mix	340	0

Durch die Elektrifizierung von 50 % des Fuhrparks (170 von 340 Fahrzeugen des Fuhrparks) können innerhalb eines durchschnittlichen Betrachtungsjahres bis zu 20 % der CO₂-Emissionen und 25 % der Emissionskosten eingespart werden (deutscher Strommix 2015). Erst durch die ausschließliche Ladung mit reinem Ökostrom könnten bis zu 37 % der CO₂-Emissionen eingespart werden. Durch eine Fuhrparkoptimierung könnte dieser Effekt nochmals verstärkt werden.

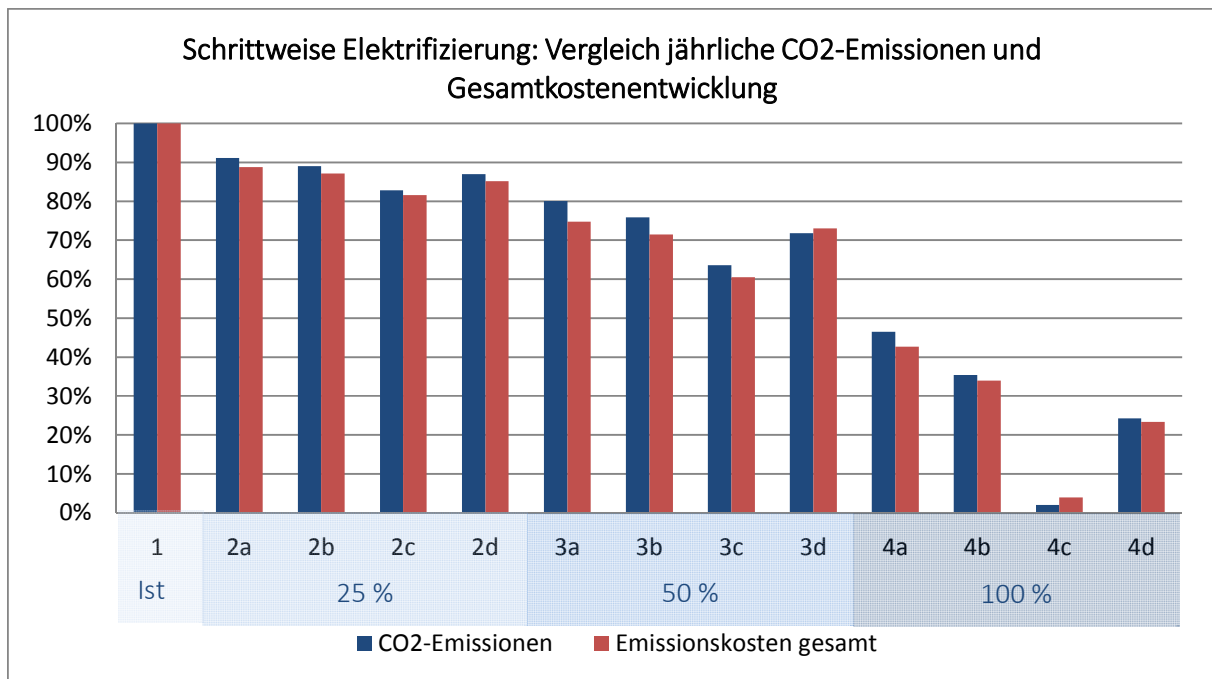


Abbildung 38: Prozentuale Veränderung CO₂-Emissionen und Emissionskosten, Szenarien-Überblick

Eine Teilelektrifizierung der Hälfte des Fuhrparks der Stadt Dresden führt jährlich unter der Nutzung eines Strommixes aus zu gleichen Teilen Ökostrom und lokalem Strommix (Bezugsjahr 2015, Szenario 3d) zur Einsparung von rund 148 t CO₂-Emissionen und 9.339 € Emissionskosten.

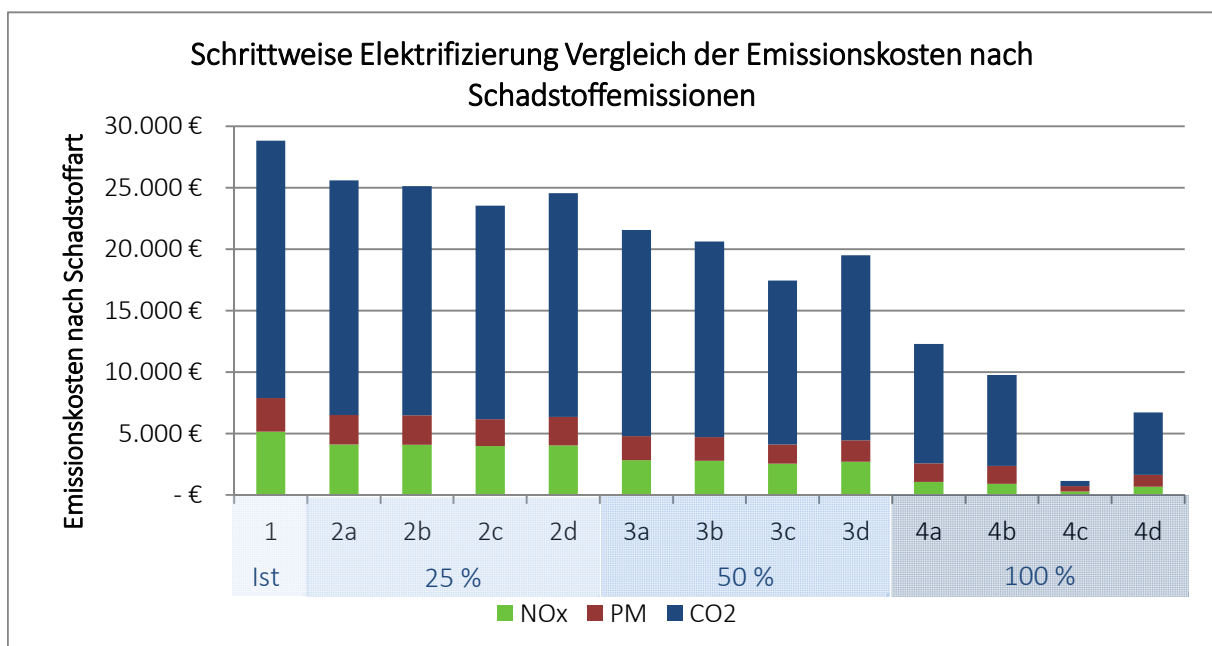


Abbildung 39: Veränderung der absoluten Emissionskosten, Szenario-Überblick

Wird der Ansatz von Abbildung 38 bezüglich der CO₂-Emissionen auf weitere Emissionen ausgedehnt, werden die Emissionskosten wie in Abbildung 39 weiter gesenkt. Es entstehen demnach jährlich im Vergleich zum Ist-Stand zwischen 3.235 € und 22.000 € weniger Emissionskosten je nach Elektrifizierungsgrad.

5.3. Poolbildung mit E-Anteil

Für die beiden, in Kapitel 4.4 gebildeten Pools erfolgt nachstehend eine detaillierte Betrachtung. Auswirkungen und Einflussgrößen auf einen Elektrofuhrpark sind hier stärker sichtbar. Es wurden die verschiedenen Reichweiteszenarien (70 km, 100 km, 130 km) aus Kapitel 4.1 zugrunde gelegt. Dadurch können zwischen den Szenarien variierende Ergebnisse in der Fahrzeugzusammensetzung auftreten⁶⁰.

5.3.1. Pool „Lingnerstadt“

Im Pool „Lingnerstadt“ sind über alle Fahrzeugklassen im Reichweiten-Szenario bis 70 km **ohne Optimierung** nur 5 % der Fahrten mit E-Fahrzeugen durchführbar. Dies entspricht über das gesamte Jahr 275 Fahrten, die zu 60 % auf die zu geringe Reichweite entfallen. Auch mit erhöhter Ladeleistung von 22 kW besteht dieses Problem. Dadurch können nur 3 Fahrzeuge der Kleinst-/ Kleinwagenklasse elektrifiziert werden. Erst durch die **Optimierung** und der damit verbundenen Verschiebung von Fahrten steigt die Anzahl der elektrifizierbaren Fahrzeuge auf 14 und somit auf 60%. Der höchste Anteil nicht durchführbarer Fahrten, auch nach der Optimierung, liegt bei den Fahrzeugen des Mittelklasse-Segmentes. Diese sind notwendig, um alle Fahrten ohne externe Ladevorgänge abwickeln zu können. Tabelle 19 zeigt die Entwicklung der Elektrifizierungspotentiale mit steigenden Reichweiten auf.

Tabelle 19: E-Fahrzeuge in Reichweiteszenarien mit 3,7 kW Ladung (ohne externe Ersetzung)

		Kleinst-/ Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	Van	Transporter	Sonstige	Σ
Ist⁶¹		13	4	2	5	1	0	25
Optimierung		12	4	1	5	1	0	23
70 km	EV	9	3	0	2	0	0	14
	Konv.	3	1	1	3	1	0	9
100 km	EV	11	3	1	3	1	0	19
	Konv.	1	1	0	2	0	0	4
130 km	EV	12	3	0	4	1	0	20
	Konv.	0	1	1	1	0	0	3

Der Anteil, der nicht elektrifizierbaren Fahrzeuge, in Tabelle 19 mit „Konv.“ bezeichnet, ergibt sich aus den Fahrten, die aufgrund beschränkter Reichweite nicht möglich wären sowie Fahrten, die wegen zu kurzer Ladezeit zwischen den Fahrten nicht realisierbar waren.

Durch neue Fahrzeugmodelle, wie in Anhang XI dargestellt, wird dies zukünftig weiter minimiert. Beispielhaft konnte jedoch gezeigt werden, dass mit den bereits verfügbaren Modellen ein großer Teil der Fahrten realisierbar ist.

Durch die Poolbildung und die daraus resultierende potentielle Fahrzeugeinsparung können je nach Reichweiten Szenario unter Verwendung des aktuellen Strommixes durchschnittlich 40 – 50 % der CO₂-Emissionen am Standort Lingnerstadt eingespart werden, vgl. Abbildung 40. Dieser Effekt

⁶⁰ Aufgrund von zu großer Fahrtlängen im Vergleich zur Reichweite. Es wird davon ausgegangen, dass längere Fahrten von vornherein nicht mit den Fahrzeugen mit eingeschränkter Reichweite genutzt werden würden.

⁶¹ Zum Ist-Stand sind nur 3 Fahrzeuge des Kleinst-/Kleinwagensegmentes mit E-Fahrzeugen mit einer Reichweite von 70 km und 3,7 kW Ladung ersetzbar. Bei 100 km Reichweite steigt die Anzahl, um 10 Fahrzeuge (14 EV, 11 Verbrenner).

verstärkt sich enorm bei Verwendung von Ökostrom⁶²: dadurch reduziert sich die CO₂-Emission des Fuhrparks am Standort um bis zu 87 %.

Negativ auf die Umweltbilanz im Szenario „Optimierung“ und „Optimierung + externe Ersetzung“ wirken sich jeweils die erhöhte Jahreslaufleistung pro Fahrzeug aus. Ursache ist die reduzierte Fahrzeuganzahl, die insbesondere im Szenario der Ersetzungen mit 18 Fahrzeugen zu tragen kommt. Hierbei verdoppelt sich die Jahreslaufleistung pro Fahrzeug nahezu. Diese Auslastungssteigerung hat jedoch positive Auswirkungen auf die Gesamtkosten der Fahrzeuge.

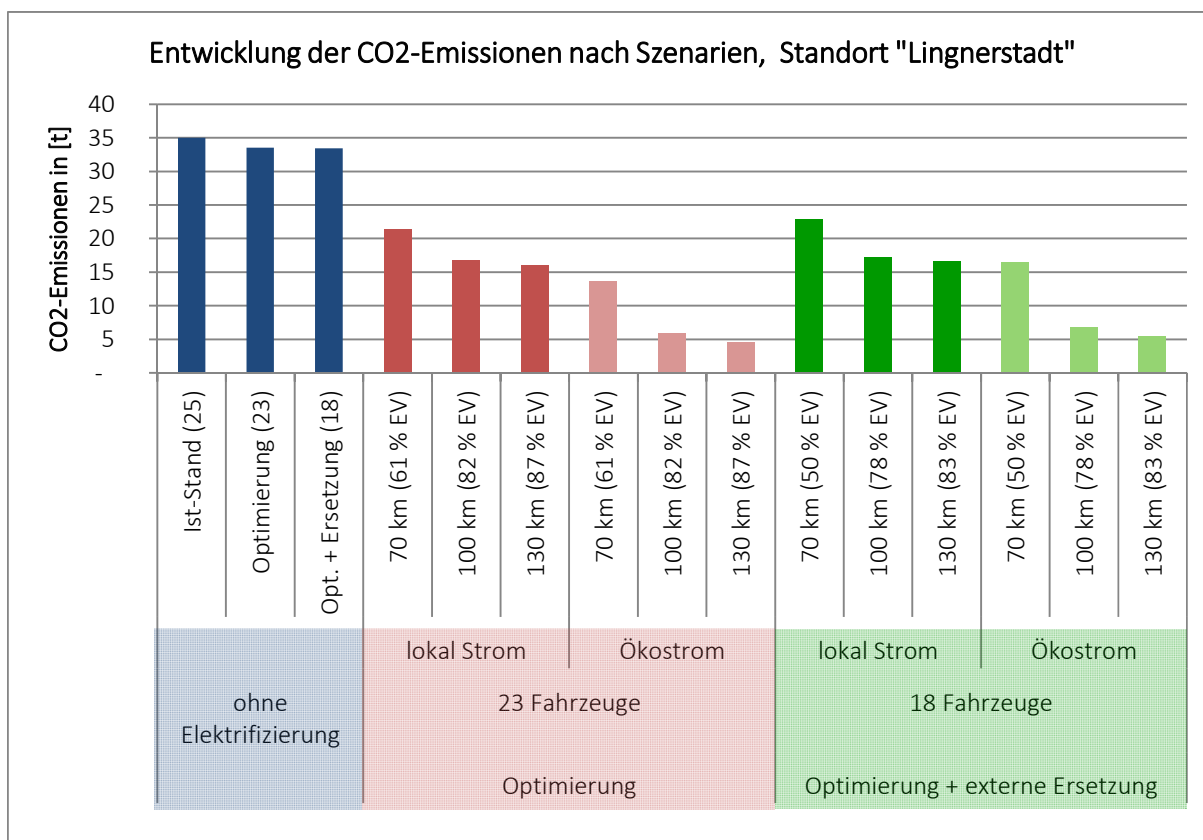


Abbildung 40: CO₂-Emissionen⁶³ und Emissionskosten durch Optimierung und Fahrtenersetzung

Ein sehr ähnlicher Effekt stellt sich bei der Betrachtung der externen Emissionskosten ein. Für die Berechnung wurden neben CO₂ (als größten Anteil) auch PM, NO_x und HC berücksichtigt. Zum Ist-Stand betragen die Kosten 2.115 € für den Fuhrpark „Lingnerstadt“ mit 25 Fahrzeugen. Die Kosten reduzieren sich um durchschnittlich 50 % unter Verwendung des lokalen Strommixes sowie um durchschnittlich 70 % unter Verwendung von Ökostrom, vgl. Tabelle 20.

Abbildung 41 zeigt die Veränderung der Gesamtkosten des Fuhrparks am Standort „Lingnerstadt“ (Amt für Stadtgrün und Abfallwirtschaft, Amt für Hochbau und Immobilienverwaltung und Umweltamt) innerhalb der verschiedenen Szenarien.

Es zeigt sich, dass unter Inanspruchnahme der Förderung im Szenario „Optimierung“ die Kosten nahezu den Ursprungskosten entsprechen. Dies bedeutet, dass eine 60 - 80-prozentige Elektrifizierung durch Umverteilung von Fahrten bereits nahezu kostenneutral möglich ist. Wird ein geringer Anteil

⁶² Durchschnittlich mit 54 % Wasserkraft

⁶³ mit Strommix'15

von Fahrten mit externen Verkehrsmitteln ersetzt, können diese Kosteneinsparungen (als Folge weiterer Fahrzeugaussteuerungen) dazu führen, dass der Fuhrpark nach der Elektrifizierung sogar geringere Gesamtkosten aufweist.

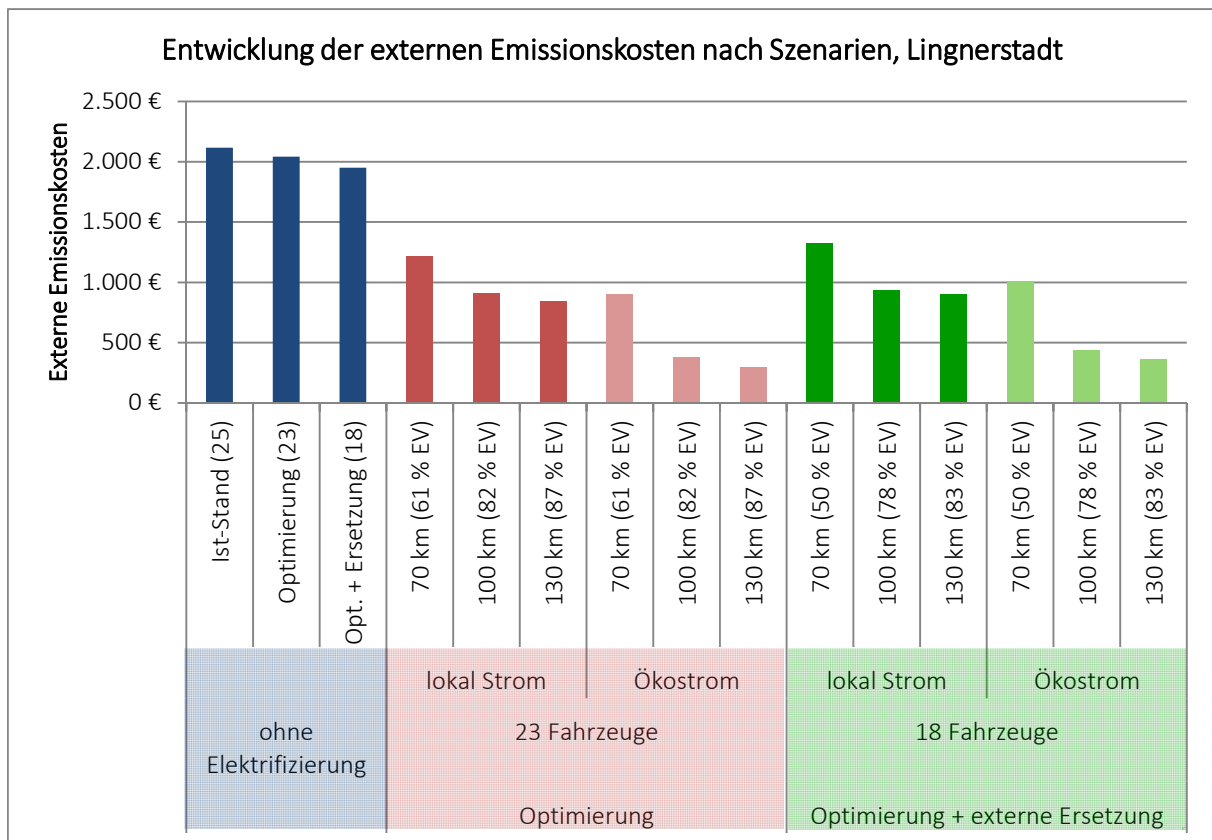


Abbildung 41: Entwicklung der Kosten nach Szenarien der Optimierung mit Teilelektrifizierung

Die nachstehende Tabelle zeigt abschließend die, der Abbildung 41 zugrunde liegenden Kosten.

Tabelle 20: Kosten nach Szenarien der Optimierung mit Teilelektrifizierung, Lingnerstadt

	Fahrzeuge	Emissionskosten (lokaler Strommix)	Fuhrparkkosten ohne Elektrifizierung	Fuhrparkkosten mit Elektrifizierung und Förderung
Ist-Stand	25	2.116 €	117.447 €	
Optimierung_70 km	23	1.215 €	109.154 €	118.173 €
Optimierung_100 km		907 €		119.848 €
Optimierung_130 km		842 €		119.900 €
Ersetzung_70 km	18	1.320 €	92.625 €	96.802 €
Ersetzung_100 km		933 €		96.276 €
Ersetzung_130 km		898 €		97.164 €

5.3.2. Pool „WTC“

Im Pool „WTC“ können nur 2,7 % aller Fahrten (43 von 1589) über alle Fahrzeugklassen im gesamten Jahr nicht mit E-Fahrzeugen durchgeführt werden, wovon nur 20 Fahrten auf nicht ausreichende Ladezyklen mit 3,7 kW entfallen. Die Anzahl halbiert sich bei der Simulation mit einem Ladestandard von 22 kW auf zehn Fahrten. Allerdings ist ein Schnelllader aufgrund der geringen Anzahl der davon betroffenen Fahrten an dieser Stelle nur für die Dienstwagen nicht nötig. Bei Bedarf können Dienstfahrzeuge in Einzelfällen an öffentlich zugänglichen Schnellladesäulen geladen werden. Insgesamt befinden sich im Pool hauptsächlich Kleinst- und Kleinfahrzeuge. Transporter und Vans weisen in keinem Szenario Probleme bei den Ladezyklen auf.

Die nachstehende Tabelle 21 zeigt die Verteilung der Fahrzeuge nach der Optimierung mit den unterschiedlichen Reichweiten-Szenarien.

Tabelle 21: E-Fahrzeuge in Reichweitenszenarien mit 3,7 kW Ladung (ohne externe Ersetzung)

		Kleinst-/ Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	Van	Transporter	Sonstige	Σ
Ist		7	0	0	1	1	0	9
Optimierung		6	0	0	1	1	0	8
70 km	EV	5	0	0	0	0	0	5
	Konv.	1	0	0	1	1	0	3
100 km	EV	5	0	0	0	1	0	6
	Konv.	1	0	0	1	0	0	2
130 km	EV	5	0	0	0	1	0	6
	Konv.	1	0	0	1	0	0	2

Der elektrifizierbare Anteil von Fahrzeugen ist in diesem Pool sehr hoch und ab einer Reichweite von 100 km kann auch der Transporter elektrisch betrieben werden.

Die positiven Auswirkungen auf die Umweltbilanz sind am Standort WTC bedeutend stärker als bei der Betrachtung des Pools „Lingnerstadt“, da auf die konventionellen Fahrzeuge an diesem Standort insgesamt geringere Jahreslaufleistungen entfallen. Der bedeutendste Einfluss auf die Umweltbilanz geht auf konventionelle Fahrzeuge zurück. Durch die Optimierung der Fahrten wird die Laufleistung der einzelnen Fahrzeuge gesteigert, womit die Umweltbilanz der konventionellen Fahrzeuge die Gesamtbilanz stark schmälert. Somit treten positive Umwelteffekte erst mit einem höheren Elektrifizierungsgrad ein. Durch die Auslastungssteigerung im dritten Schritt der „Ersetzung“ werden gerade einmal die gleichen Kilometer zurückgelegt wie bei den Kleinst- und Kleinfahrzeugen im Ausgangsszenario. Durch die Nutzung von Ökostrom beläuft sich die CO₂-Einsparung auf 65 - 70 %, vgl. Abbildung 42. Das Reichweiten-Szenario 130 km wird im Folgenden nicht weiter dargestellt, da sich die gleichen Ergebnisse wie bei 100 km ergeben.

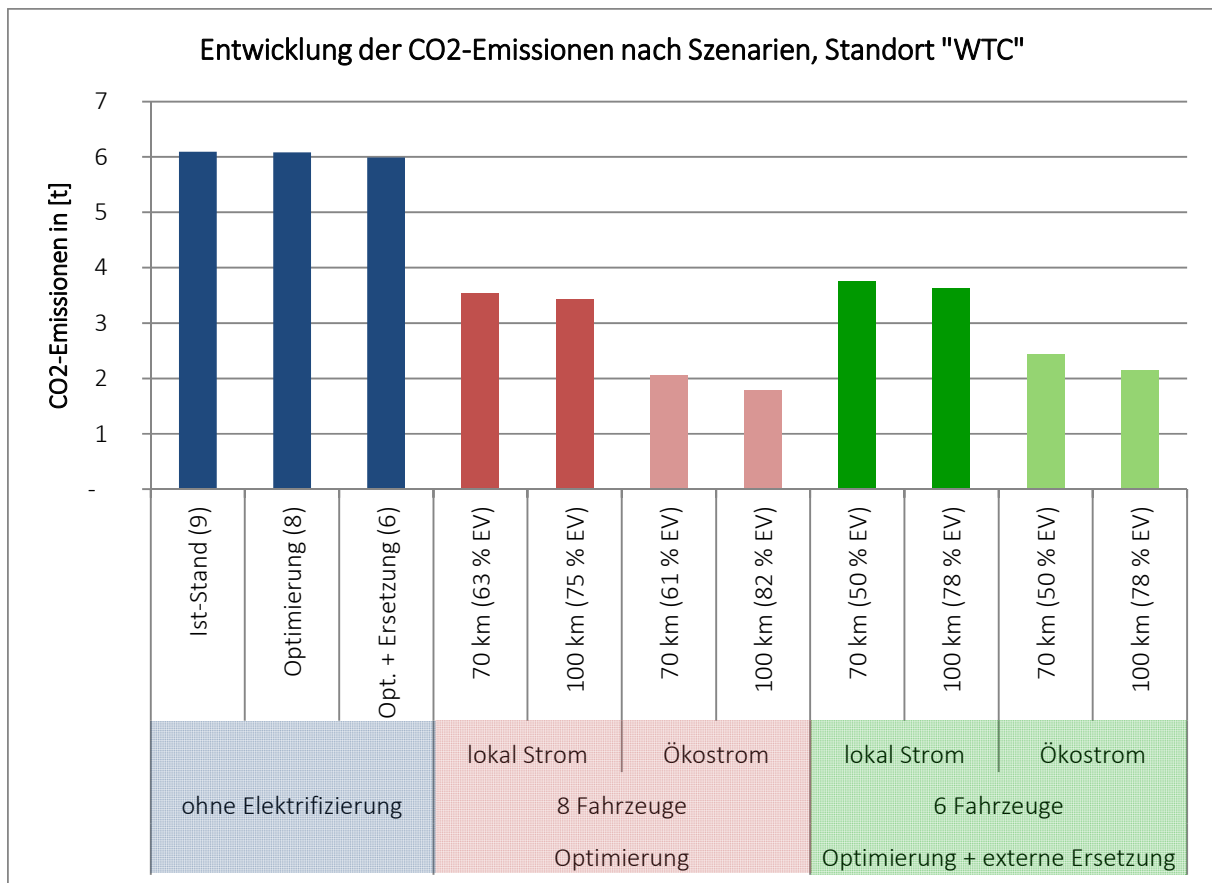


Abbildung 42: Stromvergleich: Emissionsentwicklung in den Szenarien im Pool WTC

Im Pool „WTC“ steigen die Kosten durch die reine Optimierung und Elektrifizierung ohne Förderung um ca. 9 - 13 % an. Durch die Förderung kann dies jedoch bereits kostenneutral durchgeführt werden. Werden zudem weitere Fahrten extern ersetzt, um den Pool von neun auf sechs Fahrzeuge zu minimieren, kann der Pool bereits kostengünstiger betrieben werden, als dies im Moment der Fall ist. Eine Elektrifizierung von 50 % des Fuhrparks (drei von sechs Fahrzeugen) führt zu einer jährlichen Gesamtkostenersparnis von ca. 20 % (ohne Förderung) bzw. 25 % (mit Förderung). Werden alle potentiell möglichen Fahrzeuge im Reichweitenszenario von 100 km durch E-Fahrzeuge ersetzt (vier der sechs Fahrzeuge), beläuft sich die Ersparnis auf 15 % bzw. 20 % zum Ist-Stand.

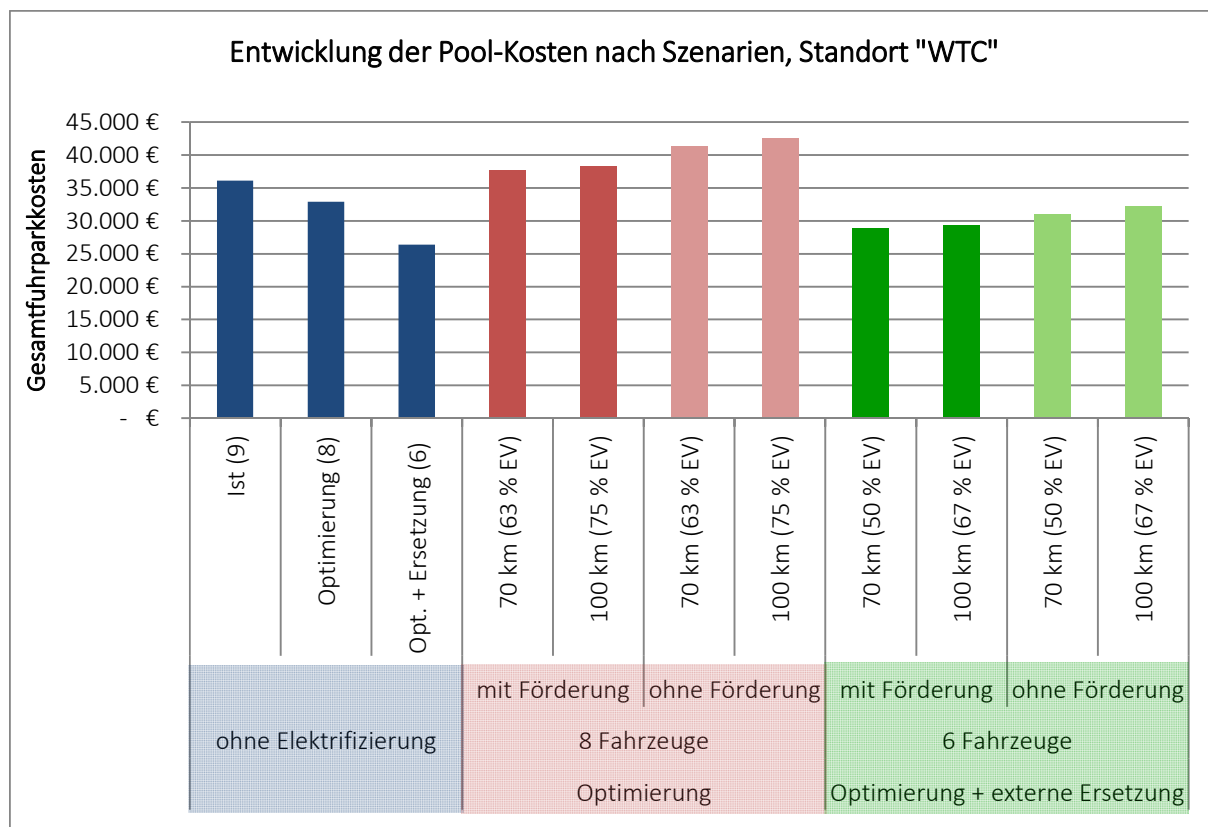


Abbildung 43: Kostenentwicklung nach den Szenarien der Optimierung im Pool WTC.

Die nachstehende Tabelle 22 stellt die, in Abbildung 43 unterliegenden Kosten nach den verschiedenen Szenarien der Optimierung mit teilweiser Elektrifizierung dar.

Tabelle 22: Kostenentwicklung nach Szenarien der Optimierung mit Teilelektrifizierung, WTC

	Fahr- zeuge	Emissionskosten (lokaler Strommix)	Fuhrparkkosten ohne Elektrifizierung	Fuhrparkkosten mit Elektrifizierung und Förderung
Ist-Stand	9	394 €	36.120 €	
Optimierung_70 km	8	211 €	32.888 €	37.713 €
Optimierung_100 km		200 €		38.206 €
Ersetzung_70 km	6	227 €	26.397 €	28.829 €
Ersetzung_100 km		216 €		30.977 €

Zusammenfassend kann für beide Pools konstatiert werden, dass je nach Szenario ein Potential in Höhe von ca. 50 % bis über 87 % Elektrifizierung existiert. Eine hohe Eignung um die Elektrifizierung voranzutreiben ist an den Standorten geben.

5.4. Ladeinfrastruktur

Elektrofahrzeuge bedingen eine Ladeinfrastruktur, um die Betriebsbereitschaft herzustellen und zu sichern. Dabei kann öffentliche Ladeinfrastruktur für Flottenfahrzeuge weitgehend ausgeschlossen werden. Einerseits ist die Verfügbarkeit nicht garantiert und planbar und andererseits, bei einer räumlichen Entfernung nur mit zeitlichen Aufwand und negativen Auswirkungen auf die Nutzerakzeptanz verbunden. Ladevorgänge zur Reichweitenverlängerung auf einer Fahrt bedingen

zudem Wartezeit, soweit die Ladestation nicht am Fahrziel gelegen ist. Aufgrund kalkulatorischer Überlegungen und praktischer Erfahrungen bezüglich der Kosten für eine Arbeitsstunde wird nicht davon ausgegangen, dass diese Ladevorgänge durch Poolfahrzeuge in Anspruch genommen werden sollten. Aktuell wird dies auch nicht von aktuellen Betreibern genutzt.

Daher ist es neben der Elektrifizierung von Fahrzeugen notwendig, vorhandene und neu benötigte Ladeinfrastruktur darzulegen. Fahrzeuge der LHD sollen vorrangig am Standort geladen werden. Hierfür ist ein Ladepunkt pro Fahrzeug vorgesehen. Die Grundlagen und Annahmen bzgl. der technischen Komponenten von Ladeinfrastruktur und Ladeverlusten können dem Anhang XII entnommen werden.

5.4.1. Räumliche Voraussetzungen an den Standorten

Fast 70 % der Verwaltungsstellen gaben an, über Parkplätze (92 von 144) zu verfügen, wobei an knapp der Hälfte dieser Parkplätze (42 von 92) prinzipiell eine Lademöglichkeit existiert oder errichtet werden könnte. Am häufigsten wurde hierbei die Schuko-Steckdose genannt (37 der 42 Ämter). Fünf Ämter gaben an, dass eine Installation prinzipiell möglich sei. Nur einmal, an der St. Petersburger Str., wurde angegeben, dass eine Ladesäule verfügbar ist. Über alle Standorte, unabhängig von der Verfügbarkeit von Parkplätzen, kann aktuell bereits an einem Drittel der Standorte der Organisationseinheiten mit mindestens Schuko-Anschluss geladen werden. Aggregiert auf Liegenschaften wurde angegeben, dass an über der Hälfte der Liegenschaften eine Möglichkeit zur Ladung besteht oder installiert werden kann. Weiter aggregiert auf Pool-Basis verändert sich dieser Anteil nicht. Wird das Interesse an der Nutzung von Elektrofahrzeugen für die eigene Organisationseinheit mit den Angaben zur Ladeinfrastruktur und dem Vorhandensein von Parkplätzen gekreuzt, zeigt sich folgendes Bild (vgl. Abbildung 44).

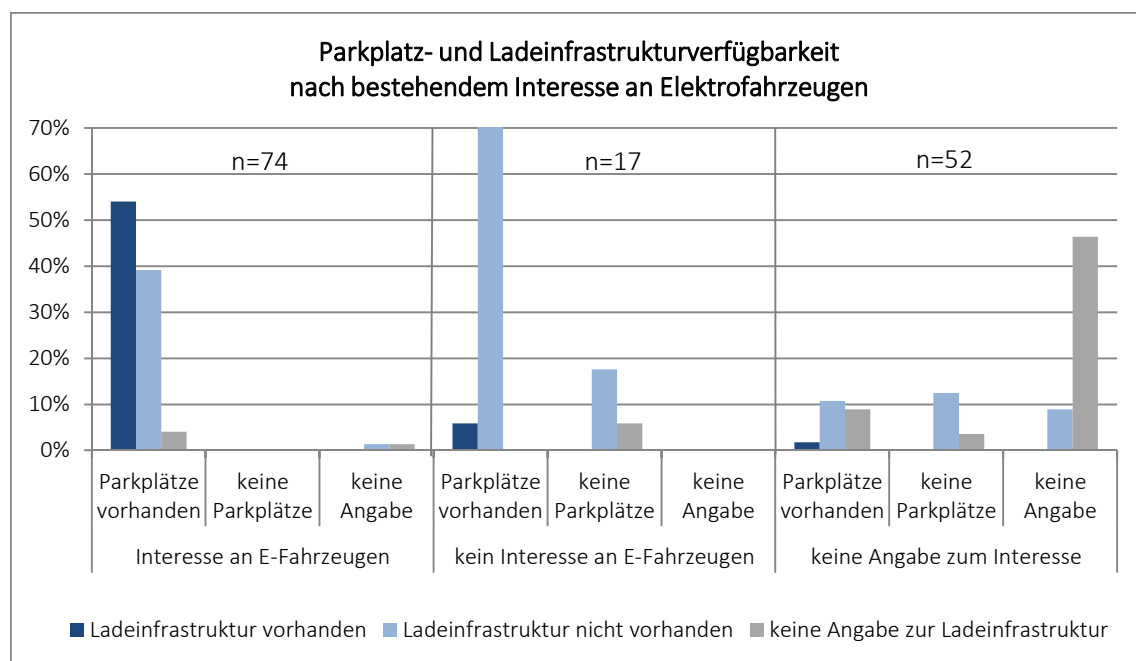


Abbildung 44: Vorhandensein von Parkplätzen und Ladeinfrastruktur nach EV-Interesse

Die Verteilung bezieht sich jeweils auf die Gruppengröße der EV-Interessierten, Nicht-Interessierten sowie denen, die keine Angabe zum EV-Interesse machten. Hierbei zeigt sich ein hoher Anteil von EV-Interessierten (n = 74), die Angaben zum Vorhandensein von LIS machen konnten.

Es lässt sich nicht genauer spezifizieren, ob Interessierte eher Kenntnis über Ladeinfrastruktur haben oder ob aufgrund der Voraussetzungen Interesse an E-Fahrzeugen besteht. Wird vergleichend dazu die Gruppe der Ämter betrachtet, die kein Interesse an E-Fahrzeugen haben, wird nur einmal angegeben, dass LIS existiert. Weitere 12 der 17 Außenstellen ohne EV-Interesse besitzen zwar Parkplätze, aber keine LIS.

An Standorten mit Parkplätzen können grundsätzlich die Voraussetzungen für E-Fahrzeuge geschaffen werden, insbesondere da 3,7 kW Lademöglichkeiten ausreichend sind. Bei den größeren Objekten, die auch für die Poolbildung herangezogen wurden, wird tendenziell ein Lastmanagement notwendig sein. Einerseits ergeben sich bei vollständiger Integration aller OE teilweise weit über 50 Fahrzeuge (z.B. Standort „Lingnerstadt“ mit Grunaer Str. und Lingnerallee) und damit Werte von fast 200 kW (Anschlussleistung), die nicht mehr über normale Anschlüsse im Niederspannungsnetz bereitgestellt werden können. Dies entspricht der Anschlussleistung von 4 Schnellladern. Andererseits besteht die Fragestellung wieviel freie Last generell am Standort noch verfügbar ist. Ein Einsatz von Lastmanagement ist daher an solchen Standorten notwendig. Zusätzlich führen die überwiegende Nutzung während der typischen Arbeitszeiten wie in Abbildung 8 dargestellt und den relativ ähnlichen Nutzungszyklen zu realen hohen Bedarfen, die regelmäßig bei 50 % der Anschlussleistung liegen könnten. Darüber hinaus ist dem Nutzer nicht zuzumuten bzw. auch organisatorisch nicht darstellbar, Ladevorgänge später zu beginnen bzw. extra für diesen Prozess zum Fahrzeug zu gehen. Außerdem ermöglicht ein Lademanagement die Berücksichtigung von Netzüberkapazitäten und Ökostromerzeugungskurven, die zu einer noch besseren, aber schwer quantifizierbaren, Gesamtökobilanz führen würde.

Bei Mietobjekten kann sich die Einrichtung von LIS aufgrund der Frage der Kostenübernahme und langfristiger Perspektiven für den Vermieter komplizierter gestalten als bei eigenen Objekten. Die bisher für die vorhandenen E-Dienstwagen installierte Ladeinfrastruktur befindet sich überwiegend bei Mietobjekten.

Nach Angaben der LHD stellt die Errichtung von Wallboxen bei Mietobjekten in der Regel kein Problem dar. Schwierigkeiten entstehen, wenn eine kurzfristige Verlagerung geplant oder der Ausbau mit größerem Aufwand (z.B. Verstärkung Netzanschluss, Lastmanagement) verbunden ist, wie oben bereits dargestellt. Allerdings trifft dies häufig nur bei großen Fuhrparks zu. Ein Lastmanagement ist sofern die Ladeinfrastruktur eine zentrale Steuerung zulässt, auch an diesen kleineren Standorten möglich. Damit sind Beiträge zu Smart City und Nachhaltigkeitsthemen möglich, bei dem die Stromabnahme noch stärker optimiert wird.

Bei den meisten Einheiten werden höher abgesicherte Steckdosen notwendig sein, die meist unproblematisch bereitgestellt werden können. Der Einsatz von Wallboxen ist in diesem Zusammenhang herauszustellen. Für Notladungen sind auch haushaltsübliche Steckdosen möglich, allerdings bieten Wallboxen eine höhere Sicherheit und bessere Handhabbarkeit. Daher sind diese zu präferieren. Weiterhin kann damit eine Identifikation des Ladenden stattfinden und somit der Strom nur für berechnigte Nutzer verfügbar gemacht werden.

5.4.2. Ladeinfrastrukturverfügbarkeit der LHD

Wie bereits dargelegt, wurden bisher nur drei Wallboxen für die bestehenden E-Fahrzeuge installiert. Sofern Ladeinfrastruktur in größerem Umfang installiert wird, sollte geprüft werden, ob diese nicht für die öffentliche Nutzung freigegeben werden kann. Allerdings stellt dies koordinativ eine

Herausforderung dar. Der Abrechnungsmodus wäre ebenfalls zu klären. Dies erscheint erst in einem sehr späten Projektstadium realistisch. Da aktuell keine Schnellladeinfrastruktur erforderlich ist, wird bei einem erwarteten Ausbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur die Nachfrage eher gering ausfallen.

Teilen von Ladeinfrastruktur erscheint aber denkbar. Geklärt werden sollte im ersten Schritt, dass andere OE die Lademöglichkeiten bei Verfügbarkeit bzw. durch Gästeparkplätze mit nutzen können. So könnten E-Mobile jeweils die Ladeinfrastruktur an anderen Standorten mit nutzen. Dafür bedarf es aber entsprechender Informationen zur Verfügbarkeit und dem Zugang selbst.

Durch eine gemeinsame Nutzung kann von positiven Effekten größerer Nachfragemengen profitiert werden: zum einen können Wartungsarbeiten in größeren Einheiten erledigt und somit kostengünstiger und qualifizierter abgewickelt und zum anderen auch die Installationskosten durch Neuverlegung und oben diskutierte Anschlusskosten über mehrere Einheiten verteilt werden.

Aufgrund der Aufwände erscheint aktuell eine eins-zu-eins Zuordnung von Fahrzeugen zu Parkplätzen notwendig. Dennoch ergeben sich hinsichtlich der oben beschriebenen Kostenpositionen ggf. Einsparpotentiale. Es sollte geprüft werden, ob bereits andere Interessensträger Ladeinfrastruktur benötigen oder sogar schon besitzen. Beispielhaft können hier die Technischen Werke Dresden mit der Tochter DREWAG (kommunaler Energieversorger) im WTC angeführt werden. An den Standorten dürften noch mehr Nutzer vorhanden sein, die Ladeinfrastruktur benötigen.

Öffentliche Ladeinfrastruktur

Auch wenn Fahrzeuge fast ausschließlich am Standort geladen werden sollten, kann öffentliche Ladeinfrastruktur als Ergänzung – beispielsweise bei Engpässen, Havarien oder zur Reichweitenverlängerung genutzt werden. Im gesamten Stadtgebiet befinden sich laut goingelectric.de derzeit 60 öffentliche und halböffentliche Ladestationen mit insgesamt 153 verschiedenen Ladepunkten. Dem Anhang XIII kann eine grafische Darstellung der Verteilung aller Ladestationen in Dresden und eine tabellarische Auflistung der absoluten Zahlen entnommen werden.

Von den gebildeten Pools verfügen zwölf in einem Umkreis von 300 m über öffentliche Ladeinfrastruktur. Diese umfasst 17 Ladestationen mit insgesamt 40 Ladepunkten, die sich wie folgt zusammensetzen:

- < 11 kW: 50 %
- 11 kW: 32,5 %
- 22 kW: 17,5 %

Insbesondere Lademöglichkeiten mit höheren Leistungsanschlüssen sind hier als Ergänzung zur „privaten“ Infrastruktur der LHD relevant. Dies betrifft elf Pools, in denen mindestens ein 11 kW-Anschluss als Ergänzung zur Verfügung stehen würde. In Abbildung 45 sind die vorhandenen Lademöglichkeiten in den Pools nach Ladestärke aufgezeigt.

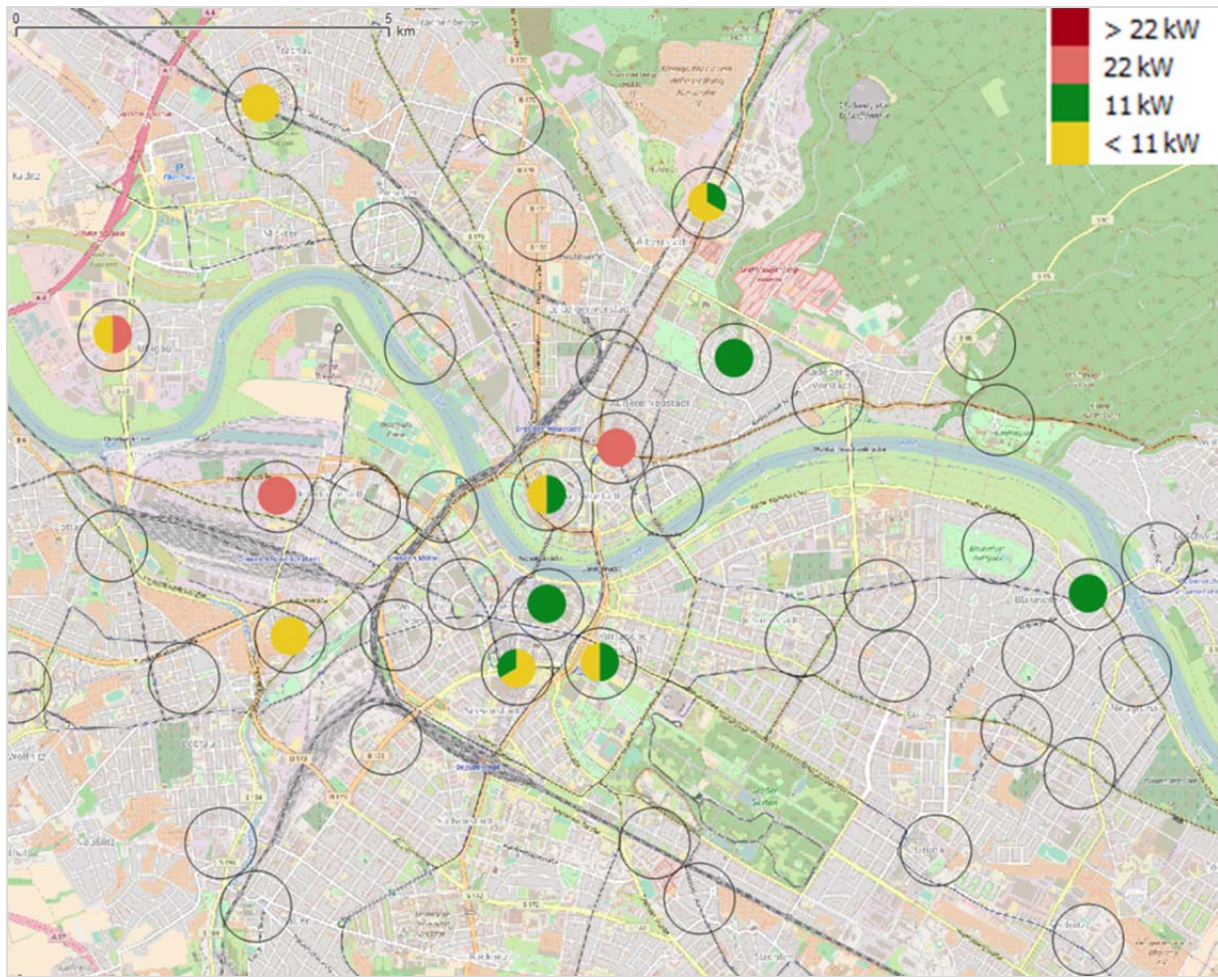


Abbildung 45: Ausstattung der Pools mit öffentlicher Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet

5.4.3. Potentialabschätzung zur neuen Infrastruktur und Abstellmöglichkeiten

Die Analyse der Fuhrparkoptimierung ergab, dass unter dem Reichweiten-Szenario von 70 km trotz einer Ladeinfrastruktur mit 22 kW Fahrten existieren, die mit dem Elektrofahrzeug nicht durchführbar sind. Eine Ausnahme stellen die Fahrzeuge der Kleinst-/ Kleinwagen dar, die problemlos ab dem Reichweiten-Szenario von 100 km mit 3,7 kW am Standort Lingnerstadt geladen werden können. Nur die größeren Fahrzeugklassen erfordern höhere Ladeleistungen. Allerdings beschränken sich hier die nicht durchführbaren Fahrten auf bis zu 5 %, sodass bei einer Teilelektrifizierung des Fuhrparks kaum Probleme entstehen.

Nachstehende Abbildung zeigt die mittlere Auslastung der Fahrzeuge über alle Klassen am Standort Lingnerstadt nach der Optimierung mit der durchschnittlich benötigten Ladeleistung in kW.

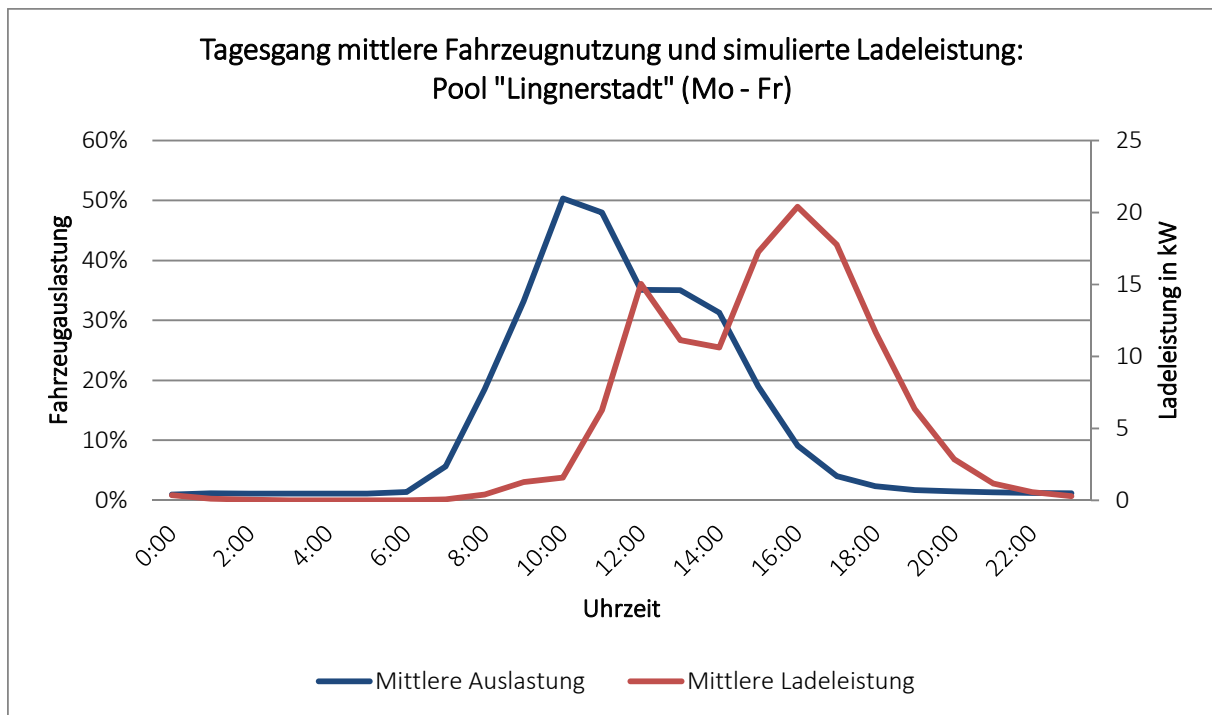


Abbildung 46: Tagesgang Fahrzeugnutzung und simulierte Ladeleistung: Pool "Lingnerstadt"

Die Stromerzeugungskurve in Deutschland weist um die Mittagszeit einen Peak mit dem Solarenergie-Ertrag auf. Ab spätem Nachmittag (ca. 17:00 Uhr) steigt die erzeugte Energie aus Windkraft an. Dem Anhang XIV kann ein exemplarischer Verlauf der Stromproduktion in Deutschland am 03.10.2016 nach Erzeugungsquellen entnommen werden. Verglichen mit der potentiellen Ladekurve am Standort Lingnerstadt decken sich diese Ladezyklen nahezu mit den Erzeugungszeitpunkten der erneuerbaren Energien. Unter Einbeziehung von Daten des regionalen Stromnetzbetreibers kann noch ein Verbrauchszyklus berücksichtigt werden.

5.5. Fazit

Erkenntnisse aus der Analyse/Optimierung für die Elektrifizierung

Es konnte gezeigt werden, dass die Einführung von E-Fahrzeugen im Fall der Landeshauptstadt Dresden ökologisch und wirtschaftlich effizient ist. Problemlos ist die Einführung von Elektrofahrzeugen an den großen Standorten von OE mit vielen Fahrzeugen möglich. Allerdings sollte die Elektrifizierung des Fuhrparks dazu genutzt werden bestehende Strukturen der Fuhrparkzuordnung langsam aufzulösen und dafür das neue Fahrzeugkonzept und die Notwendigkeiten bzgl. Ladeinfrastruktur und Buchungssystem zu nutzen. Dies müsste zentral koordiniert werden.

Es bietet sich an die erste Einführung am Standort Lingnerstadt durchzuführen, da hier aus den Untersuchungen die meisten Fahrzeuge betrieben werden. Das Umweltamt und das Amt für Stadtgrün und Abfallwirtschaft sind hier mit einem jeweils mittelgroßen Fuhrpark vertreten, die zusammen mit dem Straßen- und Tiefbauamt (großer Fuhrpark) mit positivem Beispiel vorangehen können. Aber auch der Standort WTC kann als Pilot dienen: Hier wurde ein hoher potentieller Elektrifizierungsgrad aufgezeigt. Durch Kooperation mit der vor Ort ansässigen Tochter der Technischen Werke Dresden DREWAG, die dort bereits Ladeinfrastruktur und Elektrofahrzeuge betreibt, können Synergien optimal genutzt werden.

Durch eine optimierte Verschiebung von Fahrten auf möglichst wenig Fahrzeuge ergibt sich zunächst ein durchschnittliches Einsparpotential von ca. 10 %. In diesem Fall können unter Einbeziehung von Fördermitteln (50 % der Differenz des Bruttolistenpreis des Referenz-E-Fahrzeugs zum -Verbrenner) je nach Reichweiten-Szenario durchschnittlich 84 % der Fahrzeuge kostenneutral elektrifiziert werden (26 der verbleibenden 31 Fahrzeuge).

Mit Hilfe von externer Ersetzung eines geringen Anteils von Fahrten steigt das Einsparpotential auf 30 %. Zudem können 50 % (bei 70 km Reichweite) bis 80 % (bei 130 km Reichweite) der Fahrzeuge durch elektrisch betriebene Fahrzeuge ersetzt werden. Die weitere Fahrzeugreduktion (von 31 auf 24 Fahrzeuge) führt in Kombination mit der Elektrifizierung von Fahrzeugen, auch ohne Inanspruchnahme von Fördermitteln zu einer Gesamtkostenersparnis an den Standorten in Höhe von 10 bis 20 %. Die Gesamtkosten der Pools sinken unter Einbeziehung von Fördermitteln auf bis zu 75 %.

Bei der Betrachtung aller Fahrzeuge ergibt sich bei einer Reichweitenanalyse von 100 km, dass nur 3 % aller Fahrten nicht mit E-Fahrzeugen durchgeführt werden könnten. Hinzukommen jedoch Fahrten, die aufgrund unzureichender Ladezeit zwischen den Fahrten nicht durchführbar sind. Insbesondere in den unteren Fahrzeugklassen ist dieser Anteil jedoch sehr gering. Durch den Einsatz von zukünftigen angebotenen Fahrzeugen mit Batteriekapazitäten für 300 km im Regelbetrieb ergeben sich noch deutlich geringe Auswirkungen aus diesen beiden Aspekten.

Das höchste Einsatzpotential wird im Innenstadtbereich gesehen, da hier die höchste Dichte von Ämtern vorherrscht und im Pooling die höchsten Potentiale gehoben werden können. Außerdem ist durch die höhere Anzahl von Fahrzeugen sichergestellt, dass alternative Fahrzeuge zur Verfügung stehen, um bei Notfällen oder betrieblichen Störungen der Elektroversorgung handlungsfähig zu bleiben. Somit verteilen sich die höheren Anschaffungskosten der E-Fahrzeuge auf mehrere OE. Zudem konnte gezeigt werden, dass das Einsparpotential mit steigender Anzahl der beteiligten

Einheiten im Pool zunimmt, da Engpässe einzelner OE durch unterschiedliches Nutzungsverhalten besser ausgeglichen werden können.

Handlungsempfehlungen Change Management

Um die wirtschaftliche Plausibilität in den angespannten kommunalen Haushalten zu ermöglichen, wird ein schrittweiser Ersatz in größeren Pools empfohlen. Die in Kapitel 4 vorgeschlagene Poolbildung mit Fahrzeugreduktion, nach zwingender Ausmusterung nicht mehr einsatzfähiger Fahrzeuge⁶⁴, sollte in die Anschaffung von Elektrofahrzeugen münden. Durch den Mix mit konventionellen Fahrzeugen bestehen keine Reichweitenprobleme bei den kritischen Distanzen.

Handlungsempfehlungen E-Fahrzeuge

Fahrzeuge mit höheren Akkukapazitäten (über 40 kWh) sollten aus Nachhaltigkeits- und Kostengründen nur im Bedarfsfall beschafft werden. Es ist im Fuhrpark nur eine geringe Notwendigkeit für längere Fahrten gegeben, weshalb diesen Fahrzeugen eine Ergänzungsfunktion zukommt. Langfristig sind die Fahrzeuge zur Vereinfachung der Ladesteuerung zu vernetzen. Ladestand und die damit zusammenhängende jahreszeitlichen Schwankungen der Verbräuche der Nebenaggregate bedingen eine Berücksichtigung bei der Disposition. Daher sind Fahrstrecken bei der Reservierung zu erheben und möglichst ein Buchungssystem einzuführen, welches eine Prognose der jeweiligen Reichweite aufgrund von Verbrauch und Ladevorgängen liefert, was wiederum die Ausstattung des Fahrzeuges mit einer On-Board-Unit (OBU) zum Öffnen und zur Datenübermittlung, sowie elektronisches Fahrtenbuch voraussetzt.

Handlungsempfehlungen Ladeinfrastruktur

An Standorten mit mehr als fünf Elektrofahrzeugen sollte ein intelligentes Lademanagement installiert werden. Aufgrund der relativ gut planbaren Nutzung reicht ein einfaches Tageslastbegrenzungssystem, welches fast alle Hersteller für Preise von etwa 5.000 bis 10.000 € anbieten, aus. Im Fall der täglichen Nutzung ist die Installation der relativ kostengünstigen Wallboxen für die langsame AC-Ladung in der Regel ebenfalls ausreichend. Eine Bedingung für das Einrichten von Ladeinfrastruktur ist das Vorhandensein von Parkplätzen, das, wie bereits dargelegt, bei den meisten OE der Fall ist. Bei der Wahl einer geeigneten Buchungssoftware sollte dies berücksichtigt werden. Ist die Software in der Lage, Echtzeitdaten vom Fahrzeug abzugreifen, kann optimal auf Verzögerungen reagiert werden, sodass keine Engpässe entstehen.

Handlungsempfehlungen Nutzerinformation

Ein zentraler Koordinator kann sowohl Vorbehalte und Bedienprobleme beim Laden ausräumen, als auch wenig genutzte Fahrzeuge und Bedarfsschwankungen ermitteln und gegensteuern. Dadurch kann das Qualitätslevel insgesamt gesteigert werden. Einerseits bestehen von Seiten der Nutzer wiederkehrende Fragen, die leicht beantwortet werden können und somit einer Unzufriedenheit einfach vorgebeugt werden kann. Andererseits werden Erfahrungen zur Nutzung und zu der erforderlichen Realisierung der notwendigen Infrastruktur gesammelt. Eine Elektrifizierung der Fahrzeugflotte sollte zunächst an Standorten eingeführt werden, an denen die Mitarbeiter bereits Interesse an den E-Fahrzeugen zeigten. Durch positive Erfahrungen können Mitarbeiter überzeugt werden, die bisher noch Vorbehalte gegenüber Elektromobilität haben. Zudem können durch Informationsveranstaltungen und Testwochen weitere positive Effekte erzielt werden.

⁶⁴ Eine Verschrottung noch tauglicher Fahrzeuge und Beschaffung von Elektrofahrzeugen würde zu einer schlechteren Umweltbilanz führen als ein Weiterbetrieb

Handlungsempfehlungen Zentralisierung der Prozesse

Eine zentrale Datenhaltung ist notwendig, um eine zielgerichtete Optimierung und Steuerung vornehmen zu können. Aus diesem Blickwinkel ist eine digitalisierte Lösung zwingend. Auch das Lademanagement kann systembasiert erfolgen. Hierfür wird bereits die ISO 15118 entwickelt, mit der beim intelligenten Laden die Ladestation direkt mit dem Ladesteuergerät des Elektromobils kommunizieren kann.

Insbesondere die Disposition von Elektrofahrzeugen bedarf bei größeren Fuhrparks, gewünschter hoher Auslastung und effizient dimensionierten Batteriekapazitäten eines Dispositionssystems. Dieses ordnet je nach Ladestand die Fahrzeuge zu und disponiert den Ladebedarf. Laden zu jeder Standzeit ist bezüglich der ökologischen Auswirkungen und dem entstehenden Lastprofil an den einzelnen Standorten nicht günstig. Das Dispositionssystem macht es möglich Anreize zu schaffen, Nutzungen zu verschieben bzw. extern in Anspruch zu nehmen. Weniger priorisierte Fahrten können so um einen eingestellten Zeitraum verschoben werden. Verschiebungen im geringen Umfang und in einer Höhe von ca. 30 Minuten sind für die Mehrheit der Flottennutzer bei Poolfahrzeugen ohne Probleme zum Buchungszeitpunkt möglich.

Nachstehend werden kurz die Prozesse eines Fuhrparks um die für Elektromobilität zu ergänzenden Maßnahmen dargestellt.

	Fahrzeugbeschaffung	Voraussetzung für das Fahren	Buchung	Fahrt	Abrechnung
LHD	- Bedarfsanmeldung - Amtsleiter - Beschaffungsprozess (Auswahlverfahren, Ausschreibung, Prüfung) - Amt 10 u. 20 - Versicherung - Amt 30, KSA	- Führerscheinprüfung - Erteilung der Selbstfahrberechtigung - Amtsleiter	- zeitliche Verfügbarkeit - Sekretariat - Fuhrparkverant. - Buchungssystem - Schlüssel - Sekretariat - Fuhrparkverantw. - Mitarbeiter	- Fahrtenbuch - Mitarbeiter - Pflege/Wartung - Mitarbeiter - Tanken - Mitarbeiter - Tankkarten	- jährl. Gesamtauswertung - Fuhrparkverantw. - Versicherung - zentral - Kostenerstattung (z.B. Auslagen für Tankrechnung) - Mitarbeiter
E-Mobilität/ Effizienz	- wie bisher - Rahmenverträge zu E-Mobilen und LIS	- Einpfelegen über das System - Authentifizierung über zentralen Fuhrparkverantwortlichen	- Buchungssystem - elektronischer Schlüsselkasten	- OBU (Fahrtenbuchersatz) - Pflege/Wartung zentral über Fuhrparkverantwortlichen	durch zentrales System, das jeder pflegt, automatische Abrechnung

Abbildung 47: Prozesse eines Fuhrparks mit Elektromobilitätsanteil

Es konnte gezeigt werden, dass die Einführung von E-Fahrzeugen im Fall der Landeshauptstadt Dresden ökologisch und wirtschaftlich effizient ist. Daher werden im folgenden Kapitel einige Maßnahmen zusammengetragen, die bei der Einführung der Elektrofahrzeuge beachtet werden sollten.

6. Ergebniszusammenführung im Rahmen des Mobilitätsmanagements

Das nachstehende Kapitel dient zunächst der Zusammenfassung der Erkenntnisse und daraus resultierender Handlungsempfehlungen aus den einzelnen Kapiteln 3, 4 und 5. Es folgt die Aggregation der Aussagen bzw. die Identifikation von über alle drei Themenbereiche identischen Kernelementen. Mit dem Herausstellen der Notwendigkeit zentraler Strukturen und zentraler IT-Systeme werden die bereits in Kapitel 2 identifizierten Vorteile eines einheitlichen Mobilitätsmanagements aufgegriffen. Daraus resultieren konkrete Handlungsempfehlungen für die Umsetzung der, in den einzelnen Kapiteln als notwendig erachteten, Maßnahmen unter dem gesamtorganisatorischen Rahmen des Mobilitätsmanagements. Der Fokus liegt weiterhin auf der Elektrifizierung des Fuhrparks, tangiert jedoch alle Bereiche des Mobilitätsmanagements (alternative Mobilitätsangebote, Organisation, Fuhrparkmanagement etc.), um die Potentiale, die erst durch Synergien entstehen in Gänze auszuschöpfen. Dieses Kapitel schließt mit einer konkreten Einführungsstrategie eines Mobilitätsmanagements mit Fokus der Elektrifizierung, um zum letzten Kapitel der Studie, der Übertragbarkeit auf anderen Kommunen überzuleiten.

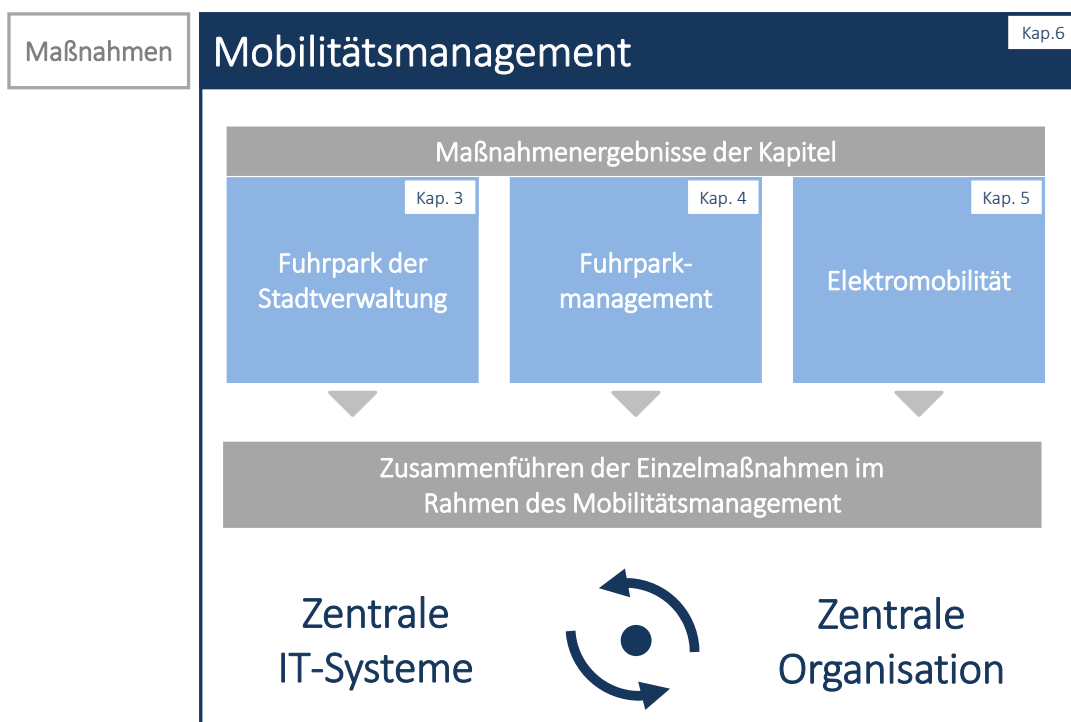


Abbildung 48: Überblick des Vorgehens in Kapitel 6

6.1. Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse

Die Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen der einzelnen Kapitel werden nachstehend zunächst noch einmal zusammengefasst dargestellt. **Kapitel 3** untersucht **bestehende Strukturen** bei der derzeitigen Organisation des Fuhrparks in der Stadtverwaltung und liefert die folgenden Erkenntnisse:

Im Fuhrpark der LHD werden, trotz überwiegend ähnlicher Nutzungsprofile, standardisierte Abläufe momentan noch dezentral organisiert. Bei knapp der Hälfte der OE sind die Mitarbeiter die Verantwortlichen für den Fuhrpark. Deren Hauptaufgaben beschränken sich jedoch in den seltensten Fällen allein auf den Bereich Fuhrpark. Zudem sind meist andere Mitarbeiter bezüglich der

Schlüsselausgabe etc. in die Abwicklung einbezogen. Eine übergreifende Aufgabenteilung zwischen den OE existiert nicht. Rollenmodelle, die Aufgaben der Fuhrparkverwaltung über Unterstützungsleistungen hinausgehend vorsehen, führen zu Ineffizienzen. Dies gilt insbesondere für zyklisch, aber selten auftretende Arbeitsaufwände. Die hierfür aufzuwendenden Einarbeitungszeiten sind daher nicht effizient. Zudem besitzen die Mitarbeiter häufig nicht die Zeit und fachlichen Voraussetzungen, diese Aufgaben mit hohem Zielerreichungspotential auszuführen. Analysen zum Status und das Mobilitätsmanagement als generelle Aufgabe bleiben daher hinter den Möglichkeiten zurück.

Konkret wird eine Zentralisierung der Mobilitätsverantwortlichkeit empfohlen. Die OE sollten einen dezentralen Ansprechpartner für operative Probleme vor Ort, Halterhaftungsfragen, Ausgabe von Zugangsmedien und der Abstimmung zu Bedarfsplanungen bereithalten. Die Arbeitsproduktivität steigt dadurch und die Mitarbeiter können sich auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren. Alle anderen Aufgaben, auch die Unterstützung der dezentral notwendigen Aufgaben, sollten zentral übernommen werden. Die priorisierten Aufgaben umfassen dabei Betrieb bzw. Überwachung der Buchungssysteme, Beschaffung, Fahrzeugaussteuerung, Verhandlung von Rahmenverträgen, Wartung, Reinigung, Unterhaltung, Einführungsplanungen, Notfälle, Controlling, Verwaltung der Ladeinfrastruktur und Disposition. Dezentrale Verantwortlichkeiten können somit auf kritische Größen oder im optimalen Fall komplett auf die zentrale Stelle zusammengefasst werden.

Eine Zentralisierung fördert höhere Effizienz aber auch dadurch, dass auf Basis der übergreifenden Informationen eine bessere Steuerung bzw. Erfolgskontrolle möglich ist. Vor allem der Aufgabenbereich des Controllings würde hierbei hinsichtlich der besser zuordenbaren Kosten je Fahrzeug deutlich profitieren. Auch ist es möglich, die Nutzungsintensität von Privat-Pkw und damit weitere nicht betrachtete Kostenpositionen zu reduzieren.⁶⁵ Letztendlich lassen sich durch die geänderten Kostenabbildungen auch Vorgaben hinsichtlich der Nutzung externer Mobilitätsangebote wie Carsharing deutlich fokussierter umsetzen. Die dadurch einfacher zu realisierende größere nachgefragte Menge an alternativen Angeboten, schafft dann wiederum preisliche Attraktivität. Besondere Bedarfe, wie der direkte Zugang zu einem Fahrzeug ohne Buchungsvorgang oder die Sicherstellung von Fahrzeugen für „Bereitschaftsdienste“, kombinieren geringe Aufwände für den Nutzer mit den Effizienzgewinnen aus dem zentralen Betrieb. Ob dieser intern oder extern erfolgt, ist dabei eine rein prozessuale und preisliche Fragestellung. Bei allen Bestrebungen in diese Richtung stehen die vorhandenen Fahrzeuge, die derzeitige Budgetverteilung und die getrennten Verwaltungsstrukturen zwischen den Ämtern als zu klärende Punkte im Raum.

Kapitel 4 legt auf Basis einer umfassenden **Analyse des LHD-Fuhrparks** Potentiale in Bezug auf Fahrzeugeinsparung durch bessere Fahrzeugauslastung offen und kommt zu den folgenden Ergebnissen:

Die Fahrzeugflotte der LHD zeichnet sich durch einen großen Anteil von Kleinst-/ Kleinwagen und Nutzfahrzeugen aus. Wird deren Nutzung mit dem Betrachtungswinkel der Erfüllung von Fahrten, unabhängig davon mit welchem Fahrzeug diese Fahrten erfüllt werden, gesteuert, lässt sich grundsätzlich ein hohes Einsparpotential generieren.

⁶⁵ Größenordnungen zum Potential sind nicht vorhanden. Es liegt nur die Zahl von über 300 registrierten Privatfahrzeugen vor.

Es konnte festgestellt werden, dass dieses Potential mit der Größe der Fahrzeugflotte steigt, da Kapazitätsgrenzen besser abgedeckt werden können und Fahrten optimaler zwischen den Fahrzeugen verschiebbar sind. Das Optimierungspotential steigt mit der Fahrzeuganzahl im Verhältnis zur Fahrzeugnutzung und kann zusätzlich gesteigert werden, indem Fahrten priorisiert und zeitlich verschiebbar gemacht werden. Im Kernergebnis der erfolgten Optimierung, wird ein Pooling der Fahrzeuge über OE-Grenzen hinweg empfohlen, um kritische Mengen zu erreichen. Außerdem liegen dort teilweise unterschiedliche Nutzungsszenarien vor, die sich hinsichtlich des Fahrzeugbedarfs ergänzen. Nicht betrachtet wurde die höhere Vielfalt von Fahrzeugen. Dieser Aspekt könnte ebenso zur Reduktion der Anzahl führen, da in Höchstauslastungszeiten bislang auch für Stadtfahrten größere Fahrzeuge genutzt wurden.

Fahrzeuge können zu Pools zusammengeschlossen werden, wenn diese möglichst kongruente Anforderungen aufweisen. Ein hohes Maß an Standardisierbarkeit ist als wichtige Voraussetzung zu sehen. Dabei ist jedoch nicht nur die Gleichartigkeit der Fahrzeuge relevant, sondern auch die geografische Nähe, denn die Fahrzeuge müssen für die Mitarbeiter lokal verfügbar sein. Genauere Planungen werden zudem durch die Nutzung von Ist-Fahrdaten durch elektronische Fahrtenbücher erreicht, da händisch geführte Bücher eine höhere Unschärfe aufweisen können.

Eine reine Fuhrparkoptimierung hat nur den Effekt, dass weniger Fahrzeuge vorgehalten werden. Die in Summe absolvierte Gesamtkilometerleistung aller Fahrzeuge bleibt tendenziell aber gleich. Aus ökologischer Sicht ergeben sich hieraus nur geringe Einsparungen, die sich insbesondere auf die Aufwendungen bei der Produktion beziehen. An dieser Stelle ist der Punkt erreicht, an dem die Elektromobilität in die Betrachtungen der Studie mit einbezogen werden kann, denn mit steigendem Elektrifizierungsgrad können negative Umwelteinflüsse reduziert werden. Außerdem bieten höhere Laufleistungen attraktivere ökonomische Rahmenbedingungen für Elektrofahrzeuge. Somit sind die von der Landeshauptstadt Dresden begonnenen Aktivitäten im Bereich der E-Mobilität als sinnvoller Startpunkt⁶⁶ zu bewerten, auch wenn die Potentiale derzeit nicht ausgeschöpft werden. Der weitere Einsatz von Elektrofahrzeugen soll aufbauend auf den Ergebnissen dieser Studie geplant werden.

Einsparpotential		Gesamt	Kleinst-/ Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	obere Mittelklasse	Van	Transporter
Anzahl Fahrzeuge		340	98	43	5	5	14	175
Ämter	Optimierung	-6%	-10%	-7%	0%	0%	0%	-6%
	Optimierung + externe Ersetzung von Fahrten	-13%	-21%	-21%	0%	0%	0%	-12%
Pooling	Optimierung	-10%	-14%	-7%	-20%	-20%	0%	-7%
	Optimierung + externe Ersetzung von Fahrten	-21%	-37%	-21%	-20%	-20%	0%	-15%
Mehr- Effekt durch Pooling	Optimierung	-4%	-4%	0%	-20%	-20%	0%	-1%
	Optimierung + externe Ersetzung von Fahrten	-8%	-18%	0%	-20%	-20%	0%	-3%

⁶⁶ Zeitnah sollen zunächst jeweils fünf Fahrzeugen in 2016 und 2017 eingeführt werden.

Auf Grund dessen untersucht **Kapitel 5** das **Elektrifizierungspotential** des Fuhrparks der LHD und liefert dabei die nachstehenden Aussagen:

Grundvoraussetzung für die Einführung von Elektrofahrzeugen für Pooling-Flotten ist das Vorhandensein von Parkplätzen, was an den Standorten der OE vorwiegend der Fall ist. Außerdem ist der umweltbilanzielle Erfolg der Elektrifizierung maßgeblich von der Energiebeschaffungspolitik der Stadt abhängig. Der Strom muss möglichst aus erneuerbaren Energien bestehen, um einen relevant ökologischen Effekt zu erzielen. Somit ist parallel zur Elektrifizierung eine darauf ausgerichtete Energiestrategie mit dem Ziel der Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien des lokalen Strommixes der LHD nötig.

Um Spitzenlasten zu vermeiden, ist des Weiteren bei einer hohen Anzahl von E-Fahrzeugen ein zentrales Lade- und Energiemanagement an den Standorten notwendig. Es empfiehlt sich möglichst entsprechend der Erzeugungskurve der erneuerbaren Energien zu laden.

Zudem zeigt sich, dass Fahrzeuge mit niedriger Euro-Klasse und/ oder größerem Hubraum sowie hoher Laufleistung die größten ökologischen Optimierungspotentiale bei einer Fuhrparkelektrifizierung in Folge des intensiveren Emissionsaufkommens aufweisen. Dennoch sind Kleinst-/ Kleinwagen für die Elektrifizierung aufgrund der Nutzungsmuster (häufige Kurzstrecken) am Anfang besonders geeignet.

Elektrifizierung			Gesamt	Kleinst-/ Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	obere Mittelklasse	Van	Transporter
Anzahl Gesamt			340	98	43	5	5	14	175
70 km Reichweite	Ämter	Ist-Stand	8%	14%	16%	0%	0%	0%	7%
		Optimierung	17%	32%	30%	0%	0%	14%	15%
		Optimierung + externe Ersetzung von Fahrten	29%	58%	50%	20%	0%	50%	23%
	Pooling	Ist-Stand	10%	20%	23%	0%	0%	0%	8%
		Optimierung	25%	54%	48%	0%	0%	14%	18%
		Optimierung + externe Ersetzung von Fahrten	39%	77%	79%	25%	0%	50%	32%
	Mehr-Effekt durch Pooling	Ist-Stand	26%	42%	43%				8%
		Optimierung	53%	71%	60%			0%	17%
		Optimierung + externe Ersetzung von Fahrten	35%	33%	59%	25%		0%	38%
100 km Reichweite	Ämter	Ist-Stand	23%	40%	47%	0%	0%	36%	18%
		Optimierung	31%	60%	60%	0%	0%	29%	27%
		Optimierung + externe Ersetzung von Fahrten	46%	81%	79%	20%	0%	64%	45%
	Pooling	Ist-Stand	30%	58%	56%	20%	0%	36%	22%
		Optimierung	45%	79%	80%	0%	0%	57%	40%
		Optimierung + externe Ersetzung von Fahrten	57%	97%	94%	25%	0%	71%	59%
	Mehr-Effekt durch Pooling	Ist-Stand	30%	46%	21%			0%	19%
		Optimierung	43%	31%	33%			100%	44%
		Optimierung + externe Ersetzung von Fahrten	26%	19%	19%	25%		11%	30%

6.2. Notwendigkeit des Mobilitätsmanagements

Werden die Ergebnisse respektive die empfohlenen Handlungsschritte der einzelnen Kapitel 3, 4 und 5 gegenübergestellt, weisen diese im Kern starke Parallelen auf:

So wird nach der Analyse der vorhandenen Strukturen zur Organisation des aktuellen Fuhrparks bzw. der Mobilität in der Stadtverwaltung in Kapitel 3 das Schaffen **zentraler Strukturen** empfohlen. Die daraus entstehenden Effizienzpotentiale in den einzelnen OE können jedoch nur durch das Implementieren von entsprechenden Softwarelösungen zur Unterstützung und Abwicklung erreicht werden. Diese Lösungen ersetzen dann die über die Jahre in den OE entstandenen Lösungen und heben die Verwaltungsvorgänge bei der Organisation der Mobilität auf eine zentrale Ebene mit einheitlichen Strukturen. Dabei ist zu beachten, dass teilweise aus Arbeitsabläufen und spezieller Software Fahrzeuge reserviert bzw. zugeordnet werden. Sofern ein anderer Prozess zu höheren Aufwänden führen würde, sind Schnittstellen bereit zu stellen.

Ein ähnliches Bild lässt sich bei den Ausführungen zu Optimierungsansätzen des Fuhrparks erkennen. Kapitel 4 kommt zum Ergebnis, dass Kosten-, Umwelt- und Effizienz-Vorteile vor allem durch das **Bilden von Pools** entstehen können. Aber auch an dieser Stelle zeigt sich, dass es für die Poolbildung OE-übergreifender Prozesse bedarf, um Buchungen und Abrechnungen reibungslos in die Abläufe zu integrieren. Auch werden die größeren Effekte durch Verlagerung, Verzicht oder Ersetzung erzielt. Dafür muss es zwingend ein Ineinandergreifen der verschiedenen Mobilitätsangebote geben. Auch die identifizierten Elektrifizierungspotentiale im Fuhrpark der LHD kommen laut Kapitel 5 nur dann zur Geltung, wenn Besonderheiten der Elektromobilität (eingeschränkte Reichweite, intelligentes Laden, etc.) durch Dispositionssysteme und zentrale Datenhaltung einheitlich gesteuert werden können.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass die erfolgreiche Umsetzung der Maßnahmen der einzelnen Themenfelder zur Verbesserung der Organisationsstrukturen, Optimierungen im Kosten- und Umweltbereich sowie der Elektrifizierung vorwiegend von der Implementierung zentraler Organisationsstrukturen und entsprechender IT-Systeme abhängt.

Kapitel 2 greift hierzu bereits ein mögliches Zusammenführen der Maßnahmen unter dem gemeinsamen Schirm des Mobilitätsmanagements auf. Nur so kann von Vorteilen einzelner umzusetzender Maßnahmen gesamtheitlich profitiert werden. Stellvertretend für entstehende Wechselwirkungen über alle in dieser Studie untersuchten Themenfelder ist das organisierte Implementieren alternativer Mobilitätsangebote zu nennen. Ein abgestimmtes Angebot etwa von Car- und Bikesharing dient

- der Erfüllung von Umweltzielen,
- als Substitut mit dem Ziel der Reduktion von Fahrzeugen im Fuhrpark
- als Ausweichmobilitätsangebot im Rahmen der Elektrifizierung des Fuhrparks

Das Ineinandergreifen in die einzelnen Themenfelder verdeutlicht aber auch die Komplexität, wenn der Anspruch eines reibungslosen Umsetzens der empfohlenen Einzelmaßnahmen zum Ziel gesetzt wird. Gerade hierbei liegt die größte Herausforderung im Umsetzen der Maßnahmen:

- Komplexität schafft die Gefahr des Aufbaus von Nutzungshürden.
- Neue Prozesse zielen auf das Ablegen von über Jahre gewachsenen und eingespielten Nutzungsgewohnheiten ab.

Hier setzt das Mobilitätsmanagement an. Es liegt im Wirkungsbereich des Mobilitätsmanagements Mitarbeiter nicht nur an die Vorteile der neuen Maßnahmen heranzuführen, sie zu sensibilisieren, sondern die Umstellung (das Implementieren in die Alltagsprozesse des Unternehmens) vor allem auch so unscheinbar wie möglich durchzuführen. Monetäre Anreize bzw. Beschränkungen für die einzelnen OE können dabei weitere Gestaltungsinstrumente sein. Dem Mitarbeiter müssen zum Beispiel sämtliche durch die Umstellung entstehenden Selbstorganisationsaufwände abgenommen werden. Hierbei spielen bereits herausgestellte zentrale Strukturen und IT-Systeme die entscheidende Rolle.

Es ist zu beachten, dass bisherige Forschungsprojekte oftmals am Mangel der „[...] ämterübergreifenden Koordinierung von Maßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung in deutschen Kommunalverwaltungen [...]“ (ILS, ISB, ivm 2009, S. 39) scheiterten. Nachstehende Ausführungen sollen darüber Auskunft geben, durch welche konkreten Maßnahmen im Rahmen eines ganzheitlichen Mobilitätsmanagements die Fehler der Vergangenheit bei der Umsetzung in der LHD vermieden werden können.

6.3. Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Mobilitätsmanagements

Die Landeshauptstadt Dresden kann mit einem ganzheitlichen Mobilitätsmanagement (inkl. Fuhrparkmanagementkonzept) nicht nur eine Vorreiterrolle im Bereich der Elektromobilität einnehmen. Diese Zielerfüllung ist auch vor dem Hintergrund der Imagewirkung der öffentlichen Hand mit der starken Wahrnehmung durch die Öffentlichkeit besonders wichtig. Mitarbeiter und Ämter der Stadtverwaltung nehmen gegenüber den Bürgern der Stadt Dresden somit eine Vorbildfunktion ein.

Die Studie verdeutlicht, dass großes Potential dafür besteht, ein erfolgreiches, ökonomisch und ökologisch sinnvolles sowie sich in Teilen selbsttragendes Elektromobilitätskonzept einzuführen. Grundbausteine dieses Konzeptes zum Mobilitätsmanagement sind:

- die passenden Rahmenbedingungen,
- ein Pooling,
- die Optimierung,
- die Elektrifizierung und
- eine darauf aufbauende Einführungsstrategie

Grundvoraussetzung für ein ökologisch und wirtschaftlich effizientes Mobilitätsmanagement, bestehend aus der Nutzung des Fuhrparks und dem sinnvollen Einsatz der Angebote des Umweltverbunds, ist die Verfügbarkeit von infrastrukturellen Einrichtungen. Die Studie zeigt auf, dass nahezu alle Standorte mit Angeboten des Umweltverbunds sehr gut ausgestattet sind. Die folgenden Maßnahmen werden deshalb im Rahmen eines ganzheitlichen Mobilitätsmanagements empfohlen.

6.3.1. Reduzierung von Fuhrparkfahrten und Kosten

Bisher ist der Fuhrpark der Stadt Dresden so dimensioniert, dass alle Fahrten problemlos ohne größere Disposition nutzbar sind. Bei der Zielsetzung der bisherigen Fuhrparkdimensionierung ist davon auszugehen, dass das Abdecken der notwendigen Bedarfe und das problemlose Durchführen aller Fahrten mit den Fahrzeugen priorisiert wurden. Durch eine Reduktion der Fahrzeuganzahl kann erreicht werden, dass die Nutzung der bestehenden Fahrzeuge möglichst effizient erfolgt. Es ist dabei

grundsätzlich zu beachten, dass keine Rebound-Effekte, durch eine größere Verfügbarkeit aufgrund des Zusammenlegens oder eines einfacheren Zugangs zu den Fahrzeugen entstehen. Fahrten, die vorher mit einem Verkehrsmittel des Umweltverbunds absolviert wurden, sollten auch weiterhin auf diese Weise erledigt werden. Als zentrale Aussage der Optimierung lässt sich demnach festhalten, dass die Anzahl der Fahrten über alle Fahrzeuge nicht steigt, sondern nur die Auslastung pro Fahrzeug optimiert wird. Die Abwicklung von Fahrten mit alternativen Mobilitätsangeboten aus dem Umweltverbund als Substitut ist dabei vielmehr das Ziel und soll zur Reduktion von Fahrten mit Kraftfahrzeugen aus dem Fuhrpark führen. Im Resultat entstehen dadurch Einsparungen im Fuhrpark.

Die Reduktion ist aber nur dann zu realisieren, wenn Verkehrsmittel oder Berechtigungen für alternative Mobilitätsangebote mehreren Nutzern zur Verfügung stehen. Denn neben dem Einsatz als Substitut können die Alternativangebote bei Nachfragespitzen als Ersatz dienen. Der Zugang zu Job-Tickets für die Mitarbeiter der Stadtverwaltung stellt dabei einen wichtigen Grundstein für ein umfängliches Mobilitätsmanagement dar. Dadurch steigt die Verfügbarkeit von z. B. Fahrradalternativen an. Auch die Zugangsmöglichkeiten zum Carsharing spielen eine wichtige Rolle, die zwar bereits in der LHD implementiert wurden, jedoch bislang nicht zur erhofften Nutzungsintensität führten. Mangelnde Informationen und Hürden im Nutzungsverlauf werden als Gründe für die Nichtnutzung angegeben. Es ist daher wichtig, dass die Mitarbeiter umfassend mit Informationen zur Carsharing-Verfügbarkeit an den jeweiligen Standorten versorgt und intensiv über die Nutzungsmodalitäten aufgeklärt werden. Dies gilt auch für die Einbindung der Reservierungsprozesse in die Buchungsplattform. Carsharing kann als Ressource direkt integriert werden, ohne dass dies eine gesonderte Reservierung erfordert. Selbiges gilt für die Nutzung des Bikesharing.

Wie bei der erhöhten Nutzung des ÖPNV profitiert die Stadt als Arbeitgeber durch eine vermehrte dienstliche Nutzung von Fahrrädern, die eigentlich dem Zurücklegen des täglichen Arbeitswegs dienen. Dies gilt natürlich nicht für Fahrten, die schwere Lasten transportieren oder solche, bei denen größere Wegstrecken absolviert werden müssen. Hinsichtlich der Förderung des Radverkehrs können zusätzliche Abstellanlagen mit Überdachung und Duschmöglichkeiten dazu führen, dass die Mitarbeiter auch ihr privates Fahrrad häufiger nutzen. Die anfallenden Erstattungskosten nach dem sächsischen Reisekostengesetz (SächsRKG) liegen mit 5 Cent für private Räder deutlich unter den 15 – 30 Cent je Kilometer beim privaten Pkw. Auch aus ökologischen Aspekten sollte dies präferiert und forciert werden, zumal eine Abrechnung meist aufgrund der geringen Beträge von Seiten der Arbeitnehmer unterbleibt.

Die Akzeptanz der neuen Technologie kann darüber hinaus gesteigert werden, indem die Ämter finanziellen Freiraum oder Sonderleistungen in ihrer Haushaltsplanung erhalten, wenn sie weitere Optimierungen und Effizienzgewinne verzeichnen können.

6.3.2. Change Management zur Förderung alternativer Verkehrsangebote

Unsicherheiten zur Nutzung der Verkehrsmittel im Umweltverbund können durch Mobilitätstage und fortlaufende Informationen vermindert werden. Dazu müssen Mobilitätsbotschafter, bestehend aus einem oder mehreren Mitarbeitern jeder Organisation, gesucht werden, die jederzeit für Fragen zur Verfügung stehen. Grundvoraussetzung hierfür ist jedoch die kontinuierliche Informationspflege und das themenspezifische Herantreten an die Mitarbeiter, unter Nutzung aller Mitarbeiterkommunikationswege. Diese zielgerichteten Maßnahmen dürften eine Sensibilisierung für die Alternativangebote im Allgemeinen, sowie deren Reservierungs- bzw. Buchungsabläufe eines

Fahrzeuges im Speziellen, darstellen. Über andere Verkehrsmittel und deren Verbindungen kann darüber hinaus ebenso informiert werden. Eine direkte Umsetzung dieser Empfehlung könnte über eine integrierte Buchungsplattform erfolgen, die das gesamte Mobilitätsmanagement der Stadtverwaltung durch eine softwaregestützte Lösung abbildet. Alle notwendigen Fahrten würden darüber organisiert, indem sowohl externe Angebote des Umweltverbunds, als auch die interne Buchung der Fahrzeuge integriert werden. Dadurch besteht die Möglichkeit außerdem ein Monitoring aufzubauen, das permanent Kosten- und Umweltwirkungen überwacht.

Um eine Langfristigkeit zu erreichen, bedarf es einer übergreifenden Verantwortlichkeit zum Mobilitäts- und Fuhrparkmanagement. Nur durch diese Position können die Aktivitäten vorangetrieben werden. Auch das Monitoring ökologischer Ziele kann durch die zentrale Stelle in Zusammenarbeit mit dem Stadtplanungsamt, Umweltamt oder Klimaschutzstab durchgeführt werden. Prinzipiell müssen alle Aspekte für eine Nachhaltigkeit auch an finanzielle Aspekte gebunden sein. So können die Mobilitätsbudgets auf die aktuelle Fahrleistung referenzieren. Die aktuelle Zeit und Kilometerleistung zuzüglich der sonstigen Ausgaben für Mobilitätsleistungen wären die jeweilige Referenzgröße. Den OE wird dadurch die Möglichkeit gegeben, Mitarbeiter anreizorientiert für andere Verkehrsmittel zu sensibilisieren.

In einem nächsten Schritt könnten wiederum die Standorte, die den „ökologischsten“ Mobilitäts-Fußabdruck oder die intensivste Umweltverbund-Nutzung aufweisen, intern gekürt werden. An regelmäßig stattfindenden Mobilitätstagen sind diese Standorte dann öffentlichkeitswirksam hervorzuheben. In dieser Art fänden Mitarbeiter auch durch „Gamification“ Motivationsansätze die Verkehrsangebote des Umweltverbundes stärker zu nutzen und ihre Mobilität nachhaltiger zu planen.

6.3.3. Change Management zur Förderungen der Elektrifizierung

Aufwendig gestaltet sich der Betrieb von Elektrofahrzeugen, wenn diese mit hoher Auslastung bzw. häufig an Reichweitengrenzen betrieben werden. Dann bedarf es eines hohen organisatorischen Aufwands, der am besten softwarebasiert erfolgt. Daher sollten die Fahrzeuge ohne eine solche IT-Infrastruktur nur an Standorten eingesetzt werden, an denen die Tagesstrecken nicht über den Reichweiten liegen. Alternativ sollte eine höhere Anzahl von konventionellen Fahrzeugen vorhanden sein, um die Fahrten besser verteilen zu können. Auch das Planen überschneidender Nutzungszeiträume mit den Altfahrzeugen von ein bis drei Monaten kann angestrebt werden. In der Startphase sollten unter Berücksichtigung der vorherigen Rahmenbedingungen, an möglichst vielen der geeigneten Standorte E-Fahrzeuge zur Verfügung gestellt werden. Diese könnten dann zwischen den Standorten wechseln, wodurch Nutzungsbarrieren und Vorurteile abgebaut werden. Dazu eignen sich Fahrzeuge, die später an den großen Standorten konzentriert eingesetzt werden. Wichtig für den Erfolg der Einführung sind umfassende Informationen, die den Bediensteten bzw. Zugangsberechtigten zu Fahrzeugen zur Verfügung gestellt werden, sodass einer Unzufriedenheit durch technisches Unverständnis vorgebeugt wird. Dafür eignen sich Botschafter, die sich selbst für die Thematik interessieren und diese auch kommunizieren. Die Botschafter können interessierten Zugangsberechtigten eine Einweisung in die Fahrzeuge geben. Hierzu gehört auch eine umfängliche Einführung in die Abläufe bei Ladevorgängen und genaue Angaben zu Ladeinfrastrukturstandorten (mit Erläuterungen zu Kompatibilitätsproblemen der Fahrzeuge und LIS).

Zur Beseitigung der Reichweitenängste ist es sinnvoll die Fahrzeuge mit Ladekarten der Roamingbetreiber sowie der regionalen Akteure auszustatten und dies auch zu kommunizieren. Damit

können im Zweifel Mitarbeiter doch längere oder mehr Fahrten zurücklegen, als vor der Buchung angenommen. Hauptsächlich wird aber die Minimierung der Reichweitenangst bei neuen Nutzern im Mittelpunkt stehen. Eine verstärkte Nutzung von öffentlicher Ladeinfrastruktur wird nicht erwartet, womit zu Beginn die Tarifauswahl beschleunigt werden kann. Nach einer Nutzungsdauer der Fahrzeuge von ca. ein bis zwei Wochen oder ca. zehn Entleihvorgängen sinken erfahrungsgemäß die Reichweitenängste und Nutzer gehen an die Grenzen der E-Fahrzeuge.

Um eine größere Anzahl von Fahrzeugen zu platzieren und gleichzeitig eine hohe Effizienz zu erreichen, sind die zwei großen analysierten und potentiell möglichen Pools zu fokussieren. Eine Abstimmung in Bezug auf die Fahrzeugaussteuerung und die Infrastrukturausstattung (u.a. Ladeinfrastruktur, OBU⁶⁷ und Software) ist dabei zu erfolgen. Ferner sollte der Zugriff auf konventionelle Fahrzeuge gewährleistet werden, um auch jetzt schon absolvierte Langstreckenfahrten weiter zu ermöglichen.

6.3.4. Zentrale IT-Systeme und Datenhaltung

Durch die Einführung eines, in seinen Funktionen wenig komplex ausgestalteten Buchungssystems, kann für die Nutzer bereits ein Mehrwert geschaffen werden. Buchungen sollten dabei schnell und einfach möglich sein. Die Eingabe der geplanten Streckenkilometer sollte durch vorgegebene Bedienelemente⁶⁸ möglich sein. Dies bedingt eine sofortige Sichtbarkeit der Verfügbarkeit. Darüber hinaus sind Angaben zum Fahrzeug und dessen Reichweite sowie dem einfachen Zugang mit einem eigenen Medium oder einem zentralen Schlüsselkasten nötig.⁶⁹ Durch das vereinfachte Durchführen von Buchungen und den problemlosen Zugriff auf die Fahrzeuge entsteht dem Nutzer ein hoher Mehrwert. Letztendlich wird das notwendige Vertrauen in die Sinnhaftigkeit der Technik geschaffen.

Das Buchungssystem benötigt auch eine Dispositionslogik, welche die Fahrzeugzuordnung und Verfügbarkeitsberechnung übernimmt. Die Verfügbarkeit von Fahrzeugen und eine Minimierung von Effekten durch Vor- und Nachlaufzeiten sowie nicht angetretene Fahrten müssen sichergestellt sein. Dies kann teilweise anhand von Erfahrungswerten prognostiziert werden. Dazu zählt auch die Berücksichtigung der erwarteten bzw. aktuellen Außentemperaturen, die durch ggf. notwendige Nebenverbrauchsaggregate hohen Einfluss auf die Reichweite der Fahrzeuge hat. Ladeinfrastruktur und Fahrzeug sollten mit der IT-Lösung vernetzt sein, um über den Ladezustand zum Zweck der besseren Disposition informiert zu sein. Damit besteht auch die Möglichkeit dem Nutzer vorab die vorhandenen Reichweiten zugänglich zu machen.

Durch die Einschränkung, der nunmehr ausschließlichen Buchbarkeit von Fahrzeugklassen, entstehen hohe Einsparungspotentiale, da erst kurz vor der Fahrzeugübernahme (15 – 30 Minuten) ein entsprechendes Fahrzeug vom System zugewiesen werden muss. Dadurch kann das System flexibel auf Verspätungen vorangegangener Nutzer reagieren und aktuelle Ladestände, Änderungen der Buchungsdauern und mangelnde Verfügbarkeit schnell berücksichtigen. Die Disposition kann demnach mit aktuellen Informationen versorgt werden, um genauer prognostizieren zu können.

⁶⁷ Eine On Board Unit dient zur Übermittlung ausgewählter Fahrzeugdaten wie Ladestand (SoC) an die Dispositionssoftware.

⁶⁸ Übliche Streckendistanzen sollten direkt anwählbar sein oder bei nicht vorhandener Kenntnis Start und Ziel eingegeben werden.

⁶⁹ Die Zugänglichkeit von einzelnen Fahrzeugen sollte, um die Aufwände zur Schlüsselbeschaffung zu reduzieren, via nutzerbezogener Karte oder elektronischen Schlüsselkästen erfolgen.

Mit Hilfe der empfohlenen zentralen Buchungssoftwarelösung können auch die internen Verwaltungsvorgänge effizient gestaltet werden. Das System sollte daher auch Analysemöglichkeiten zur Auslastung und Nutzung bieten, die mindestens in der Ausgabe von Datensätzen liegen. Ohne eine solche Datenbasis und die daraus entstehenden Analysemöglichkeiten werden Mobilitätskonzepte immer auf einer ungenauen Datenbasis aufbauen und mit enormem Aufwand verbunden sein. Damit einhergehend sind auch ein zielgerechtes Controlling und die Überwachung der Umweltbilanz zu nennen. Dabei ist zwischen der Fahrzeugverwaltung, Buchung, Disposition und der Ausstattung der Fahrzeuge mit vernetzten Lösungen zur Öffnung sowie Freigabe zu unterscheiden. Um „Hamsterbuchungen“ zu vermeiden, sind Verrechnungsmechanismen notwendig. Erfahrungen haben gezeigt, dass es bei größeren Fuhrparks in der praktischen Umsetzung kaum zu Engpässen kommt.

Mit einer Softwarelösung kann eine Schnittstelle zu Dritten hergestellt werden, sodass die Einbindung externer Angebote oder sogar eine Auslagerung des Fuhrparkbetriebs möglich werden. Ein Voucher für Taxifahrten oder andere Mobilitätsdienstleistungen ist hierfür zum Beispiel denkbar. Sollte der Fall eintreten, dass keine Verfügbarkeit von Fahrzeugen beim Buchungsvorgang vorhanden ist, kann auf externe Angebote via Schnittstelle zurückgegriffen werden. Dies kann so weit integriert werden, dass dies für den Nutzer nicht sichtbar ist. So können zum Beispiel auch Mietwagen oder Carsharingfahrzeuge direkt berücksichtigt werden.

Weiterhin sollten bei Buchungen von prognostizierbaren hohen Auslastungszeiten Verlagerungshinweise gegeben werden. Dann können verschiebbare Fahrten anders disponiert werden. Zudem sollten andere Mobilitätsangebote als Alternativen gegeben werden. Da die Anforderungen der verschiedenen OE in diesen Punkten relativ ähnlich sind, besteht kein Problem dies über eine zentrale Plattform bereitzustellen, die von allen OE genutzt wird. Einzelne und individuelle Anforderungen können ohne Probleme berücksichtigt werden.

Ferner sollten Fahrtenbücher elektronisch geführt werden, um zentral auf die Nutzerdaten bzgl. Anfragen im Rahmen der Halterhaftung zurückgreifen zu können. Weiterhin sollten durch das System alle Kosten/ Rechnungen auf Fahrzeugebene zuordenbar sein. Ein Lastmanagement ist ein weiterer Bestandteil, der auch mit den anderen Systembestandteilen insbesondere der Disposition kommunizieren muss.

6.3.5. Budget- und Verrechnungssystem zur Poolbildung

Das momentane Mobilitätsbudget der OE fließt meist, insofern ein Fuhrpark vorhanden ist, überwiegend in eigene Fahrzeuge (oder Leasingverträge) und deren Unterhaltskosten. Damit ist der Großteil des Budgets mittelfristig gebunden und führt bei vorhandenen Fahrzeugen zu einer Vorfinanzierung der Mobilität im Vergleich zur Bezahlung bei Inanspruchnahme. Verschiebungen in Bezug auf andere Verkehrsmittel sind dabei tendenziell schwierig, da nur variable Kosten als Stellgröße zur Verfügung stehen.

In Hinblick auf eine Poolbildung für nicht eins-zu-eins zugeordnete und geeignete Fahrzeuge besteht damit die Herausforderung, dass die Fahrzeuge einer OE zugeordnet sind, die alle Kosten des Fahrzeugs übernimmt. Wenn andere OE die Fahrzeuge nutzen, müsste ein Ausgleich stattfinden. Daher ist es sinnvoller eine zentrale OE bzw. ein geeignetes Abrechnungskonstrukt zu schaffen, das Kostenanteile entsprechend abbildet. Bezüglich einer Poolbildung muss eine faire Bepreisung stattfinden, die auf die Fahrtendauer und –länge referenziert. Außerdem sind die Zeiten mit hoher Auslastung höher zu bepreisen, um dort Verschiebungen der Fahrten anzuregen bzw. die gegenläufige

Tendenz zu vermeiden. Außerdem müssen die Gesamtkosten inklusive der Administration gedeckt werden. Wie mit den bisherigen vorfinanzierten Fahrzeugen durch Kauf etc. verfahren wird, gilt es dabei ebenso zu klären. Eine Verrechnung mit der betreffenden OE scheint hierfür aber am geeignetsten.

Das Verrechnungssystem müsste die derzeitigen (respektive historischen) Fahrten der jeweiligen OE mit dem neuen Modell bepreisen. In Verbindung mit den sonstigen Mobilitätskosten durch andere Verkehrsmittel würde dann der Budgetbedarf entstehen, der den OE bereitgestellt werden müsste. Dieses Verrechnungsmodell sollte an die Kosten existierender stationärer Carsharing Angebote geknüpft sein. Eine Berechnung für den Fuhrpark führt dadurch zu etwas geringeren Verrechnungspreisen. Konkret müssten die Fahrten und die benötigten Fahrzeuge aller OE in die Betrachtung einfließen. Es dürfte sich teilweise eine relevante Verlagerung der Mobilitätsbudgets ergeben, insbesondere dann, wenn die Fahrzeuge aktuell gering ausgelastet sind.

Prinzipiell sollten alle Fahrzeuge, außer reinen Nutzfahrzeugen, zentral beschafft und administriert werden, auch wenn diese eins-zu-eins zugeordnet sind oder aufgrund bestimmter Anforderungen eine Poolnutzung nicht möglich ist.

6.3.6. Finanzierungsform und Outsourcing

Die Einflottung einer größeren Anzahl von Elektrofahrzeugen ist nur in den Grenzen der Beschaffung von neueren Fahrzeugen möglich. Eine Veräußerung der Bestandsfahrzeuge kann geprüft werden, ist aber momentan keine übliche Praxis. Wird angestrebt auch die Effizienzgewinne zur Gegenfinanzierung durch eine Fahrzeugreduktion zu heben, führt dies zu einer nochmals reduzierten Anzahl von Elektrofahrzeugen, die kurzfristig beschafft werden könnten.

Das Risiko bezüglich der unklaren preislichen Entwicklung von Elektrofahrzeugen auf dem Gebrauchtwagenmarkt ist aufgrund der Haltedauer von über acht Jahren bei Fahrzeugbeschaffungen und einem ähnlichen Durchschnittsalter in der Flotte als nachrangig zu bezeichnen. Wichtig ist, dass die Fahrzeuge noch über die Nutzungsdauer hinaus die notwendigen Reichweiten besitzen. Dies muss über die Garantiebedingungen des Herstellers und der sich aus der nominalen Batteriekapazität ergebenden Reichweite zu den zukünftigen Zeitpunkten sichergestellt werden. Bei Leasingangeboten dürfte dies eine untergeordnete Rolle spielen.

Aufgrund der unklaren preislichen Entwicklung der Fahrzeuge sind die Leasingangebote im Markt momentan meist unattraktiv. Daher sollten Sammelbestellungen mit anderen Nachfragern aufgegeben werden, um relevante Größenordnungen zu erreichen, die aktuell noch große Kontingente darstellen. Stückzahlen von über 100 Fahrzeugen sind aktuell relevante Größenordnungen, bei denen in Verbindung mit der Positionierung als strategisches Vorzeigeprojekt, für einzelne Fahrzeughersteller der entstehende Referenzgedanke zu deutlichen Rabatten in Kostenregionen von konventionellen Fahrzeugen führen könnte.

Die Beschaffung der Fahrzeuge wird aufgrund des höheren Kaufpreises mehr Kapital je Auto binden. Daher sind das Mobilitätsmanagement und die Effizienzgewinne durch weniger Fahrzeuge essentiell, wenn nicht mehr Kosten entstehen sollen. Diese würden durch die höheren Anschaffungskosten erhebliche Belastungen bedeuten.

Ein Outsourcing stellt für einen Bedarf, für den aktuell keine Fahrzeuge vorhanden sind und für zukünftig nicht gedeckten Bedarf, eine Option dar. Aufgrund der vorhandenen Fahrzeuge erscheint ein

sofortiges Outsourcing als schwierig zu bewerkstelligen. Interessant in erster Ebene erscheint zunächst die Nutzung von Carsharing Angeboten zur Deckung von Nachfragespitzen im Bedarfsfall. Hier ist durch andere Nutzer der Fahrzeuge eine „Kostenteilung“ gegeben. Dies führt dann meist zu positiven Kosteneffekten im Vergleich zu eigenen wenig genutzten Fahrzeugen. Die relevante Fragestellung beim Outsourcing besteht darin, zu welchen Kosten der Anbieter die Mobilität bereitstellt. Prinzipiell bestehen die gleichen Aufgaben, die aktuell dezentral übernommen werden. Der Anbieter muss also über eine günstigere Kostenstruktur oder höhere Effizienz verfügen. Zu beachten ist das hohe Durchschnittsalter der Fahrzeuge in der aktuellen Flotte der Landeshauptstadt Dresden und das vergleichsweise geringe Servicelevel durch eigene Administration. Ein externer Anbieter wird hier deutlich bessere Leistungen anbieten, was allerdings zu höheren Kosten führen könnte. Schlüssel bei einem externen Anbieter dürfte sein, ob weiteren Nutzern (über die Strukturen der LHD hinausgehend) die Fahrzeuge ebenfalls zur Verfügung stehen und so eine Kostenteilung stattfinden kann. Insbesondere durch die freien Nutzungszeiträume am Abend und am Wochenende bieten sich hier Carsharing Szenarien an. Erwartet wird, dass die Kosten bei externer Beschaffung über der internen Bereitstellung liegen. Dies basiert darauf, dass einzelne interne Kostenpositionen aktuell nicht kalkuliert bzw. berücksichtigt werden. Hinsichtlich der Bereitstellung des Budgets dürfte dies als problematisch gelten. Für den konkreten Bedarf sollten aber zumindest Angebote eingeholt werden. Eventuell lassen sich in Verbindung mit Carsharing hier hohe ökologische Effekte fördern. Insbesondere an den großen Standorten würden in nennenswerter Anzahl Fahrzeuge extern bereitgestellt werden.

6.4. Einführungsstrategie für die empfohlenen Maßnahmen

Wie dargestellt, existieren aus jedem Blickwinkel optimale ökonomische und ökologische Strategien zur erfolgreichen Fuhrpark-Elektrifizierung. Neben der Existenz von Infrastruktur und Fahrzeugen wird sich ein Erfolg jedoch stark an der finanziellen Bilanz bzw. den Gesamtkosten bemessen lassen. Daher kommt der Einführungsstrategie und der Umsetzung der Maßnahmen im Rahmen eines ganzheitlichen Mobilitätsmanagements eine entscheidende Rolle zu. Zusammengefasst wird folgende Einführungsstrategie mit Fokus der Elektrifizierung empfohlen:

1. Strategische Entscheidung: Definieren von Zielen des städtischen Fuhrparks und des Mobilitätsmanagements mit Fokus Elektromobilität
2. Einrichtung einer zentralen Stelle: Mobilität als verantwortliche Verwaltungseinheit zur Umsetzung
3. Gegebenenfalls Rückstellungen von Neubeschaffungen und Abdeckung der aktuellen Spitzenlast durch externe Angebote (Mietwagen, Carsharing, ÖPNV und Taxi)
4. Einführung eines einheitlichen Buchungs- und Verwaltungssystems
5. Einführung einer permanenten Fuhrparkauswertung auf Basis eines digitalen Fahrtenbuchsystems
6. Übergreifende Nutzung ermöglichen und einführen (rechtlichen Voraussetzungen schaffen)
7. Detaillierte vollständige Analyse zur finalen Dimensionierung der E-Flottengröße und der Einführungszeitpunkte (basierend auf einer Fuhrparkoptimierung mit der Ermittlung von Einsparpotentialen und externen Ersetzungsmöglichkeiten von einzelnen Fahrten)⁷⁰

⁷⁰ Parallel dazu könnten Angebote von externen Betreibern und Dienstleistern für Teilleistungen eingeholt werden. Eine detaillierte Analyse und Darstellung des Bedarfs ist auch für eine externe Beschaffung essentiell. Ein Dienstleister kann sonst kein bedarfsgerechtes Angebot abgeben und würde sich immer am bisherigen Umfang des Fuhrparks orientieren.

8. Verschiebungen von Altfahrzeugen innerhalb des städtischen Fuhrparks, um an geeigneten Stellen schneller Elektrofahrzeuge einsetzen zu können. (Priorisierung der Fahrzeuge für die Ersetzung konventioneller Fahrzeuge, aufgrund hoher Laufleistung, kostengünstigem und umweltfreundlicherem Fahrzeugbetrieb.)
9. Einrichtung von Ladeinfrastruktur mit Lade- und Lastmanagement an den Standorten sowie Anbindung an Smart Grid Projekte
10. Einführung von Informations- und Buchungssystemen mit Modul auch zur Steuerung des Fuhrparks und Monitoring der stetigen Fuhrparkanalyse
11. Beschaffung größerer Mengen mit Rabatten
12. Parallel zur Einführung: Schulungsmaßnahmen für Nutzer
 - Abbau von Reichweitenängsten
 - Direkte Adressierung des Mobilitätsmanagements
 - Vermeidung von Rebound-Effekten durch Fehlnutzung
13. Permanente Überprüfung und Anpassung des Fahrzeugvolumens im Rahmen des Mobilitätsmanagements

Von übergreifender Notwendigkeit ist dabei ein permanentes Verfolgen der Ziele des Mobilitätsmanagements mit ausreichenden personellen und fachlichen Kapazitäten. Dies gilt auch für den externen Beschaffungsfall. Findet dies nicht statt, können die internen Strukturen nicht dahingehend angepasst werden, dass die potentiellen Effizienzgewinne nachhaltig gehoben werden können. Das Potential, das sich für die Landeshauptstadt Dresden ergibt, geht über die reine Umstellung hinaus und kann Dresden generell neue ökologische und technologische Ansätze ermöglichen.

7. Relevanz und Übertragbarkeit

7.1. Best Practices und Einordnung

Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Kommunen, Kreise oder Organisationen ist problemlos möglich. Die quantitativen Ergebnisse dürften bei gleichen Voraussetzungen in ähnlichen Relationen gegeben sein. Die organisatorischen und technischen Empfehlungen sind für größere Kommunen übertragbar. Die Methodik und das Vorgehen können ebenfalls übernommen werden. Von Beginn an sollten Wege und Mobilitätsgewohnheiten intensiver erfasst und analysiert werden, um deutlicher Verlagerungspotentiale herauszuarbeiten. Bei fast allen Kommunen wird der größte Hebel darin liegen die Fahrzeuge zu reduzieren und die dadurch freiwerdenden finanziellen Mittel für die Elektrifizierung aufzuwenden.

Erfolgsfaktor ist, neben den in Kapitel 6.4 benannten umzusetzenden Umstellungsschritten, insbesondere eine aussagefähige Informationsbasis bezüglich der Nutzung des Fuhrparks. Diese ist unabhängig vom politischen Willen und persönlichen Präferenzen der beteiligten Akteure der Schlüssel, um nachhaltig agieren zu können. Aufgrund der neueren Fahrzeuge mit größeren Reichweiten und sukzessive implementierter Ladeinfrastruktur, bestehen mittlerweile nur noch geringe technische Hürden, die einem Betrieb grundsätzlich entgegenstehen. Vielmehr wird die Effizienz, sei es in Bezug auf den Betrieb, die Auslastung oder das Wechselmanagement, wichtig sein, um einen möglichst hohen Anteil an Fahrzeugen zu elektrifizieren. Dabei wird die Informationsbasis nicht nur zu Beginn für die Planung, sondern auch laufend für die Disposition und das permanente Controlling notwendig sein. Die Notwendigkeiten, die Elektromobilität hinsichtlich der Prognose des Ladestands und dem Lademanagement teilweise bedingt, führen zu einem bisher nicht üblichen Bedarf an Informationen innerhalb des Fuhrparks. In Verbindung mit Softwarelösungen zur Buchung kann diese neue Informationsdichte einer der Treiber für die weitere Entwicklung des Mobilitätsmanagements sein. Aufgrund der stärkeren Berücksichtigung, der durch die Angabe des Ziels für die Reichweitenprognose konkret zu absolvierenden Wege, können alternative Mobilitätsangebote fokussierter integriert werden. Der Effekt ist durch die neue Kostentransparenz deutlich leichter darstellbar. Das Ziel die Mobilität mit Elektroautos nicht nur zu ersetzen, sondern langfristig umzugestalten, dürfte durch die bessere Informations- und Datenlage deutlich einfacher zu erreichen sein.

7.2. Best Practices und Stand anderer Kommunen

Um eine Einordnung des Status zur integrierten Elektromobilität in der Landeshauptstadt Dresden vorzunehmen, wurden zum einen Best Practices recherchiert und zum anderen ein Fragebogen an Kommunen mit mehr als 200.000 Einwohnern versendet, die bereits Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen gesammelt haben. Die nachstehende Tabelle zeigt ausgewählte Städte mit ihren Fuhrparkgrößen und der Anzahl der Elektrofahrzeuge.

Tabelle 23: Vergleich Fuhrparkgrößen mit Elektroanteil Kommunen und Unternehmen⁷¹

	Kommune/ Unternehmen	Ort	Mitarbeiter	Fuhrpark- größe (Fzg)	davon EV
Landeshauptstadt Dresden	Kommune	Dresden	7.330	500	15
Landeshauptstadt Düsseldorf	Kommune	Düsseldorf	10.000	820	17
Verein Kommunen in der Metropolregion e.V.	Kommune	Braunschweig, Göttingen, Hannover	mehrere Tausend	3000	250
Stadt Nürnberg	Kommune	Nürnberg	10.000	1126	8
Stadt Dortmund	Kommune	Dortmund	8.500	100 ⁷²	20
Stadt Essen	Kommune	Essen	9.000	1.700	4
BVG – Berliner Verkehrsbetriebe	Unternehmen	Berlin	14.000	3000	100
Drewag	Unternehmen	Dresden	1.370 ⁷³	440	40 ⁷⁴
Berliner Wasserbetriebe	Unternehmen	Berlin	4.630	200	20 ⁷⁵

Aktuell existieren nur wenige große kommunale Akteure, die in großen Mengen Elektrofahrzeuge einsetzen. Das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) hat die Stimmungsbilder insgesamt 34 deutscher Kommunen zum Thema Elektromobilität erfasst (s. Difu 2014). Erfahrungen, Treiber und Hindernisse für Elektromobilität bildeten den Schwerpunkt. Als Treiber und Gründe für die Anschaffung von Elektrofahrzeugen werden hauptsächlich Umweltgründe und die Einschätzung, dass Elektromobilität als Mobilität der Zukunft angesehen wird, genannt. Die Vorbildwirkung verstärkt dies noch als Treiber in beiden Punkten.

Hindernisse im Betrieb von Elektrofahrzeugen existieren durch fehlende Bedeutung/ Relevanz (22,9 % der Antworten), fehlende finanzielle oder personelle Mittel (18,6 %) und unklare/ unzureichende Rahmenbedingungen vor Ort (14,3 %) (vgl. Difu). Einige Kommunen geben mangelnde Reichweiten von älteren E-Fahrzeugen bzw. die Reichweite von E-Fahrzeugen im überörtlichen Verkehr an. Ebenfalls Erwähnung finden die hohen Beschaffungskosten und die mangelnden Erfahrungen im Dauerbetrieb. Die Kenntnis bzw. das Knowhow bzgl. Ladeinfrastruktur, aber auch generell der Elektromobilität bzgl. einer zentralen Koordinierung wird genannt. Das Fehlen der Fahrzeugkategorie oberhalb 2,8 t, die den größten Anteil in kommunalen Flotten darstellen, gilt ebenfalls als Hemmnis.

Die Kommunen sind sich einig, dass die monetären Gesamtkosten von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Verbrennern nach wie vor höher sind. Bemängelt werden vor allem die hohen Anschaffungskosten durch fehlende Herstellerrabatte in Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen. Hinsichtlich des Betriebs werden Einsparungen aufgezeigt. Problematisch wird im Allgemeinen die fehlende Informationslage bzgl. belastbarer Daten für Kosten und Lebensdauer für Akkumulatoren gesehen.

Notwendige Rahmenbedingungen, um den Anteil von Elektrofahrzeugen in kommunalen Fuhrparks zu erhöhen, werden insbesondere in der finanziellen Förderung von Kommunen, auch für nicht öffentliche Ladeinfrastruktur, gesehen. Die Sicherheit der Annahmen in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit (Betrachtung der Gesamtkosten), gesicherte Laufleistungen bei allen

⁷¹ Quellen: BMVI 2015a, S: 88-179, eigene Erhebung „Elektromobilität in Kommunen“ vom 18.11.2016 TU Dresden, Befragung innerhalb der Stadtverwaltung durch die TU Dresden vom 15.07.2016

⁷² nur Pkw

⁷³ Zusammen mit Drewag Netz GmbH.

⁷⁴ Elektrofahrzeuge im Flotteneinsatz – Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen bei der DREWAG

⁷⁵ 10 % des Pkw Fuhrparks

Witterungsbedingungen, den Ausbau von Ladeinfrastruktur und E-Nutzfahrzeuge in der Transporterklasse werden als weitere Rahmenbedingungen genannt.

Die nachstehende Tabelle fasst die Angaben der Kommunen kurz zusammen.

Tabelle 24: Auszug der Befragungsergebnisse „E-Mobilität in Kommunen“⁷⁶

	Dortmund	Nürnberg	Anonyme Kommune	Essen
Einsatz EV im Fuhrpark	ja	ja	nein	ja
Planung weiterer EV	ja	ja	ja	ja
Vorausgehende Machbarkeitsstudie	ja	Nein	ja	Nein
Vorausgehende Fuhrpark-optimierung	Keine Angabe	Nein	nein	Nein
Einsatzzweck	Fahrprofile spiegeln Verwaltung wieder; Botendienste, Dienstreisen in Nachbarstädte, [...]	Ausschließlich Transport von Personen	-	3 Pkws für Fahrten im Stadtgebiet. Ein elektrischer Kleintransporter.
Erfahrungen durch Nutzer	Überwiegend positiv	Zum Großteil äußerst positiv	-	Ohne Probleme eingegliedert. Keine negativen Erfahrungen.
Anschaffung	Modellregion Elektromobilität II	Keine Förderprogramme	NKI-Förderung "Ausgewählte Klimaschutzmaßnahmen"	Keine Förderung bei den Pkws, Sponsoring beim Kleintransporter
Hindernisse bei Anschaffung und Inbetriebnahme	Gängige Vorurteile (Reichweite, Ladedauer, Komfort, Handhabung, ...)	Bau von E-Tankstellen	Kosten & Vorbehalte ggü. Reichweite, CO2-Einsparung, Komfort, Ladezeiten	Hohe Beschaffungskosten, mangelnde Erfahrung mit Dauerbetrieb von E-Fahrzeugen, ökonomische Unwägbarkeiten
Vorteile	- Gleichwertig bei Stadtfahrten - Hoher Fahrspaß	- Geringer Primärenergieverbrauch - Keine Luftverschmutzung und kaum Geräuschemission	- Umweltfreundlicher Betrieb - Kosteneinsparungen	- Verringerung der Schafstoff- und Lärmemission - Positives Fahrgefühl - Keine Treibstoff- und Ölverluste, positive THG-Bilanz bei Einsatz EE - Positives Image
Nachteile	- Modellvielfalt und Ausstattung - Einsatz bei längeren Fahrten - Keine akzeptablen Lösungen oberhalb der 2,8 t Kategorie	- Geringe Reichweite - Hohe Anschaffungskosten - Schlechte Ladeinfrastruktur	Keine Angabe	- Kostenunsicherheit (Akkus) - Reichweite - Belastbarkeit im Winter
Analyse	Digitalisierung und Auswertung aller Fahrzeugakten aus den Fachbereichen. (hinzu kamen die Nutzung von Privatfahrzeugen) Die Daten wurden auf einzelne Gruppen heruntergebrochen, um den wirklichen	Keine	Aufschlüsselung und Analyse der bisher mit Privat-Pkw durchgeführten Dienstfahrten und Darstellung einer Umstellung auf einen betrieblichen	Um erste Erfahrungen zu sammeln und Einsatzmöglichkeiten zu testen, wurden einzelne Fahrzeuge beschafft. Fuhrparkoptimierung erfolgt durch einzelne Fachbereiche in Eigenverantwortung. Darstellung der gesamten Fahrzeugflotte ist aufgrund der Konzernstruktur nicht möglich.

⁷⁶ Befragung vom 18.11.2016 der TU Dresden

	Bedarf zu ermitteln.		Fahrzeugpool.	
--	----------------------	--	---------------	--

Die Fahrzeuge werden im operativen Betrieb durchweg positiv beurteilt. Dies bekräftigt die generelle Wahrnehmung bezüglich des Einsatzes von Elektrofahrzeugen. Mit geeigneten Nutzungsszenarien und passender Infrastruktur stoßen diese auf eine positive Annahme. Negative Anfangsmeinungen können fast vollständig ausgeräumt werden.

7.3. Einordnung der LHD

Aus der Städtebefragung des Difu geht hervor, dass bereits im Jahr 2014 über 40 % der befragten Kommunen ein hohes oder sehr hohes Aktivitätslevel im Bereich der kommunalen Elektromobilität gezeigt haben. Die Umfrage der TUD vom 18.11.2016 unterstützt diese Entwicklung und zeigt, dass in Städten der gleichen Größenordnung wie Dresden (Dortmund, Nürnberg, Essen – alle 500 bis 600 Tausend Einwohner) die Elektromobilität bereits angekommen ist. Auch wenn alle Städte ihr Engagement mit Klimaschutzzielen begründen, ist der Entwicklungsstand in den jeweiligen Kommunen sehr unterschiedlich. Während einige Kommunen noch an der Finanzierung scheitern oder bereits einige wenige Fahrzeuge für den Testeinsatz und zum Sammeln von belastbaren Daten angeschafft haben, zeigen andere Städte einen fortgeschrittenen Stand.

Wenn die Landeshauptstadt Dresden sich diesem Trend anschließt und noch zielgerichteter hinsichtlich eines ganzheitlichen Ansatzes vorgeht, kann sie zum einen ihre Ziele im Rahmen des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes 2030, des Verkehrsentwicklungsplanes 2025plus und im Luftreinhalteplan mit Hilfe von E-Fahrzeugen deutlich unterstützen. Zum anderen kann sie eine Vorreiterrolle einnehmen und damit den Standort für innovative Mobilitätsansätze in Forschung und Praxis weiter stärken.

Literatur

BMJV (2016): Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung - VgV). Unter: https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/vgv_2016/gesamt.pdf (Abruf: 21.11.2016).

BMVI (2015): Abschlussbericht: Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen, Berlin: NOW GmbH

BMVI (2015 a): Elektromobilität in Flotten. Handlungsleitfaden, Berlin: NOW GmbH

BMW AG (2014): Technische Daten BMW i3. Datenblatt BMW i3. Unter: http://www.bmw.com/com/de/newvehicles/i/i3/2013/showroom/technical_data.html. (Abruf: 06.06.2014)

California Air Resources Board (2001): *Staff Paper on the Standardization of Electric Vehicle Charging Infrastructure*. Unter: <http://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/infrastructure/2001infrastructure/staffpaper.pdf> (Abruf: 05.06.2014)

Community Energy Association (2013): *Planning for Electric Vehicle Charging Infrastructure: A Toolkit*. Unter: <http://www.communityenergy.bc.ca/sites/default/files/Planning%20for%20EV%20Charging%20Infrastructure%20A%20Toolkit%20-%20June%202013.pdf> (Abruf: 04.06.2014)

Darlington, T./ Wang, M./ Weber, T. (2005): "Well-to-wheels analysis of advanced fuel/vehicle systems—a North American study of energy use, greenhouse gas emissions, and criteria pollutant emissions."

Dieselnet (2009): Emission Standards. European Union. Cars and Light Trucks, unter: <https://www.dieselnet.com//standards/eu/ld.php> (Abruf: 02.11.2016)

Dresden (2016): Smart City Dresden, unter: <http://www.dresden.de/de/wirtschaft/wirtschaftsstandort/projekte-kooperationen/smart-city-dresden.php> (Abruf: 07.11.2016)

DVB (o.J.): Mit dem Mietfahrrad durch die ganze Stadt, unter: <https://www.dvb.de/de-de/service/mietfahrraeder/> (Abruf: 14.09.2016)

EcoLibro GmbH (o.J.): „Elektromobilität in Kommunen. Kommunen als Leuchtturm für eine neue Mobilität“, unter: <http://www.ecolibro.de/de/angebote-loesungen/elektromobilitaet-fuer-kommunen/> (Abruf: 27.04.2016)

Electrive.net (2016): Förderrichtlinie zum Bundesförderprogramm für Ladeinfrastruktur, unter: <http://www.electrive.net/2016/09/15/foerderrichtlinie-zum-bundesfoerderprogramm-fuer-ladeinfrastruktur/> (Abruf: 30.11.2016)

Fraunhofer ISE (2016): Stromproduktion in Deutschland in Woche 47 2016, unter: https://www.energy-charts.de/power_de.htm (Abruf: 24.01.2016)

GoingElectric (o.J.): Elektroautos, unter: <http://www.goingelectric.de/elektroautos/> (Abruf: 01.07.2016)

- Hackmann et al. (2015):** TOTAL COST OF OWNERSHIP ANALYSE FÜR ELEKTROFAHRZEUGE. P3 group, electrive.net
- Hahne (2010):** Technische Thermodynamik : Einführung und Anwendung. 5., völlig überarb. Aufl., München: Oldenbourg Verlag.
- IFEU Heidelberg, INFRAS Bern, Heinz Steven (2011):** Weiterentwicklung der Emissionsfaktoren für das Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) – Endbericht.
- IINAS (2015):** GEMIS-Ergebnisse-Auszüge. Online unter: <http://iinas.org/gemis-download-121.html> (Abruf: 21.11.2016).
- INFRAS (2014):** Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs 3.1/3.2 – Quick Reference. Online unter: http://www.hbefa.net/d/help/HBEFA32_help_dt.pdf (Abruf: 21.11.2016).
- INFRAS (2004):** Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs 2.1 – Dokumentation. Online unter: http://www.hbefa.net/e/documents/HBEFA21_Dokumentation.pdf (Abruf: 21.11.2016).
- ILS GmbH (o.J.):** „Mobilitätsmanagement in der Stadtplanung“, unter: http://www.mobilitaetsmanagement.nrw.de/cms1/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=41 (Abruf: 27.04.2016)
- ILS, ISB. ivm (2009):** „Mobilitätsmanagement in der Stadtplanung“. Abschlussbericht, Dortmund, 2009.
- IVV, ISB (2003):** “Mobilitätsmanagement-Handbuch. Ziele, Konzepte und Umsetzungsstrategien“ Projekt 70.657/01: Mobilitätsmanagement in Deutschland und im Ausland, Stand von Theorie und Praxis. Im Auftrag des BMVBW, Aachen. Unter: http://www.fachportal.nahverkehr.nrw.de/fahrgast_mobil/mobilman/MMHandbuch.pdf
- Kley, F. et al. (2011):** *New business models for electric cars—A holistic approach* In: *Energy Policy*. 39 (6), S. 3392–3403 Unter: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421511002163> (Abgeruf: 02.05.2014)
- Kley, F. (2011a):** *Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge* Stuttgart: Fraunhofer Verlag. Entwicklung und Bewertung einer Ausbaustrategie auf Basis des Fahrverhaltens. Dissertation. Karlsruhe: Fraunhofer Institut für System- und Innovationstechnik (ISI).
- Kley, F. (2011b):** *Neue Geschäftsmodelle zur Ladeinfrastruktur*. (Nr. S5/2011) Working paper sustainability and innovation. Unter: <http://www.econstor.eu/handle/10419/48664> (Abruf: 28.06.2016)
- Kramer (2010):** Integratives Umweltmanagement: systemorientierte Zusammenhänge zwischen Politik, Recht, Management und Technik. Wiesbaden: Gabler.
- Landeshauptstadt Dresden, GB Allg. Verwaltung (2014):** Vorlage V1395/11 „Intensivierung der Nutzung von Carsharing durch die Organisationseinheiten der LHD (ohne Eigenbetriebe) und V2194/13 – 2. Sachstandsbericht“ vom 21.11.2014
- Landeshauptstadt Dresden (2016):** „Dresden lädt auf - Landeshauptstadt erhält Förderbescheide für Elektromobilität“ vom 10.05.2016, unter:

https://www.dresden.de/de/rathaus/aktuelles/pressemitteilungen/2016/05/pm_028.php
(Abruf: 11.05.2016)

Lettow (2016): Förderung von Klimaschutzprojekten durch die Kommunalrichtlinie des Bundes. Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz, Deutsches Institut für Urbanistik. Hannover: 30.08.2016.

Martin, D. & Treiber, M. (2014): Sind Elektroautos wirklich umweltfreundlich?. Internationales Verkehrswesen, 66(2).

Mobility Center GmbH (2016): „Carsharingvertrag“ zwischen der Landeshauptstadt Dresden und der Mobility Center GmbH vom 30.05.2016

Nationale Plattform Elektromobilität (2012a): *Forschungsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (Dritter Bericht)*. Unter: http://www.bmbf.de/pubRD/NPE_Fortschrittsbericht_2012_VorlageBarrierefreiheit_n_DNK84g.pdf (Abruf: 05.06.2014)

NOW GmbH (2016): Optimierung des kommunalen Fuhrparks in Dortmund unter ökologischen Gesichtspunkten, unter: <http://starterset-elektromobilitaet.de/Infothek/Praxisbeispiele/optimierung-des-kommunalen-fuhrparks-in-dortmund-unter-oekologischen-gesichtspunkten> (Abruf: 01.11.2016)

NOW GmbH (2016 a): Förderrichtlinie/ Förderaufrufe. Aufruf – Förderung von Fahrzeugen/ Ladeinfrastruktur, unter: https://www.now-gmbh.de/content/3-modellregionen-elektromobilitaet/3-foerderrichtlinie-2015/aufruf_11_2016_fahrzeuge_lis_final.pdf (Abruf: 30.11.2016)

Rietschel (2011): Landeshauptstadt Dresden. Mitarbeiterbefragung zur Mobilität 2011. Anlage.

Schroeder, A / Traber, T. (2012): *The economics of fast charging infrastructure for electric vehicles*. In: *Energy Policy*. 43 , S. 136–144

Schwarze, B. (2005): Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung. Institut für Raumplanung. Universität Dortmund. Fakultät Raumplanung. Dortmund

SMWA (2012): Luftverkehrsplan Sachsen 2025. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. Dresden. September 2012

StMUG (2010): Feinstaub - Diffuser Staub, klares Handeln. Aus der Reihe: Daten+Fakten+Ziele.

Teufel, D. et al. (1999): Öko-Bilanzen von Fahrzeugen. UPI Bericht Nr. 25, Heidelberg.

Tober, W. (2016): „Praxisbericht Elektromobilität und Verbrennungsmotor: Analyse elektrifizierter Pkw-Antriebskonzepte“. Wien. Springer-Verlag

UBA (2016): „Autokauf: Sind Diesel oder Benzinmotoren umweltfreundlicher?“, unter: <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/autokauf-sind-diesel-benzinmotoren> (Abruf: 08.02.2017)

Wiederer, A. / Philip, R. (2010): *Policy options for electric vehicle charging infrastructure in C40 cities*. Unter: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=1247743> (Abruf: 04.05.2014)

Anhang I Bedarfsmeldung zur Beschaffung eines Dienstfahrzeuges

Bedarfsmeldung zur Beschaffung eines Dienstfahrzeuges



Dresden.
Dresdener

ERLÄUTERUNGEN/HINWEISE

Prüfung der Wirtschaftlichkeit von
Carsharing, Leasing oder Kauf

Landeshauptstadt Dresden
Amt

← Bitte **Amt** eintragen

GZ:
Bearb.:
Telefon:
Sitz:
E-Mail:

← Bitte **GZ** eintragen
← Bitte **Bearbeiter/in** eintragen
← Bitte **Telefonnummer** eintragen
← Bitte **Sitz** eintragen
← Bitte **E-Mail Adresse** eintragen

	AMT		
FACHAMT	Vorgangsnummer		Amt-Jahr-Ifd.Nr.
	Fahrzeughalter		Amt
	Produkt		Deckungsquelle
	Mittelbindungsnummer		Deckungsquelle
	Sachkonto		Deckungsquelle
	Kostenstelle		für Anlagenbuchhaltung
	zur Verfügung stehende Mittel		Betrag
	Beschaffungsmittels		Carsharing/Leasing/Kauf
AMT 10	NUTZUNG		
	voraussichtlicher Beginn		
	voraussichtliches Ende		[= 0 Monate]
	Fahrleistung		Kilometer pro Jahr
	kalkulierte Fahrzeit		Stunden pro Tag
	kalkulierte Einsatztage		Tage pro Jahr
	FAHRZEUG		
	Bezeichnung		z. B. Kleinwagen
	Versicherung/Steuern/Pflege		anteilig pro Jahr
	TÜV		pro Jahr
AMT 20	Kraftstoffart		Benzin/Diesel/Strom
	ersetzt bestehendes		Kennzeichen
	Leasingrückgabekosten		bei Vertragsende
	Marke und Modellbezeichnung		z. B. VW Golf 1.4
	Fahrzeugkaufpreis		inkl. Überführung
	Leasingrate		pro Monat
	Leasingvertragslaufzeit		Jahr(e)
	Verbrauch innerorts		Liter pro 100 km
	TARIFE CARSHARING		
	Preis pro Stunde		
Preis pro Kilometer			
KALKULATION			
kalk. Werkstattkosten p.m.		ca. 40€ bis 80€ pro Monat	
kalk. Zinssatz		pro Jahr	
Abschreibungsdauer		Jahr(e)	
Kraftstoffpreis		pro Liter	
Betrachtungszeitraum		Jahr(e)	

VORGANGSNUMMER 0

KOSTENVERGLEICH	CARSHARING	LEASING	KAUF
Fahrzeugkosten			
Werkstattkosten			- €
kalk. Zinsen			- €
TÜV		- €	- €
Versicherung/Steuern/Pflege		- €	- €
Kraftstoff		- €	- €
Leasingkosten		- €	
Leasingrückgabekosten			
Fahrtweg	- €		
Fahrzeit	- €		
WEITERE KOSTEN			
SUMMEN			

← Bitte ggf. ausfüllen
 ← Bitte ggf. ausfüllen

ERGEBNIS Die wirtschaftlichste Alternative ist:

DOKUMENTATION	WEITERGABE PER E-MAIL	DATUM	BEARBEITER/IN
	Fachamt an Amt 10 am		
	Amt 10 an Amt 20 am		
	Amt 20 an Fachamt		

← Bitte ausfüllen
 ← Bitte ausfüllen
 ← Bitte ausfüllen

Beschaffung nach Prüfung der Wirtschaftlichkeit

VORGANGSNUMMER 10-2016-01

BESCHAFFUNG Die wirtschaftlichste Alternative ist:
Es wird um Beschaffung gebeten, mittels:
Bitte begründen, wenn nicht die wirtschaftlichste
Alternative gewählt wird, ggf. Anlagen beifügen
(siehe Alternative 2).

← Bitte auswählen

ALTERNATIVE 1

Bestätigung bei Übereinstimmung
Datum und Unterschrift
Weitergabe an Amt 10 zur Beschaffung
bzw. bei Leasing an Amt 20

Amtsleiter/in Fachamt

ALTERNATIVE 2

Bestätigung der Notwendigkeit bei Abweichung
Begründung zu (ggf. Anlagen beifügen):

← Bitte begründen

Datum und Unterschrift
Weitergabe an Amt 10

Amtsleiter/in Fachamt

WERTUNG AMT 10 Die Begründung erscheint plausibel
und nachvollziehbar (ggf. Anlagen):

☐ Ja ☐ Nein

← Bitte auswählen

← ggf. begründen

Datum und Unterschrift
Weitergabe an Fachamt bzw.
bei Leasing an Amt 20

Amtsleiter/in Amt 10

**BEI LEASING
EINVERNEHMEN
VON AMT 20**

Gemäß Zuständigkeitsordnung der Landeshauptstadt Dresden sind Leasingverträge für Dienstfahrzeuge im Einvernehmen mit der Stadtkämmerei zu schließen. Grundlage für diese Rechtsgeschäfte ist der § 82 Absatz 5 Gemeindeordnung für den Freistaat Sachsen (SächsGemO) i.V.m. § 2 Absatz 2 der Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums des Innern über Freistellungen von kommunalwirtschaftsrechtlichen Genehmigungspflichten (KomFreiVO). Danach bedarf der Abschluss eines Leasingvertrages keiner Genehmigung der Rechtsaufsichtsbehörde, wenn der Neuwert des Objektes bei Gemeinden von mehr als 250.000 Einwohnern einen Betrag von 325.000 Euro nicht übersteigt. Die Stadtkämmerei nimmt die beabsichtigte Beschaffung eines Fahrzeuges zur Kenntnis. Es wird vorausgesetzt, dass durch das Haupt- und Personalamt Vergleichsangebote eingeholt werden und dass das wirtschaftlichste Leasingangebot realisiert wird. Nach Abschluss eines Leasingvertrages ist umgehend eine Kopie an die Stadtkämmerei zu senden, da dieser gemäß KomFreiVO bei der Landesdirektion anzuzeigen ist.

Datum und Unterschrift
Weitergabe an Fachamt

Amtsleiter/in Amt 20

DOKUMENTATION

Beschaffung abgeschlossen
Kopie Leasingvertrag an Amt 20

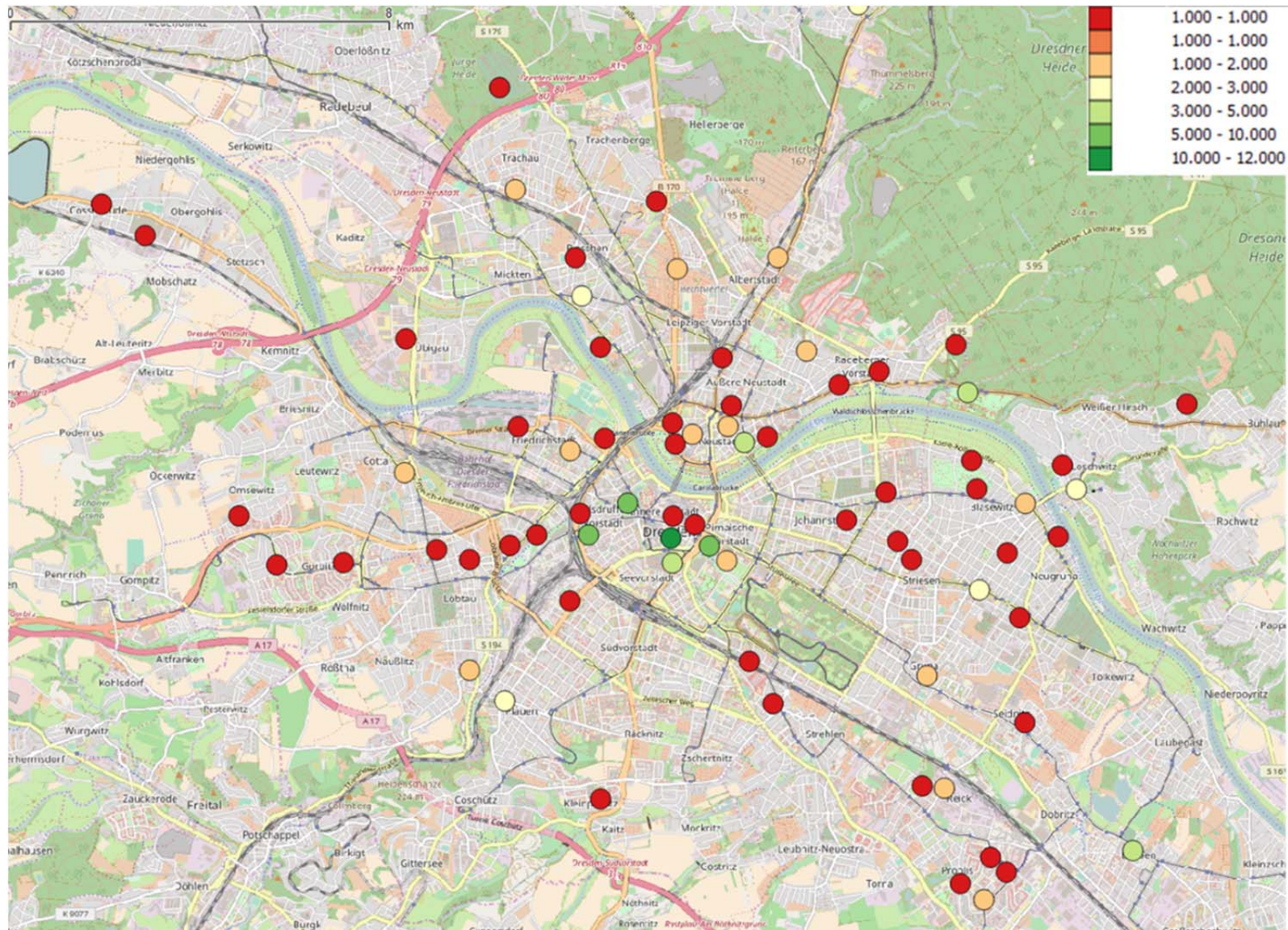
DATUM

BEARBEITER/IN

← Bitte ausfüllen

← Bitte ausfüllen

Anhang II Anzahl der Ämter je Liegenschaft



Anhang III Anforderungen – Detailansicht der Antworten

Anforderung	Aggregiert	Beschreibung		n
Auf-/ Einbauten	Aufbauten	Kasten- und Spiegel Aufbau, Dreiseitenkipper, Hubsteiger, Kräne		32
	Einbauten	Werkbank, Werkbank, Hundebox, Blaulicht/ Signal		8
	Ausstattung	Anhängerkupplung, Klimaanlage, Anhängervorrichtung 750 kg, Standheizung, Einparkhilfe, Freisprecheinrichtung, Geländegängigkeit, Holzverkleidung, Transportsicherheit - Wände/ Innenverkleidung, Verzurrsechsen		11
	Speziell	Krankentransportfahrzeuge (E-Karren z.B.),		4
Werkzeug	klein/ mittel	Werkzeugkisten, Messgeräte, Megaphon		10
	groß	techn. Geräte (Rasentraktor, -mäher, Kehrmaschine), Vermessungstechnik, Leiter, Sackkarre, Ladungssicherung, gefährliche Hunde		43
Sonstige Ausstattung	außen	außen	Lackierung, Kennzeichnung, Plane	6
		Aufbau	Multicar mit Kippvorrichtung, Schneeschild und Plane, Kippvorrichtung, Schneeschild	
	innen	Einbau	Werkstatteinrichtung, Ladungssicherung, Inverter (portabel?)	39
		Ausstattung	Standheizung, Navigation, Telefon, Sicherheitsstandard hoch (Haupt& Personalamt), Schwingsitz, Beifahrerdoppelsitzbank, Klimaanlage, abschließbares Handschuhfach, Seitenschiebetür (rechts), Scharniere für Heckflügeltüren mit vergrößertem Öffnungswinkel, Einparkhilfe	
24/7 Verfügbarkeit	Sonder-Ereignis	Wahlen, Katastrophen, Veranstaltungen, bei Sondereinsätzen, Gremienarbeit (abends),		16
	Regulärer Betrieb	Krankenwagen,Fzg. verstorbene Patienten, Bereitschaftsdienst, Ordnung & Sauberkeit, Straßenmeisterei		46
	Zeit	Wochenende (24h), Abends		1
Zwingend zu ausgewählten Zeiten	Sonder-Ereignis	Gratulationen i.A. des OB, Hochwasser, Wahlen, Bürgerentscheide		2
	Regulärer Betrieb	Bereitschaftsdienst, Winterdienst		39
	Werktags	werktags 6:00 - 19:00, werktags 6:00 - 20:00, werktags 6:30 - 20:00, werktags 7:00 - 18:00, werktags 7:30 - 18:00, werktags 10:00 - 20:00		10
	Schichtbetrieb	Schichtdienst Sa 9:30 - 18.00 , Schichtdienst Okt.-Apr. 7.00 - 22.00 , Nachtdienst 18:30 - 3:00, Schichtdienst Mai-Sept. 7.00 - 24.00		3
Hygiene	Verschmutzung	psych. Kranke (Gefahr von Verschmutzung) SpDi), äußere Sauberkeit; innere/ äußere Sauberkeit, Boden, Laderaum wischfest, Schonbezüge für Sitzplätze, Trennung Arbeitsfahrzeuge und andere		11
	Einsatz	Rettungsdienst, Lebensmitteltransport, Patiententransport, Entsorgung, verstorbene Patienten		6
Fahrzeuggröße	Klein/ Kompakt	Kleinwagen, Kompaktklasse, Kombi, Abhängig von Parkflächen und Garagrößen		8
	Van	bis zu 8 Personen, Transportmöglichkeit für gelbe Säcke, Dreck-Weg-App, Wahlkabinen, Wahlurnen, Blumen, Personentransport, eingeschränkte Fahrzeuglänge, -breite, -höhe an Einfahrten, Engstellen im Klinikgelände (z.B. Haus CKeller), zusätzlich Fahrzeuge für Adipositas-Patienten		2
	Van Transporter	Transport von Kindern und Jugendlichen, Materialtransporte		4
	Transporter	geländefähiges Fahrzeug, Kleintransporter, Laderaum: (L) 4m x (H) 1,9m x (B) 1,7m , Transporter, Stehhöhe,Material und Post sowie Aufsteller und Tische u. A. zu Messen fährt, Transport von Modellen		12
	Lkw	Lkw Zugmaschine + Auflieger, Lkw > 12t		13
Andere Anforderungen	Ausstattung	Allrad, Geländegängigkeit, getrennte Hundeboxen, Abgasnorm mind. Euro 5 oder höher		5
	Außen	Lackierung, Außenwerbung, Blinkleuchten auf dem Dach		37
	Einsatzzweck	24/7 Klinikgelände - besonders emissions- und lärmarm, repräsentative Aufgaben, eingefangene oder beschlagnahmte Hunde sind separat von Diensthunden zu transportieren; getrennte Hundeboxen bzw. Fahrzeuge , Personentransport mind. 4 Personen, ganztägig		11

Anhang IV Emissionen für Verbrenner und Elektrofahrzeuge (Grundlagen)

Einfluss der Fahrzeugherstellung und –entsorgung auf die Emissionsbilanz

Bei der Herstellung eines Elektrofahrzeugs wird im Vergleich zu einem konventionellen Fahrzeug laut Tober (2016, S. 17) im Schnitt doppelt so viel CO₂ emittiert. Grund hierfür ist unter anderem die ressourcenintensive Produktion der Batterie. Dies wirkt sich bei einer Ersetzung konventioneller durch elektrisch betriebene Fahrzeuge in einem ganzheitlichen Betrachtungsansatz negativ auf die Ökobilanz des Fuhrparks aus. Beispielsweise ist bei der Herstellung eines E-Golf das gesamte Treibhauspotenzial⁷⁷ der freigesetzten Emissionen 77% höher als beim entsprechenden Diesel-Fahrzeug und sogar 97% höher als beim Benzin betriebenen VW Golf (vgl. Martin & Treiber 2014 S. 5 f.; Tober 2016, S. 16).

Emissionen der Kraftstoffherstellung und -bereitstellung

Bei der Herstellung von Kraftstoffen fallen CO₂-Emissionen an. Diese Betrachtung entspricht dem Well-to-Tank Ansatz, wonach CO₂-Emissionen in ihrer gesamten Wirkkette, von der Kraftstoffgewinnung bis zum Fahrzeugbetrieb, betrachtet werden. Die Grundlage für diese Berechnung lieferten Daten aus GEMIS (IINAS, 2015) zu vorgelagerten Umweltwirkungen⁷⁸ der Bereitstellung von Benzin und Diesel.

Tabelle 25: A3 - Vorkette Benzin und Diesel (IINAS, 2015)

[kg/l]	Luftschadstoffe		Treibhausgas
	NO _x	Staub	CO ₂
Benzin frei Tankstelle	36,4	6,64	15.471
Diesel frei Tankstelle	35,3	5,42	11.891

- Der Anteil der CO₂-Emissionen der Kraftstoffherstellung an den gesamten jährlichen CO₂-Emissionen (Well-to-Wheel) beträgt etwa 15 %.

Stromerzeugung und –bereitstellung

- Bei der Herstellung von Strom entstehen unter dem jetzigen deutschen Strommix 6 bis 7 –mal so hohe CO₂-Emissionen wie bei Ökostrom
- Herstellung von Elektrizität erfordert im Vergleich mit der Herstellung von Diesel oder Benzin 5 bis 6 Mal mehr nicht regenerative Energien, allerdings ist der Energiebedarf von Verbrennungsmotoren im Vergleich zu BEV in der Nutzungsphase ca. doppelt so hoch (vgl. Tober 2016, S. 16)

Die Emissionen, die aufgrund der Stromerzeugung und –bereitstellung für den Betrieb von Elektrofahrzeugen anfallen, sind maßgeblich von der Zusammensetzung des dafür eingesetzten Stroms abhängig. In Tabelle 26 sind die Emissionswerte der verschiedenen Stromquellen in g/kWh aufgelistet. (Auszug aus der GEMIS-Datenbank, Daten aus 2010)

⁷⁷ Das Treibhauspotenzial (CO₂-Äquivalent) beschreibt die langfristige Treibhauswirkung der insgesamt freigesetzten Treibhausgase im Vergleich zu CO₂.

⁷⁸ der End-Nutzung vorgelagerte Prozesse und deren Umweltwirkungen wie bspw. Förderung von Rohöl, Kraftstoffherstellung, Transport des Kraftstoffes etc.

Tabelle 26: A3 - Übersicht Emissionen nach Energiequelle, Strommix 2010, Stromnetz lokal⁷⁹

Option [g/kWh]	Luftschadstoffe			Treibhausgase		
	SO ₂	NO _x	PM	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Stromnetz-lokal	0,335	0,565	0,037	576	0,71	0,034
Import-Steinkohle-Kraftwerk	0,595	0,796	0,092	836	1,61	0,042
Braunkohle-Kraftwerk	0,190	0,366	0,042	1000	0,03	0,027
Erdgas-GuD-Kraftwerk	0,012	0,558	0,011	381	0,78	0,017
Erdgas-BHKW 50 kW	0,013	0,584	0,019	398	1,28	0,012
Erdgas-BHKW 500 kW	0,012	0,551	0,018	375	1,21	0,011
Erdgas-GuD-HKW 100 MW	0,011	0,634	0,010	351	0,73	0,016
Atomkraftwerk (AKW)	0,048	0,128	0,015	53	0,07	0,002
Wasser-Kraftwerk > 10 MW	0,002	0,007	0,002	3	0,00	0,000
Wind Park onshore	0,012	0,019	0,008	8	0,03	0,000
Solar-PV (monokristallin)	0,134	0,166	0,066	115	0,28	0,004
Solar-PV (polykristallin)	0,070	0,081	0,034	55	0,14	0,002
Biogas-Gülle-BHKW	0,177	0,502	0,016	37	0,89	0,013
Biogas-Mais-BHKW	0,235	0,796	0,052	67	0,94	0,375
Rapsöl-BHKW	0,195	4,572	0,092	101	0,17	0,679

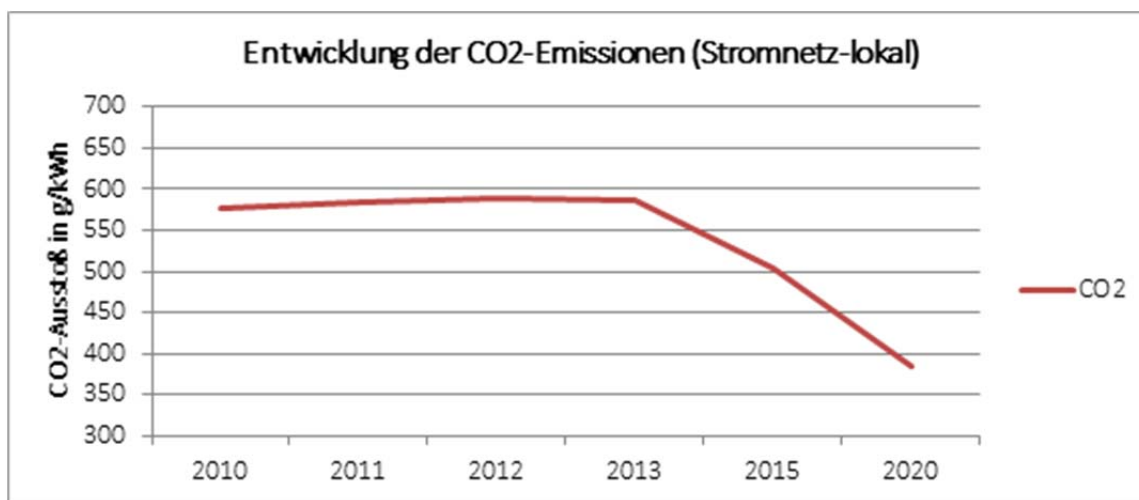


Abbildung 49: A3 - Entwicklung der CO2-Emissionen Stromnetz-lokal

Für die in diesem Dokument angeführten Vergleiche wurden die Daten aus GEMIS (IINAS, 2015) zum Strommix 2015 und Strommix 2020 verwendet sowie ein Beispiel für einen Ökostromanbieter⁸⁰ mit 54% Wasserkraft und 46% übriger EEG-geförderter Stromarten⁸¹. Tendenziell sinken die Emissionswerte des Strommixes im Zeitverlauf aufgrund von Änderungen in der Zusammensetzung

⁷⁹ lokales Stromnetz (Niederspannung) frei Haushalte (HH)/Kleinverbrauch (KV), inkl. Netzverlusten, Zeitbezug hier 2010

⁸⁰ Beispiel Anbieter Naturstrom AG

⁸¹ Durchschnittswerte über EEG-geförderte Stromarten entsprechend GEMIS

des Mixes⁸². Je nach Zusammensetzung des Ökostrommixes sind auch hier lokale Unterschiede möglich.

Fahrzeugbetrieb: Emissionen beim Betrieb von konventionellen Fahrzeugen

„warme“ Emissionen

Motoren im betriebswarmen Zustand in Gramm pro Kilometer in Abhängigkeit von Fahrverhalten, Verkehrssituation.

Je nach Geschwindigkeit und Straßenverhältnissen unterscheidet sich das Emissionsverhalten der Fahrzeuge. Es findet daher eine Unterteilung der Jahreslaufleistung der Fahrzeuge in innerorts, außerorts und Autobahn mit den in folgender Tabelle ersichtlichen Maßen statt.

Tabelle 27: A3 - Differenzierung der Verkehrssituationen der "warmen" Emissionsfaktoren

	Durchschnittsgeschwindigkeit	Verkehrssimulation
Innerorts	34,8 km/h	DE/innerorts/IFEU/Nov 2009
Außerorts	62,1 km/h	Land/FernStr/60/fluessig
Autobahn	80 km/h	DE/ausserorts/IFEU/Nov 2009

Kaltstartzuschläge

Beim Kaltstart fällt ein erhöhter Emissionsausstoß von CO₂, NO_x, PM und CO (fossiler Teil Kraftstoff und Kraftstoff total) an. Die Höhe der Emissionen ist abhängig von Umgebungstemperaturen, Fahrtlänge und Parkdauer.

Als Parametermuster für die Berechnung von **Kaltstartzuschlägen** wurde in der HBEFA Datenbank der deutsche Durchschnitt ausgewählt.

Für die weitere Anwendung des Modells wurde basierend auf den aus den Fahrtenbüchern ermittelten Fahrzeugeinsätzen pro Jahr, multipliziert mit dem Faktor 1,5, die Anzahl der Start- und Stoppvorgänge, differenziert nach Fahrzeugklasse, berechnet.

Verdampfungsemissionen

Verdampfungsemissionen in Form von Kohlenwasserstoff-Emissionen fallen aufgrund des niedrigeren Verdampfungspunktes nur bei Benzin angetrieben Fahrzeugen an.

Es wird unterschieden in:

- Startzuschläge
- „Running Losses“
- Verdampfung beim Abstellen des Motors und
- Tankatmung

Durch Temperaturveränderungen beim Start und beim Abstellen des Fahrzeugs fallen erhöhte Verdampfungsemissionen an. Als Parametermuster für die Berechnung der Verdampfungsemissionen wurde der deutsche Durchschnitt gewählt. Die Anzahl der Start- und Stoppvorgänge richtet sich nach

⁸² Höherer Anteil EEG-geförderter Stromarten

den aggregierten Durchschnittswerten der Fahrzeugklassen aus den Fahrtenbüchern (*analog Kaltstart-Zuschläge*).

„Running Losses“ sind Verdampfungsprozesse während des Fahrzeugbetriebs aufgrund der starken Erwärmung des Tanks. Diese fallen pro gefahrenen Kilometer an und richten sich demnach nach der Jahreslaufleistung des Fahrzeugs.

Tankatmung ist eine dauerhafte Verdampfung von Teilen des Kraftstoffes auch außerhalb des Fahrzeugbetriebs. Sie wird je Fahrzeug und Tag berechnet, unabhängig vom tatsächlichen Fahrzeugeinsatz.

Anhang V Optimierungsergebnisse der Ämter

Pool	Amt	Standort	Fz.-Klasse	Fz. Anzahl IST	Fz. benötigt opt.	Wegfall 1. Fz. Fahrten	Wegfall 2. Fz. Fahrten	Wegfall 3. Fz. Fahrten
Pool_id10_f5_e2	Museen	Junghansstr. 1 - 3	Transporter					
	Technische Sammlungen			3	3	78	210	280
Pool_ID4_F2_E1	LHD Sozialamt	Junghansstr. 2	Van	2	2	106	318	0
	Regiebetrieb	Ferdinandplatz 2	gesamt	2	2	111	159	0
	Technische Dienstleistungen		Kompakt	1	1	111	0	0
			Van	1	1	159	0	0
Pool_ID23_F5_E1	Regiebetrieb Technische Dienstleistungen	Lohrmannstraße 11	gesamt	4	3	125	196	277
			Kleinst-/Kleinwagen	1	0	0	0	0
			Kompakt	1	1	196	0	0
			Van	1	1	277	0	0
			Transporter	1	1	125	0	0
Pool_id36_f5_e1	Brand- und Katastrophenschutzamt	Scharfenberger Str. 47	Kompakt	5	5	32	112	185
Pool_id56_f2_e1	EB Sportstätten	Pieschener Allee 1	Van	2	2	111	256	0
Pool_ID68_F1_E1	Amt für Kultur und Denkmalschutz - Staatsoperette	Pirnaer Landstraße 131	Transporter	1	1	76	0	0
Pool_id90_f6_e1	Städtisches Friedhofs- und Bestattungswesen	Moritzburger Landstrasse 299	gesamt	3	2	3	108	0
			Kleinst-/Kleinwagen	1	1	108	0	0
			Sonstige	2	1	3	0	0
Pool_id98_f1_e1	OA Weixdorf	Weixdorfer Rathausplatz 2	Kompakt	1	1	138	0	0
Pool_id138_f1_e1	Amt für Kultur und Denkmalschutz - JugendKunstschule	Bautzner Straße 130	Van	1	1	157	0	0
Pool_id41_f12_e4	EB Sportstätten	Freiberger Str. 31	gesamt	3	3	78	244	512
			Kleinst-/Kleinwagen	2	2	78	244	0
			Van	1	1	512	0	0
	Bauaufsichtsamt	Rosenstr. 30	Kleinst-/Kleinwagen	5	5	1	10	57
	Stadtplanungsamt	Freiberger Str. 39	Transporter	1	1	97	0	0
Pool_id3_f24_e3	Amt für Hochbau & Immobilienverwaltung	Lignerallee 3	gesamt	2	2	57	287	310
			Kleinst-/Kleinwagen	1	1	287	0	0
			Kompakt	1	1	310	0	0
	Umweltamt	Grunaer Str. 2	gesamt	8	8	3	57	143
			Kleinst-/Kleinwagen	4	4	3	39	145
			Kompakt	1	1	448	0	0
			Mittelklasse	1	1	264	0	0
			Van	2	2	143	388	57
	Amt für Stadtgrün	Grunaerstr. 2	gesamt	15	13	5	32	67
			Kleinst-/Kleinwagen	8	6	5	32	83
			Kompakt	2	2	450	594	0
			Mittelklasse	1	1	388	0	0
			Van	3	3	67	205	303
			Transporter	1	1	243	0	0

Anhang VI Darstellung des Pooling Potentials der Fahrzeuge nach Ämter und Vorhandensein von Fahrtenbüchern

Fahrzeugklasse jeweils: Kleinst_Klein, Kompakt, Mittelklasse, ObereMK, Van, NFZ_3.5, Sonst

1. Pooling Stufe	2. Pooling Stufe	3. Pooling Stufe	4. Pooling Stufe	
Amt	Adresse	Pooling Potential	Anzahl Fahrzeuge	Fahrtenbücher
Haupt- und Personalamt	Dr.-Külz-Ring 19	r b b b	4 1 3 1	
RB Technische DL	Dr.-Külz-Ring 19	r	3	
RB Technische DL	Altlobtau 7e	r r	1 3	
RB Technische DL	Bautzner Str. 13	r r	1 1	
RB Technische DL	Blüherstr. 14	r r	1 8	
RB Technische DL	Carusufer 10	o r r	1 2	
RB Technische DL	Espenstr. 7	r r	1 2	
			3	
RB Technische DL	Hansastr. 60	r r	3 4	
RB Technische DL	Rehefelder Str. 65	r r	1 2	
RB Technische DL	Theresienstr. 2	r r	1 2	
RB Technische DL	Vogesenweg 8a	r r	1 4	
RB Technische DL	Wiesbadener Str. 2	o r r	7 2	
RB Technische DL	Zum Hutbergblick 3	r r	3 2	
RB Technische DL	Bodenbacher Str. 53	r	1	
RB Technische DL	Ferdinandplatz 2	o o r	1 1 1	1 1
			4	
RB Technische DL	Lohrmannstraße 11	o r r	3 28 5	3
Ordnungsamt	Theaterstr. 11-13	o o o	11 2 7	
Brand- und Katastrophenschutzamt	Scharfenberger Str. 39	v	5	5
Schulverwaltungsamt, Stadtmedienstelle, Philharmonie	Marienberger Str. 5 Am Brauhaus 8	b r b	1 1	1
Staatsoperette	Pirnaer Landstraße 131	b	1	1
Jugendkunstschule	Bautzner Straße 130	b	1	1
Kreuzchor	Dornblüthstraße 4	v	1	1
Städtische Bibliotheken	Bürgerstr. 63	o r	1 1	1
Städtische Bibliotheken	Freiberger Str. 33	o o	1 2	2
Museen der Stadt Dresden, TSD	Junghansstraße 1 - 3	b	3	3
Sozialamt	Junghansstraße 2	v v	1 1	1 1
Jobcenter- Sozialamt	Budapester Straße 30	v	3	
Jugendamt	Dr.-Külz-Ring 19	b	1	
Jugendamt	Nöthnitzer Str. 2	b	1	
Jugendamt	Maxim-Gorki-Straße 4	r	1	
	Rudolf-Bergander-Ring 43	b	1	
EB Sportstätten	Eisenberger Str. 1a	r	5	
EB Sportstätten	Oehmestr. 1	r	5	
EB Sportstätten	Pieschener Allee 1	b v	4 11	2
EB Sportstätten	Freiberger Str. 31	b b v	1 2 1	1 2
Gesundheitsamt	Große-Meißner-Str. 16	b	1	
Gesundheitsamt	Hoyerswerdaer Str. 3	b	1	
Gesundheitsamt	August-Bebel-Str. 29	b	2	
Gesundheitsamt	Braunsdorfer Str. 13,	b b	1 1	
Gesundheitsamt	Dürerstr. 88	b	1	
Gesundheitsamt	Georgenstr. 4	b	1	
Gesundheitsamt	Wormser Str. 23	b	1	
Gesundheitsamt	Hertzstr. 23	b b	1 2	
EB Klinikum Friedrichstadt	Friedrichstr.41	r r r r r r	2 1 3 1 7 5	
EB Klinikum Neustadt	Industriestraße 40	r r r r	5 2 12 5	
Stadtplanungsamt	Freiberger Str. 39	b	1	1
Amt für Geodaten und	Ammonstr. 74	v	8	

[illegible]

Anhang VII Pool Charakterisierung

Kategorie	Erklärung
Buff_ID_300m	ID des Pools im Radius von 300 m
Anzahl OE	Anzahl Organisationseinheiten
ÖPNV_Hst	Anzahl ÖPNV-Haltestellen
CS_Station	Anzahl Carsharing Stationen
BS_Station	Anzahl Bikesharing Stationen
AVM_Station	Anzahl Autovermietungen
LIS	öffentliche Ladeinfrastruktur
DFZ	Dienstfahrzeuge
DFZ_FB	Verfügbare Fahrtenbücher der Dienstfahrzeuge
FB/DFG	Anteil der Dienstfahrzeuge mit Fahrtenbuch
P_FRBG	Anzahl der Parkplätze aus Befragung
LIS_FRBG	Anzahl der Ladeinfrastruktur aus Befragung
P&LIS_FRBG	Ladeinfrastruktur mit Parkplätzen aus Befragung
EV_Interesse_FRBG	Interesse an E-Fahrzeugen für die OE (Befragung)
Anteil OE/EV-INT	Anteil der Ämter, die Interesse an E-Fahrzeugen haben
EV_Erfahrungen	Erfahrungen mit E-Fahrzeugen

BUFF_ID_300m	Anzahl OE	ÖPNV_Hst	CS_Station	BS_Station	AVM_Station	LIS	DFZ	DFZ_FB	FB/DFG	P_FRBG	LIS_FRBG	P&LIS_FRBG	EV_Interesse_FRBG	Anteil OE/EV-INT	EV_Erfahrungen
2	4	1	1	1	0	0	1	0	0%	2	1	1	1	25%	0
3	11	1	2	1	1	1	117	24	21%	9	7	7	5	45%	4
4	16	3	1	4	0	2	16	2	13%	9	4	4	6	38%	2
10	3	1	4	1	0	0	5	5	100%	2	0	0	0	0%	1
11	7	2	1	1	0	0	22	0	0%	2	1	1	1	14%	0
16	2	1	2	0	0	0	1	0	0%	2	1	1	2	100%	0
17	5	1	1	2	0	0	6	0	0%	3	2	2	4	80%	0
19	1	1	1	0	0	0	3	0	0%	1	1	1	1	100%	0
21	1	3	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	100%	0
22	1	0	0	0	0	0	37	0	0%	1	1	1	1	100%	0
23	2	1	1	1	0	0	77	5	6%	2	1	1	1	50%	0
24	4	2	1	0	0	0	7	1	14%	3	2	2	3	75%	0
25	4	2	2	3	0	1	16	0	0%	2	1	1	2	50%	0
27	1	4	1	0	1	0	10	0	0%	1	1	1	1	100%	0
28	1	3	0	0	0	0	5	0	0%	1	1	1	1	100%	0
31	2	0	0	1	0	0	5	0	0%	1	1	1	1	50%	0
32	2	1	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0%	0
36	1	1	0	0	0	2	5	5	100%	1	1	1	1	100%	0
37	1	2	2	1	0	0	0	0		1	0	0	1	100%	0
39	1	2	0	0	0	0	1	0	0%	1	0	0	1	100%	0
41	7	1	1	2	0	0	22	12	55%	6	1	1	4	57%	1
42	2	1	0	4	0	1	3	0	0%	2	0	0	1	50%	0
43	1	0	1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0%	0
44	3	1	1	0	0	0	1	0	0%	1	0	0	1	33%	0
45	1	1	2	1	0	0	0	0		1	0	0	0	0%	0
49	2	1	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0%	0
53	1	1	1	0	0	0	5	0	0%	1	1	1	1	100%	0
55	1	3	1	2	0	0	5	0	0%	1	1	1	1	100%	0
56	1	1	1	2	0	0	15	2	13%	1	1	1	1	100%	0
57	2	3	0	0	0	0	0	0		2	0	0	2	100%	0
58	1	2	0	1	0	0	2	0	0%	1	0	0	1	100%	0
59	2	2	0	1	0	0	1	1	100%	2	0	0	1	50%	0
60	2	1	1	1	0	0	6	0	0%	2	1	1	2	100%	0
61	1	2	0	0	1	1	0	0		1	0	0	1	100%	0
62	1	1	2	1	0	0	1	0	0%	1	1	1	1	100%	0
63	1	4	1	1	0	0	0	0		1	0	0	1	100%	0
64	1	1	0	0	0	0	0	0		1	0	0	1	100%	0
66	3	2	2	2	0	1	3	0	0%	3	1	1	3	100%	0

BUFF_ID_ID_30 Om	Anzahl OE	ÖPNV_Hst	CS_Station	BS_Station	AVM_Station	LIS	DFZ	DFZ_FB	FB/DFG	P_FRBG	LIS_FRBG	P&LIS_FRBG	EV_Interesse e_FRBG	Anteil OE/EV-INT	EV_Erfahrungen
68	4	3	2	0	0	0	7	1	14%	3	1	1	2	50%	0
70	2	4	0	2	0	1	24	0	0%	2	1	1	2	100%	1
71	1	1	0	1	0	0	0	0		1	0	0	1	100%	0
74	2	0	1	2	0	0	1	0	0%	1	1	1	1	50%	0
77	3	3	1	0	0	0	2	0	0%	2	0	0	1	33%	0
79	2	1	1	0	0	3	0	0		0	0	0	0	0%	0
80	2	2	1	1	0	0	19	0	0%	1	1	1	1	50%	1
83	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0%	0
90	1	0	0	0	0	0	6	6	100%	1	1	1	1	100%	1
98	1	0	0	0	0	0	2	1	50%	1	1	1	1	100%	0
99	1	1	0	0	0	0	1	0	0%	0	0	0	0	0%	0
101	2	3	1	1	0	1	1	0	0%	1	1	1	1	50%	0
104	3	3	1	1	0	0	3	0	0%	2	0	0	1	33%	0
105	1	1	0	0	0	0	4	0	0%	1	0	0	0	0%	0
106	1	2	0	0	0	0	1	0	0%	1	0	0	0	0%	0
107	2	1	0	0	0	0	2	0	0%	1	1	1	1	50%	0
109	1	2	1	1	0	0	3	0	0%	1	0	0	0	0%	1
115	1	2	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0%	0
126	1	1	0	0	0	0	20	0	0%	0	0	0	0	0%	0
132	1	1	0	1	0	0	1	0	0%	1	0	0	0	0%	0
134	1	4	0	0	0	0	4	0	0%	0	0	0	0	0%	0
138	5	1	0	0	0	0	1	1	100%	5	0	0	5	100%	0
143	1	2	2	2	0	0	1	1	100%	0	0	0	0	0%	0

Anhang VIII Kostenbetrachtung konventionellem und elektrischem Fuhrpark bei 10.000 km und realer Jahreslaufleistung

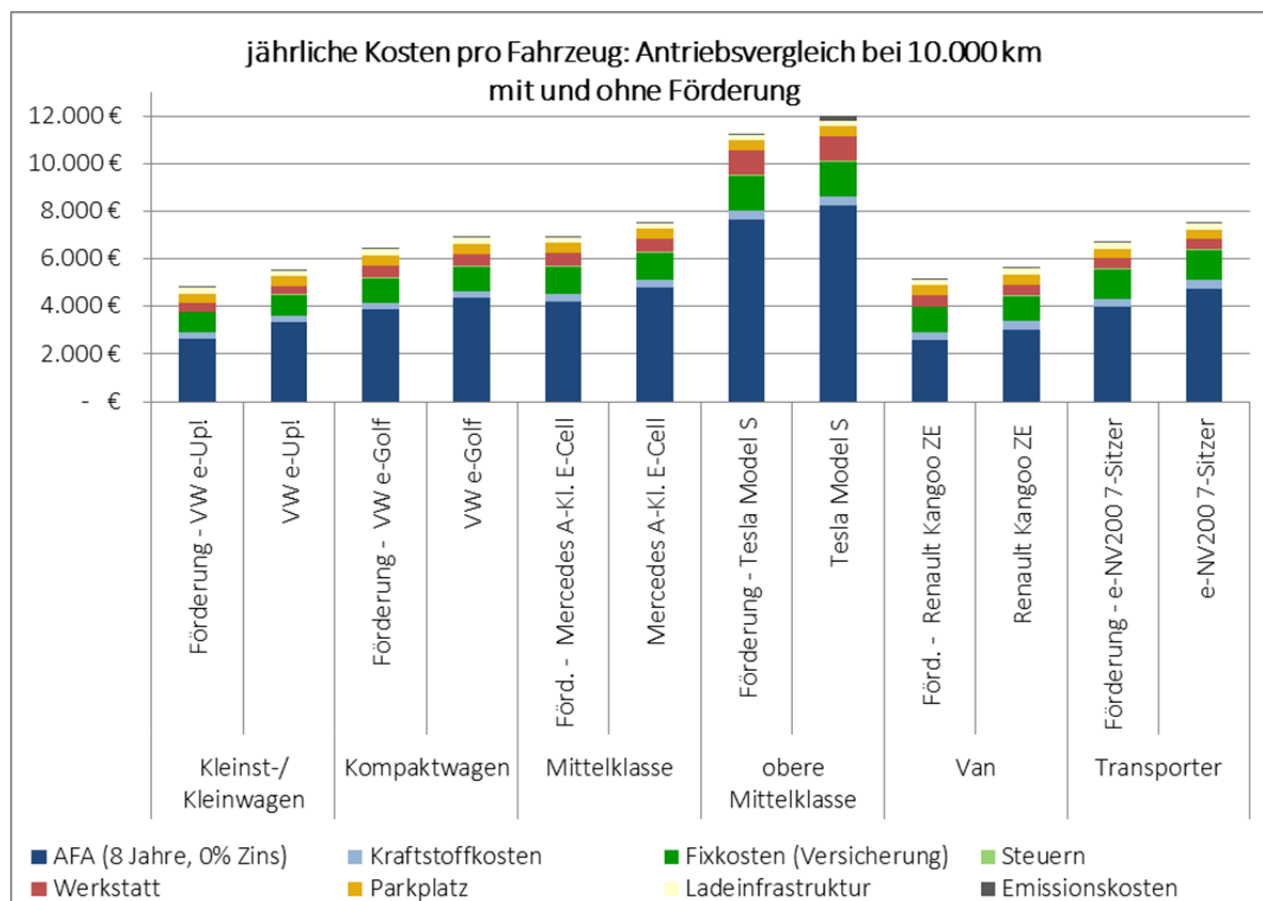
Ist-Stand Fuhrpark

	konventionell						EV (mit Förderung)						
	Kleinst-/Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	obere MK	Van	Transporter	E-Kleinst-/Kleinwagen	E-Kompakt	E-Mittelklasse	E-obere Mittelklasse	E-Van	E-Transporter	
	Volkswagen move up!	Volkswagen Golf 85 kW TSI CL	VW Passat Variant	Mercedes E220 d T-Modell	Renault Kangoo 2-Sitzer	Fiat Ducato	Volkswagen e-up	Volkswagen e-Golf	Mercedes-Benz A-Klasse E-Cell	Tesla Model S	Renault Kangoo ZE 2-Sitzer	Nissan e-NV200 Evalia 7-Sitzer	
Anschaffungskosten	11.700 €	20.675 €	23.091 €	39.665 €	17.029 €	20.693 €	26.900 €	34.900 €	38.332 €	65.844 €	24.157 €	37.926 €	
Förderquote	0	0	0	0	0	0	5.727 €	3.891 €	4.813 €	4.798 €	3.564 €	5.998 €	
Abschreibungszeitraum	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
AFA (0%, RW0)	1.463 €	2.584 €	2.886 €	4.958 €	2.129 €	2.587 €	2.647 €	3.876 €	4.190 €	7.631 €	2.574 €	3.991 €	
Verbrauch	7,5	9,4	9,9	8,1	7,4	11,5	14,6	15,9	19,4	22,0	19,4	20,6	
Kraftstoff-/Strompreis	1,43	1,43	1,43	1,26	1,26	1,26 €/l -	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	ct/kWh
Jahreslaufleistung	6293	5518	3789	41093	4997	8634 km	6293	5518	3789	41093	4997	8634 km	
Kraftstoff-/Energiekosten	673 €	739 €	535 €	4.187 €	465 €	1.249 €	167 €	159 €	133 €	1.641 €	176 €	323 €	
Fixkosten ohne Steuern	856 €	1.020 €	1.126 €	1.452 €	1.072 €	1.256 €	856 €	1.020 €	1.126 €	1.452 €	1.072 €	1.256 €	
Steuern	32 €	48 €	86 €	240 €	176 €	400 €	17 €	21 €	24 €	28 €	10 €	26 €	
Werkstattkosten	468 €	564 €	588 €	1.116 €	516 €	1.008 €	348 €	522 €	541 €	1.027 €	477 €	420 €	
Parkplatzkosten	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	
Ladeinfrastruktur AK							1.500 €	1.500 €	1.500 €	1.500 €	1.500 €	1.500 €	einmalig!
LIS_Wartung							50 €	50 €	50 €	50 €	50 €	50 €	p.a.
jährl. LIS							238 €	238 €	238 €	238 €	238 €	238 €	
AFA (8 Jahre, 0% Zins)	1.463 €	2.584 €	2.886 €	4.958 €	2.129 €	2.587 €	2.647 €	3.876 €	4.190 €	7.631 €	2.574 €	3.991 €	
Kraftstoffkosten	673 €	739 €	535 €	4.187 €	465 €	1.249 €	167 €	159 €	133 €	1.641 €	176 €	323 €	
Fixkosten (Versicherung)	856 €	1.020 €	1.126 €	1.452 €	1.072 €	1.256 €	856 €	1.020 €	1.126 €	1.452 €	1.072 €	1.256 €	
Steuern	32 €	48 €	86 €	240 €	176 €	400 €	17 €	21 €	24 €	28 €	10 €	26 €	
Werkstatt	468 €	564 €	588 €	1.116 €	516 €	1.008 €	348 €	522 €	541 €	1.027 €	477 €	420 €	
Parkplatz	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	
Ladeinfrastruktur	0	0	0	0	0	0	238 €	238 €	238 €	238 €	238 €	238 €	
Emissionskosten	68 €	68 €	44 €	465 €	61 €	124 €	23 €	22 €	19 €	230 €	25 €	45 €	
	3.979 €	5.444 €	5.685 €	12.838 €	4.839 €	7.044 €	4.716 €	6.278 €	6.691 €	12.666 €	4.991 €	6.719 €	
Fuhrparkgröße													
Aktueller Fuhrpark	93	43	5	5	14	175	5	0	0	0	0	0	
Kosten aktueller FuPa	393.636 €	234.088 €	28.427 €	64.191 €	67.745 €	1.232.673 €	23.578 €	- €	- €	- €	- €	- €	
													2.044.339 €

Vergleich auf 10.000 km:

	konventionell						EV (mit Förderung)						
	Kleinst-/ Kleinwagen	Kompakt	Mittelklasse	obere MK	Van	Transporter	Kleinwagen	Kompakt- PKW	Mittelklasse	obere Mittelklasse	Van	E- Transporter	
	Volkswagen move up!	Volkswagen Golf 85 KW TSI CL	VW Passat Variant	Mercedes E220 d T-Modell	Renault Kangoo 2-Sitzer	Fiat Ducato	Volkswagen e-up	Volkswagen e-Golf	Mercedes-Benz A-Klasse E-Cell	Tesla Model S	Renault Kangoo ZE 2-Sitzer	Nissan e-NV200 Evalia 7-Sitzer	
Anschaffungskosten	11.700 €	20.675 €	23.091 €	39.665 €	17.029 €	20.693 €	26.900 €	34.900 €	38.332 €	65.844 €	24.157 €	37.926 €	0
Förderquote	- €	- €	- €	- €	- €	- €	5.727 €	3.891 €	4.813 €	4.798 €	3.564 €	5.998 €	
Abschreibungszeitraum	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
AFA (0%, RW0)	1.463 €	2.584 €	2.886 €	4.958 €	2.129 €	2.587 €	2.647 €	3.876 €	4.190 €	7.631 €	2.574 €	3.991 €	- €
Verbrauch	7,5	9,4	9,9	8,1	7,4	11,5	0,0	14,6	15,9	19,4	22,0	19,4	20,6
Kraftstoff-/Strompreis	1,43	1,43	1,43	1,26	1,26	1,26	€/l -	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18 ct/kWh
Jahreslaufleistung	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	km	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	km
Kraftstoff-/Energiekosten	1.069 €	1.340 €	1.411 €	1.019 €	931 €	1.447 €	265 €	288 €	352 €	399 €	352 €	374 €	0
Fixkosten ohne Steuern	856 €	1.020 €	1.126 €	1.452 €	1.072 €	1.256 €	856 €	1.020 €	1.126 €	1.452 €	1.072 €	1.256 €	- €
Steuern	32 €	48 €	86 €	240 €	176 €	400 €	17 €	21 €	24 €	28 €	10 €	26 €	- €
Werkstattkosten	468 €	564 €	588 €	1.116 €	516 €	1.008 €	348 €	522 €	541 €	1.027 €	477 €	420 €	- €
Parkplatzkosten	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	- €
Ladeinfrastruktur AK	- €	- €	- €	- €	- €	- €	1.500 €	1.500 €	1.500 €	1.500 €	1.500 €	1.500 €	einmalig
LIS_Wartung	- €	- €	- €	- €	- €	- €	50 €	50 €	50 €	50 €	50 €	50 €	p.a.
jährl. LIS	- €	- €	- €	- €	- €	- €	238 €	238 €	238 €	238 €	238 €	238 €	0
	Kleinst-/ Klein	Kompakt	Mittelklasse	obere MK	Van	Transporter							0
	VW move up!	VW Golf 85 k	VW Passat V	Mercedes E2	Renault Kang	Fiat Ducato							0
AFA (8 Jahre, 0% Zins)	1.463 €	2.584 €	2.886 €	4.958 €	2.129 €	2.587 €	2.647 €	3.876 €	4.190 €	7.631 €	2.574 €	3.991 €	
Kraftstoffkosten	1.069 €	1.340 €	1.411 €	1.019 €	931 €	1.447 €	265 €	288 €	352 €	399 €	352 €	323 €	
Fixkosten (Versicherung)	856 €	1.020 €	1.126 €	1.452 €	1.072 €	1.256 €	856 €	1.020 €	1.126 €	1.452 €	1.072 €	1.256 €	
Steuern	32 €	48 €	86 €	240 €	176 €	400 €	17 €	21 €	24 €	28 €	10 €	26 €	
Werkstatt	468 €	564 €	588 €	1.116 €	516 €	1.008 €	348 €	522 €	541 €	1.027 €	477 €	420 €	
Parkplatz	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	420 €	
Ladeinfrastruktur	0	0	0	0	0	0	238 €	238 €	238 €	238 €	238 €	238 €	
Emissionskosten	108 €	124 €	117 €	113 €	122 €	144 €	37 €	40 €	49 €	56 €	49 €	45 €	
	4.415 €	6.100 €	6.635 €	9.318 €	5.366 €	7.261 €	#	4.828 €	6.425 €	6.940 €	11.250 €	6.719 €	

Kostenvergleich für E-Fahrzeuge bei 10.000 km ohne und mit Förderung



Anhang IX Methodik Berechnung von Umweltwirkungen

Emissionen (Verbrenner)

Für die Berechnung der Fuhrparkemissionen wird ein Ansatz gewählt, der neben den Emissionen des Fahrzeugbetriebs auch die der Fahrzeug- und der Kraftstoffherstellung sowie dauerhafte Verdampfung während der reinen Standzeit der Fahrzeuge⁸³ (nur Benzin) in die Betrachtung einbezieht. Die Datengrundlage für die Berechnung der Emissionen ist das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 3.2, Juli 2014). Entsprechend einer benutzerdefinierten Parameterkombination⁸⁴ können Emissionsfaktoren für verschiedene Gruppen von Fahrzeugen mit gleicher Antriebsart (Benzin/Diesel), Hubraumgröße und Emissionsstufe (entsprechend Abgasgesetzgebung) zusammengestellt werden. Das ähnliche Emissionsverhalten dieser Gruppen (im weiteren Fahrzeugschichten) kann simuliert und ausgegeben werden. Durch die HBEFA Datenbank werden für den Fahrzeugpool typische Verkehrssituationen⁸⁵ simuliert. Je nach Verkehrssituation werden Emissionsfaktoren gewichtet und je Fahrzeugschicht ausgegeben. Durch die Auswahl der für den Fahrzeugpool typischen Anwendungssituationen⁸⁶ wurde eine individuelle Emissionsberechnung für den gewählten Fahrzeugpool erstellt.

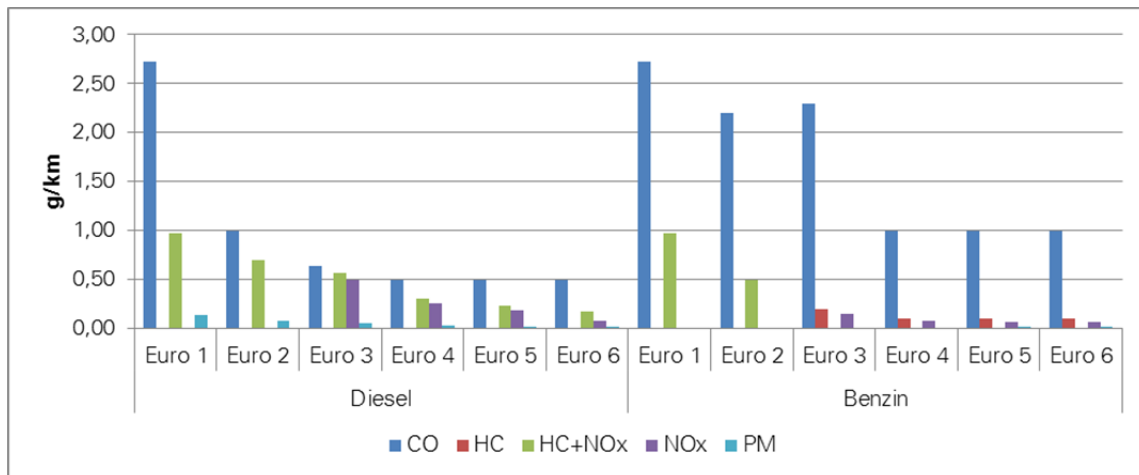


Abbildung 50: A7 – Emissionsgrenzen nach Euroklassen⁸⁷

Für den Fuhrpark wurden folgende Annahmen zur Beschreibung des Verkehrsvolumens⁸⁸ getroffen:

Tabelle 28: A7 - Beschreibung der Aufteilung des Verkehrsvolumens

	Innerorts (34,8 km/h)	Außerorts (62,1 km/h)	Autobahn (80 km/h)	Jahreslaufleistung je Fahrzeug [km]
Kleinstwagen	85%	15%	0%	7198
Kleinwagen	85%	15%	0%	5388,8
Kompaktklasse	85%	15%	0%	5517,7

⁸³ Nur bei Benzinern gegeben.

⁸⁴ Auswahl von Emissionsarten, Fahrzeugkategorien, Komponente, Verkehrssituation, Längsneigung der Fahrbahn, Umgebungstemperatur, Fahrtlängenverteilung, Standzeitenverteilung, Kraftstoffqualitäten, Klimaanlage/ Partikelfilter etc.

⁸⁵ Emissionsmodellierung entsprechend Real-World-Fahrzyklen (IFEU, 2011, S. 100)

⁸⁶ Je Fahrzeugklasse unterschiedlich

⁸⁷ Dieselnets 2009

⁸⁸ Eigene Schätzung

Mittelklasse	80%	15%	5%	3789
obere Mittelklasse	60%	20%	20%	41093
Van	85%	15%	0%	4997
Transporter	85%	15%	0%	8634,1
Pickup	85%	15%	0%	6876

Die folgenden Schadstoffe und Komponenten wurden berechnet:

CO	Kohlendioxid
HC	Kohlenwasserstoffe
NOx	Stickoxide
PM	Partikel
mKr	Energieverbrauch, Masse Kraftstoff
CO2-total	Kohlendioxid „total“, berechnet als Gesamt-CO2 aus dem Treibstoffverbrauch

Quelle: INFRAS (2014) HBEFA 3.1/3.2 Quick Reference S. 28

Emissionen (E-Fahrzeuge)

Um das Einsparungspotential an Emissionen und Emissionskosten in Folge einer Fuhrparkumstellung auf einen höheren Anteil elektrisch betriebener Fahrzeuge einschätzen zu können, wurden Emissionsfaktoren von Elektrofahrzeugen an einem fiktiven Ersetzungsfuhrpark, berechnet. Es wird davon ausgegangen dass Fahrzeuge einer Fahrzeugklasse mit den in nachstehender Tabelle ersichtlichen Elektrofahrzeugen gleicher Fahrzeugklasse ersetzt werden.

Klasse	Modell	Verbrauch ⁸⁹ [kWh/100km]
Kleinstwagen	Mitsubishi i-MiEV	14,63
Kleinwagen	BMW i3	16,15
Kompaktklasse	Nissan Leaf	18,75
Mittelklasse	Mercedes-Benz B-Klasse E-Cell	19,38
obere Mittelklasse	Tesla Model S	22,00
Transporter	Nissan e-NV200 Kombi	20,60
Van/Pickup	Renault Kangoo Z.E.	21,30

Tabelle 29: A7 - Elektrofahrzeuge nach Fahrzeugklassen

Emissionen fallen zum einen bei der Fahrzeugherstellung und –entsorgung und zum anderen bei der Stromerzeugung für den Fahrzeugantrieb an. Die bei der Stromerzeugung emittierten Luftschadstoffe und Treibhausgase wurden der GEMIS-Datenbank (Ergebnisdaten aus GEMIS Version 4.94) entnommen und orientieren sich am Stromnetz-lokal 2015 (statistische Daten des Kraftwerksmix Deutschland in 2015). Die Kosten je freigesetzter Menge an Emissionen wurden wie auch bei der Emissionskostenermittlung der Verbrennungsmotoren der Vergabeverordnung⁹⁰ entnommen. Es wird in 3 Elektrifizierungsniveaus unterschieden (25%, 50%, 100%), hierbei werden zuerst die Fahrzeuge aus den unteren Fahrzeugklassen der Reihe nach ersetzt, da an dieser Stelle aufgrund des hohen Anteils der Innerorts-Fahrten höhere Elektrifizierungspotentiale vorhanden sind.

Emissionskosten

Grundlage für die Berechnung der Emissionskosten des Fuhrparks sind folgende Angaben aus der VgV 2016 (Vgl Tabelle 30):

⁸⁹ Die Angaben basieren jeweils auf den Herstellerangaben, die um einen Aufschlag von 25% erhöht wurden

⁹⁰ VgV vom 12.04.2016, S. 45: Tab. 2: Emissionskosten im Straßenverkehr

CO2	NOx	HC	PM
0,04 €/kg	0,0044 €/g	0,001 €/g	0,087 €/g

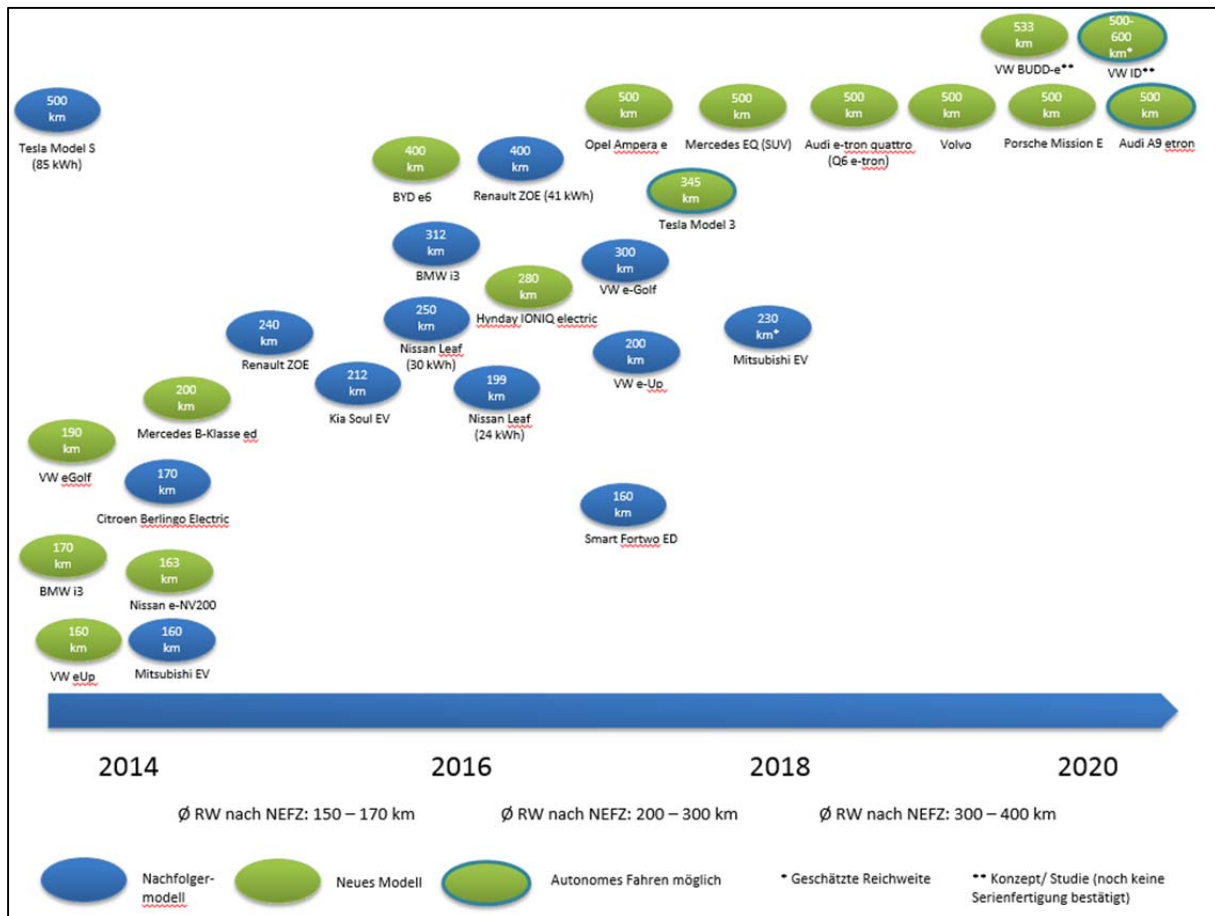
Tabelle 30: A7 - Emissionskosten im Straßenverkehr (Preise von 2007)⁹¹

Anhang X Elektrifizierungspotentiale der Ämter

Pool	Amt	Standort	Fz.-Klasse	Fz.-Anzahl konv.	Fz.-Anzahl elektr. (ohne Optimierung)	Wegfall Fahrten für weiteres eFz.	Fz.-Anzahl elektr. (optimiert)
Pool_id1 0_f5_e2	Museen	Junghansstr. 1 - 3	Transporter				
	Technische Sammlungen			2	1	1	2
Pool_ID 4_F2_E1	LHD Sozialamt	Junghansstr. 2	Van	2	0	1	1
	Regiebetrieb	Ferdinandplatz 2	gesamt	2	0	4	2
	Technische Dienstleistungen		Kompakt	1	0	6	1
Pool_ID 23_F5_E1	Regiebetrieb Technische Dienstleistungen	Lohrmannstraße 11	Van	1	0	4	1
			gesamt	3	0	1	3
			Kleinst-/ Kleinwagen	0	0	0	0
			Kompakt	1	0	7	1
			Van	1	0	1	1
4. pool_id3 6_f5_e1	Brand- und Katastrophenschutzamt	Scharfenberger Str. 47	Transporter	1	0	23	1
			Kompakt				
				1	4	33	5
Pool_id5 6_f2_e1	EB Sportstätten	Pieschener Allee 1	Van	1	1	21	2
Pool_ID 68_F1_E1	Amt für Kultur und Denkmalschutz - Staatsoperette	Pirnaer Landstraße 131	Transporter	1	0	3	1
pool_id9 0_f6_e1	Städtisches Friedhofs- und Bestattungswesen	Moritzburger Landstrasse 299	gesamt	0	2	0	0
			Kleinst-/ Kleinwagen	0	1	0	0
			Sonstige	0	1	0	0
pool_id9 8_f1_e1	OA Weixdorf	Weixdorfer Rathausplatz 2	Kompakt	1	0	23	1
pool_id1 38_f1_e1	Amt für Kultur und Denkmalschutz - JugendKunstschule	Bautzner Straße 130	Van	1	0	11	1
pool_id4 1_f12_e4	EB Sportstätten	Freiberger Str. 31	gesamt	2	1	2	3
			Kleinst-/ Kleinwagen	1	1	9	2
			Van	1	0	2	1
	Bauaufsichtsamt	Rosenstr. 30	Kleinst-/ Kleinwagen	2	3	1	4
	Stadtplanungsamt	Freiberger Str. 39	Transporter	1	0	3	1
pool_id3 _f24_e3	Amt für Hochbau & Immobilienverwaltung	Lignerallee 3	gesamt	2	0	23	2
			Kleinst-/ Kleinwagen	1	0	23	1
			Kompakt	1	0	27	1
	Umweltamt	Grunaer Str. 2	gesamt	7	1	1	5
			Kleinst-/ Kleinwagen	3	1	1	2
			Kompakt	1	0	41	1
			Mittelklasse	1	0	11	1
			Van	2	0	6	1
	Amt für Stadtgrün	Grunaerstr. 2	gesamt	6	7	1	12
			Kleinst-/ Kleinwagen	2	4	1	5
			Kompakt	1	1	91	2
			Mittelklasse	1	0	26	1
			Van	1	2	29	3
			Transporter	1	0	1	1

⁹¹ Quelle: Tab. 2 (BMJV 2016)

Anhang XI Elektrofahrzeugmodell-Entwicklung



Anhang XII Allgemein LIS, Zugänglichkeiten und Ladeverlust

Allgemein: LIS und Zugänglichkeiten

Es werden zunächst die verschiedenen Ladetechnologien vorgestellt. Kley (2011a, S. 7f.) unterscheidet bei den Ausgestaltungsmöglichkeiten der Ladeinfrastruktur unter anderem nach der Art der Versorgungseinrichtung, also der Technologie zum Beladen der Batterien. Dabei wird einerseits zwischen konduktivem (kabelgebundenem) und induktivem (kabellosem) Laden und andererseits der Möglichkeit des Batteriewechsels differenziert. Für den folgenden Betrachtungshorizont ist ausschließlich das konduktive Laden von Interesse, weshalb die verbleibenden Arten nicht näher untersucht werden.

Das konduktive Laden kann dabei wiederum nach dem Ort der Ladeeinheit in on-board- und off-board-Laden unterschieden werden (vgl. California Air Resources Board 2001, S. 6f.). Da on-board-Systeme keine spezielle Verbindung zwischen Fahrzeug und Ladeeinheit benötigen, können diese über haushaltsübliche Wechselstromanschlüsse ihre Ladeenergie beziehen. Dies kann einerseits 1-phasig erfolgen mit einer Schukosteckdose oder andererseits dreiphasig mit Typ 2 oder CEE-Steckertypen. Die Gleichrichtung des Ladestroms erfolgt im Fahrzeug. Diese Systeme werden durch die englische Übersetzung des Begriffs Wechselstrom *alternating current* mit der Bezeichnung AC versehen (vgl.

Kley 2011a, S. 9). Ferner wird das AC-Laden mittels Ladebetriebsart 1 bis 3 durch die Möglichkeit der Kommunikation zwischen Fahrzeug- und Ladesäulenelektronik unterschieden, wobei im Mode 1 keine Kommunikation besteht. Der Unterschied zwischen Mode 2 und 3 besteht darin, dass bei ersterem das Kabel die Strombegrenzung der Ladesäule an das Elektrofahrzeug weitergibt und nicht wie im Mode 3 ein bidirektionaler Kommunikationsweg möglich ist. In der Ladeleitung ist eine Steuer- und Schutzeinrichtung (IC-CPD „In Cable Control and Protection Device“) integriert, das den Informationsaustausch von der Ladesäule zu dem Fahrzeug über ein Pilotsignal ermöglicht. Die Ladebetriebsart 3 bietet durch die beidseitige Kommunikation ein besonders hohes Maß an elektrischer Sicherheit und Schutz der Installation vor Überlastung. Dieser Mode wird neben dem DC-Laden zum Laden von Elektrofahrzeugen empfohlen (vgl. NPE 2013).

DC-Systeme, abgeleitet von der englischen Übersetzung für Gleichstrom: *direct current*, haben die Leistungselektronik in der Ladestation integriert (off-board) und übertragen den Gleichstrom direkt in das Fahrzeug. Die Ladung erfolgt über das dreiphasige Wechselstromnetz an einer Ladestation oder Wallbox, an der das Kabel fest angebracht ist. Aufgrund der höheren Ladeleistung ist die Kommunikation zwischen der Ladensäule- und Fahrzeugelektronik bidirektional verpflichtend. Das Fahrzeug fordert hierbei direkt den der DC-Ladestation bereitgestellten Gleichstrom an. Für das DC-Laden wurden zwei Standards entwickelt: CHAdeMO und Combined Charging System (CCS). Letzteres empfiehlt der Automobilverband ACEA bis spätestens 2017 für alle Elektrofahrzeuge als Ladeschnittstelle weiterzuentwickeln, da nur dieses System eine gemeinsame Schnittstelle sowohl für das schnelle Gleichstromladen, als auch für das langsamere AC-Laden darstellt. Eine gemeinsame Schnittstelle erlaubt es einheitliche Anschlussmöglichkeiten und Steckerstandards weiterzuentwickeln. (vgl. NPE 2013)

Tabelle 31: A8 - Ladebetriebsarten, technische Eigenschaften

Lade- betrieb sart	Lade- technologie	Stecker	Lade-leistung [kW]	Kommunikation
I	AC 1-phasig	Schuko	bis 3,7	keine
II	AC 1-phasig	1-/ 3-phasige CEE-Stecker	bis 3,7	Kabel gibt EV Strombegrenzung der Ladestelle vor
III	AC 3-phasig	(Typ 1) ⁹² , Typ 2 Stecker (tragbarer oder angeschlagener Ladeleitung)	bis 43	bidirektional (optional)
IV	DC	CHAdeMO, CCS-Stecker, TSC ⁹³ (fest angeschlagene Ladeleitung)	bis 170	bidirektional (verpflichtend)

Diese unterschiedlichen Übertragungsmethoden führen zu differenzierten Leistungseigenschaften der Ladestationen und damit zu einer Vielzahl an Klassifikationsmöglichkeiten. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird bei konduktiven Ladevorgängen zwischen dem Normalladen und dem Schnellladen unterschieden. (vgl. Community Energy Association (CEA) 2013, S. 3; Schroeder/Traber 2012, S. 138; Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) 2012a, S. 48).

Der derzeit meistverwendete Typ 2 Stecker wird auch Mennekes Stecker genannt (Standard EN 62196 Typ 2), s. Tabelle 31. Dieser ist für E-Fahrzeuge mit einem Ladeleistungsumfang von 1,9 kW bis 240 kW

⁹² Kommt aus dem asiatischen Raum, in Europa eher unüblich.

⁹³ Tesla Supercharger

geeignet und ermöglicht eine bidirektionale Kommunikation, die notwendig ist, damit die Gesamtladeleistung der Ladesäule nicht überschritten wird. Mit Hilfe des CP-Signals kann die Ladestelle somit dem Elektrofahrzeug die Ladeleistung vorgeben. Dies führt zu dem, dass die **Ladedauer** in Abhängigkeit der zuladenden Fahrzeuge pro Ladesäule variieren kann, zum anderen ist aber auch der Einsatz eines **softwaregestützten Ladelastmanagements** möglich. (vgl. NPE 2013)

Folgende Tabelle zeigt die gängigsten Elektrofahrzeugtypen mit möglicher Leistungsaufnahme und dem kompatiblen DC-Standard.

Tabelle 32: A8 - Übersicht aktueller E-Fahrzeuge mit Ladestandard und Leistungsaufnahme

	Standard AC	max. Leistungsaufnahme AC	Standard DC	Leistungsaufnahme DC	Batteriekapazität	Verbrauch	Reichweite	Ladezeit bei max. AC-Leistungsaufnahme	Ladezeit bei max. DC-Leistungsaufnahme
		kW		kW	kWh	kWh/100 km	km	min	min
BMW i3	Typ2	7,4	CCS ⁹⁴	50	21,6	12,9	190	175,14	25,92
Ford Focus Electric	Typ1	6,6	-	-	23	15,9		209,09	
Kia Soul EV	Typ1	6,6	CHAdeMO	62	27	14,7	212	245,45	26,13
Mercedes B-Klasse Electric Drive	Typ 2	11	-	-	28	16,6	200	152,73	
Mitsubishi iMieV		3,2	CHAdeMO	50	11	13,5	160	206,25	13,20
Nissan eNV200		6,6	CHAdeMO	50	24	16,5	163	218,18	28,80
Nissan Leaf		6,6	CHAdeMO	50	24	15	199	218,18	28,80
Renault Kangoo Z.E.	Typ 2	3,7	-	-	22	14	170	356,76	
Renault Twizy	Schuko	4	-	-	6,5		100	97,50	
Renault Zoe R240 (2015)	Typ2	43	-	-	22	13,3	240	30,70	
Smart ED Gen3		22	-	-				311,67	22,44
VW eUp	Typ 2	3,6	CCS ⁹⁵	50	18,7	11,7	160	403,33	29,04
VW eGolf	Typ 2	3,6	CCS ⁹⁶	50	24,2	12,7	190	190,91	35,59
Tesla Model S 85	Typ 2	22	CHAdeMO/TS C	118	70		455	175,14	25,92

Fahrzeuge müssen entsprechend den Ladetechnologien und aufgrund der längeren Standzeiten an Orten geladen werden, an denen geparkt wird. Daher ist es notwendig neben der technologischen Differenzierung der Ladestationen ebenfalls nach der Art der Zugänglichkeit zu unterscheiden. Wiederer/Philip (2010, S. 14) differenzieren zwischen Lademöglichkeiten zu Hause, am Arbeitsplatz, sowie an einem öffentlichen Standort. Insbesondere zum letztgenannten Punkt existieren

⁹⁴ aufpreispflichtige Sonderausstattung

⁹⁵ aufpreispflichtige Sonderausstattung

⁹⁶ aufpreispflichtige Sonderausstattung

verschiedene Realisationsmöglichkeiten. Kley (2011a, S. 14f.) hingegen teilt die Zugänglichkeit in den privaten Bereich, den halböffentlichen und in den öffentlichen Raum und macht auf die unterschiedliche Parkhäufigkeit und Parkdauer als Differenziator aufmerksam. Halböffentliche Ladezugänge sind im Wesentlichen begrenzte Bereiche, zu denen nur autorisierte Nutzer Zugang besitzen, etwa Mitarbeiter die ihre EV auf dem firmeneigenen Gelände laden (vgl. Kley et al. 2011, S. 3395).

Ladeverluste

Bei dem Ladevorgang eines Elektrofahrzeuges muss zudem beachtet werden, dass ein gewisser Anteil an Energie verloren geht. In der Literatur variiert dieser Anteil zwischen 5 % und 40 % Ladeverlust. Für eine vollumfängliche ökobilanzielle Betrachtung sowie im Rahmen eines Ladelastmanagements ist dies als Aufschlagfaktor für den Energieverbrauch zu berücksichtigen. In BMVI 2016 wurde ein langjähriger Feldtest mit Elektrofahrzeugen ausgewertet, der ergab, dass die durchschnittlichen Ladeverluste je nach Modell bei 9,3 % bis 13,4 % lagen. Dies ist deutlich weniger, als bisher pauschal für die Ökobilanz angesetzten 20 %. (vgl. BMVI 2016)

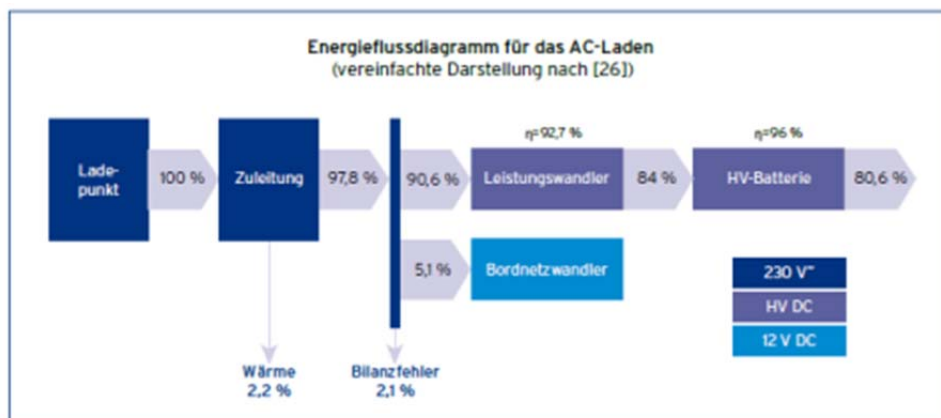


Abbildung 51: A8 - Energieflussdiagramm für das AC-Laden, s. BMVI 2015

Folgend wird mit einem Wirkungsgrad von 85 % kalkuliert, d.h. das von der abgegebenen Menge Nominalleistung nur 85 % als Ladezustand in der Batterie ankommen. Es wird mit einem Ladeverlust von ca. 17,6 % gerechnet.

Anhang XIII Verteilung der Ladestandards in Dresden

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der einzelnen Ladestandards der –punkte. Am häufigsten vertreten sind mit Abstand der Schuko-Stecker und die Lademöglichkeit mit einem Typ 2 Stecker mit 11 kW. Insgesamt sind 50 % der Ladestationen mit Typ 2 Steckern ausgestattet - 3,7 kW: 14 LP, 11 kW: 42 LP, 22 kW: 19 LP.

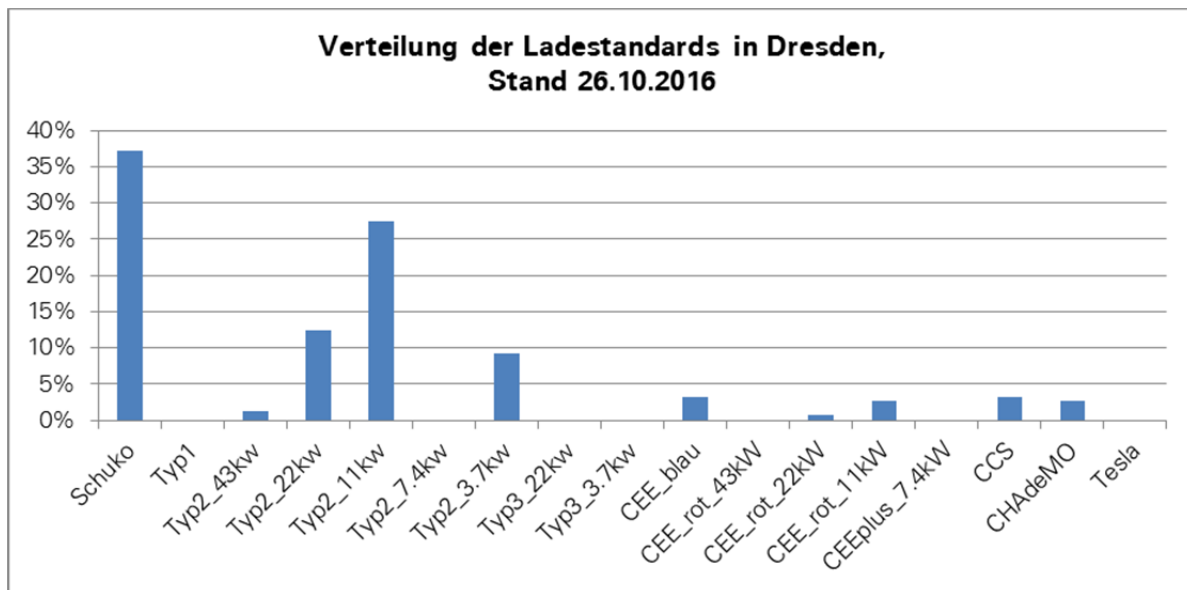


Abbildung 52: A9 - Verteilung der Ladestandards in Dresden (Stand 26.10.2016)

Folgende Abbildung stellt die Verteilung der Ladesäulen in Dresden dar.

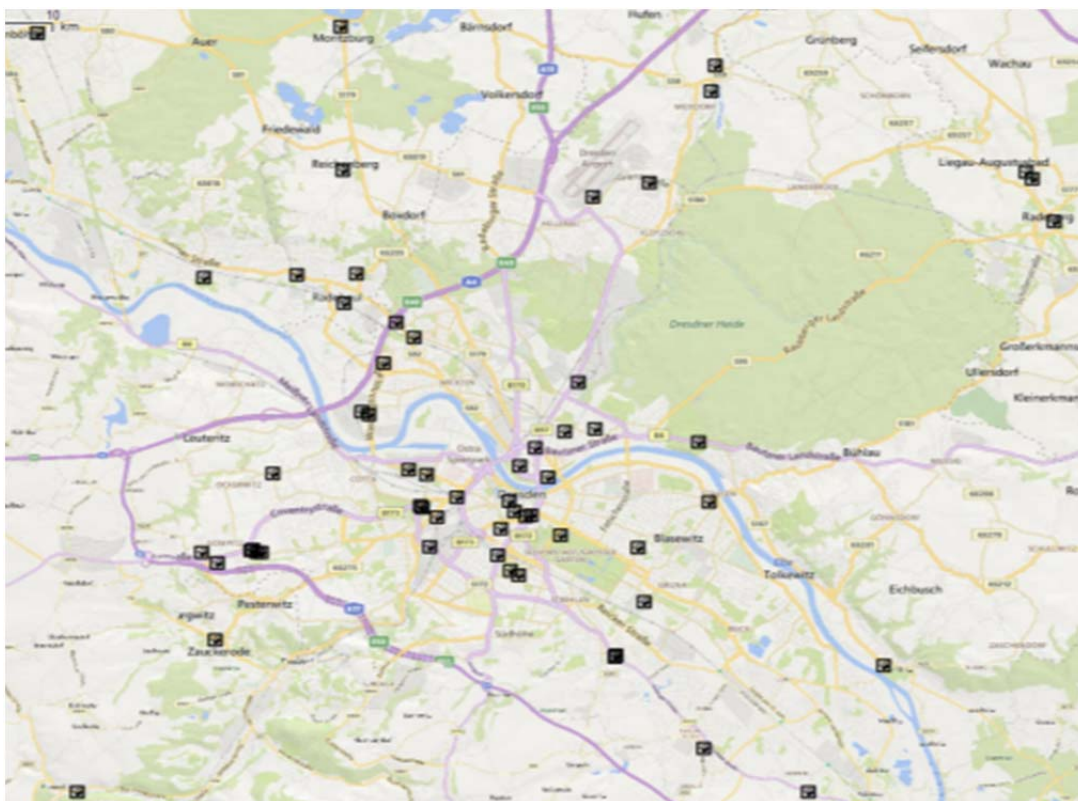


Abbildung 53: A9 - Verteilung der öffentlichen und –halböffentlichen Ladeinfrastruktur⁹⁷

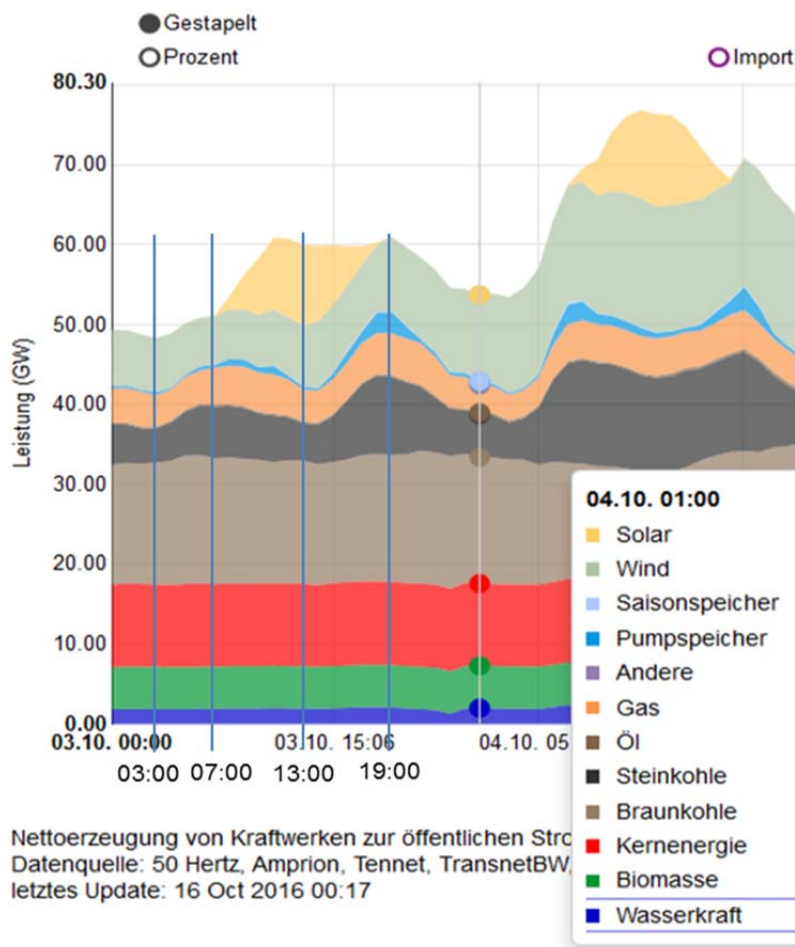
⁹⁷ goingelectric.de 26.10.2016

Absolute Verteilung:

Ladestandard	Abs. Häufigkeit	Verteilung
Schuko	57	37%
Typ1	0	0%
Typ2_43kw	2	1%
Typ2_22kw	19	12%
Typ2_11kw	42	27%
Typ2_7.4kw	0	0%
Typ2_3.7kw	14	9%
Typ3_22kw	0	0%
Typ3_3.7kw	0	0%
CEE_blau	5	3%
CEE_rot_43kW	0	0%
CEE_rot_22kW	1	1%
CEE_rot_11kW	4	3%
CEEplus_7.4kW	0	0%
CCS	5	3%
CHAdemo	4	3%
Tesla	0	0%
	153	

Anhang XIV Stromproduktion in Deutschland nach Erzeugungsquellen

Quelle: Fraunhofer ISE 2016 (nach Daten von 50 Hertz, Amprion, Tennet, TransnetBW, EEX)



Anhang XV Befragung: „Elektromobilität in Kommunen“ (18.11.2016)

Möchten Sie, dass Ihre Angaben anonym verwertet werden?

Ja

Nein

Besitzen Sie aktuell im Rahmen des kommunalen Fuhrparks Elektrofahrzeuge?

Ja

Nein

Wie schätzen Sie die Gesamtkosten der Elektrofahrzeuge im Vergleich zu Verbrennern ein?

Welche Hindernisse sehen Sie aktuell im Betrieb von Elektrofahrzeugen?

Welche Rahmenbedingungen sind aus Ihrer Sicht nötig, um den Anteil von Elektrofahrzeugen in kommunalen Fuhrparks zu erhöhen?

Beabsichtigen Sie in den nächsten 18 Monaten (weitere) E-Fahrzeuge anzuschaffen?

Ja

Nein

Sollten Sie Elektrofahrzeuge in Ihrem Fuhrpark betreiben, fahren Sie bitte mit den nachstehenden Fragen fort. Ansonsten bedanken wir uns an dieser Stelle für Ihre Teilnahme.

1. Wie ist das Verhältnis der E-Fahrzeuge im Vergleich zu den konventionell betriebenen Fahrzeugen in Ihrem Fuhrpark?

elektrisch

:

konventionell

2. Für welche Einsatzzwecke nutzen Sie die Elektrofahrzeuge hauptsächlich?

3. Aus welchem Grund haben Sie Elektrofahrzeuge angeschafft? Gab es besondere Rahmenbedingungen wie z.B. Förderprogramme?

4. Was waren die größten Hindernisse bei der Anschaffung und Inbetriebnahme von E-Fahrzeugen?

5. Was stellte sich nach der Anschaffung und Inbetriebnahme einfacher dar, als zuvor vermutet?

6. Welche Analyse ging der Anschaffung von Elektrofahrzeugen voran?

Machbarkeitsstudie Ja Nein

Fuhrparkoptimierung Ja Nein

Betrachtet wurde der Fuhrpark gesamt nur in Teilen

Bitte beschreiben Sie die durchgeführte Analyse kurz:

7. Wie wurden die E-Fahrzeuge durch die Nutzer angenommen?

Welche Vor- und Nachteile bieten E-Fahrzeuge im Vergleich zu Verbrennern Ihrer Meinung nach?