Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Bayreuth

Potenzialstudie Mobilität – Kommunale Flotte

Gutes Klima Bayreuth

Gefördert durch:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

NATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE

BAYREUTH

Potenzialstudie: Mobilität – Kommunale Flotte

Impressum

Im Auftrag der Stadt Bayreuth
Luitpoldplatz 13
95444 Bayreuth

Ansprechpartner
Klimaschutzmanagement
Amt für Umwelt- und Klimaschutz
Stadt Bayreuth
Kanalstr. 3
95444 Bayreuth

Sachbearbeiterinnen: Jana Edlinger und Gesa Thomas

Tel. 0921/ 25-1142 und 0921/ 25-1141

Endenergie- und Treibhausgasbilanz und Potenzialstudien erstellt von
EVF - Energievision Franken GmbH
Schwarzenbacher Str. 2
95237 Weißdorf
Tel. 09251/ 85 99 99 0
Email: mail@energievision-franken.de
Web: www.energievision-franken.de

Autoren:
Dipl.-Ing Jana Kraus
Dipl.-Geogr. Univ. Ralf Deuerling (Projektleitung)

Urheberrechtshinweis

Die vorliegende Studie unterliegt dem geltenden Urheberrecht. Sollte einer Nutzung durch Dritte zugestimmt und der Inhalt an anderer Stelle wiedergegeben werden, sind die Autoren gemäß anerkannten wissenschaftlichen Arbeitsweisen zu nennen.

Haftungsausschluss

Die vorliegenden Ausführungen wurden nach dem aktuellen Stand der Technik, nach den anerkannten Regeln der Wissenschaft sowie nach bestem Wissen und Gewissen der Autoren erstellt. Irrtümer vorbehalten.
Fremde Quellen wurden entsprechend gekennzeichnet. Die Ergebnisse basieren weiterhin im dargelegten Maß auf Aussagen und Daten von fachkundigen Dritten, die im Rahmen von Befragungen ermittelt wurden. Alle Angaben und Quellen wurden sorgfältig auf Plausibilität geprüft. Die Autoren können dahingehend jedoch keine Garantie für die Belastbarkeit der ausgewiesenen Ergebnisse geben.
Weiterhin basieren die Ergebnisse der vorliegenden Ausführungen auf Rahmenbedingungen, die sich aus den dargelegten Gesetzen, Verordnungen und rechtlichen Normen ergeben. Diese, bzw. deren gerichtliche Auslegung, können sich ändern. Die Ausführungen können dahingehend nicht den Anspruch erheben, eine Rechtsberatung zu ersetzen und darf auch ausdrücklich nicht als eine solche verstanden werden.

Gefördert durch

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) und der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“ vom 22. Juli 2020.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 4
1. Einleitung 5
1.1 Betriebliches Mobilitätsmanagement (BMM) 5
1.1.1 Vorteile 6
1.1.2 Allgemeine Methodik eines BMM 6
1.1.3 Ansätze im Klimaschutzkonzept 6
1.2 Wirtschaftlichkeitsanalyse: Umstieg auf E-Mobilität 7
1.2.1 Grundlegende Annahmen der Berechnung 7
1.2.2 Vergleich VW-Caddy zu Renault Kangoo E-Tech 9
1.2.3 Übertragbarkeit auf andere Modelle 11
1.2.4 Was ist mit Wasserstoff? 12
2. Analyse kommunale Flotte Stadt Bayreuth 14
2.1 Bestandsanalyse 14
2.1.1 Energetischer Fußabdruck der gesamten städtischen Flotte 15
2.1.2 PKW-Flotte der Stadtverwaltung 16
2.2 Potenzialermittlung: Fahrzeugpool 17
2.2.1 Reduzierung der Fahrzeuge durch Zusammenlegung 17
2.2.2 Einsparungen durch Diensträder 19
2.2.3 Ausblick kommunaler PKW-Pool 21
2.2.4 Flottenerneuerung 22
2.3 Potenzialermittlung: E-Mobilität Nutzfahrzeuge / Spezialfahrzeuge 25
2.3.1 Bestandsanalyse Nutzfahrzeuge 25
2.3.2 Potenzialanalyse Nutzfahrzeuge 26
2.4 Zusammenfassung: THG-Einsparungspotenzial der gesamten Flotte 27
3. Ausblick – Umsetzung der Potenziale 28
3.1 Konzeptioneller Leitfaden zur Umsetzung 28
3.2 Hinweise zur Umsetzung 29
3.2.1 Fördermöglichkeiten 29
3.2.2 Qualifiziertes Mobilitätsmanagement 30
3.2.3 Rechtliches 30
3.2.4 Weiterführende Bausteine 31
3.2.4.1 Sharing-Angebote 32
3.2.4.2 Fahrradfreundliche Kommune 32
3.2.4.3 Ladeinfrastruktur 32
Verwendete Abkürzungen 34
Abkürzungen 34
Physikalische und mathematische Einheiten 34
Literatur- und Quellenverzeichnis 35
Abbildungsverzeichnis 38
Tabellenverzeichnis 38

1. Einleitung

Der Verkehr hat einen großen Einfluss auf den energetischen Fußabdruck einer Kommune. 21% der THG-Emissionen sind nach Auswertung der THG-Bilanz der Stadt Bayreuth auf den Verkehr zurückzuführen. Die kommunale Flotte trägt nur einen kleinen Anteil von 0,08 % der gesamten Emissionen. Unter dem Aspekt der Vorbildfunktion nimmt die Stadtverwaltung jedoch eine bedeutende Rolle ein, welche sich auch auf die Fahrzeugflotte und das Mobilitätsverhalten erstreckt. Außerdem müssen für ein Gelingen der Klima- und Verkehrswende alle Potenziale schnellstmöglich ausgeschöpft werden.

Die Möglichkeiten zur Optimierung einer Flotte werden meist durch ein Mobilitätsmanagement erhoben, geplant, umgesetzt und evaluiert. Unter den Schlagwörtern VERMEIDEN – VERLAGERN – VERBESSERN befasst sich ein betriebliches Mobilitätsmanagement mit den Kernbereichen der Verkehrsentstehung, um die verkehrsbedingten Emissionen zu reduzieren. Diese sind die täglichen Wege zur Arbeit, die dienstlichen Wege und der Wirtschafts- und Lastverkehr.

Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes werden die Teilbereiche untersucht, die im Bereich der direkten Einflussnahme durch die Stadtverwaltung liegen. Das sind

- der kommunale Fuhrpark
- und die täglichen Arbeitswege der Mitarbeiter

Die folgende Analyse befasst sich mit dem Bereich der kommunalen Flotte und eines betrieblichen Flottenmanagements der Stadt Bayreuth. In einer weiteren Potenzialanalyse wird die Mobilität der Mitarbeiter untersucht.

1.1 Betriebliches Mobilitätsmanagement (BMM)

Ein betriebliches Mobilitätsmanagement stellt sich der Aufgabe den eigenen betrieblich bedingten und beeinflussbaren Anteil der Mobilität möglichst nachhaltig zu gestalten und so dem Klimaschutz und der Verkehrswende als gesamtgesellschaftliche Aufgabe gerecht zu werden.

Unter Einbezug von bestenfalls ökonomischen, sozialverträglichen und ökologischen Innovationen werden unter den Aspekten Vermeidung, Verlagerung, und Verbesserung neue Formen der Mobilität etabliert und den Mitarbeitern Alternativen zum herkömmlichen, gewohnten Mobilitätsverhalten angeboten. Hierbei stellt die E-Mobilität einen maßgeblichen Baustein für die Verkehrswende dar. Aber auch neue Mobilitätsangebote, E-Bikes und Lastenräder, sowie Car-Sharing finden Eingang.

1.1.1 Vorteile

Ein umfassendes BMM schafft viele Vorteile:

- durch die Einsparung von Treibstoffen werden Kosten gespart und THG-Emissionen reduziert
- die Verkehrsinfrastruktur wird entlastet, es werden weniger Verkehrsflächen benötigt und Lärm und Emissionen nehmen ab
- durch die Optimierung wird eine Zeit- und Kostenersparnis erzielt

Dies bewirkt eine Senkung des CO_2-Fußabdruckes und fördert die Gesundheit jedes Einzelnen. Neben einem Imagegewinn für den Betrieb in der Außenwirkung bewirkt ein gutes BMM auch einen mentalen Veränderungsprozess innerhalb des Betriebes bei allen Mitarbeitern und fördert nachhaltiges Verkehrsverhalten.

1.1.2 Allgemeine Methodik eines BMM

Ein betriebliches Mobilitätsmanagement umfasst alle Maßnahmen, die ergriffen werden können, um den eigens verursachten Verkehr zu lenken und möglichst zu verringern. Ein Mobilitätskonzept setzt dabei auf Anreize und verringert Hemmnisse. Eine gute Unterstützung bietet dabei die Etablierung einer Koordinationsstelle des Mobilitätsmanagements. Das Vorgehen umfasst gewöhnlich vier Schritte:

1.	Analyse	Mobilitätskosten, Fuhrpark, Wünsche, THG-Bilanz
2.	Potenzialanalyse	Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten, Definition v. Zielen
3.	Maßnahmenentwicklung	Verkehr/ Infrastruktur, Service, Kommunikation
4.	Mobilitätskonzept	Zukunftsfahrplan, Kommunikationsstrategie, Koordinationsstelle

Mit der Fuhrpark-Analyse wird der aktuelle Fahrzeugbestand betrachtet und neben einer Altersstruktur die Nutzungsintensität betrachtet. Hierunter fallen Reichweitenanalyse, Tageskilometerleistung, Planbarkeit und die Betrachtung von Gleichzeitigkeiten.

Typische Ansätze für die Potenzialanalyse sind die Elektrifizierung der Dienstwagenflotte und die Optimierung der Flotte durch Pooling, Reduzierung und Diversifizierung (Mikromobilität).

1.1.3 Ansätze im Klimaschutzkonzept

Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes werden erste Untersuchungen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements durchgeführt. Die kommunale Flotte wird unter verschiedenen Ansatzpunkten und Zuständigkeitsbereichen betrachtet. Die PKW-Flotte der Stadtverwaltung wird hinsichtlich Elektrifizierung, Pooling und Diversifizierung untersucht. Die weitere Flotte der Nutzfahrzeuge wird hinsichtlich der Potenziale durch Elektrifizierung analysiert. Eine detaillierte Untersuchung jedes einzelnen Fahrzeuges mit einer Kosten-Nutzen-Analyse ist im

Rahmen dieses Konzeptes nicht möglich. Hierfür sollte ein umfassendes Mobilitätsmanagement etabliert werden, welches die Weiterführung und Umsetzung der ersten Ansätze aus dem Klimaschutzkonzept übernimmt. Die Mobilität der städtischen Angestellten wird in einer weiteren Potenzialstudie untersucht.

1.2 Wirtschaftlichkeitsanalyse: Umstieg auf E-Mobilität

Exemplarisch für den Umstieg auf E-Mobilität wird eine Wirtschaftlichkeitsanalyse für den Ersatz von einem herkömmlichen PKW durch ein E-Modell berechnet. Ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit sind Anschaffungspreis, Unterhalt, Laufleistung und Wertbeständigkeit. Anhand der folgenden Ausführung werden die wichtigsten Punkte beschrieben, welche auf andere Fahrzeugmodelle übertragen werden können.

1.2.1 Grundlegende Annahmen der Berechnung

Die wirtschaftlichen Berechnungen basieren u.a. auf einer angenommenen Haltedauer von 10 Jahren und auf Restwertanalysen, die sich vereinfacht aus den Wertbeständigkeitskurven mit pauschaler Kilometerleistungs-Korrektur ergeben (Methode nach M. Danner und W. Schwacke).

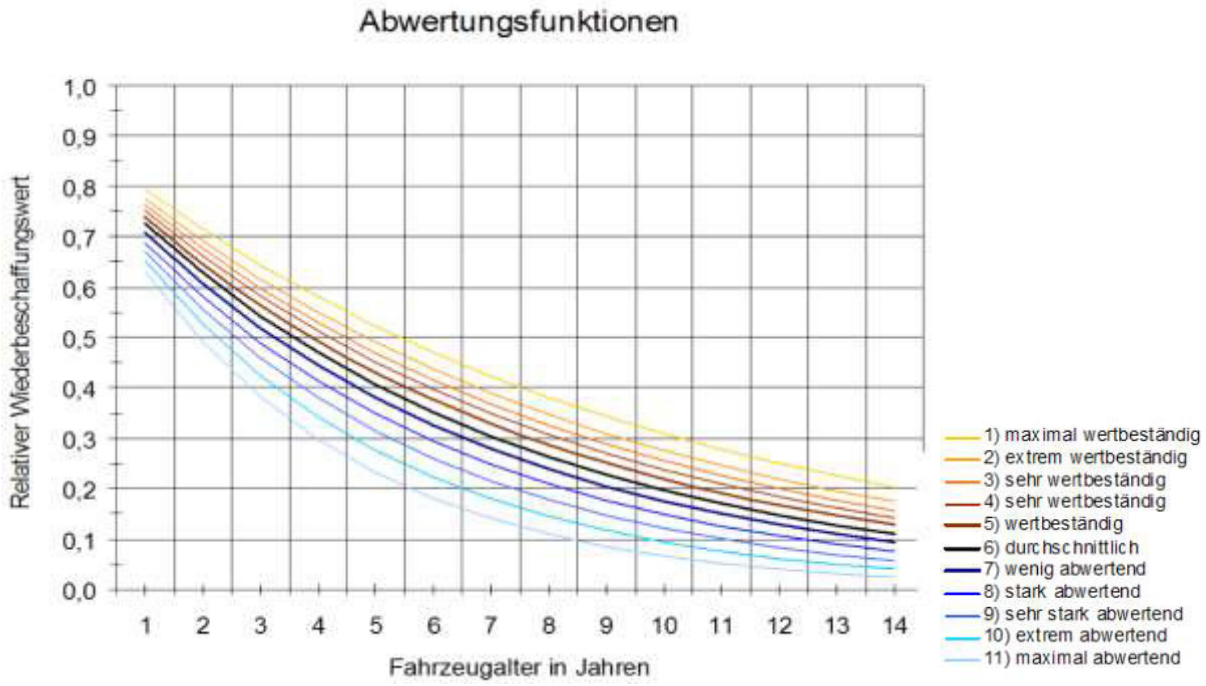

Abb. 1: Marktkurven

(QUELLE: WIELKE 2013)

Die möglichen Marktkurven zeigen Entwicklungen von „maximal abwertend“ bis „maximal wertbeständig“. Für die elektrische Variante wurden zur Analyse der Sensitivität zwei verschiedene Wertbeständigkeitskurven angenommen. Zum einen wird angenommen, dass das E-Fahrzeug wegen der neuen Technologie und dem absehbaren Ende für konventionelle Verbrennungsmotoren im Vergleich zum Verbrenner in Zukunft eher „wertbeständig“ ist. Andererseits könnte ein rascher technologischer Fortschritt innerhalb der E-Fahrzeuge-Technologie auch dazu führen, dass die heute gekauften E-Fahrzeuge bereits in wenigen Jahren veraltet sind und in Zukunft noch bessere Technologien (z.B. bessere Akkus mit höheren Reichweiten, Ladesysteme mit höheren Ladeleistungen und damit kürzeren Ladezeiten, etc.) dazu führen, dass heute gekaufte E-Fahrzeuge eine „stark abwertende“ Wertbeständigkeit aufweisen. Bezüglich des verglichenen Verbrennungsmotors wird grundsätzlich immer eine „stark abwertende“ Wertbeständigkeit angenommen. Diese stellen heute bereits ein Auslaufmodell dar, da diese im Vergleich zu E-Fahrzeugen sehr ineffizient sind, hohe Treibhausgasemissionen aufweisen und sich alle Fahrzeug-Hersteller in der Zwischenzeit zumindest mittelfristig auf die Produktion von emissionsfreien Antriebsmodellen und insbesondere von E-Fahrzeugen umstellen.

Es wurden darüber hinaus die folgenden weiteren Annahmen getroffen:

Tab. 1: Übergeordnete Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Umgebungsvariablen:		
Nutzungszeitraum:	10 Jahre	
Preissteigerung fossile Kraftstoffe:	2,50 %/a	seit Einführung Euro im Jahr 2002
Preissteigerung Strom:	2,70 %/a	seit Einführung Euro im Jahr 2002
Allgemeine Preissteigerung:	2,50 %/a	Annahme

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

Des Weiteren wurde die aktuell gültige und abzusehende CO_2-Steuer des Brennstoff-Emissionshandelsgesetzes für fossile Kraftstoffe berücksichtigt. (Hinweis: Diesbezüglich hat das Bundesverfassungsgericht bereits festgestellt, dass diese nicht ausreichend ist. Es finden deshalb aktuell Diskussionen statt, dass diese CO_2-Bepreisung in den kommenden Jahren nochmals deutlich erhöht werden soll. Daher ist zu erwarten, dass fossile Kraftstoffe wie Benzin und Diesel, Erdgas (CNG) und Autogas (LNG) in Zukunft nochmals deutlich teurer werden, als hier betrachtet!)

Die Versicherungskosten flossen nicht in die Betrachtungen mit ein, da diese i.d.R. bei gleichen oder sehr ähnlichen Fahrzeugen auf demselben Niveau liegen und keine konkreten Angebote für das jeweilige Fahrzeug eingeholt werden konnten. Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass die Versicherungskosten bei dem Ersatzfahrzeug genauso hoch sind, wie die des Ausgangsfahrzeugs. In der Praxis werden aktuell von manchen Versicherungsgesellschaften aber sogar Boni für E-Fahrzeuge gewährt. Dieser möglicherweise zusätzlich vorhandene Kostenvorteil der E-Fahrzeuge sollte bei der Bewertung der Ergebnisse ebenfalls mit einfließen.

1.2.2 Vergleich VW-Caddy zu Renault Kangoo E-Tech

Der VW Caddy ist ein leichtes Nutzfahrzeug (LNF). Schon seit einigen Jahren gibt es für diesen Fahrzeugtyp elektrischen Ersatz. Die bekannteste elektrische Alternative stellt beispielsweise der Renault Kangoo E-Tech dar, in der Version Maxi auch als 5-Sitzer erhältlich. Mit dem 33 kWh großen Akku und einer Reichweite von ca. 230 km (WLTP) kann er die täglichen Fahrten der konventionellen Verbrenner-Variante mit einer Jahresfahrleistung von ca. 6.000 km (täglich 23 km) bzw. ca. 13.000 km (täglich ca. 50 km) problemlos durchführen.

Tab. 2 Beispielhafte elektrische Alternative für LNF inkl. spezifische Annahmen für die Wirtschaftlichkeitskalkulation

	Verbrenner	E-Auto
Fahrzeugbezeichnung:	VW Caddy	Renault Kangoo E-Tech
Bild:		
Basispreis brutto:	23.100,00 €	35.600,00 €
Förderung[1]:	0,00 €	5.000,00 €
Investitionskosten:	23.100,00 €	30.600,00 €
Kraftstoffart:	Diesel	Strom
Verbrauch/100km[2]:	4,4 Liter	14,40 kWh
Verbrauch inkl. Ladeverluste[3]:		15,84 kWh
Spezifische Verbrauchskosten:	1,405 €/Liter	0,25 €/kWh
Verbrauchskosten/100km:	6,18 €	3,96 €
KfZ-Steuer pro Jahr:	200,00 €	57,00 € (ab dem 11. Jahr)
Wartung (geschätzt):	300,00 €/a	200,00 €/a
Reparaturen (geschätzt):	300,00 €/a	200,00 €/a

1) Vergangenes Förderprogramm „Elektromobilität – Beschaffung Elektrofahrzeuge + Ladeinfrastruktur (02/2021)“ des StMVI. Das Förderprogramm ist aktuell ausgelaufen. Es können keine weiteren Förderanträge gestellt werden. Das Programm wurde so oder so ähnlich jedoch in der Vergangenheit periodisch immer wieder neu aufgelegt. Es wird hier davon ausgegangen, dass es in Zukunft auch wieder aufgelegt wird. Der Fördersatz betrug für Kommunen 40% der Mehrkosten für ein Elektrofahrzeug. (Hinweis: Kommunen sind nicht antragsberechtigt für den „Umweltbonus“ des BAFA für E-Fahrzeuge, den private Antragsteller aktuell nutzen können.)
2) lt. Herstellerangabe (WLTP)
3) Es wurden pauschal 10% Ladeverluste angenommen.

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

Der Renault Kangoo eignet sich heute bereits sehr gut als Ersatz für die aktuellen Verbrenner. Nicht nur aus ökologischen Gründen kann die Nutzung der elektrischen Variante empfohlen werden, sondern auch aus ökonomischen Gründen, wie folgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt.

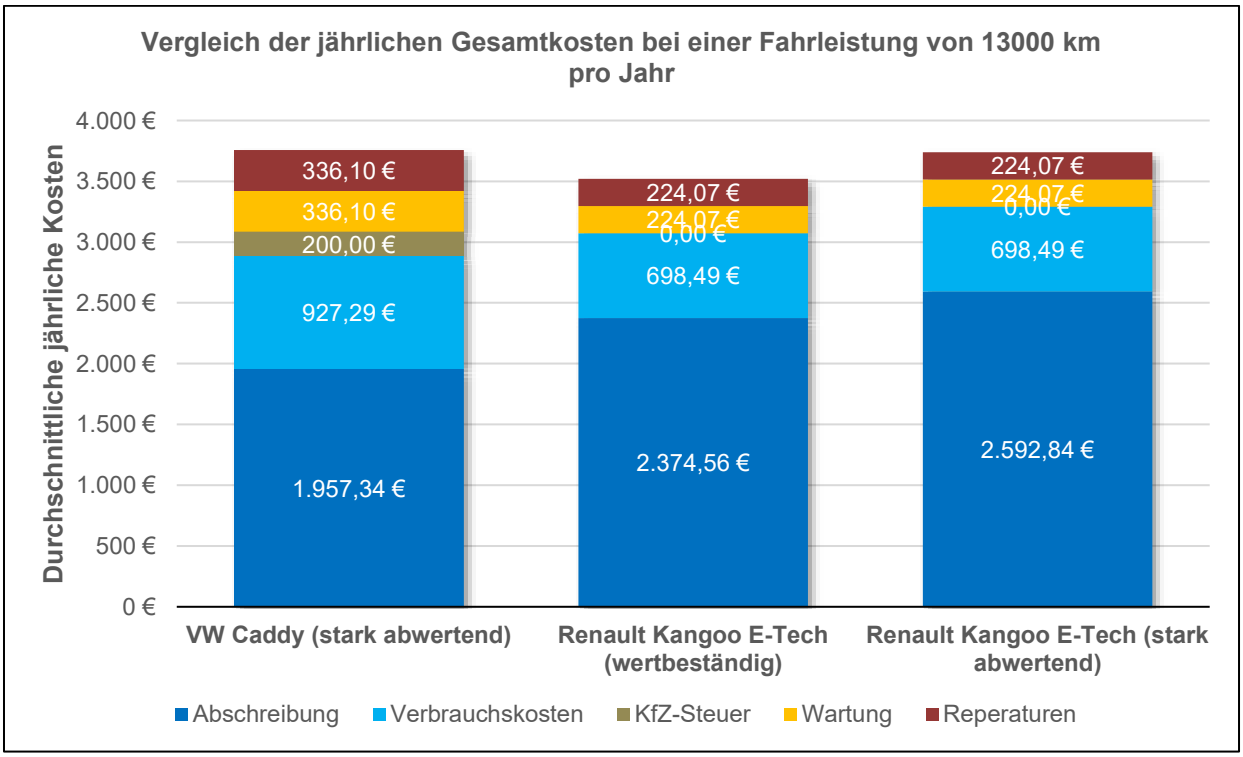

Abb. 2 Kostenvergleich Verbrenner und E-Variante (VW Caddy, 13.000 km/a)

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

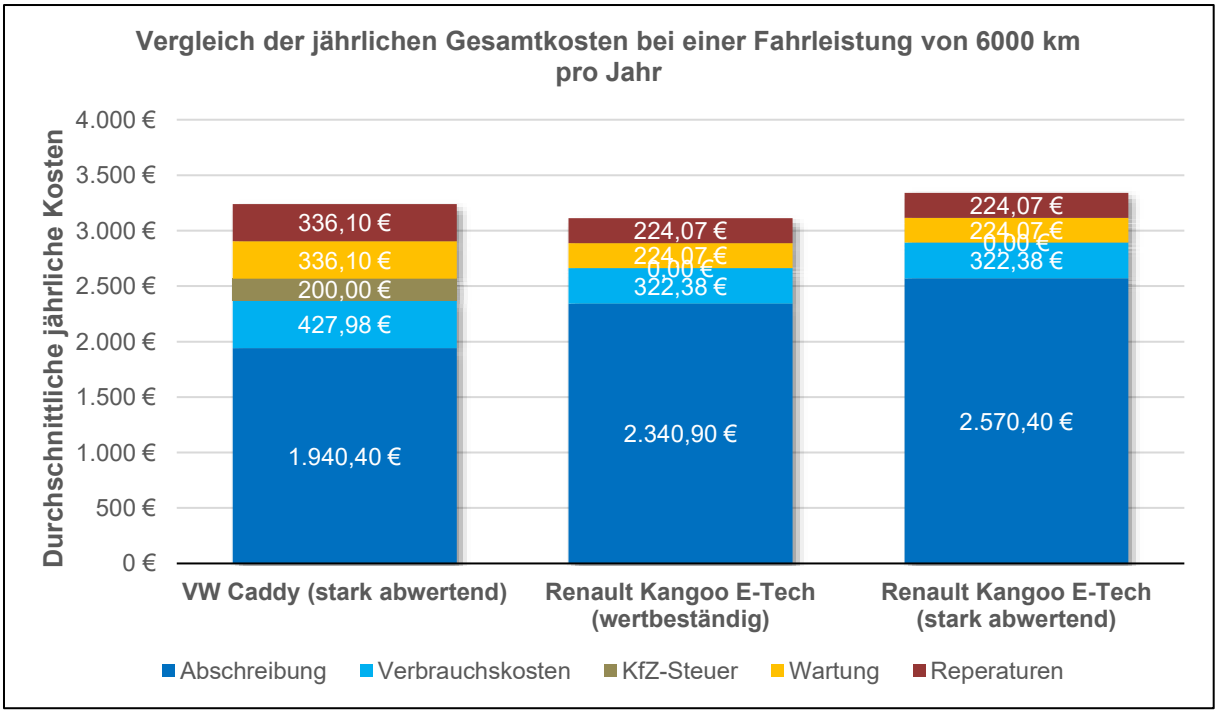

Abb. 3 Kostenvergleich Verbrenner und E-Variante (VW Caddy, 6.000 km/a)

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

Der Renault Kangoo ist unter der wertbeständigen Annahme bei den angenommenen Fahrleistungen (sowohl bei 6.000 km und bei 13.000 km) bereits günstiger als der konventionelle Verbrenner. Vor allem im Bereich der Wartungs- und Reparaturkosten spielen die wartungsarmen Elektrofahrzeuge ihre Vorteile aus. Auf die betrachtete 10-jährige Haltedauer verursacht der Verbrenner zwischen 1.800 und 3.500 € höhere Kosten. In der risikoaversen Annahme, dass das heute gekaufte E-Fahrzeug durch modernere Technologien stärker an Wert verlieren wird, ist nur die Variante mit 13.000 km jährlicher Fahrleistung auch wirtschaftlich besser. Die Variante mit 6.000 km Fahrleistung ist auf den Betrachtungszeitraum von 10 Jahren und unter den getroffenen Annahmen ca. 500 € teurer.

Der wesentliche Unterschied liegt jedoch in der CO_2-Bilanz. Hier liegen die E-Fahrzeuge deutlich vorne. Werden diese durch erneuerbare Energien geladen (Ökostromtarif, Photovoltaikanlage, o.ä.), können auf den betrachteten Zeitraum insgesamt ca. 22 Tonnen CO_2-Emissionen eingespart werden.

1.2.3 Übertragbarkeit auf andere Modelle

Anhand der vorangegangenen Wirtschaftlichkeitsanalyse lässt sich folgende Aussage für die Umrüstung der kommunalen PKW-Flotte auf Elektromobilität treffen:

Die Nutzung von E-Fahrzeugen statt herkömmlichen Verbrennern ist unter einer risikoaversen Betrachtung mindestens kostenneutral. Im Idealfall können sogar Betriebskosten eingespart werden. Mit Zunahme der jährlichen Kilometerleistung steigt die Wirtschaftlichkeit der E-Fahrzeuge durch den günstigeren Energiepreis an.

Zu den Anschaffungs-, Betriebs- und Unterhaltskosten kommen im Falle der E-Fahrzeuge noch die technische Infrastruktur, also die notwendigen Ladesäulen, hinzu. Gerade für eine kommunale Flotte sind Ladesäulen am Standort der Poolfahrzeuge wichtig.

1.2.4 Was ist mit Wasserstoff?

Der emissionsfreie Alternative zum batterieelektrischen Antrieb ist der Wasserstoff.

Wasserstoff hat den Vorteil einer hohen Reichweite und eines schnellen Ladevorgangs. Jedoch sind die Anschaffungskosten noch sehr hoch und die Tankstellendichte gering. Gleichzeitig sind die Wasserstoffkosten noch hoch, sodass eine Betankung der eines Verbrenners gleicht.

Für die weitere Potenzialanalyse der kommunalen Flotte wurde eine Umrüstung auf Wasserstoff nicht weiter betrachtet. Der entscheidende Punkt dabei sind jedoch nicht die Anschaffungs- und Betriebskosten, sondern der Energieträger Wasserstoff. Für die Erzeugung von grünem Wasserstoff (nur dann kann von einem klimafreundlichen Energieträger gesprochen werden) wird Wasser und erneuerbar erzeugter Strom benötigt. Der Wirkungsgrad für Herstellung und Nutzung als Antrieb in Fahrzeugen liegt bei 25 %-35 % gegenüber 70 % - 80 % bei batterieelektrischen Fahrzeugen (siehe nachfolgenden Exkurs). Der regenerativ erzeugte Strom kann folglich wesentlich effizienter im direkten batterieelektrischen Antrieb umgesetzt werden.

Aufgrund der geringen Wirkungsgrade in der Energiebereitstellung werden sich Wasserstoff-PKW nicht marktfähig durchsetzen. Im Bereich des Schwer- und Fernverkehrs können die geringen Wirkungsgrade möglicherweise durch die Vorteile der guten Speicherfähigkeit aufgewogen werden.

Exkurs: Wirkungsgrade verschiedener Antriebsformen

Es werden aktuell Methoden („Power-to-X“) diskutiert, um künstliche bzw. „synthetische“ Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren herzustellen, sogenannte „E-Fuels“. Theoretisch könnten hierfür regenerative Energien genutzt werden. In diesem Zusammenhang besteht die Problematik, dass die synthetischen Kraftstoffe zum einen mit hohen Wirkungsgradverlusten hergestellt werden müssen und zum anderen mit einem sehr ineffizienten Verbrennungsmotor genutzt werden, der am Ende nur ca. 40% der wertvollen regenerativen Energien nutzen könnte. Der Gesamtwirkungsgrad (η) der benötigten Energie zum Erzeugen der synthetischen Kraftstoffe bis zur dann tatsächlich genutzten kinetischen Energie liegt bei nur max. ca. 12-20%.

Dem gegenüber steht der sehr effiziente Elektromotor. Dieser wandelt die eingesetzte Energie inkl. Wirkungsgradverluste der benötigten vorgeschalteten Fahrzeug-Batterie zu etwa 85-90% in kinetische Energie um. Damit ist der Elektromotor bezüglich Energieeffizienz deutlich besser zu bewerten als der Verbrennungsmotor. Der Mobilitätsbedarf sollte hinsichtlich der Energieeffizienz und der nur begrenzt zur Verfügung stehenden regenerativen Energien in Zukunft also durch den Elektromotor bereitgestellt werden.

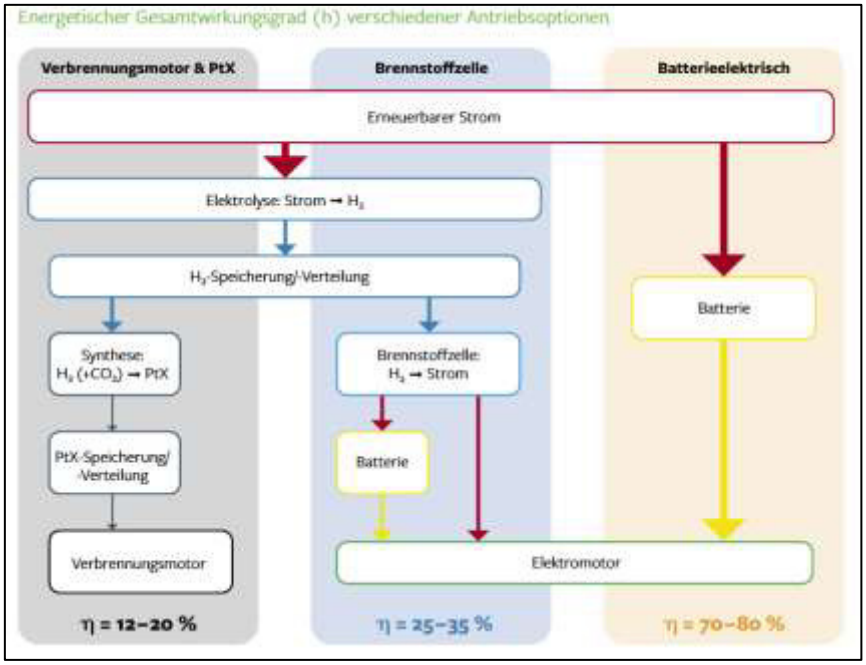

Abb. 4 Energetischer Gesamtwirkungsgrad verschiedener Antriebsoptionen

(QUELLE: SRU 2017, S.86)

Bezüglich des Elektromotors bieten sich aus heutiger Perspektive zwei Varianten an.

Auf der einen Seite können regenerative Energien unmittelbar in die Batterie des Elektrofahrzeugs gespeichert werden. Werden hier auch Transportverluste im Stromnetz und weitere Speicherverluste für zeitversetztes und bedarfsgerechtes Laden berücksichtigt (der zur Verfügung stehende regenerative Strom kann vielleicht nicht immer genau dann in die Elektrofahrzeuge gespeichert werden, wenn er anfällt), weisen reine Elektrofahrzeuge einen Gesamtwirkungsgrad von ca. 70 % bis 80 % auf.

Auf der anderen Seite können die regenerativen Energien im Vorfeld mittels Elektrolyse in reinen Wasserstoff (H_2) umgewandelt werden. In diesem Konzept dient der Wasserstoff als universeller Energiespeicher, der in dem konventionellen System der Kraftstoffdistribution verteilt werden kann. Der Wasserstoff kann dann in einer Brennstoffzelle wieder in Strom für den Elektromotor umgewandelt werden. Der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle in Höhe von 60% ist hier zwar deutlich besser als beim Verbrennungsmotor, jedoch bereits schlechter als der Gesamtwirkungsgrad des reinen batterieelektrischen Fahrzeugs. Darüber hinaus muss auch der Strom der Brennstoffzelle zunächst in einer Batterie gepuffert werden, wodurch hier dieselben Verluste wie im reinen batterieelektrischen Fahrzeug entstehen. Hinzu kommen zusätzliche 30 % Verluste bei der Elektrolyse. Inklusive Transport und Lagerung weist das Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug einen Gesamtwirkungsgrad von nur ca. 25 % bis 35 % auf.

Die beiden Varianten für Elektromotoren haben für viele Anwendungszwecke unterschiedliche Vor- und Nachteile. Das Thema wird sehr kontrovers und vor allem im „Autoland Deutschland“ teils auch sehr emotional diskutiert. Dabei wird beidseits viel Kritik hinsichtlich der technischen Umsetzung und der Ressourceneffizienz geäußert.

In Anbetracht der begrenzten vorhandenen Potenziale und im Hinblick auf eine möglichst hohe Energieeffizienz bieten reine batterieelektrische Fahrzeuge das höchste erschließbare Effizienzsteigerungspotenzial (vgl. SRU 2017).

2. Analyse kommunale Flotte Stadt Bayreuth

2.1 Bestandsanalyse

Die gesamte Fahrzeugflotte der Stadt Bayreuth umfasst insgesamt 226 Fahrzeuge. Die gesamte Fahrzeugflotte unterliegt vier Zuständigkeits- und Anspruchsbereichen: Bauhof, Stadtgartenamt, Feuerwehr und Stadtverwaltung.

Die Analysen zur städtischen Fahrzeugflotte befassen sich in einem ersten Schritt mit dem energetischen Fußabdruck der gesamten Flotte. In einem zweiten Schritt werden die PKWs der Stadtverwaltung bezüglich eines gemeinsamen Fahrzeugpools und der Umrüstung auf Elektromobilität betrachtet. In den anderen Zuständigkeitsbereichen liegen sehr spezielle

Ansprüche an die Fahrzeuge vor, sodass Bauhof, Stadtgartenamt und Feuerwehr nicht in einen gemeinsamen Fahrzeugpool eingegliedert werden können. In einem dritten Schritt wird die Möglichkeit der Elektromobilität bei Nutzfahrzeugen analysiert.

2.1.1 Energetischer Fußabdruck der gesamten städtischen Flotte

Die energetische Ermittlung der städtischen Fahrzeugflotte wird den Auswertungen der Energie- und THG-Bilanz im Klimaschutzplaner entnommen. Hierfür wurden alle Fahrzeuge der städtischen Flotte mit ihrer jährlichen Fahrleistung und Energieverbrauch erhoben und in die Kategorie PKW, LNF und LKW eingeteilt. Anschließend erfolgte eine Zusammenführung der Energieverbräuche nach Kraftstoffen (Benzin, Diesel, Elektro).

Die Auswertungen des Klimaschutzplaners ergaben für das Jahr 2019 folgende Werte:

Tab. 3 Energiebilanz kommunale Flotte

	[MWh]	[t THG]
Benzin	128	40
Diesel	1.531	483
Elektro	3	2
PKW	175	55
LNF	314	99
LKW	1.173	370
kom. Flotte gesamt	1.662	524
Verkehr in Bayreuth	479.959	150.908
Anteil kom. Flotte	0,3%	0,3%

(QUELLE: KLIMASCHUTZPLANER NACH ANGABEN STADTVERWALTUNG, BEARBEITUNG EVF)

Die kommunale Flotte hat nur einen sehr geringen Einfluss auf die verkehrsbedingten THG-Emissionen innerhalb der gesamten Stadt Bayreuth. Selbst wenn die Flotte vollständig auf E-Mobilität umgerüstet und alle Kurzstrecken per Fahrrad zurückgelegt werden, sind THG-Einsparungen von nur 0,3 % der gesamten verkehrsbedingten THG-Emissionen möglich.

Die Bedeutung der kommunalen Flotte liegt jedoch in der Öffentlichkeitswirkung. Der Vorbildcharakter der städtischen Verwaltung und ihrer Betriebe muss durch die richtige öffentlichkeitswirksame Kommunikation nach außen getragen werden. Durch eine verstärkte

positive Wahrnehmung der Thematik können ein Umdenken und eine Verhaltensänderung in anderen Institutionen und bei den Bürgern bewirkt werden.

2.1.2 PKW-Flotte der Stadtverwaltung

Insgesamt sind in der Stadt Bayreuth 40 PKWs im Einsatz (Stand März 2021). 28 Fahrzeuge davon stehen der Stadtverwaltung und den einzelnen Dienststellen zur Verfügung. Die weiteren 12 Fahrzeuge sind bei Bauhof, Stadtgartenamt und Feuerwehr im Einsatz.

Die 28 PKW der Stadtverwaltung werden einer genaueren Analyse bezüglich Zusammenlegung als Fahrzeugpool und Umrüstung auf Elektromobilität unterzogen. Es wird der Fahrzeugstand von März 2021 betrachtet.

Aktuell besteht die kommunale Fahrzeugflotte der Stadtverwaltung zu 93 % aus herkömmlichen Verbrennern (75 % Benzin; 18 % Diesel). Ein Hybrid- und ein Elektrofahrzeug sind im Einsatz was je 3,6 % der Flotte entspricht.

Die Altersstruktur der PKW-Flotte zeigt eine anstehende Erneuerung auf. 36 % der Flotte sind bereits 10 Jahre und älter. Weitere 32 % sind aus den Jahren 2011 bis 2015. Bei einer Neustrukturierung der Flotte ist die Altersstruktur im Zuge von Reduzierung und / oder Ersatz der Fahrzeuge zu berücksichtigen.

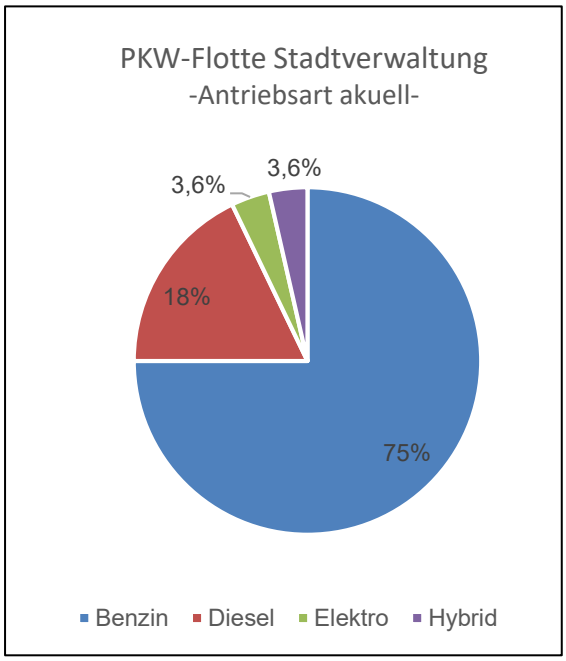

Abb. 5 PKW-Flotte Antriebsarten

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

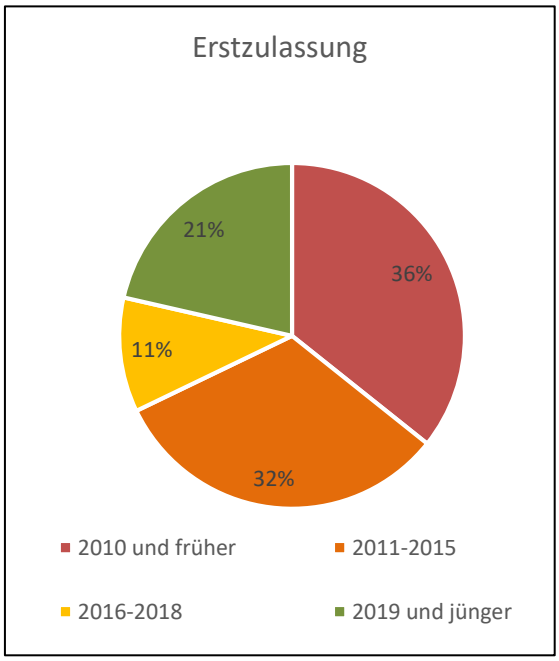

Abb. 6 PKW-Flotte Erstzulassungen

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

Fahrleistung

Die jährliche Fahrleistung der einzelnen Fahrzeuge gibt Aufschluss über die Nutzungsintensität und ein mögliches Potenzial zur Verwendung im Fahrzeugpool.

Innerhalb der PKW-Flotte ist die jährliche Fahrleistung der einzelnen PKW sehr unterschiedlich. Jedoch überwiegt mit insgesamt 68 % die geringe Nutzung bis 10.000 km/a. Neun Fahrzeuge (32 %) fallen sogar unter die Kategorie bis 5.000 km im Jahr. Die Fahrleistung lässt keinen Rückschluss auf die Häufigkeit der Nutzung zu. Jedoch ist anzunehmen, dass die geringe Fahrleistung durch den Einsatz für innerstädtische kurze Strecken zustande kommen.

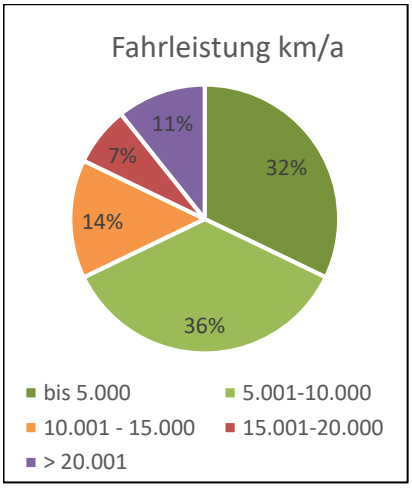

Abb. 7 PKW-Flotte Fahrleistung

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

Für die weitere Planung der Neustrukturierung der kommunalen Flotte ist das von Bedeutung. So können durch die Übernahme der innerstädtischen Dienstfahrten per Dienstrad/ E-Bike, sowie durch die Zusammenlegung der PKWs der Stadtverwaltung zu einer gemeinsamen Flotte Anschaffung und Unterhalt von Fahrzeugen eingespart werden.

- jährliche Fahrleistung gesamt: 323.900 km
- durchschnittliche Fahrleistung: 11.600 km
- Medianwert: 7.000 km
- Fahrleistung pro PKW: zwischen 1.000 km und 90.000

Durch die hohe Bereitschaft der städtischen Mitarbeiter*innen innerstädtische Dienstfahrten per Dienstrad/E-Bike zurückzulegen (68 % haben dies bei der Befragung zum Mobilitätsverhalten angegeben, siehe „Potenzialanalyse Mobilität Mitarbeiterbefragung“), ist eine gute Voraussetzung dafür vorhanden.

2.2 Potenzialermittlung: Fahrzeugpool

2.2.1 Reduzierung der Fahrzeuge durch Zusammenlegung

In einer ersten Analyse wurde aus technischer Sicht untersucht, welche Fahrzeuge für ein Fahrzeugpool grundsätzlich in Frage kommen und welche aufgrund der Nutzungsansprüche nicht geeignet sind. Insgesamt wurden neun PKW als pooltauglich und vier weitere als eingeschränkt pooltauglich eingestuft. Diese Analyse kann als erste Grundlage für die konkrete Planung des Pools dienen. Vor einer Umsetzung ist die Gleichzeitigkeit der genauen Nutzungszeiten, sowie spezielle Anforderungen an Ausstattung der Fahrzeuge mit den einzelnen Dienststellen zu klären.

Anhand der vorliegenden angegebenen Nutzungsansprüche und Kilometerleistungen wird davon ausgegangen, dass bei einer Zusammenlegung der Fahrzeuge zur gemeinsamen Nutzung, die Flotte um zwei Fahrzeuge reduziert werden kann. Hierbei fällt die Wahl auf die Fahrzeuge mit der geringsten Laufleistung:

- BT-PL 30 und BT-UA 2
- BT-K 55 und BT-K 66

Aufgrund des Alters würde in diesen Fällen BT-PL 30 (Baujahr 2008) und BT-K 55 (Baujahr 2012) nicht mehr ersetzt werden und die Nutzung durch die anderen Fahrzeuge übernommen werden, bzw. zusätzlich durch Diensträder / E-bikes und Lastenräder gefahren werden.

- BT-BT 6 fungiert aktuell bereits als Verleihfahrzeug

In Tab. 4 sind alle für ein Pooling in Frage kommenden Fahrzeuge aufgelistet.

Tab. 4 Mögliche PKW der Stadtverwaltung für ein Fahrzeugpool

Poolfahr-zeug	Dienststelle	Kennzeichen	Hersteller	Fahrzeugtyp	Erstzulassung	akt. jährl. Kilometer-leistung
ja	PL	BT-PL 30	VW	Polo	05.11.2008	3.000
ja	UA	BT-UA2	Skoda	Yeti	18.10.2011	4.000
ja	BOA	BT-K 66	Skoda	Roomster	08.08.2014	6.000
ja	BOA	BT-K 55	Skoda	Roomster	14.11.2012	6.400
ja	GR	BT-L 4000	Mazda	CX 5	04.12.2020	8.000
ja	HT	BT-BT 6	VW	Caddy	02.04.2020	12.000
ja	VKA /VÜD	BT-V200	Skoda	Fabia	31.07.2013	12.150
ja	VKA	BT-V 100	Skoda	Fabia	16.01.2012	26989
ja	HT	BT-BT 9	VW	Caddy	05.02.2021	90.000
evtl	SVWA	BT-SV 55	VW	Up!	27.07.2016	7.250
evtl	OB	BT-BT 1	Audi	A 6	11.03.2019	10450
evtl	J	BT-J 700	Skoda	Fabia	01.07.2013	12.000
evtl	J	BT-J 701	VW	Touran	01.08.2007	25.000

(QUELLE: STADTVERWALTUNG BAYREUTH 2021; BEARBEITET DURCH EVF)

2.2.2 Einsparungen durch Diensträder

Aktuell können bereits Diensträder im Hauptamt beantragt werden. Die Einführung von Diensträdern bewirkt in verschiedenen Bereichen Einsparungen und bringt Vorteile mit sich:

- Anschaffungskosten und Unterhalt
- Flächeninanspruchnahme
- Energiekosten und THG-Emissionen
- Zeitaufwand
- Gesundheit

Kosten, Unterhalt und Flächeninanspruchnahme

Nutzen, Kauf und Unterhalt eines Verkehrsmittels verursachen dem Nutzer aber auch der Allgemeinheit Kosten (zzgl. externe Kosten: Umweltwirkung, Lärm, Emissionen). Im Vergleich

zu anderen Verkehrsmitteln, wie etwa dem PKW sind Kosten des Rads deutlich geringer. Nutzungskosten eines Fahrrades liegen bei rund 10 Cent/ km, hier sind Anschaffungspreis, Reparaturen sowie fahrradspezifische Ausstattung bereits berücksichtig. Im Vergleich dazu verursacht ein durchschnittlich genutzter Mittelklassewagen (Wertverlust, Reparatur, Versicherung, Stellplatzkosten und Betriebsmittel berücksichtigt) zwischen 40 und 140 Cent/ km (vgl. UBA 2021).

Neben den positiven Umwelteffekten und den monetären Einsparungen, profitieren auch Kommunen von der Nutzung des Fahrrads als Mobilitätsalternative. Bau und Unterhalt von Radverkehrsinfrastruktur sind deutlich günstiger und nehmen weniger Fläche in Anspruch als vergleichbare Infrastrukturmaßnahmen des MIV. So liegen beispielsweise Baukosten eines PKW-Stellplatzes „zwischen 3.000 € (ebenerdig, ohne Dach) und 25.000 € (Tiefgaragenplatz)“ (vgl. UBA 2021). Radabstellanlagen hingegen kosten im Bau etwa 50 € - 120 € je Stellplatz/ Abstellbügel (bis 300 € überdachte Abstellanlage) und bieten auf der gleichen Fläche sechs bis acht Fahrrädern Platz (ebenerdig, ohne Dach) (vgl. UBA 2021).

Gesundheit

Zusätzlich zu volkswirtschaftlichen Effekten, profitieren Einzelpersonen auch direkt von einer regelmäßigen Fahrradnutzung. Es ist förderlich für den allgemeinen Gesundheitszustand, beugt Osteoporose vor, verbessert das allgemeine Wohlbefinden, hilft gegen Depressionen und verhindert nachweislich Diabetes und Herz-Kreislauf-Erkrankungen (vgl. NVBW 2016). Laut Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) reduzieren bereits 22 Minuten Bewegung pro Tag die Krankheitskosten für das Gesundheitssystem und die Wirtschaft deutlich. So spart ein Fahrradfahrer, der seinen Arbeitsweg regelmäßig mit dem Rad zurücklegt, im Vergleich zu einem nicht trainierenden PKW-Pendler Gesundheitskosten in Höhe von ca. 2.000 € pro Jahr ein (vgl. Fraunhofer ISI 2013).

Zeitaufwand

Oft wird das Argument des Zeitvorteiles bei Nutzung des PKWs angeführt. Gerade im Stadtverkehr ist dieser jedoch häufig überschätzt, da die gesamte Reisezeit neben der reinen Fahrzeit auch Zu- und Abgangszeit sowie verkehrsmittelspezifisch auch Wartezeit, Umsteigezeit, Parkplatzsuche, etc. enthält. Eine Untersuchung des Umweltbundesamtes hat gezeigt, dass das Fahrrad bei Entfernungen bis einschließlich 5 km das schnellste Verkehrsmittel im Stadtverkehr sein kann. „Grund hierfür sind der geringere Zeitaufwand für die Suche nach einer Abstellmöglichkeit / einem Parkplatz und häufig kürzere Wege vom Parkplatz zum Zielort. Mit dem Fahrrad ist häufig das nähere Heranfahren an das Ziel möglich. Das Pedelec mit den möglichen höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten ist sogar auf bis zu 10 km langen Wegen mit dem PKW konkurrenzfähig. Auch bei Entfernungen bis 20 km ist der Zeitunterschied zwischen Pedelec- und PKW-Nutzung marginal“ (ZM 2018).

THG-Emissionen

Werden durch Diensträder und Lastenräder insgesamt rund 8.000 PKW-km vermieden, entspricht das einer Einsparung von rund 1,7 t THG-Emissionen im Jahr.

Folgende Berechnungsgrundlage und Annahmen liegen hierfür zugrunde: Die beiden PKW, welche im Fahrzeugpool nicht weitergeführt werden, haben gemeinsam eine jährliche Fahrleistung von 9.400 km. Diese müssen über die anderen Fahrzeuge mit abgedeckt werden. Die Einführung von Dienst- und Lastenrädern leistet hierbei eine wichtige Unterstützung. Es können nicht eins-zu-eins die beiden PKW durch Fahrräder ersetzt werden. Jedoch können verschiedene Fahrten anderer PKW ebenfalls durch Dienst-, Lastenräder übernommen werden. Demzufolge wird die Annahme getroffen, dass 8.000 PKW-km eingespart werden können.

Im Bereich der überregionalen Dienstfahrten sollte eine primäre Nutzung der Bahn angestrebt werden. Per Dienstanweisung sollte festgelegt werden, dass grundsätzlich die Nutzung der Bahn als Verkehrsmittel zu prüfen ist. Es müssen in diesem Zuge auch Kriterien festgelegt werden, u.a. welcher Zeit-Mehraufwand gerechtfertigt ist, in welchem Umfang die Reisezeit als Arbeitszeit gilt etc. (Weitere Anforderungen und Hindernisse sind in der Befragung zum Mobilitätsverhalten der städtischen Mitarbeiter genannt).

2.2.3 Ausblick kommunaler PKW-Pool

Nach Einführung des kommunalen PKW-Pools sollte dieser kontinuierlich analysiert werden. Durch die Zusammenlegung und der Einsparung von zwei PKWs plus der Anschaffung von vier Dienst-, und Lastenrädern ist eine gewisse Umstrukturierung der Nutzung der Dienstfahrzeuge notwendig. Gegebenenfalls sind weitere Diensträder gewünscht und erforderlich und es können noch weitere PKW eingespart werden. Eventuell ist auch die Eingliederung weiterer PKW in das Pooling möglich.

Für die Auswertung der Nutzungen (Dauer, Strecke etc.) sowie für die Reservierung, Planung und Buchung der Fahrzeuge inkl. Diensträder ist ein einfaches Buchungssystem erforderlich. Wenn möglich ist dabei die Nutzung der Diensträder (inkl. Lastenräder) zu priorisieren und eine Nutzung des PKW bei der Buchung zu begründen. Hierdurch soll der Umstieg auf die Diensträder gefördert werden. Gerade am Anfang ist der Umstieg vom PKW auf das Rad oft mit Skepsis verbunden und eine Fortführung des gewohnten Verhaltens wird bevorzugt.

2.2.4 Flottenerneuerung

Bei der kontinuierlichen Umstellung der Fahrzeugflotte auf E-Mobilität sind bei der Auswahl der neuen Fahrzeuge verschiedene Kriterien zu berücksichtigen. Wie bei allen Fahrzeuganschaffungen steht dabei die Frage nach erforderlichen Nutzungsansprüchen an erster Stelle. Wird das Fahrzeug primär für den Personentransport benötigt, dabei unterschieden nach 1-2 Personen oder mehr, oder steht der Materialtransport an erster Stelle. Diese Fragestellungen sind entscheidend für die Wahl der Fahrzeuggröße und Ausstattung. Eine weitere wichtige Frage, besonders bei der Elektromobilität ist die Frage nach den täglichen Fahrstrecken. Wird das Fahrzeug eher in der näheren Umgebung, oder für Langstrecken benötigt. Hiervon hängt die benötigte Reichweite und damit die erforderliche Akkuleistung ab. Hierbei entscheidend ist nicht, welche Reichweite in Ausnahmefällen (z.B. Dienstreise nach München) benötigt wird, sondern welche gewöhnliche Entfernung im Alltagsbetrieb zurückgelegt wird. Bei Fahrten innerhalb des Landkreises sollten auch geringere Laufleistungen von ca. 200 km ausreichen. Mittlerweile sind auch in größeren Ortschaften öffentliche Ladesäulen vorhanden, sodass während des Termins geladen werden kann.

In der folgenden Tabelle sind aktuelle Fahrzeugmodelle verschiedener Anbieter nach Größenklasse und Laufleistung aufgeführt, dabei wurde die Reichweite (Akkuleistung) den entsprechenden Jahresfahrleistungen angepasst. Für Kurzstrecken (Jahresleistung bis 3.000 km) eigenen sich als Ersatz auch E-Bikes, Lastenräder und der Renault Twizy. Die Tabelle stellt eine kleine Auswahl aktueller Modelle namhafter Hersteller dar. Der Markt an E-PKW ist in den letzten Jahren rasant gewachsen und entwickelt sich kontinuierlich weiter. Die folgende Tabelle gibt nur einen kleinen Ausschnitt der zur Auswahl stehenden Modelle dar.

Tab. 5 E-Mobilität: Austauschmodelle – eine beispielhafte Auswahl

	Jahresleistung bis 15.000 km		Jahresleistung über 15.000 km	
Fahrzeugklasse	**Model**	**Akkuleistung [kWh]**	**Model**	**Akkuleistung [kWh]**
Kleinwagen	ID.1 ab 2023/2024		Renault Zoe	55
	Renault Twingo electric	21,4	Opel Corsa-e	50
			Peugot e-208	50
Mittelklasse	VW ID.3	45 & 58	VW ID.3	77
	BMW i3	42	Skoda Enyaq	51, 58, 77
PKW Groß	Fiat E-Ducato	47	Fiat E-Ducato	79
	Renault Kangoo E-Tech	44	VW ID.4	77
	VW ID.4	52	Tesla Model 3	55 - 60
PKW Groß - Ladefläche	Fiat E-Ducato	47	Fiat E-Ducato	79
	Nissan e-NV	40	Nissan e-NV	40
	Renault Kangoo E-Tech	33 & 44		
LNF- klein (Ladevolumen 4,4m³)	Opel Combo-e Cargo (aktuell noch nicht erhältlich)	50	Opel Combo-e Cargo (aktuell noch nicht erhältlich)	vorr. 75
LNF- groß (Ladevolumen 6,6m³)	Opel Vivaro-e	50	Opel Vivaro-e	75
Prestige PKW			Audi e-tron	71
			BMW iX3	73
			Mercedes EQC	76

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

Ein möglicher Ersatz der aktuellen städtischen PKW-Flotte durch E-Fahrzeuge wird in folgender Tabelle wiedergegeben.

Tab. 6 mögliche Austauschmodelle für kommunale PKW-Flotte

Aktuelle Fahrzeuge		Mögliche Ersatzmodelle
Audi	A 6 Limousine	Audi e-tron, BMW iX, Mercedes EQS, Tesslar Model S, Y
Ford	Kombi	Renault Kangoo
Mazda	CX 5	POOL
Mitsubishi	Elektroauto	Renault Twizy, Renault Twingo electric
Opel	Combo	Opel Combo-e, Vivaro-e, Streetscooter, Renault Kangoo
Skoda	Fabia	Renault Kangoo, Skoda Enyaq, VW ID4, Renault Zoe
Skoda	Roomster	Renault Kangoo maxi
Skoda	Yeti	Renault Kangoo
VW	Caddy	Renault Kangoo
VW	Fox	VW e-UP!, Renault Twingo Electric
VW	Passat	VW ID4, BMW i3, Skoda Enyaq
VW	Polo	Renault Kangoo
VW	Touran	VW ID4, BMW i3, Skoda Enyaq
VW	Up!	VW e-Up!, ID.1

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

Für die Neuanschaffung und den Unterhalt von Fahrzeugen fallen immer Kosten an. Diese sind in der Anschaffung aktuell für E-Fahrzeuge höher, hingegen gestaltet sich der Unterhalt günstiger. Eine Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen ist unter Punkt 1.2 exemplarisch aufgeführt. Es ist grundsätzlich von einem annähernd gleichen Kostenaufwand über eine Nutzungsdauer von ca. 10 Jahren auszugehen. Die höheren Anschaffungskosten bei Elektroautos werden durch die geringeren Betriebskosten je nach Nutzungsintensität ausgeglichen.

Für die Neustrukturierung der PKW-Flotte ist auch eine genaue Analyse der Dienstreisen angeraten. Dienstreisen in andere Städte sollten bevorzugt per Bahn vollzogen werden. Gerade Langstrecken in Partnerstädte sind unter Gesichtspunkten des Klimaschutzes per Bahn durchzuführen.

2.3 Potenzialermittlung: E-Mobilität Nutzfahrzeuge / Spezialfahrzeuge

2.3.1 Bestandsanalyse Nutzfahrzeuge

Die kommunale Flotte umfasst insgesamt 226 Fahrzeuge in den Bereichen Stadtverwaltung, Stadtgartenamt, Bauhof und Feuerwehr. Darin enthalten sind unter anderem 40 PKW und 36 LKW. Den größten Anteil bilden die 75 Sonderfahrzeuge mit verschiedenen Spezifikationen und speziellen Einsatzbereichen. Weiterhin sind vier Elektrofahrzeuge bereits im Einsatz, drei davon am Bauhof unter anderem bei der Straßenreinigung und Abfallbeseitigung. Im Stadtgartenamt ist ein elektrischer Pritschenwagen im Einsatz.

98 % der Fahrzeuge sind mit herkömmlichen Verbrennermotoren betrieben. Hauptsächlich kommt dabei Diesel zum Einsatz. Bei den Spezial-Fahrzeugen der Feuerwehr kommen Diesel, wie auch Benzin zum Einsatz.

Der energetische Fußabdruck der gesamten kommunalen Fahrzeugflotte ist in 2.1.1 dargestellt. Auf eine differenzierte Betrachtung nach Zuständigkeitsbereichen innerhalb der Flotte wird verzichtet.

Tab. 7 Kommunale Flotte Stadt Bayreuth (Stand April 2021)

PKW	40
LKW	36
LNF	27
Elektrofahrzeug	4
Zugmaschinen	30
Sonderfahrzeuge	75
Baumaschinen u. Unterhalt (Bagger, Mähmaschinen etc.)	14

(QUELLE: STADT BAYREUTH, EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

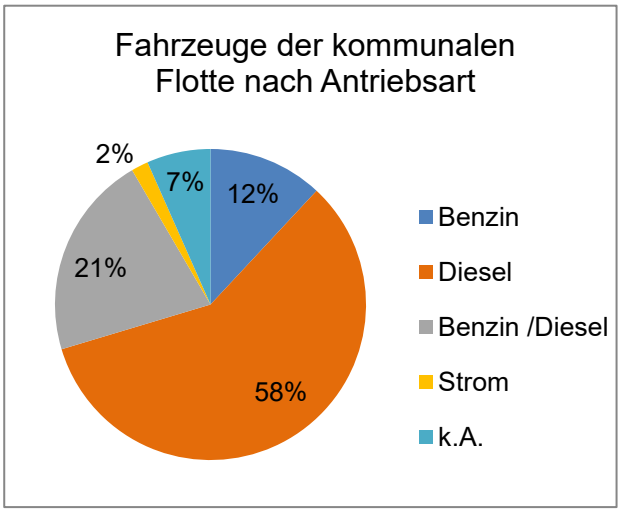

Abb. 8 Nutzfahrzeuge nach Antriebsart

(QUELLE: STADT BAYREUTH, EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

2.3.2 Potenzialanalyse Nutzfahrzeuge

Elektrifizierung der Flotte

Auch im Bereich der Nutzfahrzeuge schreitet die Elektrifizierung voran, immer neue Modelle werden entwickelt.

Mit dem E-StreetScooter ist ein variables Modell auf dem Markt, welches sowohl als Kastenwagen, als auch als Pritschwagen erhältlich ist. Ähnlich wie die Modelle von Goupil und Aixam, welche bereits bei Bauhof und Stadtgartenamt im Einsatz sind. Auch die Entwicklung der elektrischen Spezialfahrzeuge mit besonderen Ansprüchen, wie Sammeln, Kehren, Räumen, Bewässern, schreitet voran.

Im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge (Kleintransporter und Pritschenwagen) gibt es bereits von verschiedenen Herstellern Modelle und gerade im Bereich der Kastenwägen eine größere Auswahl. Eine Übersicht über aktuelle elektrische Nutzfahrzeuge ist über die Fahrzeugdatenbank des BMVI / Now GmbH unter www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de einsehbar. Hier sind auch die aktuellen Förderrichtlinien und Förderaufrufe zu finden.

Umrüstmodelle

Da noch nicht für alle Ansprüche Modelle entwickelt sind, bzw. der Markt der Nachfrage an Elektrobussen kaum nachkommt, gibt es noch eine weitere Möglichkeit der Elektrifizierung gerade von Sonderfahrzeugen mit speziellen Ansprüchen. So können die vorhandenen Fahrzeuge auf Elektromotoren umgebaut werden. Bei der nachträglichen Elektrifizierung (Retrofit) entfernen die Spezialisten den konventionellen Antriebsstrang u.a. bestehend aus Motor, Getriebe und Differentialachse und bauen dafür einen vollständigen elektrischen Antrieb ein (PAUL 2021). Die Umrüstung der Fahrzeuge ist hierbei eine ganz individuelle Angelegenheit je nach Fahrzeugtyp und Ansprüchen. Eine pauschale Angabe der Kosten und des zeitlichen Aufwandes kann daher nicht getroffen werden. In Deutschland werden solche Umrüstungen z.B. von Paul-Nutzfahrzeuge geplant und durchgeführt. ZF ist in der Produktion serienmäßiger Retrofits für Stadtbusse tätig.

Mit Inkrafttreten der „Clean Vehicles Directive“ 2020 (siehe 3.2.3) steigt der Bedarf an einer Erneuerung der Fahrzeuge. Durch die Umrüstung der Fahrzeuge durch Retrofits kann dem Rechnung getragen werden. Gleichzeitig werden Materialverbrauch und Ressourcen durch die Weiterverwendung der Karosserie geschont.

Potenzial der THG-Emissionsminderung

Die vorhandenen PKW und leichten Nutzfahrzeuge (LNF), wie Transporter und Pritschwägen, können bereits relativ einfach elektrifiziert werden. Werden alle LNF ersetzt, ist damit eine Einsparung von 99 t im Jahr möglich (vgl. 2.1.1).
Für die LKW und Sonderfahrzeuge sind Umrüstungen teilweise möglich. Die Elektrifizierung

dieser Fahrzeuge, sei es durch neue Modelle oder Retrofits, wird jedoch aufgrund des hohen Kostenaufwandes und der noch teilweise fehlenden Fahrzeugalternativen über viele Jahre hinweg stückchenweise ablaufen.

2.4 Zusammenfassung: THG-Einsparungspotenzial der gesamten Flotte

Bei einer vollständigen Elektrifizierung der PKW-Flotte bedeutet das eine Einsparung von 55 t/a und 99 t/a bei den LNF. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Versorgung der Fahrzeuge mit Öko-Strom, sowie die aktuelle Berechnungsmethodik für E-Mobilität, bei der die Emissionen des Öko-Stromes mit „Null" angesetzt sind (keine Berücksichtigung des Life-Cycle-Assessment).

Das Einsparpotenzial durch PKW und LNF umfasst eine Reduzierung der THG-Emissionen von **154 t/a** bei einer vollständigen Umrüstung. Diese sollte bis 2030 abgeschlossen sein (Die aktuell jüngsten Fahrzeuge (Erstzulassung 2019 und später) sind dann bereits 10 Jahre alt.

Zukünftig werden auch LKW und Sonderfahrzeuge vollständig klimaneutral fahren müssen. Eine Zeitspanne, bis wann dies technisch und wirtschaftlich möglich ist, kann an dieser Stelle jedoch nicht gegeben werden.

3. Ausblick – Umsetzung der Potenziale

3.1 Konzeptioneller Leitfaden zur Umsetzung

Optimierung der Datenlage

Für die Optimierung der Fahrzeuganzahlen des neuen Fahrzeugpools inklusive Reduzierung der PKWs und Ausbau der Fahrradflotte sind ggf. noch genaue Analyse der innerstädtischen Dienstfahrten nötig. Hierbei sollte geklärt werden, welche Gleichzeitigkeiten der Fahrzeugnutzungen bestehen, welche und wie viele Strecken auf Grund speziellen Materialtransportes nicht per Rad übernommen werden können und welchen Anteil die innerstädtischen Wege in der Auslastung der aktuellen Fahrzeugflotte haben. Aktuell ist nicht bekannt wie viele Fahrten innerhalb und außerhalb des Stadtgebietes stattfinden.

Etablierung Mobilitätsmanagement

Im Zuge der Elektrifizierung der kommunalen Flotte und der Einführung eines Fahrzeugpools ist die Einrichtung eines zentralen umfassenden Mobilitätsmanagements in der Stadt empfohlen. Aktuell besteht die „Koordinationsstelle Elektrifizierung Fuhrpark", angesiedelt bei der Strukturentwicklung, sowie die „Beschaffung Elektrofahrzeuge" und „Verwaltung des Fuhrparks" im Hauptamt. Eine Einbindung weiterer Bereiche für die Installation der Ladesäulen (Hochbauamt, Betriebs- und Versorgungstechnik, Elektroplanung Rathaus) wird weiter bestehen. Mit einer zentralen Stelle des Mobilitätsmanagements würde auch eine eindeutige Anlaufstelle für Austausch und Koordination mit anderen Bereichen geschaffen werden. Dies betrifft sowohl Eigen- und Partnerbetriebe als auch Tochtergesellschaften, die ebenfalls vor der Fuhrparkumstellung stehen, wie Bauhof, Stadtwerke, Klinikum oder Universität. Über den gemeinsamen Austausch kommt Best-Practice-Sharing zum Tragen, welches allen Parteien bei der effizienten und kostengünstigen Umrüstung hilft. Auch Übertragbarkeiten in die Verkehrsplanung der Stadt für Ladestationen, Infrastruktur, gemeinsame Sharing-Points etc. können so einfacher geschaffen werden.

Umrüstungsschritte nach Prioritäten

1. Laufende Umrüstung der PKW. Kontinuierlicher Ersatz aller Fahrzeuge nach Bedarf und Alter durch batterieelektrische Fahrzeuge. Parallel Installation von Ladesäulen.
2. Umrüstung der LNF (leichte Nutzfahrzeuge ≤ 3,5 t, insbesondere Kasten-, und Pritschenwägen) Elektrifizierung gleichzeitig mit PKW-Flotte.
3. Umrüstung der LWK und Sonderfahrzeuge, ja nach technischen und finanziellen Möglichkeiten.

Mit der „Clean Vehicles Directive" wurde 2020 die Umrüstung der kommunalen Fahrzeugflotten bundesweit beschlossen. Sie verpflichtet die öffentliche Hand aktiv zur

Bestellung und Beauftragung von Fahrzeugen mit deutlich höheren Anforderungen an CO_2-Emissionen: „Bei 35 Prozent der bestellten Nutzfahrzeuge und PKW muss es sich bis 2026 um sogenannte Null-Emissionsfahrzeuge handeln." (LAPID 2021) siehe 3.2.3.

3.2 Hinweise zur Umsetzung

Bei einer Umrüstung der kommunalen Flotte gibt es verschiedene unterstützende Aspekte, die im Folgenden kurz erläutert werden. Neben verschiedenen Förderungen, Fortbildungen und rechtlichen Hintergründen gibt es auch noch weitere Bausteine, die über die reine kommunale Flotte hinausreichen und zur allgemeinen Verkehrswende beitragen.

3.2.1 Fördermöglichkeiten

Die Förderkulisse wandelt sich kontinuierlich und muss konsequent „überwacht" werden. Einen guten Überblick über aktuelle Förderungen im Bereich Mobilität liefert die Übersicht der Begleitforschung nachhaltige Mobilität (BeNaMo 2021). Aktuell haben wenige Förderrichtlinien einen Förderzeitraum bis 2025 festgeschrieben. Hierzu zählen folgende Förderungen:

- Förderrichtlinie Elektromobilität (BMVI)
  - Mobilitätskonzepte (Fördergrundlage bis 31.12.2025)
  - Beschaffung von E-Fahrzeugen insbesondere in gewerblichen, regionalen, kommunalen Flotten inkl. Infrastruktur
- Förderprogramm öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland (BMVI), (Fördergrundlage bis 31.12.2025)
  - Gefördert werden Normalladepunkte mit einer Ladeleistung bis zu 22 kW sowie Schnellladepunkte mit einer Leistung von mehr als 22 kW, an denen ausschließlich das Laden mit Gleichstrom (DC) möglich ist. Auch die Kosten für dazugehörige Netzanschlüsse bzw. Kombinationen aus Netzanschluss und Pufferspeicher sind förderfähig.
  - Über das Standorttool kann deutschlandweit der erwartete Bedarf an Ladesäulen bis ins Jahr 2030 abgerufen werden (IVV 2021): https://www.standorttool.de/strom/ladebedarfe/
- Förderrichtlinie „Nicht öffentlich zugängliche Ladestationen für Elektrofahrzeuge – Unternehmen und Kommunen" (KfW)
  - Aufbau von Ladeinfrastruktur an Parkplätzen für Mitarbeitende sowie für die Elektrofahrzeuge betrieblicher oder kommunaler Flotten bzw. für Dienstfahrzeuge.
- https://nationale-leitstelle.de/: Unterstützung und Beratung beim Planen, Bauen und Fördern der Ladeinfrastruktur
- Das Deutschlandnetz: Ausbau des Netzes an Schnellladesäulen. Insgesamt sollen 1.000 Schnellladesäulen in Deutschland entstehen, jeder der Ladepunkte muss mindestens 300 kW Leistung verfügbar machen. Geplant und ausgeschrieben ist

das ganze Netz durch das BMVI 2021. Nach aktueller Planung kommen zwei Schnellladestationen nach Bayreuth. (IVV 2021)

3.2.2 Qualifiziertes Mobilitätsmanagement

Für die erfolgreiche Einführung und Etablierung des städtischen Mobilitätsmanagements ist die Schaffung einer eigenen Stelle, oder zumindest die Qualifizierung von Mitarbeiter*innen und Ausrüstung mit entsprechenden Entscheidungskompetenzen ein wichtiger Baustein. Es gibt verschiedene Möglichkeiten hierzu, einige Beispiele werden im Folgenden genannt:

- Deutsche Plattform für Mobilitätsmanagement DPOMM e.V.
  Jährlich stattfindende „Deutsche Konferenz für Mobilitätsmanagement“
- Der Verein Deutsche Plattform für Mobilitätsmanagement (DEPOMM) ist das Ergebnis eines langjährigen Erfahrungsaustauschs zum Mobilitätsmanagement auf regionaler und nationaler Ebene. Ziel der DEPOMM ist die Förderung einer nachhaltigen und umweltverträglichen Mobilität. Es soll die bundesweite Umsetzung von Mobilitätsmanagement gefördert und über Möglichkeiten und Potentiale des Mobilitätsmanagements informiert werden. (DEPOMM 2021)
- VDI-Richtlinie VDI 5110 Blatt 1: „Qualitätsmerkmale für Betriebliches Mobilitätsmanagement“ als Orientierungshilfe:
  „In der Richtlinie wird festgelegt, welche Kriterien bei der Auswahl von Mobilitätsberatern zu berücksichtigen sind. Außerdem grenzt die Richtlinie verschiedene Rollen im betrieblichen Mobilitätsmanagement voneinander ab und geht auf Fort- und Weiterbildungsaspekte ein. Sie dient in erster Linie der Qualitätssicherung der externen Mobilitätsberatung, gibt aber auch wichtige Hinweise/Empfehlungen zur Verbesserung des internen Mobilitätsmanagements. In dieser Richtlinie werden die Anforderungen und die Qualitätsmerkmale für die Auswahl der Berater beschrieben, um privaten Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen den Zugang zum Themenfeld "Mobilitätsmanagement" zu erleichtern.“ (VDI 5510)

- fachliche Weiterbildung zum qualifizierten betrieblichen Mobilitätsmanager/in durch DIHK/MIE (66 Stunden)
  „Die Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz bietet die Qualifizierung in Zusammenarbeit mit einzelnen Industrie- und Handelskammern (IHK) an. Darüber hinaus bieten viele IHKs eigene Bildungs- und Beratungsangebote rund um die nachhaltige Mobilität und den effizienten Wirtschaftsverkehr für ihre Mitgliedsunternehmen an.“ (MIE 2021)

3.2.3 Rechtliches

„Im Februar 2020 haben EU-Rat und EU-Parlament eine Quote für emissionsarme Fahrzeuge in der öffentlichen Beschaffung festgelegt. Demnach müssen ab 2026 in Deutschland 65 Prozent

der neu beschafften Busse mit alternativen Antriebsformen, wie Gas, Wasserstoff oder Strom bedient werden. Bei 35 Prozent der bestellten Nutzfahrzeuge und PKW muss es sich bis 2026 um sogenannte Null-Emissionsfahrzeuge handeln. Die „Clean Vehicles Directive" verpflichtet die öffentliche Hand somit aktiv zur Bestellung und Beauftragung von Fahrzeugen mit deutlich höheren Anforderungen an CO2-Emissionen." (LAPID 2021)

<table>
<tr><th>Fahrzeug-klasse</th><th colspan="2">Definition „sauberes Fahrzeug"</th><th>Beschaffungsquoten 1. Referenzzeitraum, 02.08.2021 bis 31.12.2025</th><th>Beschaffungsquoten 2. Referenzzeitraum, 01.01.2026 bis 31.12.2030</th></tr>
<tr><td>Pkw</td><td>50 g CO_2/ km, 80% Luftschadstoffe (Prozentsatz der Emissionsgrenzwerte nach RDE)</td><td rowspan="2"><u>ab 2026</u>: 0 g CO_2/ km, k.A. zu Luftschadstoff-emissionen</td><td colspan="2">38,5 %</td></tr>
<tr><td>leichte Nfz (< 3,5 t zGM)</td><td>50 g CO_2/ km, 80% Luftschadstoffe (Prozentsatz der Emissionsgrenzwerte nach RDE)</td><td colspan="2">38,5 %</td></tr>
<tr><td>Lkw (> 3,5 t zGM)</td><td colspan="2" rowspan="2">Nutzung alternativer Kraftstoffe (lt. Art. 2 AFID bspw. Strom, Wasserstoff, Erdgas, synthetische Kraftstoffe**, Biokraftstoffe**)</td><td>10 %</td><td>15 %</td></tr>
<tr><td>Busse (> 5 t zGM)</td><td>45 % *</td><td>65 % *</td></tr>
</table>

Abb. 9 Clean Vehicles Directive

(QUELLE: BMVI 2021)

* Die Hälfte der beschafften Busse muss emissionsfrei sein, d.h. weniger als 1g CO2/km ausstoßen, z.B. Elektro- bzw. Brennstoffzellenfahrzeuge.
** Alternative Kraftstoffe dürfen nicht mit konventionellen, fossilen Kraftstoffen gemischt werden.

3.2.4 Weiterführende Bausteine

Die Bedeutung der kommunalen Flotte liegt in ihrer Rolle als Vorbild für weitere Institutionen und auch die Bürger der Stadt. Durch Umstellung der eigenen Flotte wird zur Nachahmung angeregt. Es gibt jedoch noch weitere Möglichkeiten der Stadt die klimafreundliche Mobilität zu stärken. Hierzu zählen neben den klassischen baulichen Maßnahmen zur Optimierung der Radverkehrswege und -abstellanlagen und der Optimierung des ÖPNV (Taktung, Anbindung und Streckenführung, Decarbonisierung der ÖPNV-Flotte) auch Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit im Sinne der Aufklärung und die Unterstützung neuer Mobilitätsmodelle.

3.2.4.1 Sharing-Angebote

Über Angebote von Car-, Bike-, Lastenrad-Sharing in der Stadt kann die individuelle Mobilität erhalten werden, die Anzahl der PKW und der dafür benötigte Platz jedoch deutlich reduziert werden. Gleichzeitig wird durch den Einsatz von E-Mobilität die klimafreundlichste Verkehrsvariante gewählt. Die Etablierung von Sharing-Points eignet sich besonders in Gebieten mit dichtem Wohnungsbau, sodass viele Einwohner direkten Zugang dazu haben und sich die Nutzung z.B. für Einkaufsfahrten direkt anbietet. In der Stadt Kempten werden solche Mobilstationen, an denen E-Fahrzeuge, E-Bikes und E-Lastenräder ausgeliehen werden können aktuell geplant (KEMPTEN 2021).

3.2.4.2 Fahrradfreundliche Kommune

Immer mehr Kommunen erkennen die Vorteile des Fahrrads als umweltfreundliches und effektives Verkehrsmittel. Eine Förderung und Optimierung des Fahrradverkehrs führt zur Entlastung der Innenstädte in Bezug auf Lärm, Feinstaub, Emissionen und schafft mehr Raum durch weniger Parkplatzbedarf.

Die AGFK (Arbeitsgemeinschaft fahrradfreundliche Kommunen in Bayern e.V.) unterstützt Kommunen und Landkreise auf dem Weg zur fahrradfreundlichen Kommune. Ziel ist die Radverkehrsförderung in den Bereichen der Infrastruktur, Information (Öffentlichkeitsarbeit), Kommunikation (Vernetzung aller Akteure) und Service (Verleih- und Reparaturservice, Miniinfrastruktur: z.B. Haltegriffe an Ampeln). Der AGFK ist dabei als Ansprechpartner und Berater tätig und unterstützt die Kommunen auf ihrem Weg zur Auszeichnung „Fahrradfreundliche Kommune in Bayern“ durch das Bayerische Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (AFGK 2021).

Die Optimierung der Fahrradfreundlichkeit ist Teil des neuen Mobilitätskonzeptes der Stadt Bayreuth.

3.2.4.3 Ladeinfrastruktur

Es bestehen bereits sechs städtische Ladestationen mit je 1bis 5 Ladepunkten (2x Neues Rathaus, Tiefgarage, Veterinäramt, Rathaus II und Bauhof) mit je 11kW Ladeleistung.

Weitere Stellplätze mit teils Schnellladefunktion sollen folgen und sind in Planung (Parkplatz Neues Rathaus, Tiefgarage Rathaus, Tiefgarage BEW, Rathaus II Hintereingang).

Weitere städtische Liegenschaften mit derzeit noch keiner Ladesäule und konkreter Planung sind u.a. Stadtgartenamt, Schulen, Sporthallen und -anlagen, Stadtarchiv, Klinikum. An der Tiefgarage Schlossgalerie werden wegen anstehender Renovierungen derzeit keine Investitionen getätigt.

Die Nutzung der Ladeinfrastruktur ist möglich für den eigenen Fuhrpark, parkberechtigte Gäste (Besucher, Handwerker/Dienstleister mit Parkberechtigung, Anlieferung und Entsorgung) und für die Mitarbeiter auf den Mitarbeiterstellplätzen.

Eine erweiterte Nutzung der städtischen Ladeinfrastruktur für die Öffentlichkeit am Abend und Wochenende ist für die allgemeine Förderung der E-Mobilität und im Zuge der Verkehrswende wünschenswert. Eine Abrechnung der getankten Strommenge erfolgt in diesen Fällen dann über Backend-Systeme mit kunden- und nutzerabhängigen Rechnungen, wie bei rein öffentlichen Ladestationen. Aktuell besteht keine Förderung durch die KfW für öffentliche Ladesäulen. In der Vergangenheit wurden über das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur bereits dreimal Förderaufrufe für öffentliche Ladesäulen gestartet. Wann der nächst erfolgt, ist aktuell nicht bekannt.

Verwendete Abkürzungen

Abkürzungen

DIHK	Deutscher Industrie- und Handelskammertag
BMM	betriebliches Mobilitätsmanagement
LKW	Lastkraftwagen
LNF	Leichtes Nutzfahrzeug (≤ 3,5t)
ÖPNV	Öffentlicher Personen Nahverkehr
PKW	Personenkraftwagen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
EVF	Energievision Franken GmbH

Physikalische und mathematische Einheiten

THG	Treibhausgasemissionen
MWh	Megawatt Stunden
kg	Kilogramm
kWh	Kilowattstunden
t	Tonnen

Literatur- und Quellenverzeichnis

AFGK 2021 Die AFGK Bayern Förderin das Radverkehrs, Arbeitsgemeinschaft fahrradfreundliche Kommunen in Bayern e.V., https://agfk-bayern.de/ [Letzter Zugriff 03.12.2021]

BENAMO 2021 Fördermöglichkeiten und ihre Nutzung, Begleitforschung Nachhaltige Mobilität, https://www.zukunft-nachhaltige-mobilitaet.de/foerdermoeglichkeiten-und-ihre-nutzung/ [Letzter Zugriff 09.12.2021]

BMVI 2021: Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge, BMVI, 2021, https://www.bmvi.de/goto?id=477430 [Letzter Zugriff 21.09.2021]

BMVI 2021A Deutschlandnetz: Scheuer stellt 1.000 Standorte für Schnellladesäulen und Preismodell vor, Pressemitteilung des BMVI 16.08.2021 https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/087-scheuer-1000-standorte-schnellladesaeulen-preismodell.html [Letzter Zugriff 22.11.2021]

DEPOMM 2021 Über uns - Die Deutsche Plattform für Mobilitätsmanagement (DEPOMM) e.V., https://depomm.de/ueber-uns/ [Letzter Zugriff 22.11.2021]

FRAUNHOFER ISI 2013: Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, http://www.isi-projekt.de/wissprojekt-de/ntm/ [letzter Zugriff: 14.04.2016]

IVV 2021 Standorttool für den Ausbau der Ladeinfrastruktur, Konsortium vertreten durch Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG, Aachen; https://www.standorttool.de/strom/

KEMPTEN 2021 Mobilpunkte Kempten – Sharing von E-Fahrzeugen, Homepage der Stadt Kempten, https://www.kempten.de/22265.html, [Letzter Zugriff 03.12.2021]

LADID 2021 Kommunales Fuhrparkmanagement: Besonderheiten, Stefanie Effer, LAPID, https://blog.lapid.de/kommunales-fuhrparkmanagement-besonderheiten [Letzter Zugriff 25.05.2021]

LSE 2021: Mobilität neu denken – Fuhrpark und betriebliches Mobilitätsmanagement, Rita Haas, LandSchafftEnergie, TFZ, Onlineseminar 06.05.2021

MIE 2021 Betriebliche/r Mobilitätsmanager/in - Qualifizierung für Mitarbeiter, Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz, https://www.mittelstand-energiewende.de/unsere-angebote/betrieblicher-

mobilitaetsmanager-qualifizierung-fuer-mitarbeiter.html [Letzter Zugriff 22.11.2021]

NVBW 2016: Informationen zum Radverkehr. Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH 2016, http://www.fahrradland-bw.de/daten-fakten/gute-argumente/radfahren-ist-gesund/ [letzter Zugriff: 14.04.2016]

PAUL 2021 Diesel raus – E-Achse rein, Paul Nutzfahrzeuge, https://www.paul-nutzfahrzeuge.de/aktuelle-nachricht/paul-premiere-nufam-2017-kopie.html [Letzter Zugriff 22.11.2021]

SRU 2017 Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Sondergutachten, November 2017, https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2016_2020/2017_11_SG_Klimaschutz_im_Verkehrssektor.pdf?__blob=publicationFile&v=13, [Letzter Zugriff 09.12.2021]

STADTWERK 2021 Mobilität, Auf ganzer Linie mobil, Das Stadtwerk.Regensburg, https://www.das-stadtwerk-regensburg.de/busverkehr [letzter Zugriff 03.12.2021] Einsteigen. Umlenken. Umdenken. https://www.das-stadtwerk-regensburg.de/mobilitaet/elektromobilitaet [Letzter Zugriff 03.12.2021]

TFZ 2021 Mobilität – was bewegt und morgen, LandSchafftEnergie am Technologie- und Förderzentrum (TFZ), Online-Konferenz 02.Dez.2021

UBA 2021 Radverkehr, Umwelt Bundesamt, https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/radverkehr#vorteile-des-fahrradfahrens [Letzter Zugriff 08.11.2021]

VDI 5510 Betriebliches Mobilitätsmanagement, Richtlinie VDI-MT 5510 Blatt 1; https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-mt-5110-blatt-1-betriebliches-mobilitaetsmanagement-qualifikationsmerkmale-fuer-die-auswahl-von-befaehigten-personen-fuer-mobilitaetsmanagement [LETZTER ZUGRIFF 22.11.2021]

WIELKE 2013 Schätzung von Wertminderung und Wiederbeschaffungswert Händlereinkauf (Prognosewert), Dr. Phil. Bernhard R. Wielke, Handbuch Wert 2013,

ZM 2018 Reisezeitunterschiede unterschiedlicher Verkehrsarten von Tür zu Tür im Stadtverkehr – Realität und subjektive Wahrnehmungsverzerrung, Zukunft Mobilität, Martin Randelhoff, 14.Juni 2018, https://www.zukunft-mobilitaet.net/167997/analyse/tuer-zu-tuer-reisezeit-stadtverkehr-pkw-miv-oepnv-radverkehr-pedelec-gleichheit-subjektive-verzerrung/#fn-167997-4 [Letzter Zugriff 18.11.2021]

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Marktkurven 7

Abb. 2 Kostenvergleich Verbrenner und E-Variante (VW Caddy, 13.000 km/a) 10

Abb. 3 Kostenvergleich Verbrenner und E-Variante (VW Caddy, 6.000 km/a) 11

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übergeordnete Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 8

Tab. 2 Beispielhafte elektrische Alternative für LNF inkl. spezifische Annahmen für die Wirtschaftlichkeitskalkulation 9

Tab. 3 Energiebilanz kommunale Flotte 15

Tab. 4 Mögliche PKW der Stadtverwaltung für ein Fahrzeugpool 19

Tab. 5 E-Mobilität: Austauschmodelle – eine beispielhafte Auswahl 23

Tab. 6 mögliche Austauschmodelle für kommunale PKW-Flotte 24

Tab. 7 Kommunale Flotte Stadt Bayreuth (Stand April 2021) 25