



Mobilitätswerk GmbH



Projektbericht

Elektromobilitätskonzept für den Konzern Stadt Pirna



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:



Projektträger:





Mobilitätswerk GmbH



Auftraggeber:
Stadtverwaltung Pirna
FG Stadtentwicklung
Am Markt 1/2
01796 Pirna

Mobilitätswerk GmbH:
Eisenstückstraße 5, 01069 Dresden
Amtsgericht Dresden, HRB 36737
<https://www.mobilitaetswerk.de>

Ansprechpartner:
Mobilitätswerk GmbH
Projektleitung:
Dipl. Verk.-wirtsch. René Pessier LL.M.
+49 (0) 351/ 27560669
r.pessier@mobilitaetswerk.de

Stellv. Projektleitung,
M.Sc. Philipp Randt
+49 (0) 351/ 27560669
p.randt@mobilitaetswerk.de

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund.....	1
1.2 Vorgehen und Schwerpunkte	2
2 Aktueller Stand des Fuhrparks des Konzerns der Stadt Pirna	3
3 Effizienz des Fuhrparks und Einsatzmöglichkeiten alternativer Antriebsarten.....	8
3.1 Tauglichkeit alternativer Antriebe	8
3.2 Methodik der Potentialanalyse.....	8
3.3 Effizienz durch Pooling.....	10
3.4 Elektrifizierungspotentiale aus der Erhebung der Fahrprofile.....	12
3.5 Fuhrparkkosten bei Potentialausschöpfung.....	13
3.6 Ökologische Betrachtung	14
4 Umsetzungsstrategie.....	16
Anhang.....	V
Anhang 1: Häufigkeit der gefahrenen Strecken der Fahrzeuge ohne Standort.....	V
Anhang 2: Ersetzungspläne.....	VI
Anhang 3: Grundannahmen zur Kostenstruktur	X

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fuhrparkstandorte des Stadtkonzerns Pirna	3
Abbildung 2: Häufigkeit der gefahrenen Strecken (Hin- und Rückfahrt) der Pkw mit festem Standort.....	5
Abbildung 3: Häufigkeit der gefahrenen Strecken (Hin- und Rückfahrt) der Nutzfahrzeuge mit festem Standort.....	6
Abbildung 4: Effizienzscenarien.....	9
Abbildung 5: Ergebnis der Effizienzanalyse.....	11
Abbildung 6: Übersicht der zu verlagernden Fahrten pro Jahr.....	11
Abbildung 7: Kostenstruktur in Szenario 2 mit Verlagerung	14
Abbildung 8: Ökologische Bilanz pro Jahr und Szenario.....	15
Abbildung 9: Häufigkeit der gefahrenen Strecken der Kleinwagen ohne Standort	V
Abbildung 10: Häufigkeit der gefahrenen Strecken der Hochdachkombi ohne Standort.....	V
Abbildung 11: Häufigkeit der gefahrenen Strecken der Nutzfahrzeuge ohne Standort.....	V

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der Fahrzeuge und durchschnittliche Jahreslaufleistung je Einheit und Fahrzeugklasse.....	4
Tabelle 2: Reichweitzenszenarien	10
Tabelle 3: Ergebnis Elektrifizierungspotential Szenario 1 alle Fahrten	12
Tabelle 4: Ergebnis Elektrifizierungspotential Szenario 2 alle Fahrten	13
Tabelle 5: Ersetzungsplan Bauhof.....	VI
Tabelle 6: Ersetzungsplan SWP/ SWPE	VII
Tabelle 7: Ersetzungsplan KTP	VIII
Tabelle 8: Ersetzungsplan SEP	VIII
Tabelle 9: Ersetzungsplan Stadtverwaltung	VIII
Tabelle 10: Ersetzungsplan WGP	IX

Abkürzungsverzeichnis

KTP	Kultur- und Tourismusgesellschaft Pirna mbH
LIS	Ladeinfrastruktur
SEP	Stadtentwicklungsgesellschaft Pirna mbH
SWP	Stadtwerke Pirna
SWPE	Stadtwerke Pirna Energie
WGP	Städtische Wohnungsgesellschaft Pirna mbH

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Der Konzern Stadt Pirna, formiert aus der Stadtverwaltung, den Stadtwerken Pirna (SWP), den Stadtwerken Pirna Energie (SWPE), der städtischen Wohnungsgesellschaft (WGP), der Kultur- und Tourismusgesellschaft Pirna (KTP) und der Stadtentwicklungsgesellschaft Pirna (SEP), sieht sich in der Pflicht, einen Beitrag zu den anvisierten Klimaschutzzielen der Bundesregierung zu leisten und weitere Schritte zur Umsetzung des eigenen Klimaschutzkonzeptes zu gehen.

Mit dem Ziel, den CO₂-Ausstoß des kommunalen Fuhrparks zu reduzieren, sieht das Klimaschutzkonzept der Stadt eine schrittweise Umstellung des städtischen Fuhrparks auf klimaneutrale bzw. energieeffiziente Fahrzeuge vor und empfiehlt die Erstellung eines Elektromobilitätskonzeptes. Die Auslastungsanalyse zur Optimierung des Fuhrparks ist ebenfalls Bestandteil der empfohlenen Maßnahmen.

Neben den eigenen Klimaschutzzielen hat die EU mit der „Clean Vehicle Directive“ verbindliche Ziele für die Beschaffung emissionsfreier und –armer (sauberer) Fahrzeuge bei öffentlicher Auftragsvergabe festgelegt. Die Richtlinie ist bis Mitte August 2021 in nationales Recht umzusetzen und von da an gültig. Für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge ergeben sich verbindliche Beschaffungsquoten von 38,5 % an sauberen¹ Fahrzeugen in der Neubeschaffung. Allerdings hat die Einhaltung der Richtlinie in der Konzern Stadt nur Relevanz für Fahrzeuge, die über die Stadtverwaltung beschafft werden.

Konventionell durch Verbrennungsmotoren angetriebene Fahrzeuge liegen aktuell über dem anvisierten Grenzwert von 50 Gramm CO₂ pro Kilometer für saubere Fahrzeuge. Neue Kleinfahrzeuge erreichen teilweise Emissionswerte von 84 Gramm CO₂ pro Kilometer. Dies bedeutet, dass eine Einhaltung der Grenzwerte nur durch alternative Antriebstechnologien erfolgen kann.

Aktuell besteht der Fuhrpark des Konzerns der Stadt Pirna aus 69 Fahrzeugen, welche sich auf neun Standorte verteilen. Von der Analyse ausgeschlossen wurden drei Fahrzeuge der Geschäftsführung und zwei Fahrzeuge vom Ordnungsamt. Insgesamt konnten 64 Fahrzeuge im Rahmen des Konzeptes analysiert werden.

Die Fuhrparkorganisation erfolgt überwiegend dezentral durch die Fuhrparkleiter der Gesellschaften und der Stadtverwaltung (Einheiten der Konzern Stadt). Ausschließlich die Fahrzeuge der SWP werden vom Tochterunternehmen SWPE organisiert und verwaltet. Die Fahrzeuge werden in der Regel Einheiten genutzt. Eine Nutzung von Fahrzeugen anderer Gesellschaften oder der Stadtverwaltung erfordert einen hohen Verrechnungsaufwand und kommt nur selten vor.

Die SWPE übernimmt die Vorreiterrolle hinsichtlich der Elektromobilität innerhalb des Konzerns. In deren Flotte werden bereits zwei Elektrofahrzeuge und ein Plug-in-Hybrid betrieben und ein eigenes eCarsharing ist im Aufbau. Hier bieten sich Anknüpfungspunkte, dies auf den gesamten Stadtkonzern ausweiten, sodass die SWPE als Mobilitätsanbieter fungiert.

Neben den Dienstfahrzeugen stehen der Stadtverwaltung zwei Fahrräder und ein Pedelec für dienstliche Wege zur Verfügung. Bei der SEP teilen sich drei Mitarbeitende ein Dienstrad für regelmäßige Kurzstrecken. Die SWPE nutzen aktuell zwei Pedelecs und auch den Mitarbeitenden der WGP stehen drei Diensträder zu Verfügung. Des Weiteren wird auch das private Fahrrad von einigen Mitarbeitenden der Konzern Stadt für kurze Wege genutzt.

¹ Ab 02.08.2021 CO₂-Grenzwert 50 g CO₂/km. Ab 01.01.2026 CO₂-Grenzwert 0 g CO₂/km.

Vor diesem Hintergrund soll im Rahmen des Elektromobilitätskonzeptes untersucht werden, wie eine schrittweise Umstellung der Fuhrparks des Konzerns auf emissionsärmere Antriebstechnologien erfolgen kann. Zudem soll untersucht werden, unter welchen Rahmenbedingungen eine Zusammenlegung der Fuhrparks des Konzerns möglich ist und welche Effizienzpotentiale durch Pooling und die Verlagerung auf den Umweltverbund² gehoben werden können. Folgende detaillierte Fragestellungen beantworten die vorliegende Untersuchung:

- Tauglichkeit verfügbarer Fahrzeuge und Infrastruktur für die vorhandenen Einsatzzwecke
- Bestandsaufnahme der aktuellen Nutzung der Fahrzeuge
- Effizienzanalyse durch Pooling und Verlagerung
- Potentialanalyse der Umstellung der Fahrzeuge auf alternative Antriebe
- Entwicklung einer Umsetzungsstrategie

1.2 Vorgehen und Schwerpunkte

Die Analyse des Fuhrparks des Stadtkonzerns Pirna erfolgte in mehreren Schritten. Diese griffen ineinander und wurden teilweise mit Rückkopplungen vorgenommen. Die Einbindung der beteiligten Akteure hatte eine hohe Relevanz. Im ersten Schritt wurde mit den Fuhrparkleitern des Konzerns der Stadt ein Auftaktworkshop durchgeführt. Zielstellung war es, ein hohes Maß an Kommunikation und Einbindung der Hauptansprechpartner zu erreichen. Hindernisse, Strukturen, Maßnahmen und Potentiale alternativer Antriebe wurden mit den Teilnehmenden besprochen.

Um die Eignung der Fahrzeuge für alternative Antriebe und die Effizienzpotentiale bestimmen zu können, erfolgte die Erhebung der Fahrprofile über die Fahrtenbücher sowie nutzungs- und fahrzeugspezifischer Anforderungen mittels Fragebogen. Anschließend wurden die Daten mit der Software eOptiflott ausgewertet und Szenarien für die Zusammenlegung der Fuhrparks zu Fahrzeugpools entwickelt. Die Auswertung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Fuhrparkleitern, sodass eine Validierung der Ergebnisse erfolgte. Abschließend wurden Beschaffungspläne mit Angaben zum Ersetzungs- bzw. Ausflottungszeitpunkt und der empfohlenen Antriebsart bei Ersetzung erstellt. Diese wurden den Fuhrparkleitern als Arbeitshilfe zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse des Konzeptes wurden im Rahmen eines weiteren Workshops mit den Fuhrparkleitern und in einem abschließenden Workshop mit den Geschäftsführern des Stadtkonzerns vorgestellt und weitere Schritte für die Umsetzung erarbeitet.

Die Maßnahmen, die zur Umsetzung einer zentralen Fuhrparkorganisation notwendig sind, werden in Kapitel 4 dargestellt. Optionen, die für den Stadtkonzern Pirna bestehen, und konkrete Handlungsoptionen werden aufgezeigt.

² Umweltverbund ist ein Sammelbegriff für umweltfreundliche Verkehrsmittel. Hierzu zählen der öffentliche Personennahverkehr, Fahrrad, zu Fuß gehen und Carsharing.

2 Aktueller Stand des Fuhrparks des Konzerns der Stadt Pirna

Die 64 Fahrzeuge³, die Rahmen des Konzeptes analysiert wurden, verteilen sich auf neun Standorte im Stadtgebiet von Pirna. In Abbildung 1 sind die Standorte der Flotte dargestellt. 19 Fahrzeuge der SWP/ SWPE sind keinem festen Standort zugeordnet, da diese von den Mitarbeitern nach Dienstschluss mit nach Hause genommen werden. Die Fahrzeuge der Stadtverwaltung, die nicht dem Bauhof zugeordnet sind, werden nicht direkt am Standort geparkt, sondern im Parkhaus auf der Königsteiner Straße, welches sich ca. 900 Meter vom Rathaus entfernt befindet. Alle anderen Fahrzeuge des Stadtkonzerns sind an den Standorten der Gesellschaften, von denen sie beschafft wurden, stationiert.

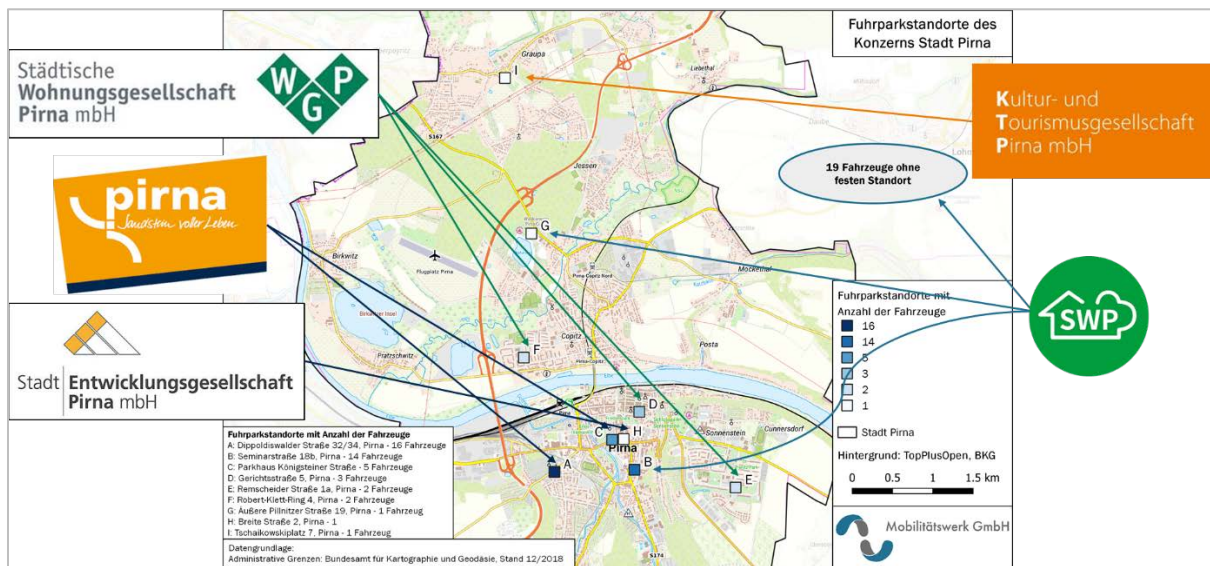


Abbildung 1: Fuhrparkstandorte des Stadtkonzerns Pirna

Mit 34 Fahrzeugen ist der Fuhrpark der SWP/ SWPE der größte im Stadtkonzern. Die Stadtverwaltung mit dem zugehörigen Bauhof betreibt 21 Fahrzeuge. Die Wohnungsbaugesellschaft hat sieben Fahrzeuge und die SEP sowie KTP haben jeweils ein Fahrzeug im Einsatz.

Mit 44 Fahrzeugen wird der überwiegende Anteil der Flotte mit einer Leasinglaufzeit von drei Jahren geleast. Dadurch erfolgt eine regelmäßige Erneuerung der Flotte mit schadstoffärmeren Fahrzeugen. Die Fahrzeuge des Bauhofs sind ausschließlich Kauffahrzeuge. Im Mittel weisen diese ein Alter von knapp elf Jahren auf, was sich negativ auf die Schadstoffemissionen auswirkt. Das älteste Fahrzeug ist bereits seit 28 Jahren in der Flotte des Bauhofs.

Ein durchschnittliches Fahrzeug im Fuhrpark des Stadtkonzerns Pirna absolviert eine Jahresleistung von 7.157 Kilometern und 222 Fahrten mit einer Distanz von 33 Kilometern pro Fahrt. Es wird im Mittel je Fahrzeug am Tag knapp eine Fahrt getätigt. Eine Fahrt schließt in der hier vorgenommenen Auswertung den Hin- und den Rückweg ein. Die Größenordnungen sind für die Nutzungszwecke einer kommunalen Flotte dieser Größe und den regionalen Aktionsraum auf einem ähnlichen Niveau, wie bei vergleichbaren Kommunen. Bei näherer Betrachtung der Jahreslaufleistungen, die in Tabelle 1 gegliedert nach Einheit und Fahrzeugklasse dargestellt sind, werden große Unterschiede deutlich.

³ Ausgenommen sind drei Fahrzeuge der Geschäftsführung und zwei des Ordnungsamtes.

Tabelle 1: Anzahl der Fahrzeuge und durchschnittliche Jahreslaufleistung je Einheit und Fahrzeugklasse

Einheit & Anzahl Dienstfahrzeuge		Fahrzeugklasse	Anzahl	Ø Jahreslaufleistung
SWPE & SWP	34	Kleinstwagen	2	10.869
		Kleinwagen	4	5.696
		Kompaktwagen	1	12.110
		Hochdachkombi	19	8.296
		Geländewagen	1	8.881
		Nutzfahrzeuge	7	9.432
Pirna – Bauhof & Stadtverwaltung	21	Kleinwagen	4	5.984
		Hochdachkombi	1	5.595
		Transporter	1	8.995
		Nutzfahrzeuge	15	5.515
WGP	7	Kleinstwagen	5	2.530
		Kleinwagen	1	6.570
		Kompaktwagen	1	6.999
SEP	1	Hochdachkombi	1	6.766
KTP	1	Nutzfahrzeuge	1	14.635
Σ			64	7.157

Beispielsweise weist das Fahrzeug der KTP mit 14.635 Kilometern die höchste Jahreslaufleistung auf und fährt durchschnittlich 107 Kilometer pro Fahrt, was deutlich über dem Durchschnitt aller Fahrzeuge liegt. Im Gegensatz dazu absolvieren die fünf Kleinstwagen der WGP im Mittel nur eine Jahreslaufleistung von 2.530 Kilometer und 14 Kilometer pro Fahrt. Auf Basis von Erfahrungswerten aus Analysen vergleichbarer Kommunen und der errechneten Durchschnitte weist die Flotte Auslastungsreserven auf. Um ein genaues Bild über die Effizienz der Flotte aufzuzeigen, wurden die Fahrprofile der Flotte in Kapitel 3 detailliert analysiert.

Die Abbildung 2 zeigt die Häufigkeit der gefahrenen Strecken der Pkw im Fuhrpark mit festen Standorten. Des Weiteren sind 98 Prozent der Fahrten kleiner gleich 150 Kilometer und liegen damit im Bereich marktüblicher Reichweiten von Elektrofahrzeugen. Lediglich 100 Fahrten der 28 Pkw liegen über dieser Reichweite. Unter der Voraussetzung, dass bei diesen 100 Fahrten am Ziel oder auf der Strecke geladen werden kann, sind alle Pkw im Fuhrpark elektrifizierbar. Im Mittel absolviert ein Pkw eine Strecke von 28 km pro Fahrt und wird weniger als einmal am Tag eingesetzt. Dies bedeutet, dass die Fahrzeuge bei Elektrifizierung nicht jeden Tag aufgeladen werden müssten. Da bei der Einflottung von Elektrofahrzeugen häufig Vorbehalte gegen über der tatsächlichen Reichweite bestehen, ist dennoch zu empfehlen die Fahrzeuge immer bei Ankunft zu laden.

Des Weiteren werden zu 45 Prozent Strecken bis 10 Kilometer gefahren. Besonders diese Kurzstrecken eignen sich gut zur Verlagerung auf den Umweltverbund. Dabei eignet sich besonders der Einsatz von Pedelecs bzw. Lastenrädern. Eine Teilstrecke beträgt maximal fünf Kilometer und ist problemlos mit einem Pedelec bzw. Lastenrad zu bewältigen. Zudem muss keine Zeit für die Suche

eines Parkplatzes aufgewendet werden, sodass das Ziel im Stadtverkehr auch schneller erreicht werden kann⁴.

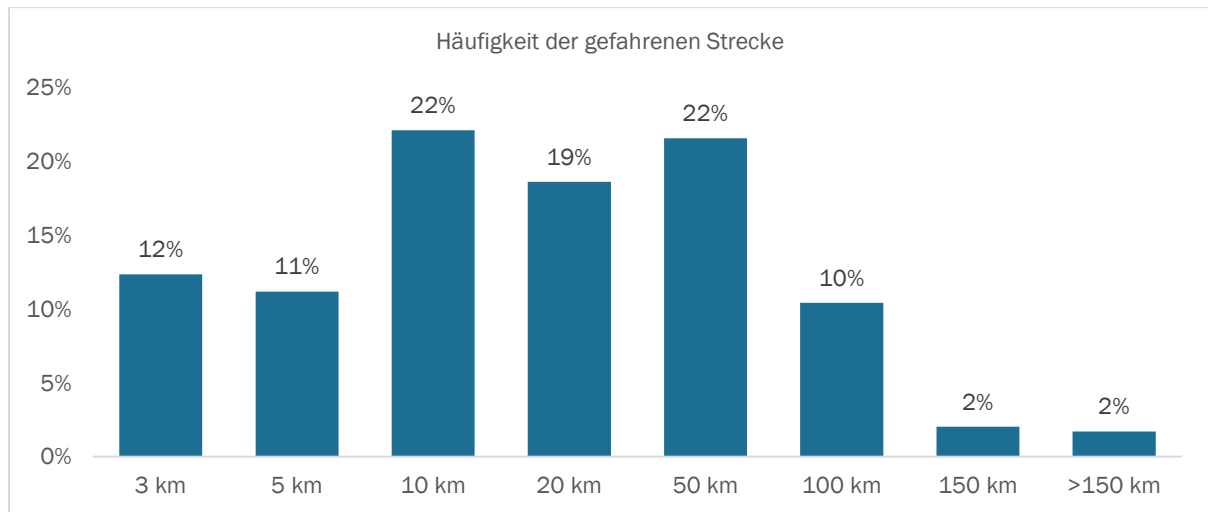


Abbildung 2: Häufigkeit der gefahrenen Strecken (Hin- und Rückfahrt) der Pkw mit festem Standort

Das Pedelec und die beiden Fahrräder der Stadtverwaltung werden bereits für solche Strecken eingesetzt. Allerdings ist deren Auslastung noch sehr gering. Das Pedelec hatte im Jahr 2018 13 Ausleihvorgänge, das Herrenrad 16 und das Damenrad wurde mit 23 Ausleihvorgängen am häufigsten genutzt⁵. Für die geringe Auslastung kann es unterschiedliche Ursachen geben, beispielsweise, dass die Räder schlecht zugänglich sind, einen komplizierten Buchungsvorgang haben oder das Angebot bei den Mitarbeitenden zu wenig bekannt ist.

Fahrräder bzw. Pedelecs sollten stärker in den Fokus der Mobilität des Stadtkonzerns gerückt werden, da hier große Potentiale zur Verlagerung bestehen. Um eine hohe Akzeptanz zu erreichen, muss ein einfacher Zugang ermöglicht werden. Die Fahrräder bzw. Pedelecs sollten in unmittelbarer Nähe der Zugänge der Liegenschaften platziert sein und es sollte ein schneller Buchungs- und Ausleihvorgang ermöglicht werden.

Für die 17 Nutzfahrzeuge mit festem Standort erfolgte ebenfalls die Bestimmung der Häufigkeit der gefahrenen Strecken, welche in Abbildung 3 dargestellt ist.

⁴ Vgl. Umweltbundesamt: „E-Rad macht mobil Potentiale von Pedelecs und deren Umweltwirkung“, 2014, S. 8.

⁵ Die Nutzungsdaten von Fahrrädern und Pedelecs der Gesellschaften lagen nicht vor und konnten Rahmen des Konzeptes nicht erfasst werden.

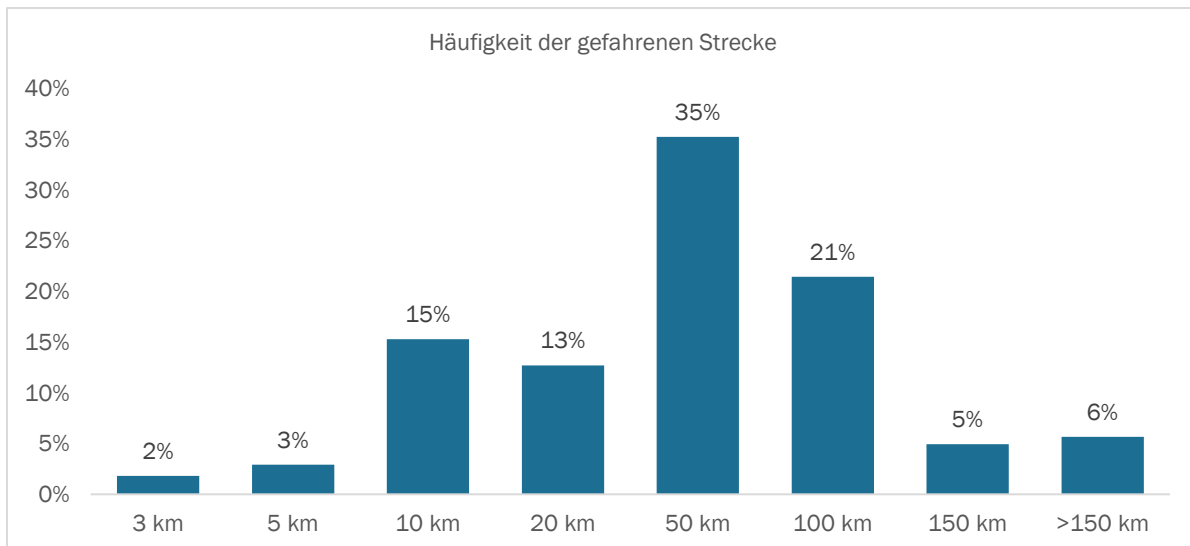


Abbildung 3: Häufigkeit der gefahrenen Strecken (Hin- und Rückfahrt) der Nutzfahrzeuge mit festem Standort

Im Vergleich zu den Pkw werden mit den Nutzfahrzeugen pro Fahrt durchschnittlich 22 Kilometer mehr gefahren. 89 Prozent der Fahrten sind kürzer oder gleich 100 Kilometer, was wiederum der Reichweite bereits am Markt verfügbarer Nutzfahrzeuge entspricht. Anders als bei den Pkw ist die Modellvielfalt bei den Nutzfahrzeugen aktuell schlechter ausgeprägt. Bei der Ersetzung von Nutzfahrzeugen müssen zudem technische Parameter, wie die benötigte Zuladung oder die Anhängerlast, beachtet werden. Bei vielen elektrischen Nutzfahrzeugen ist beispielsweise das Zuladungsgewicht geringer oder keine Anhängerkupplung im Vergleich zu den konventionellen Modellen vorhanden. Daher muss vor der Beschaffung geprüft werden, ob die technischen Voraussetzungen für den Einsatzzweck gegeben sind. Bei der Bestimmung der Elektrifizierungspotentiale in Kapitel 3.4 wurden die jeweiligen nutzungsspezifischen Voraussetzungen berücksichtigt und mit denen am Markt verfügbaren Modellen gegenübergestellt sowie in der Empfehlung berücksichtigt. Dennoch ist mit einer deutlichen Entwicklung im Nutzfahrzeugbereich zu rechnen. Es sollte bei Fahrzeugen, die zur Neubeschaffung anstehen, ein erneuter Marktvergleich von elektrischen Modellen erfolgen.

Für die Fahrzeuge, die keinem festen Standort zuzuordnen sind und die von den Mitarbeitenden nach Dienstschluss mit nach Hause genommen werden, erfolgte ebenfalls die Auswertung der Häufigkeit der gefahrenen Strecken. Diese ist dem Anhang 1 zu entnehmen. Aufgrund dessen, dass die Fahrzeuge von den Mitarbeitenden nach der Arbeit mit nach Hause genommen werden, besteht eine große Herausforderung, diese Fahrzeuge zu elektrifizieren, da auch die Ladeinfrastruktur bei den Mitarbeitenden zu Hause errichtet werden müsste, um die langen Ladezeiten über Nacht zu nutzen. Da dies aktuell nicht vorgesehen ist, wurden die Fahrzeuge in der weiteren Potentialanalyse nicht berücksichtigt, auch, weil sie nur je einem Mitarbeitenden zugeordnet und somit nicht für das Pooling geeignet sind. Die Fahrzeuge weisen jedoch aufgrund ihrer Fahrprofile eine hohe Eignung für die Elektrifizierung auf.

Neben der Nutzung der Fuhrparkfahrzeuge haben neun Mitarbeitende der Stadtverwaltung eine Dauerfahrberechtigung für die Nutzung des Privat-Pkws für dienstliche Zwecke. Die Gesamtkilometerleistung betrug im Jahr 2019 5.086 Kilometer. Auch bei der WGP haben die Mitarbeitenden die Möglichkeit den Privat-Pkw für dienstliche Zwecke zu nutzen. Im Jahr 2019 waren das 158 Fahrten und 1.441 Kilometer, die dienstlich gefahren wurden. Insgesamt liegt die Jahresfahrleistung der Privat-Pkws mit 6.527 Kilometer unterhalb der Jahreslaufleistung eines durchschnittlichen Fahrzeugs der Flotte (7.157 km) der Konzern Stadt. Der Einfluss auf die Gesamtmobilität ist damit gering. Dennoch sollte vorrangig der Fuhrpark ausgelastet werden bzw. bei kurzen Strecken

das Fahrrad oder Pedelec genutzt werden und nur bei fehlender Verfügbarkeit eines Fuhrparkfahrzeugs auf den Privat-Pkw zurückgegriffen werden. Des Weiteren lagen nur Angaben der Stadtverwaltung und der WGP vor. Die Daten der anderen Gesellschaften lagen nicht in digitaler Form vor und konnten nicht im Rahmen des Konzeptes erfasst werden.

3 Effizienz des Fuhrparks und Einsatzmöglichkeiten alternativer Antriebsarten

3.1 Tauglichkeit alternativer Antriebe

Den größten Effekt, um den CO₂-Verbrauch in der Flotte zu reduzieren, bieten aufgrund der lokalen Null-Emissionen rein elektrische Fahrzeuge. Dazu gehören auch Wasserstofffahrzeuge. Der Markthochlauf von Wasserstofffahrzeugen verläuft deutlich verzögert im Vergleich zu rein batterieelektrischen Fahrzeugen. Neben weiteren Herausforderungen werden aktuell weniger als zehn Fahrzeugmodelle mit Brennstoffzellenantrieb in Serie produziert, im Vergleich dazu mehr als 100 Fahrzeugmodelle mit vollelektrischem Antrieb. Daher kann eine Minderung der Emissionen der Flotte kurzfristig nur mit der Fokussierung auf die Ersetzung mit vollelektrischen und Plug-in-Fahrzeugen erreicht werden. Da sich aufgrund der begrenzten Reichweite und der Nutzungsanforderungen der Fahrzeuge nicht jedes Fahrzeug für eine Ersetzung mit vollelektrischem Antrieb eignet, sind zugleich Plug-in-Hybride bei der Ersetzung zu berücksichtigen. Mit einem durchschnittlichen CO₂-Verbrauch von 50 Gramm pro Kilometer ist der Einfluss auf den Flottenmix gegenüber rein konventionellen Antrieben, die durchschnittlich deutlich über 95 Gramm CO₂ pro Kilometer, im Idealfall 84 Gramm CO₂ pro Kilometer emittieren, vergleichsweise hoch.

Erdgasfahrzeuge können ebenfalls zur Reduzierung der CO₂-Werte im Flottenmix beitragen, jedoch ist der Einfluss nur geringfügig, da die Fahrzeuge durchschnittlich mehr als 95 Gramm CO₂ pro Kilometer emittieren. Im Vergleich zu reinen Verbrennerfahrzeugen schneiden diese Fahrzeuge besser ab und stellen eine gute Alternative dar, sollten keine geeigneten Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb am Markt zur Verfügung stehen.

Es zeigt sich, dass eine signifikante CO₂-Minderung vordergründig durch die Ersetzung mit vollelektrischen Fahrzeugen und Plug-in-Hybriden erreichbar ist. Prinzipiell kann jedes Fahrzeug durch einen Plug-in-Hybrid ersetzt werden. Allerdings macht es nur Sinn, wenn der überwiegende Anteil der Fahrten rein elektrisch absolviert wird. Um die NEFZ-Verbräuche (Neuer Europäischer Fahrzyklus) von durchschnittlich 50 Gramm CO₂ pro Kilometer rechnerisch zu erreichen, müssen ca. 60 Prozent der Fahrten eines Plug-in-Hybrid-Fahrzeugs rein elektrisch sein. Da der größte Effekt für die lokale CO₂-Reduzierung der Flotte durch vollelektrische Fahrzeuge zu erzielen ist, erfolgt die Potentialanalyse für dieses Fahrzeug.

3.2 Methodik der Potentialanalyse

Die Grundlage der Potentialanalyse bildet die Datenerfassung von Fahrprofilen auf Basis von Fahrtenbucheinträgen und fahrzeugspezifischen Angaben, die mittels Fragebogen von jeder Einheit erhoben wurden. Um saisonal bedingte Schwankungen bei der Fuhrparknutzung mit abzudecken, erfolgte die Erfassung der Fahrtenbücher über ein gesamtes Jahr im Betrachtungszeitraum 01.10.2018 bis 30.09.2019. Sowohl die Ermittlung des Elektrifizierungs- als auch des Effizienzpotentials erfolgte mit der Fuhrparkanalysesoftware eOptiflott.

Effizienzpotential

Zur Effizienzbestimmung wurden Fahrzeugpools definiert. Innerhalb dieser Pools werden die Fahrten ohne zeitliche Verschiebung auf die Fahrzeuge umverteilt, sodass die mindestens benötigte Fahrzeuganzahl im Auslastungspeak ermittelt werden kann. Die Bestimmung der Fahrzeugpools erfolgte auf Basis der nutzungsspezifischen Angaben und der Fahrzeugklassen. Es wurden nur Fahrzeuge mit gleichem Nutzungszweck gepoolt. Die Zuordnung zu den Einheiten wurde aufgelöst. Zudem erfolgt das Pooling standortübergreifend mit Standorten, die fußläufig zu erreichen sind. Die längste Entfernung zwischen der Seminarstraße 18b und der Gerichtsstraße 5 beträgt 900 Meter. Im Rahmen der Analyse wurden zwei standortübergreifende Szenarien analysiert. Des Weiteren erfolgte die Analyse zuerst mit allen Fahrprofilen und in einem zweiten Schritt wurden Fahrten

bis 10 Kilometer analysiert. Diese Fahrten befinden sich in einem Entfernungsbereich, der fußläufig oder mit dem Fahrrad bzw. Pedelec absolviert werden kann und es soll untersucht werden, welchen Effizienzgewinn eine Verlagerung von kurzen Strecken bewirken kann. Neben der möglichen Fahrzeugreduktion wurde die Anzahl der Pedelecs bzw. Lastenräder bestimmt, die zur Abdeckung der Fahrten bis 10 Kilometer benötigt werden.

In der Abbildung 4 sind die Szenarien aufgezeigt. In Szenario 1 werden zwei standortübergreifende Pools gebildet. Pool 1 umfasst fünf Fahrzeuge der Stadtverwaltung im Parkhaus Königsteiner Straße, drei Fahrzeuge der WGP auf dem Gerichtsstr. 5 und ein Fahrzeug der Entwicklungsgesellschaft auf der Breite Straße 2. Von den insgesamt neun Fahrzeugen wurden sieben Fahrzeuge aufgrund ihres Nutzungszweckes als poolbar eingestuft. Pool 2 umfasst die Fahrzeuge der SWP und SWPE auf der Seminarstraße 18b, von denen elf Fahrzeuge für das Pooling geeignet sind.

In Szenario 2 erfolgte die Zusammenführung der beiden Fahrzeugpools zu einem Gesamtpool. Von den insgesamt 23 Fahrzeugen an den Standorten werden 18 Fahrzeuge in diesem Gesamtpool gepoolt.

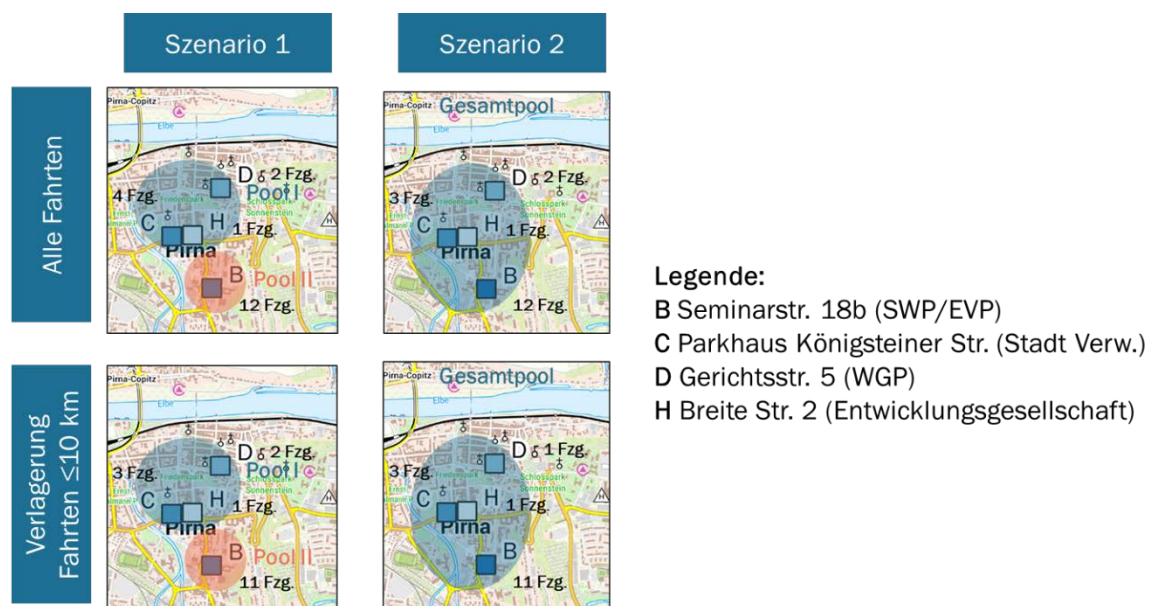


Abbildung 4: Effizienzszzenarien

Elektrifizierungspotential

Mit Hilfe der Software werden die Fahrprofile automatisiert untersucht, sodass unter Annahme einer Reichweitenbegrenzung und Ladeleistung bestimmt werden kann, welche Fahrzeuge für eine Elektrifizierung geeignet sind. Es wurden mehrere Ladeleistungen berechnet. Aufgrund der langen Ladezeiten über Nacht ist eine Ladeleistung von 3,7 kW ausreichend und eine Erhöhung der Ladeleistung auf 22 kW hat keine Verbesserung des Ergebnisses herbeigeführt. Die angenommenen Reichweiten sind in Tabelle 2 dargestellt. Für die Pkw wird eine Mindestreichweite von 200 Kilometern empfohlen, für Transporter und Nutzfahrzeuge von 100 Kilometer. Bei dieser Empfehlung handelt es sich um konservative Annahmen im Realbetrieb, die auf Basis der Reichweiten von am Markt verfügbaren Fahrzeugmodellen angenommen wurden. Zudem wurden Faktoren berücksichtigt, welche die Reichweite beeinträchtigen, wie das Fahrverhalten oder die Jahreszeit. Für die Reichweiten der Pkw von 300 und 400 Kilometer sowie der Transporter und Nutzfahrzeuge mit 150 und 200 Kilometer existieren ebenfalls Fahrzeuge am Markt, allerdings in der Breite, wie im Empfehlungsszenario.

Tabelle 2: Reichweitzenszenarien

Fahrzeugklasse	Elektrische Reichweite in Kilometer		
Kleinstwagen	200	300	400
Kleinwagen			
Kompaktwagen			
Hochdachkombi/ Van			
Geländewagen			
Personentransporter	100	150	200
Nutzfahrzeuge			
	Empfehlung		

Ausgehend von den Fahrprofilen und den Szenarien konnte so das Elektrifizierungspotential bestimmt werden. Es basiert auf der Annahme, dass die Fahrzeuge nur am Standort geladen werden. Ein Zwischenladen während der absolvierten Strecken wird nicht vorgenommen.

Im realen Einsatz bietet das Zwischenladen eine deutliche Potentialsteigerung, da meist ausreichend Ladezeit am Zielort besteht, sodass bei vorhandener Lademöglichkeit am Abstellort der Rückweg problemlos absolviert werden kann. Dies setzt allerdings das Vorhandensein einer Ladestation am Zielort voraus. Zwischenladungen an den Hauptverkehrsstrecken sichern dies schon heute, führen aber zu Umstellungen in der Planung und ggf. zu erhöhtem zeitlichen Aufwand.

Die Potentialbestimmung für Plug-in-Hybride unterliegt der Annahme einer rein elektrischen Reichweite von 50 Kilometern und, dass mindestens 60 Prozent der Fahrten rein elektrisch absolviert werden können, um die NEFZ-Verbräuche (Neuer Europäischer Fahrzyklus) rechnerisch zu erreichen. Prinzipiell kann jedes Fahrzeug durch einen Plug-in-Hybrid ersetzt werden. Allerdings macht dies nur Sinn, wenn der angenommene elektrische Anteil laut NEFZ auch absolviert wird.

Mit den Halte- bzw. Leasingdauern erfolgte die Erstellung des Beschaffungsplans, welcher die reguläre Ersetzung der Flotte in Zeitscheiben aufzeigt. Das ermittelte Elektrifizierungspotential wurde in den Beschaffungsplan überführt. Bei jeder anstehenden Ersetzung wurde geprüft, ob ein konventionelles Fahrzeug durch ein vollelektrisches Fahrzeug oder einen Plug-in-Hybrid ersetzt werden kann. So wurde berücksichtigt, dass beispielsweise ein Fahrzeug bei der ersten Ersetzung durch einen Plug-in-Hybrid ersetzt wird und aufgrund der steigenden Reichweiten erst im zweiten Ersetzungszyklus durch ein vollelektrisches Fahrzeug ersetzt werden kann. Die Ersetzungspläne für jede Einheit sind dem Anhang 2 zu entnehmen.

3.3 Effizienz durch Pooling

Das Ergebnis der Effizienzanalyse über alle Szenarien ist in Abbildung 5 visualisiert. Durch das reine Pooling können, wie Szenario 2 zu entnehmen ist, bis zu fünf Fahrzeuge eingespart werden. Erfolgt die Verlagerung der Fahrt bis zehn Kilometer auf Pedelecs bzw. Lastenräder, ist die Reduktion von zwei weiteren Fahrzeugen möglich. Um alle Fahrten bis zehn Kilometer mit den Pedelecs bzw. Lastenrädern abdecken zu können, ist die Anschaffung von zehn Pedelecs und einem Lastenrad notwendig.

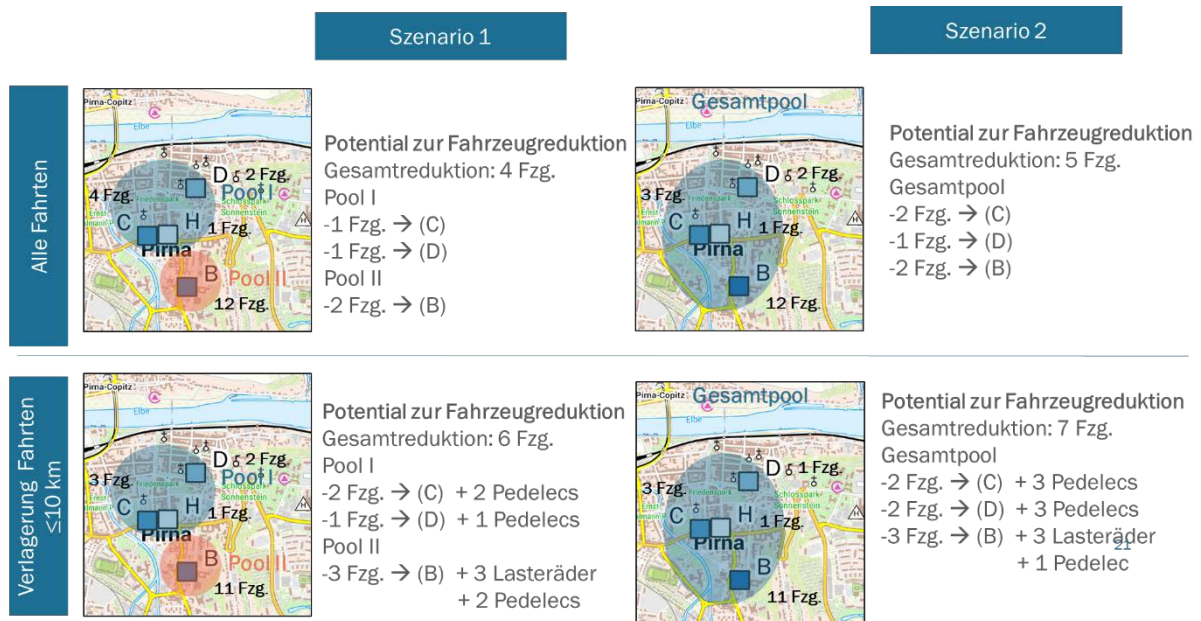


Abbildung 5: Ergebnis der Effizienzanalyse

Um das vollständige Reduktionspotential ausschöpfen zu können, müssen wenige Fahrten zeitlich verschoben oder auf andere Verkehrsmittel, wie den ÖPNV oder das Taxi, verlagert werden. Maximal ist eine Verschiebung bzw. Verlagerung von 46 Fahrten im Jahr notwendig, welche im Szenario 1 Verlagerung Fahrten ≤ zehn Kilometer zum Tragen kommt. Es müssten sonst sechs Fahrzeuge vorgehalten werden, um 46 Fahrten im Jahr abzudecken. Im Vergleich dazu absolviert ein durchschnittliches Fahrzeug im Fuhrpark knapp 200 Fahrten. Eine Übersicht über die notwendige Verschiebung bzw. Verlagerung ist in der Übersicht in Abbildung 6 dargestellt.



Abbildung 6: Übersicht der zu verlagernden Fahrten pro Jahr

3.4 Elektrifizierungspotentiale aus der Erhebung der Fahrprofile

Das Elektrifizierungspotential für das Szenario 1 ist in der Tabelle 3 dargestellt. Insgesamt wird die Elektrifizierung von 21 Fahrzeugen empfohlen. Vor allem in den Fahrzeugklassen der Pkw besteht mit 19 Fahrzeugen ein hohes Elektrifizierungspotential. Lediglich zwei Nutzfahrzeuge eignen sich für die Elektrifizierung. Häufig verhindern spezifische Anforderungen der Fahrzeuge die Elektrifizierung. So existieren aktuell kaum geeignete Elektrofahrzeuge mit Allradantrieb oder Anhängerkuppelung, was sich besonders auf das Elektrifizierungspotential der Transporter und Nutzfahrzeuge auswirkt.

Wird die Reichweite bei den Pkw bis 400 Kilometer und bei den Transportern und Nutzfahrzeugen auf 200 Kilometer erhöht, steigt das Elektrifizierungspotential um weitere neun vollelektrische Fahrzeuge. Somit steigt die Anzahl der elektrifizierbaren Fahrzeuge auf 30 an. Damit weist die Hälfte der Flotte ein Potential zur Elektrifizierung auf.

Tabelle 3: Ergebnis Elektrifizierungspotential Szenario 1 alle Fahrten

Fahrzeugklasse	Anzahl	Elektrifizierung bei Reichweite					
		100	200	300	400	>400	\
Kleinstwagen	6	3	1	2			
Kleinwagen	7	2	2	1		2	
Kompaktwagen	2			1		1	
Hochdachkombi / Van	20	3	8	4	1	4	
Geländewagen	1						1
		50	100	150	200	>200	\
Personen Transporter	1					1	
Nutzfahrzeuge	23		2			10	11
Σ	60	21		9	30		
		Empfehlung					

Das Elektrifizierungspotential bei der Verlagerung der Fahrten bis zehn Kilometer reduziert sich um die Anzahl der Fahrzeuge, die eingespart werden. Da die längeren Fahrten von den im Pool übrig gebliebenen Verbrennerfahrzeugen absolviert werden, erwirkt die Verlagerung der Kurzstrecken die Einsparung der potentiellen Elektrofahrzeuge. Damit werden in Szenario 1 mit der Verlagerung von Fahrten bis zehn Kilometer in der Empfehlung 19 Fahrzeuge elektrifiziert, sieben weitere Fahrzeuge können bei einer Reichweitenerhöhung elektrifiziert werden.

Werden in Szenario 2 alle Fahrten berücksichtigt, ändert sich das Elektrifizierungspotential nur marginal. Das Ergebnis ist in Tabelle 4 dargestellt. Im empfohlenen Szenario können 20 Fahrzeuge elektrifiziert werden. Zehn weitere Fahrzeuge können bei höheren Reichweiten elektrifiziert werden.

Tabelle 4: Ergebnis Elektrifizierungspotential Szenario 2 alle Fahrten

Fahrzeugklasse	Anzahl	Elektrifizierung bei Reichweite					
		100	200	300	400	>400	\
Kleinstwagen	6	3	1	1	1		
Kleinwagen	6	1	2	2		1	
Kompaktwagen	2					2	
Hochdachkombi / Van	20	3	8	4		5	
Geländewagen	1						1
		50	100	150	200	>200	\
Personen Transporter	1					1	
Nutzfahrzeuge	23		2	1	1	10	9
Σ	59	20		10		29	
		Empfehlung					

Analog zu Szenario 1 reduziert sich das Potential um die Anzahl der zusätzlich eingesparten Fahrzeuge bei Verlagerung der Fahrten bis zehn Kilometer.

Es ist zu konstatieren, dass unter der Annahme der Nutzung der öffentlichen Ladeinfrastruktur und des Ladens am Zwischen- und Zielort fast alle Fahrzeuge elektrifizierbar sind. Dies bedingt jedoch ein geändertes Nutzungsverhalten, welches erlernt werden muss.

Das Potential für Plug-in-Hybridfahrzeuge konnte ebenfalls ermittelt werden. Dabei weist nur ein Fahrzeug das Potential für diese Antriebsart auf. Die Plug-in-Hybride weisen kein 100-prozentiges Potential auf, da der NEFZ-Verbrauch erst bei einem rein elektrischen Anteil von 60 Prozent erreicht wird. Prinzipiell kann jedes Fahrzeug durch Plug-in-Hybride ersetzt werden.

3.5 Fuhrparkkosten bei Potentialausschöpfung

Die Elektromobilität ist aktuell in der Anschaffung meist 1,4 - 1,6 Mal teurer als konventionelle Fahrzeuge. Demgegenüber stehen geringere variable Kosten innerhalb des Lebenszyklus der Elektrofahrzeuge. Außerhalb von Förderprojekten ist ein Kostenvorteil im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen häufig nicht gegeben. Dies spiegelt sich auch in der Kostenstruktur des Szenario 2 mit Verlagerung der Fahrten bis zehn Kilometer auf Pedelecs und Lastenräder in Abbildung 7 wieder. Bei vollständiger Umsetzung der Potentiale müsste mit jährlichen Mehrkosten in Höhe von 24 800 € gerechnet werden. Bei der Kostenaufstellung sind die Kosten für Strom und Kraftstoff nicht enthalten. Diese Kosten sind bei Elektrofahrzeugen günstiger als beim Verbrennerfahrzeug. Ebenfalls nicht enthalten sind zusätzliche Kosten der Verlagerung von Fahrten auf den ÖPNV oder das Taxi in der Spitzenauslastung. Selbst bei einer vollständigen Verlagerung der maximal berechneten 46 Fahrten⁶ ausschließlich auf das Taxi müssten jährlich ca. 3.000 € kalkuliert werden. Dies ist der zu kalkulierende Maximalbetrag, der bei Nutzung des ÖPNV deutlich geringer ausfallen kann. Des Weiteren können die Anschaffungskosten bzw. die Leasingraten der Elektrofahrzeuge durch

⁶ vgl. Kapitel 3.3: „Szenario I Verlagerung Fahrten ≤ 10 km“

Nutzung von Fördermitteln reduziert werden. Aktuell besteht die Möglichkeit über die BAFA-Förderung und dem Fahrzeugherstelleranteil eine Förderung von bis zu 9.000 € je Fahrzeug zu erhalten. Diese Förderung kann allerdings nicht von der Stadtverwaltung, aber von den Gesellschaften in der Konzern Stadt in Anspruch genommen werden. Eine detaillierte Aufstellung der Kosten ist dem Anhang 3 zu entnehmen.

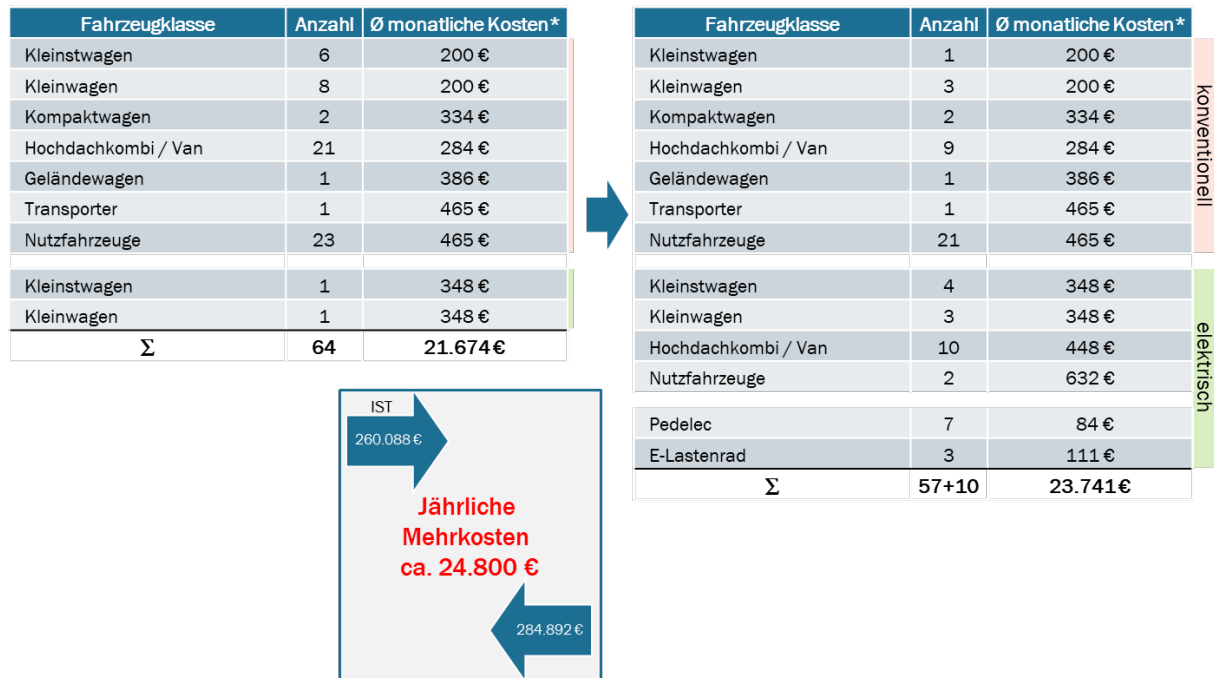


Abbildung 7: Kostenstruktur in Szenario 2 mit Verlagerung

Es ist jedoch zu erwarten, dass mit zunehmendem Markthochlauf die Mehrkosten der Anschaffung sinken werden und sich ein Kostenvorteil der Elektrofahrzeuge gegenüber herkömmlichen Verbrennerfahrzeugen einstellen wird.

3.6 Ökologische Betrachtung

In Abbildung 8 sind die ökologischen Effekte, die sich durch die Elektrifizierung in den aufgezeigten Szenarien ergeben, dargestellt. Es zeigt sich, dass durch die Elektrifizierung hohe Minderungspotentiale entstehen. So ist eine CO₂-Reduktion von bis zu 25,4 Tonnen und eine NO_x-Reduktion von bis zu 13,9 Kilogramm möglich.

Die Verwendung von Ökostrom erwirkt einen deutlichen Unterschied bei der CO₂-Reduktion im Vergleich zum Strommix und kann einen CO₂-Vorteil von bis zu neun Tonnen erwirken, wie in Szenario 2 zu sehen ist. Bei Elektrifizierung der Flotte sollte daher für das Laden der Fahrzeuge Ökostrom verwendet werden, um eine positive Gesamtbilanz der Fahrzeuge zu erwirken.

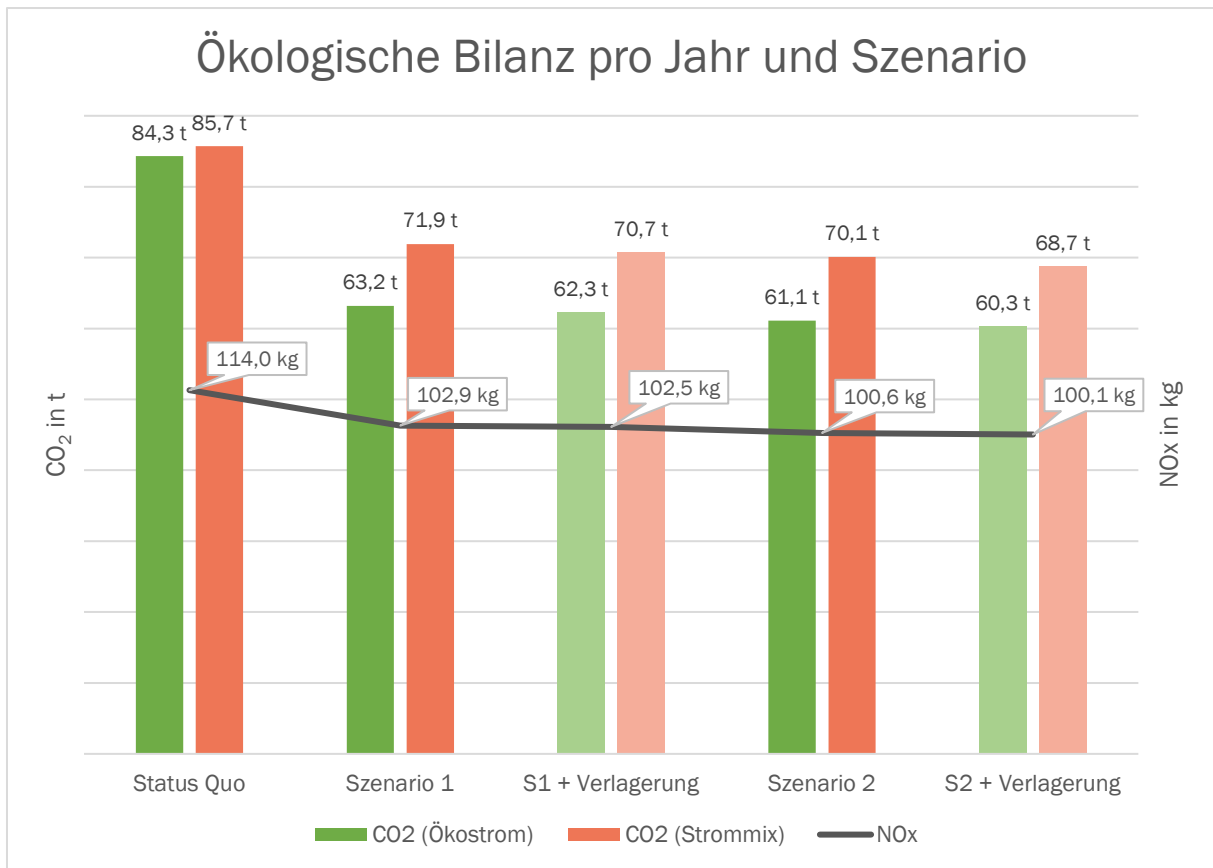


Abbildung 8: Ökologische Bilanz pro Jahr und Szenario

4 Umsetzungsstrategie

Bei der Umsetzung der Effizienz- und Elektrifizierungspotentiale wird eine schrittweise Umsetzung empfohlen. Dafür wurden für jede Einheit Ersetzungspläne erstellt, die eine schrittweise Umstellung aufzeigen. Die Ersetzungspläne sind dem Anhang 2 zu entnehmen. Für die Umsetzung des Poolings ist die Auflösung der dezentralen Fuhrparkorganisation zwingend. Für die Aufgabenwahrnehmung einer zentralen Fuhrparkorganisation eignet sich die SWPE besonders, da sie aktuell den größten Fuhrpark im Konzern Stadt Pirna betreibt und sich bereits ein konzerninternes Carsharing in Umsetzung befindet. Hierbei sollte nicht nur die Verwaltung der Pkw erfolgen, sondern auch die Verwaltung der Pedelecs und Fahrräder.

Es wird die Umsetzung einer zweimonatigen Testphase empfohlen, in deren Rahmen bei fünf Fahrzeugen der SWPE die Buchungssoftware genutzt wird. Beispielsweise mithilfe eines Webinars, das einerseits der Geschäftsführung Informationen liefert und andererseits der Schulung der Mitarbeitenden dient, können der Buchungsprozess, die Nutzung, der Zugriff über verschiedene Geräte, das Verhalten bei einer Unfallmeldung etc. erklärt werden. Nach Abschluss der Testphase soll das System den Gesellschaften vorgestellt werden und es soll ein stufenweiser Aufbau erfolgen.

An den Standorten ergeben sich keine Einschränkungen bzw. nur minimale Verlagerungen. Die Neubeschaffung von Fahrzeugen sollte zuerst in Absprache mit den SWPE erfolgen. Dabei sollte geprüft werden, ob ein Fahrzeug bereits über die SWPE beschafft wird. Die Option, ein Carsharing einzuführen, bietet einen Vorteil für die Wohnungsgesellschaft, da die Fahrzeuge in den Randzeiten den Bewohner*innen zur Verfügung gestellt werden können. Da Grundeinnahmen durch die eigene Nutzung generiert werden können, ist dies unproblematisch.

Für jede Einheit ergeben sich sofort Entlastungen und mögliche Kostenreduktionen in der Beschaffung selbst, wenn die Fahrzeuge weiterhin normal genutzt werden. Da der Beschaffungsprozess weitestgehend von der SWPE erfolgen kann und diese Aufwendungen in den Einheiten wegfallen. Dies zeitnah zu heben sollte gemeinsames Ziel sein.

Die Nutzung einer endkundenorientierten Plattform, wie dies bei den SWPE der Fall ist, stellt eine gute Option für die Nutzungsfreundlichkeit dar. Die Mitarbeitenden in den Unternehmen der Stadt Holding gewinnen an Freiheit, da sie die Administration zu großen Teilen abgeben können. Neue und selten genutzte Fahrzeuge, wie zum Beispiel Neunsitzer oder Transporter, werden für mehr Mitarbeitende (besser) verfügbar.

Als Notoption wird ein Rahmenvertrag mit der Taxigenossenschaft Pirna empfohlen. Dabei sollte im Fokus stehen, dass Fahrten auf Rechnung erfolgen können. In Notfällen bietet dies bei geringen Kosten eine gute Option. In Absprache mit dem VVO kann, wenn eine relevante ÖPNV-Nutzung verzeichnet wird, eine pauschale Nutzung der Busse für betriebliche Wege angestrebt werden. Die Mitarbeitenden würden nur einen Dienstausweis benötigen. Die Fahrt wäre nur zu dienstlichen Zwecken und in Kernzeiten möglich.

Auch Fahrräder und Pedelecs sollten stärker in den Fokus rücken, da damit große Reduktionspotentiale verbunden sind. Bei der Beschaffung sollte stets ein Abgleich mit dem Markt erfolgen.

Bei der Ertüchtigung der Ladeinfrastruktur sollte ein gleichzeitiges Ausbauen mehrerer Wallboxen erfolgen, auch, wenn erst später weitere Elektrofahrzeuge eingeflottet werden. Es sollten zumindest Leerrohre vorgesehen werden. Dadurch können sich die Kosten durch Kostendegression deutlich reduzieren. Des Weiteren ist eine 1:1-Verteilung (Fahrzeug zu Ladepunkt) anzustreben. Als Ladeinfrastruktur sollten Wallboxen mit je zwei Ladepunkten installiert werden. Arbeitgeberladen und Gästeladen sollte bei der Infrastrukturauslegung berücksichtigt werden.

Eine Ladeleistung von 3,7 kW ist derzeit ausreichend. Um einen zukunftssicheren Ausbau zu garantieren, sollte eine Erhöhung der Ladeleistung auf 11 kW möglich sein. Um Lastspitzen aufgrund gleichzeitig ladender Elektrofahrzeuge zu vermeiden, ist ein Lastmanagement zu berücksichtigen.

Zum Lastmanagement wird eine statische Drosselung auf 5 kWh empfohlen, was später durch dynamische Ansteuerungen aus der Fuhrparksoftware bedarfsgerecht angepasst werden kann.

Bei vorhandenen Stellplätzen an den einzelnen Liegenschaften kann die anliegende Anschlussleistung ggf. vereinzelt nicht ausreichend sein. Eine damit verbundene, erforderliche Aufrüstung des Netzanschlusses und aufwendige Neuverkabelung muss jeweils geprüft werden. Die Umsetzung wäre in diesem Fall mit sehr hohen Kosten verbunden. Diese müssen frühzeitig bekannt sein, um mit diesen zu planen.

Es muss eine Identifikation des Fahrzeuges an der Ladeinfrastruktur, via Chipkarte, möglich sein.

Anhang

Anhang 1: Häufigkeit der gefahrenen Strecken der Fahrzeuge ohne Standort

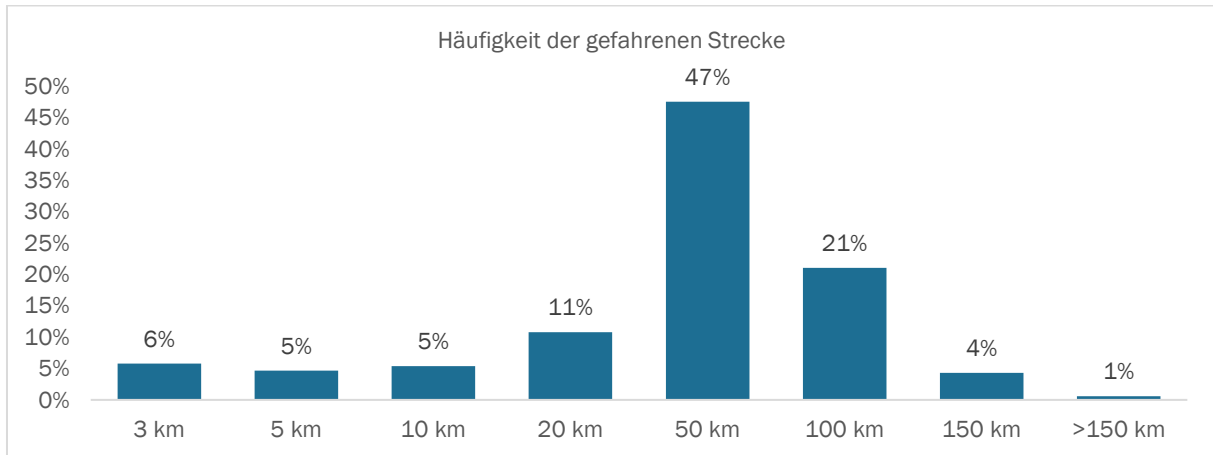


Abbildung 9: Häufigkeit der gefahrenen Strecken der Kleinwagen ohne Standort

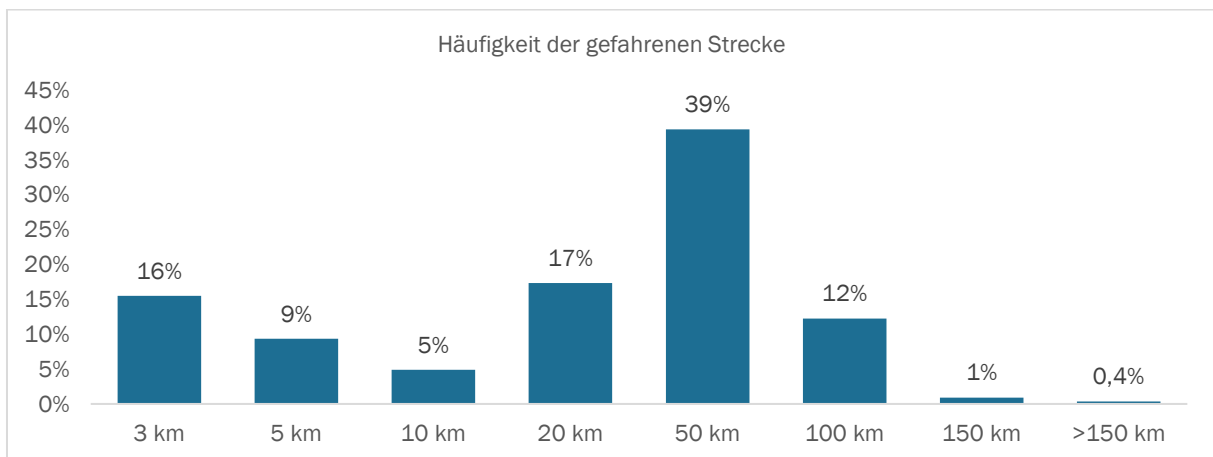


Abbildung 10: Häufigkeit der gefahrenen Strecken der Hochdachkombi ohne Standort

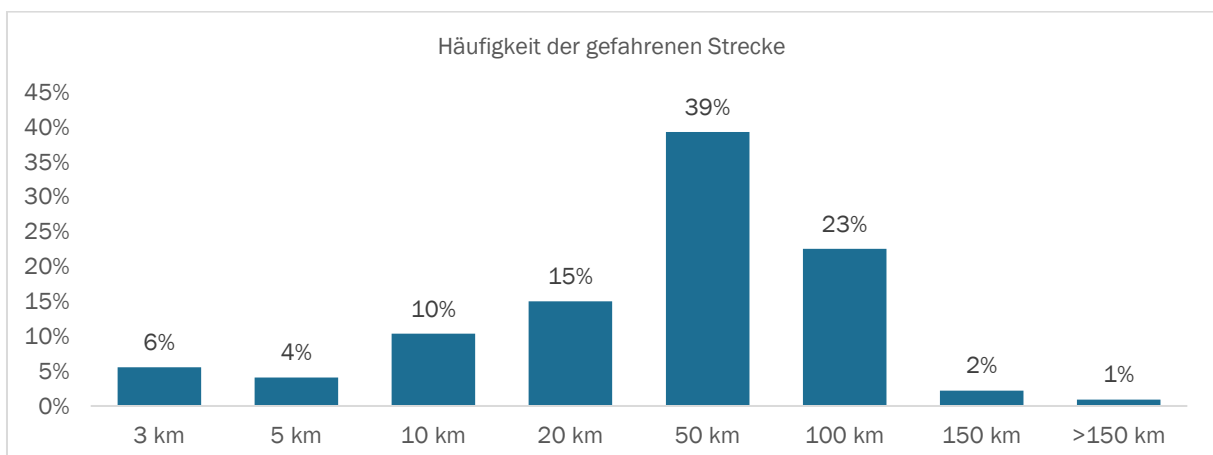


Abbildung 11: Häufigkeit der gefahrenen Strecken der Nutzfahrzeuge ohne Standort

Anhang 2: Ersetzungspläne

Tabelle 5: Ersetzungsplan Bauhof

Kennzeichen	Fahrzeugtyp	Fahrzeugklasse	Pooklasse	Nutzung/ Einbauten	Ersetzungsjahr	Elektrifizierung	Pooling	
						mögliche Antriebsart Neubeschaffung (elektrische Mindestreichweite)	Antriebsart in S2	Antriebsart in S2 & Verlagerung Fahrten bis 10km
PIR-203	MAN, LKW Kipper	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	LKW Kipper	im Winterdienst mit Schild und Streuer, Thermobehälter für HMG	2012	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-269	VW Transporter	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Plane	Plane	2012	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-227	MAN LKW Kipper mit Ladearm	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	LKW Kipper Ladearm	mit Ladearm, im Winterdienst mit Schiebeschild und Streuer	2016	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-216	VW Transporter	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Plane	Plane	2016	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)
PIR-218	Multicar Kipper M26	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Materialtransport	im Winterdienst mit Schiebeschild und Streuer	2020	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-213	Multicar Kipper M26	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Wasserfass	Wasserfass (Hochdruckreiniger), Winterdienst (Schild, Streuer)	2020	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-BH50	SWINGO Compact 200 Aebi Schmidt	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Straßenreiniger	selbstfahrende Arbeitsmaschine Straßenreiniger	2020	Konventionell	Konventionell (50 km)	Konventionell (50 km)
PIR-BH49	E-Mobil Piaggio 4P1 LC H	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Innerstädtisch	geschlossen	2024	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)
PIR-BH42	Nissan NV 400	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Spezialeinbau	Spezialeinbauten	2024	Konventionell (200 km)	Konventionell (200 km)	Konventionell (200 km)
PIR-BH60	Nissan NV 200, Caddy	Hochdachkombi / Van	HDK-Werkzeug	geschlossen, mit Werkzeugkasteneinbau	2025	Konventionell	Elektro (200km)	Elektro (200km)
PIR-BH56	Aebi Abrollcontainer	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Container	mit 4 Container, im Winterdienst mit Schiebeschild und Streuer	2026	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-BH54	Nissan NV 400	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Schlosser	mit Spezialeinbauten	2026	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-NH78	Multicar Kipper M30G	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Materialtransport	im Winterdienst Anbaustreuer und Schiebeschild	2026	Konventionell	Konventionell (200 km)	Konventionell (200 km)
PIR-BH45	Ford Transit Transporter, Doppelkabine	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Doka - Materialtransport	große Ladefläche, ohne Zubehör	2027	Konventionell	Konventionell (150 km)	Konventionell (150 km)
PIR-BH47	Multicar M30	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Ladekran	mit Ladekran	2027	Konventionell	Konventionell (150 km)	Konventionell (150 km)
PIR-BH46	MAN Transporter TGE	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Werkzeug	geschlossen, mit Werkzeugkasteneinbau	2028	Konventionell	Konventionell	Konventionell

Tabelle 6: Ersetzungsplan SWP/ SWPE

Kennzeichen	Fahrzeugtyp	Fahrzeugklasse	Pooklasse	Nutzung/ Einbauten	Ersetzungsjahr	Elektrifizierung	Pooling	
						mögliche Antriebsart Neubeschaffung (elektrische Mindestreichweite)	Antriebsart in S2	Antriebsart in S2 & Verlagerung Fahrtenbis 10km
PIR-ST117	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Regale	Regiefahrzeug/Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2019	Elektro (100 km)	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)
PIR-ZB735	VW T6 Kasten 4Motion	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Kein Pool (kein fester SIO)	tagsüber Baustellenfahrzeug, Transport Werkzeuge/Arbeitsmittel	2019	Konventionell	Konventionell (50 km)	Konventionell (50 km)
PIR-ZD319	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2020	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)
PIR-NE330	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2020	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)
PIR-NA110	VW T6 Kasten 4Motion	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Kein Pool (kein fester SIO)	tagsüber Baustellenfahrzeug, Transport Werkzeuge/Arbeitsmittel	2020	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-ZC760	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2020	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)
PIR-FF424	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2020	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)
PIR-ZD324	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Werkzeug/ Arbeitsmittel	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2020	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)
PIR-EV999	VW Caddy Kombi	Hochdachkombi / Van	Werkzeug/ Arbeitsmittel	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2020	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)	Ausflotten, +2 Lastenräder
PIR-EV444	VW Polo	Kleinwagen	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2020	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)
PIR-EV111	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Werkzeug/ Arbeitsmittel	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2021	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)
PIR-EV333	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2021	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-EV200	Opel Corsa	Kleinwagen	Kein Pool (kein fester SIO)	Personentransport	2021	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-EV44E	Smart EQ Forfour	Kleinstwagen	Personen	Personentransport	2021	Elektro (100 km)	Ausflotten	Ausflotten, +1 Pedelec
PIR-EV110	Toyota Aygo	Kleinstwagen	Kleinstwagen - Werkzeug/ Arbeitsmittel	Transport von Werkzeugen/Arbeitsmitteln	2021	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)
PIR-EV400	VW Polo	Kleinwagen	Kein Pool (kein fester SIO)	Personentransport	2021	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)
PIR-SW577	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Werkzeug/ Arbeitsmittel	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2022	Elektro (200 km)	Ausflotten	Ausflotten, +1 Lastenrad
PIR-EV700	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2022	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)
PIR-EV10E	Audi A3 e-tron	Kompaktwagen	Personen	Personentransport	2022	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-EV101	Nissan Navara Double Cab 4x4	Geländewagen	Gelände - Regale/ Hängerkupplung	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2022	Konventionell (4x4 200 km)	Konventionell (4x4 200 km)	Konventionell (4x4 200 km)
PIR-EV555	VW T6 Pritsche 4Motion	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	LNfZ - Regale/ Hängerkupplung	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2022	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-EV900	VW T6 Kasten 4Motion	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Kein Pool (kein fester SIO)	tagsüber Baustellenfahrzeug, Transport Werkzeuge/Arbeitsmittel	2022	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-EV600	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Werkzeug/ Arbeitsmittel	Transport von Werkzeugen/Arbeitsmitteln	2022	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-SW22E	Renault Zoe	Kleinwagen	Personen	Personentransport	2022	Elektro (100 km)	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)
PIR-EV120	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2023	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)	Elektro (200 km)
PIR-EV66	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Regale	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2023	Elektro (200 km)	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)
PIR-EV55	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	LNfZ - Regale/ Hängerkupplung	Transport von Werkzeugen/Arbeitsmitteln	2023	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)
PIR-EV40	VW Caddy Maxi	Hochdachkombi / Van	Personen & Hängerkupplung	Personentransport	2023	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-SW200	VW T6 Kasten 4Motion	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Kein Pool (kein fester SIO)	tagsüber Baustellenfahrzeug, Transport Werkzeuge/Arbeitsmittel	2023	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-EV800	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2023	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)
PIR-EV90	VW T6 Kasten 4Motion	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Kein Pool (kein fester SIO)	tagsüber Baustellenfahrzeug, Transport Werkzeuge/Arbeitsmittel	2023	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-EV30	VW T6 Kasten 4Motion	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Kein Pool (kein fester SIO)	tagsüber Baustellenfahrzeug, Transport Werkzeuge/Arbeitsmittel	2023	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-EV130	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Kein Pool (kein fester SIO)	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2023	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-EV77	VW Caddy Kasten	Hochdachkombi / Van	Werkzeug/ Arbeitsmittel	Baustellenfahrzeug-Transport von Werkzeugen/Arbeitsmittel	2023	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)

Tabelle 7: Ersetzungsplan KTP

Kennzeichen	Fahrzeugtyp	Fahrzeugklasse	Pooklasse	Nutzung/ Einbauten	Ersetzungsjahr	Elektrifizierung	Pooling	
						mögliche Antriebsart Neubeschaffung (elektrische Mindestreichweite)	Antriebsart in S2	Antriebsart in S2 & Verlagerung Fahrten bis 10km
PIR-KT999	VW Crafter	Leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t	Befestigungsschiene	Transporte für Ausstellung und Veranstaltungen	2021	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-KT121	Audi A4	Mittelklasse	K.A.	K.A.	K.A.	Keine Analyse	Keine Analyse	Keine Analyse

Tabelle 8: Ersetzungsplan SEP

Kennzeichen	Fahrzeugtyp	Fahrzeugklasse	Pooklasse	Nutzung/ Einbauten	Ersetzungsjahr	Elektrifizierung	Pooling	
						mögliche Antriebsart Neubeschaffung (elektrische Mindestreichweite)	Antriebsart in S2	Antriebsart in S2 & Verlagerung Fahrten bis 10km
PIR-SE100	Skoda Roomster	Hochdachkombi / Van	Arbeitsmittel/ -maschinen	Objekt/ Baustellenbefahrung, Transport Arbeitsmittel /-maschinen	bei Bedarf	Konventionell (400 km)	Konventionell	Konventionell
PIR-SE11E	VW Passat Variant GTE	Mittelklasse	entfällt	Personentransport	2021/2022	Keine Analyse	Keine Analyse	Keine Analyse
PIR-SE800	VW Sharan	Hochdachkombi / Van	entfällt	Personentransport	2018	Keine Analyse	Keine Analyse	Keine Analyse

Tabelle 9: Ersetzungsplan Stadtverwaltung

Kennzeichen	Fahrzeugtyp	Fahrzeugklasse	Pooklasse	Nutzung/ Einbauten	Ersetzungsjahr	Elektrifizierung	Pooling	
						mögliche Antriebsart Neubeschaffung (elektrische Mindestreichweite)	Antriebsart in S2	Antriebsart in S2 & Verlagerung Fahrten bis 10km
PIR-FD603	Opel Corsa	Kleinwagen	Personen	Personentransport	2020	Elektro (200 km)	Konventionell (300 km)	Elektro (200 km)
PIR-FD999	Fiat Punto	Kleinwagen	Personen	Personentransport	2020	Konventionell (400 km)	Ausflotten	Ausflotten, +2 Pedelec
PIR-FD602	VW Polo	Kleinwagen	Personen	Personentransport	2021	Elektro (100 km)	Elektro (200 km)	Konventionell (300 km)
PIR-FD222	VW Polo	Kleinwagen	Personen	Personentransport	2021	Konventionell	Ausflotten	Ausflotten, +1 Pedelec
PIR-FD111	Nissan NV300	Transporter	Transport - Personen	Personentransport	2021	Konventionell	Konventionell	Konventionell
PIR-FD323	VW Caddy	Hochdachkombi / Van	Blitzerauto/GVD	Blitzerauto/GVD	2021	Keine Analyse	Keine Analyse	Keine Analyse
PIR-FD324	VW Caddy	Hochdachkombi / Van	Vollzugsdienst/Ordnungsamt	Vollzugsdienst/Ordnungsamt	2022	Keine Analyse	Keine Analyse	Keine Analyse

Tabelle 10: Ersetzungsplan WGP

Kennzeichen	Fahrzeugtyp	Fahrzeugklasse	Pooklasse	Nutzung/ Einbauten	Ersetzungsjahr	Elektrifizierung	Pooling	
						mögliche Antriebsart Neubeschaffung (elektrische Mindestreichweite)	Antriebsart in S2	Antriebsart in S2 & Verlagerung Fahrtenbis 10km
PIR-ST19	VW Polo	Kleinwagen	Personen (Sto Gerichtsstr. 5)	Wohnungsbesichtigungen, Baustellenbegehungen	2020*	Konventionell	Ausflotten	Ausflotten, +2.Pedelec
PIR-ZA243	VW UP	Kleinstwagen	Personen (Sto Gerichtsstr. 5)	Wohnungsbesichtigungen, Baustellenbegehungen	2020*	Konventionell (300 km)	Konventionell (400 km)	Ausflotten, +1.Pedelec
PIR-ZC418	VW Golf	Kompaktwagen	Personen (Sto Gerichtsstr. 5)	Wohnungsbesichtigungen, Baustellenbegehungen	2021*	Plug-in-Hybrid	Plug-in-Hybrid	Plug-in-Hybrid
PIR-KJ248	Toyota Aygo	Kleinstwagen	Personen (Sto Remscheider Str. 1a)	Wohnungsbesichtigungen, Baustellenbegehungen	2020*	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)
PIR-ZA213	VW UP	Kleinstwagen	Personen (Remscheider Str. 1a)	Wohnungsbesichtigungen, Baustellenbegehungen	2020*	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)	Konventionell (300 km)
PIR-KJ250	Toyota Aygo	Kleinstwagen	Personen (Robert-Klett-Ring 4)	Wohnungsbesichtigungen, Baustellenbegehungen	2025	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)
PIR-KJ729	Toyota Aygo	Kleinstwagen	Personen (Robert-Klett-Ring 4)	Wohnungsbesichtigungen, Baustellenbegehungen	2026	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)	Elektro (100 km)

* Annahme 3 Jahre Leasingdauer

Anhang 3: Grundannahmen zur Kostenstruktur

Grundannahmen	Kleinst-/Kleinwagen		Kompaktwagen		Hochdachkombi und Van		Mittelklasse und Geländewagen		Transporter und Leichte Nutzfahrzeuge	
Fahrzeugeigenschaften										
Antrieb	elektro	konventionell	elektro	konventionell	elektro	konventionell	elektro	konventionell	elektro	konventionell
Reichweite	316	850	444	850	200	850	444	850	130	850
Anschaffungsjahr	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019
Haltezeit (Jahre)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Fahrzeugkosten pro Monat										
Anschaffungskosten	25.395,00 €	12.000,00 €	40.000,00 €	23.000,00 €	34.105,00 €	19.000,00 €	49.400,00 €	28.000,00 €	50.500,00 €	35.000,00 €
Restwert	6.348,75 €	3.000,00 €	10.000,00 €	5.750,00 €	8.526,25 €	4.750,00 €	12.350,00 €	7.000,00 €	12.625,00 €	8.750,00 €
Fixkosten pro Monat										
Kfz-Steuer	- €	16,10 €	- €	16,10 €	- €	16,10 €	- €	16,10 €	- €	16,14 €
Versicherung	53,00 €	43,33 €	69,67 €	56,67 €	62,50 €	51,67 €	69,67 €	56,67 €	70,83 €	58,33 €
Abgas- und Hauptuntersuchung	1,60 €	3,05 €	1,60 €	3,05 €	1,60 €	3,05 €	1,60 €	3,05 €	1,60 €	3,05 €
Wartung und Instandhaltung pro Monat										
Inspektionskosten	10,67 €	12,50 €	14,08 €	18,33 €	11,25 €	15,00 €	14,08 €	18,33 €	15,58 €	23,33 €
Ladeinfrastruktur pro Monat										
Ladeinfrastruktur	Wallbox bis 22kW		Wallbox bis 22kW		Wallbox bis 22kW		Wallbox bis 22kW		Wallbox bis 22kW	
Kosten Ladeinfrastruktur einmalig	1.523,00 €		1.523,00 €		1.523,00 €		1.523,00 €		1.523,00 €	
Sonstige Leistungen für Inbetriebnahme einmalig	304,60 €	- €	304,60 €	- €	304,60 €	- €	304,60 €	- €	304,60 €	- €
Gesamtkosten Ladeinfrastruktur	1.827,60 €	- €	1.827,60 €	- €	1.827,60 €	- €	1.827,60 €	- €	1.827,60 €	- €
Instandhaltung Ladeinfrastruktur pro Monat	2,53 €	- €	2,53 €	- €	2,53 €	- €	2,53 €	- €	2,53 €	- €
Summe der Kosten pro Monat										
Variable Kosten	11 €	13 €	14 €	18 €	11 €	15 €	14 €	18 €	16 €	23 €
Fixkosten	55 €	62 €	71 €	76 €	64 €	71 €	71 €	76 €	72 €	78 €
Fahrzeuganschaffung (Einbeziehung Restwertberechnung)	265 €	125 €	417 €	240 €	355 €	198 €	515 €	292 €	526 €	365 €
Kosten Ladeinfrastruktur (auf 10 Jahre verteilt)	18 €	0 €	18 €	0 €	18 €	0 €	18 €	0 €	18 €	0 €
Summe pro Monat	348 €	200 €	520 €	334 €	448 €	284 €	618 €	386 €	632 €	465 €