



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

Diplomarbeit

Potenzial zur Reduktion von Treibhausgasemissionen durch elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge im urbanen Raum Wien

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von:

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang Wimmer

(E307 - Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik)

Eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von:

Florian Hofer

0926485 (066 482)

Kölblgasse 15/1/14

1030, Wien

Wien, im Mai 2016

Florian, Hofer



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einen Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im Mai 2016

Florian, Hofer

Danksagung

Besonderer Dank gilt in erster Linie Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang Wimmer, der durch die äußerst geduldige persönliche Betreuung und die vermittelte fachliche Expertise wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Weiters möchte ich mich bei DI Werner Ablinger (Wiener Linien), sowie bei DI Roman Riedel (MA18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung), für das zur Verfügung stellen relevanter Mobilitätsdaten bedanken.

Meinen Freunden und meiner Familie danke ich für die moralische Unterstützung und das entgegengebrachte Verständnis während der intensiven Ausarbeitungszeit. An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meinem Geschäftspartner Manuel Bornbaum bedanken, der während der Gründungszeit unseres gemeinsamen Unternehmens (Hut & Stiel – Die Wiener Pilzkultur) stets auf den für die Diplomarbeit erforderlichen Zeitaufwand Rücksicht genommen hat.

Kurzfassung

Analog zum globalen Trend der Urbanisierung steigen in Wien sowie im Wiener Umland die Bevölkerungszahlen. Dadurch steigt auch das Verkehrsaufkommen im Ballungsraum Wien, weswegen sich einige Herausforderungen und Probleme ergeben. Im Straßenverkehr wurden im Jahr 2013 in Wien 3,4Mt-CO_{2-eq} verursacht, womit dieser Sektor für 41% aller Treibhausgasemissionen der Bundeshauptstadt verantwortlich ist. Um die Mobilitätsbedürfnisse der urbanen Bevölkerung möglichst nachhaltig zu befriedigen gilt grundsätzlich der sogenannte Umweltverbund aus öffentlichen Verkehrsmitteln, Fahrrad und zu Fuß gehen als umweltfreundlichste Mobilitätsform in Ballungsräumen. Als Ersatz für konventionell betriebene Kraftfahrzeuge des motorisierten Individualverkehrs, wird der Elektromobilität ein großes Potenzial, zur Lösung innerstädtischer Umweltprobleme zugeschrieben. Rein elektrisch angetriebene Ultraleichtfahrzeuge versprechen dabei das Potenzial der Elektromobilität, durch gegenüber herkömmlichen Fahrzeugklassen reduziertem Ressourceneinsatz, am besten auszuschöpfen. Welche Fahrzeuge in dieser Kategorie existieren, ob diese für einen Einsatz im urbanen Raum Wien geeignet sind und welches Potenzial sie hinsichtlich THG-Emissionen aufweisen wird in dieser Arbeit analysiert.

Dazu werden auf der Grundlage von Mobilitätsdaten und Rahmenbedingungen (z.B. Demographie, Fahrzeugverfügbarkeit, etc.), Nutzergruppen, die für eine Verwendung elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge in Frage kommen, definiert. Anhand von Mobilitätsszenarien und spezifischen Fahrzeuganforderungen wird die Eignung, der aus einer Technologierecherche hervorgehenden Ultraleichtfahrzeuge, analytisch bewertet. Für die Fahrzeuge mit den besten Bewertungsergebnissen wird, anhand einer vereinfachten Lebenszyklusanalyse, das THG-Einsparungspotenzial pro PKW und für die gesamte Nutzergruppe ermittelt. Anhand eines Anwendungsbeispiels für ein Wiener Start-up Unternehmen wird abschließend der praktische Nutzen der beschriebenen methodischen Vorgehensweise demonstriert.

Die durchgeführte Fahrzeugbewertung zeigt, dass für alle definierten Nutzergruppen (erwerbstätige Personen (Wien bzw. Wiener Umland); im Haushalt tätige Personen; im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen) elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge gefunden werden können, die deren Anforderungen gerecht werden. Die THG-Emissionen von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen liegen zwischen 7,7-41,0g-CO_{2-eq}/Fkm. Mit aus den Mobilitätsszenarien abgeleiteten Jahresfahrleistungen zwischen 8.030-20.750km/Jahr beträgt das Gesamtpotenzial zur Einsparung von THG-Emissionen gegenüber Mittelklasse Diesel- bzw. Benzin-PKW rund 0,959Mt-CO_{2-eq}/Jahr. Im Vergleich zu einem Elektroauto einer herkömmlichen Fahrzeugklasse (1.140kg) ist das THG-Einsparungspotenzial von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen um den Faktor 1,30-1,35 höher.

Abstract

Analogically to the global trend of urbanisation, population numbers in Vienna and its surroundings increase. As a result, the volume of traffic in Vienna's conurbation rises and causes several problems and challenges. 3,4Mt-CO_{2-eq} were caused through traffic in Vienna in 2013, marking this sector responsible for 41% of the greenhousegas emissions in Austria's capital city.

In order to fulfil the urban population's need for mobility as sustainable as possible, the so-called environmental alliance of public transportation, biking and walking is regarded as the most environmentally friendly form of mobility in conurbations. Moreover, electromobility can be regarded as a reasonable substitute for conventional motor vehicles and offers great potential to solve inner-city environmental problems. Electrically driven ultra-light vehicles offer the greatest potential in terms of electromobility through a reduced use of resources in comparison with conventional vehicle categories. This thesis aims to give an overview on which vehicles exist in the above-mentioned category, it provides insight into the practical use of the same vehicles in Vienna and its suburbs and an overview on their potential with regard to greenhousegas emissions.

Thus, user groups based on mobility data and external conditions (e.g. demography, vehicle availability, etc.), which are regarded suitable users of ultra-light vehicles, are defined. Suitability of the discussed ultra-light vehicles is analysed through mobility scenarios, taking specific vehicle requirements into consideration. A simplified life cycle analysis then determines the potential greenhousegas-savings per car for the vehicles with the best results as well as for the complete user groups. Finally, the practical use of the discussed methods is demonstrated via the example of a Viennese Start-up company in this thesis.

The applied vehicle evaluation shows that normal motor vehicles can be substituted with ultra-light electric vehicles for all defined user groups (working people from Vienna or its suburbs; people working in households; retired and older people), taking the requirements of each user group into consideration. The greenhousegas emissions of electric ultra-light vehicles are situated between 7,7-41,0g-CO_{2-eq}/Fkm. In comparison to mid-range Diesel or Petrol cars, the overall saving potential of greenhousegas emissions, taken from mobility scenarios assuming between 80.030-20750km/year, is about 0,959Mt-CO_{2-eq}/year. The potential saving possibilities of electric ultra-light vehicles in comparison to conventional electric cars (1140kg) are 1,30-1,35 times higher.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Urbanisierung	4
1.2	Treibhausgase und Verkehr	5
1.3	Elektromobilität	6
1.4	Methodischer Ansatz und Ziele der Arbeit.....	9
2	Mobilitätsverhalten	11
2.1	Mobilität – Begriffe, Kennzahlen, Definitionen	11
2.1.1	Determinanten der Verkehrsmittelwahl	13
2.2	Mobilitätsverhalten der Wiener Bevölkerung	15
2.2.1	Rahmenbedingungen	15
2.2.2	Durchschnittliche/Allgemeine Mobilitätskennzahlen.....	18
2.2.3	Wegzweck: Arbeit – ErwerbsspendlerInnen	24
2.2.4	Wegzweck: Schule/Ausbildung	26
2.2.5	Wegzweck: Versorgung/Einkaufen	28
2.2.6	Wegzweck: Freizeit	29
2.2.7	Wegzweck: Holen/Bringen bzw. Begleiten.....	31
2.2.8	Wegketten	32
2.2.9	Zusammenfassung	33
2.3	Mobilitätsverhalten Wiener Umland und stadtgrenzenüberschreitender Verkehr stadteinwärts	34
2.3.1	Rahmenbedingungen	34
2.3.2	Durchschnittliche/Allgemeine Mobilitätskennzahlen.....	38
2.3.3	Stadtgrenzenüberschreitender Verkehr	41
2.3.4	Wegzweck: Arbeit – ErwerbsspendlerInnen	44
2.3.5	Wegzweck: Schule/Ausbildung	46
2.3.6	Wegzweck: Freizeit, Einkauf, private Erledigungen	47
2.3.7	Wegzweck: Holen/Bringen bzw. Begleiten.....	49
2.3.8	Wegketten	49
2.3.9	Zusammenfassung	50
2.4	Anforderungen, Nutzergruppen und Mobilitätsszenarien	51
2.4.1	Fahrzeuganforderungen.....	51

2.4.2	Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien....	56
2.4.3	Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien.....	61
2.4.4	Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien.....	65
2.4.5	Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen.....	69
2.4.6	Weitere Einsatzgebiete und Nutzergruppen.....	73
3	Elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge	75
3.1	Elektro-Fahrräder.....	76
3.1.1	Pedelecs & E-Bikes.....	77
3.1.2	Elektro-Lastenräder.....	86
3.1.3	Velomobile.....	91
3.1.4	Fahrradähnliche Fahrzeuge	95
3.1.5	Eignung für Nutzergruppen	99
3.2	Kleinkrafträder – Zweirädrige Krafffahrzeuge (L1e)	104
3.2.1	Eignung für Nutzergruppen	107
3.3	Kraffträder – Zweirädrige Krafffahrzeuge ohne bzw. mit Beiwagen (L3e bzw. L4e).....	110
3.3.1	Eignung für Nutzergruppen	113
3.4	Dreirädrige Krafffahrzeuge (L2e bzw. L5e)	116
3.4.1	Eignung für Nutzergruppen	121
3.5	Vierrädrige (Leicht-)Krafffahrzeuge (L6e bzw. L7e)	126
3.5.1	Eignung für Nutzergruppen	132
3.6	Übersicht der Fahrzeugbewertung	135
4	Einsparungspotenzial Treibhausgas (THG) –Emissionen	139
4.1	Lebenszyklusanalyse – Referenzfahrzeuge	140
4.1.1	Fahrzeugherstellung.....	141
4.1.2	Energiebereitstellung.....	143
4.1.3	Produktnutzung – Direkte Emissionen	143
4.1.4	Gesamtergebnis	144
4.2	Abschätzung Ultraleichtfahrzeuge	144
4.2.1	Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien..	148
4.2.2	Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien.....	150

4.2.3	Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien.....	151
4.2.4	Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen.....	153
4.2.5	Gesamtergebnis – THG-Einsparungspotenzial.....	154
5	Anwendungsbeispiel – Wiener Start-up.....	158
5.1	Mobilitätsszenario.....	158
5.2	Anforderungen.....	158
5.3	Fahrzeugbewertung.....	160
5.4	THG-Emissionen.....	162
6	Resümee.....	164
7	Quellenverzeichnis.....	167
8	Abbildungsverzeichnis.....	175
9	Tabellenverzeichnis.....	177
10	Abkürzungsverzeichnis.....	181

1 Einleitung

Die vom Mensch verursachten Klimaveränderungen, die damit im Zusammenhang stehenden Umweltauswirkungen, sowie die Knappheit von Ressourcen sind derzeit viel behandelte Themen. Die Bedeutung wird etwa durch die im Dezember 2015 in Paris abgehaltene Klimakonferenz deutlich, bei der Delegierte aus 195 Länder teilnahmen und eine Begrenzung der Erderwärmung verhandelten. Die als anthropogener Klimawandel bezeichnete Erwärmung der Erdatmosphäre ist vor allem auf die Emission sogenannten Klima- bzw. Treibhausgase (THG) seit dem Beginn der Industrialisierung zurückzuführen.¹ In dieser Arbeit werden THG-Emissionen betrachtet, die durch individuelle Mobilität im Straßenverkehr verursacht werden. Vor dem Hintergrund der Urbanisierung wird exemplarisch die Situation im Ballungsraum Wien analysiert. Eine vielversprechende Alternative zu konventionell, mit Verbrennungsmotor angetriebenen Fahrzeugen stellt die Fahrzeugklasse der elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeuge dar, welche in dieser Arbeit hinsichtlich Fahrzeugeignung und Umweltauswirkungen analysiert wird. Einleitend werden zunächst die aktuelle Situation und Ausgangslage betrachtet, die methodische Vorgehensweise beschrieben und die Ziele der Arbeit definiert.

1.1 Urbanisierung

In Übereinstimmung zum globalen Trend der Urbanisierung steigen auch in Wien die Bevölkerungszahlen. Zu Jahresbeginn 2014 lebten insgesamt 1.766.746 Menschen bzw. 21% der Bevölkerung Österreichs in der Bundeshauptstadt.² Für die nächsten Jahre wird eine weitere Zunahme der Einwohnerzahl prognostiziert. Bis zum Jahr 2024 wird die Anzahl der Einwohner, gemäß Prognosen der Stadt Wien, durch Zuwanderung und eine positive Geburtenbilanz, auf rund 1,95 Millionen Menschen ansteigen. Dies entspricht einem Anstieg von rund 10% gegenüber 2014. Das Überschreiten der 2-Millionen-Grenze wird für das Jahr 2029 erwartet.³ Die Bevölkerung wächst aber nicht nur innerhalb der Stadtgrenzen, sondern auch in den umliegenden Regionen. Das vorhergesagte Wachstum ist für das Wiener Umland sogar stärker als in der Stadt selbst. Für die niederösterreichischen Bezirke Baden, Bruck an der Leitha, Gänserndorf, Korneuburg und Wien-Umgebung wird bis 2035 ein Bevölkerungszuwachs von mehr als 20% prognostiziert. In den Bezirken Mödling, Tulln und Wiener Neustadt wird mit einer Zunahme zwischen 15% und 20% gerechnet.⁴ Die steigende Anzahl an Einwohnern bringt unweigerlich auch ein

¹ vgl. Günther (2009), S. 47 ff.

² Quelle: Statistik Austria, Statistik des Bevölkerungsstandes (Bevölkerung am 01.01.2014), erstellt am 28.05.2014

³ Quelle: Himpele (2014)

⁴ Quelle: Monheim et. al. (2015)

steigendes Verkehrsaufkommen mit sich. Unabhängig vom genutzten Verkehrsmittel steigt durch die wachsende Bevölkerung in Zukunft die Gesamtzahl der zurückgelegten Wege die etwa zwischen Wohn- und Arbeitsort bzw. zum Einkaufen oder in der Freizeit absolviert werden.

Als besonders problematisch ist dabei eine Zunahme des KFZ-Verkehrs zu betrachten, da dieser besonders in Städten eine Reihe unerwünschter Wirkungen mit sich bringt. Dazu gehören insbesondere:⁵

- Treibhausgas- und Schadstoffemissionen
- Lärmemissionen
- Flächenbedarf für den fließenden und den ruhenden Verkehr
- Trennwirkung der Verkehrswege

1.2 Treibhausgase und Verkehr

Wie bereits im voran gegangenen Kapitel angedeutet, stellen die vom KFZ-Verkehr verursachten Treibhausgase, neben Schadstoff- und Lärmemissionen, einen wesentlichen Nachteil individueller Mobilität in urbanen Gebieten dar. Treibhausgase sind klimawirksame Stoffe, wie z.B. Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O), und Fluorierte-Gase⁶ (F-Gase). Die Gesamtreibgasmenge entspricht der Summe dieser Stoffe, welche entsprechend ihrer Wirkung in der Atmosphäre, unterschiedliche Treibhauspotenziale (GWP - „global warming potential“) aufweisen und dementsprechend gewichtet werden. Kohlendioxid wird dazu als Index für das Treibhauspotenzial verschiedener Stoffe herangezogen für die jeweils ein Wirkungszeitraum von 100 Jahren angesetzt wird. Mit den in Tabelle 1 angeführten Faktoren wird die Gesamtmenge an Treibhausgasen in CO₂-Äquivalent (CO₂-eq) berechnet.⁷

Treibhausgas	GWP
Kohlendioxid (CO ₂)	1
Methan (CH ₄)	25
Distickstoffoxid (N ₂ O)	298
Fluorierte-Gase (F-Gase)	11 – 22.800

Tabelle 1: Treibhauspotenzial (global warming potential - GWP)⁸

Gemäß Klimaschutzbericht des Umweltbundesamts betragen die Treibhausgasemissionen im Jahr 2012 österreichweit 80,1Mt-CO₂-eq/Jahr. Einen wesentlichen Anteil davon (27,1%) verursachte der Verkehrssektor mit

⁵ vgl. Friedrich / Ritz (2014)

⁶ z.B.: Teil- bzw. vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW bzw. FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆), Stickstofftrifluorid (NF₃)

⁷ vgl. Anderl et. al. (2015)

⁸ Quelle: Anderl et. al. (2015)

21,7Mt-CO_{2-eq}/Jahr. Dieser Sektor umfasst die Bereiche Straßenverkehr (inklusive der Emissionen aus Kraftstoffexport), Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr, militärische Flug- und Fahrzeuge, sowie Kompressoren der Gaspipelines. Der Verkehrssektor ist mit einer Zunahme von 54,2% gegenüber dem Niveau von 1990 der am stärksten ansteigende Sektor bezüglich Treibhausgasemissionen. Den bedeutendsten Verursacher von THG-Emissionen im Verkehrssektor stellt der Straßenverkehr mit jährlich rund 21Mt-CO_{2-eq}/Jahr dar. Etwa 54% dieser Emissionen sind dem PKW-Verkehr zuzuordnen (11,4Mt-CO_{2-eq}/Jahr). Die Emissionen des gesamten Personenverkehrs (PKW, Mofa, Busse, Motorräder) auf der Straße lagen 2012 bei rund 11,9Mt-CO_{2-eq}/Jahr.⁹

Aus vom Umweltbundesamt erstellten Luftschadstoff-Inventur der Bundesländer geht hervor, dass der Straßenverkehr (inkl. Treibstoffexport) in Wien 2013 rund 3,4Mt-CO_{2-eq} verursacht hat. Der Verkehrssektor ist demnach mit einem Anteil von 41% Hauptverursacher von Treibhausgas-Emissionen in Wien. Im Zeitraum von 1990 bis 2013 stiegen die THG-Emissionen im Verkehrssektor der Bundeshauptstadt um 62%.¹⁰

Um ausgegebene Klimaziele zu erreichen, gilt es die THG-Emissionen zu minimieren. Im Verkehrssektor und besonders im Straßenverkehr sind Alternativen zu konventionellen, mit fossilen Energieträgern angetriebenen Fahrzeugen erfolgsversprechend. Besonders der Elektromobilität wird diesbezüglich ein großes Potenzial zugesprochen.

1.3 Elektromobilität

THG-Emissionen konventionell angetriebener PKW, sowie die Knappheit fossiler Energieträger machen neue Lösungen für das Mobilitätsbedürfnis einer wachsenden urbanen Bevölkerung erforderlich. Grundsätzlich gilt der sogenannte Umweltverbund (Öffentliche Verkehrsmittel, Fahrrad und zu Fuß gehen) als umweltfreundlichster Ersatz für den privaten PKW in Ballungsräumen.¹¹ Für jenen Bereich des individuellen KFZ-Verkehrs der nicht vom Umweltverbund abgedeckt werden kann bzw. für Menschen die nicht auf ihr KFZ verzichten können oder wollen gilt es, praxistaugliche Alternativen zu konventionellen Personenkraftwagen zu finden. Ein großes Potenzial zur Lösung innerstädtischer Umweltprobleme wird dabei der Elektromobilität zugeschrieben, welche einen innovativen und nachhaltigen Beitrag zur Reduktion von Lärm- und Abgasemissionen leisten kann.¹²

⁹ Quelle: Anderl et. al. (2014)

¹⁰ Quelle: Anderl et. al. (2015)

¹¹ vgl. Zimmer et. al. (2014)

¹² vgl. Kampker et. al. (2013), S. 77

Vorteile

Fahrzeuge mit rein elektrischem Antrieb weisen gemäß Ökobilanz des Umweltbundesamts die niedrigsten Treibhausgas-Emissionen bei Betrachtung der direkten Emissionen in der Produktnutzung, der Fahrzeugherstellung, sowie in der Energiebereitstellung auf. Die Bilanz von Elektrofahrzeugen verbessert sich zusätzlich durch den Einsatz regenerativer Energieträger. Zudem ist der gesamte Energieaufwand aufgrund der hohen Effizienz des Antriebsstrangs bei Elektrofahrzeugen von allen Antriebsarten am geringsten. Die lokale Emissionsfreiheit hinsichtlich Treibhausgasen und Luftschadstoffen ist besonders für ökologisch und gesundheitlich sensible Stadtbereiche von Vorteil.¹³

Ein weiterer positiver Aspekt von elektrisch betriebenen Fahrzeugen ist der nahezu geräuschfreie Antrieb. Wobei zu berücksichtigen ist, dass Lärmemissionen im Bereich bis 30km/h hauptsächlich durch Motorengeräusche entstehen, womit sich besonders in diesem Geschwindigkeitsbereich und beim Anfahren (z.B. an Kreuzungen) Vorteile für Elektrofahrzeuge ergeben. Im Bereich von 30-60km/h dominieren Abrollgeräusche und darüber bestimmen aerodynamische Geräusche den Lärmpegel, wodurch Elektrofahrzeuge bei höheren Geschwindigkeiten nur eine teilweise Reduzierung der Lärmemissionen gegenüber konventionellen PKW bewirken.¹⁴

Nachteile & Herausforderungen

Die Art der Energiespeicherung bei elektrisch betriebenen Kraftfahrzeugen stellt eine hohe technische Hürde dar. Aktuelle Batteriesysteme ermöglichen, verglichen mit herkömmlichen PKW, geringere Reichweiten, sind teuer in der Herstellung, weisen eine begrenzte Lebensdauer auf und eine umweltgerechte Entsorgung ist nicht einfach. Die Batterie muss unabhängig von der Außentemperatur in einem relativ kleinen Temperaturbereich gehalten werden. Das Thermomanagement gestaltet sich damit unter Berücksichtigung der Innenraumklimatisierung wesentlich anspruchsvoller als bei herkömmlichen Fahrzeugen.¹⁵

Die Anschaffungskosten für Elektrofahrzeuge liegen deutlich über jenen vergleichbarer Autos mit Verbrennungsmotor. Die Batterie stellt dabei mit rund 50% der gesamten Fahrzeugkosten den größten Kostenfaktor dar. Die Kosten pro Kilowattstunde (kWh) gespeicherter Energie liegen bei etwa 400-600€. Durch Produktinnovationen und optimierte Herstellungsprozesse wird in der nächsten Dekade allerdings eine Kostendegression auf ca. 140–300€/kWh erwartet.¹⁶

¹³ vgl. Pötscher et. al. (2014)

¹⁴ vgl. Kampker et. al. (2013), S. 78

¹⁵ vgl. Kampker et. al. (2013), S. 20 ff.

¹⁶ vgl. Kampker et. al. (2013), S. 47

Eine wesentliche Voraussetzung für einen Erfolg von Elektromobilität im Individualverkehr ist die Verfügbarkeit einer Ladeinfrastruktur. Hinsichtlich der zu erwartenden Nutzung von Elektro-PKW, sowie aus ökonomischen Gründen ist von einer Konzentration von Ladestellen im privaten Bereich (zu Hause), am Arbeitsplatz, in Parkhäusern und Park&Ride-Anlagen auszugehen. Hier sind auch für die Ladung erforderlichen Standzeiten der Fahrzeuge ausreichend gegeben.¹⁷

Warum Leichtbau?

Die Automobilindustrie verfolgt momentan größtenteils die Strategie des sogenannten "Conversion-Design" für die Entwicklung von Elektrofahrzeugen. Dabei werden bestehende Fahrzeuge durch Austausch des Verbrennungsmotors durch einen Elektroantrieb zu Elektrofahrzeugen umgewandelt. Das Potenzial elektrisch betriebener Fahrzeuge wird dabei nicht vollständig ausgeschöpft und die so produzierten Fahrzeuge sind auf dem Markt bisweilen nicht konkurrenzfähig.¹⁸

Die zentralen Hürden für einen breiten Markteintritt von Elektrofahrzeugen stellen die gegenüber konventionellen Fahrzeugen hohen Anschaffungskosten, sowie eine eingeschränkte Reichweite dar. Beide Aspekte werden direkt durch die im Fahrzeug eingesetzte Batterie beeinflusst. Ein entscheidender Stellhebel zur Reduktion der zu installierenden Batteriekapazität und der daraus folgenden Kosten ist die Senkung des Energieverbrauchs des Fahrzeugs durch Reduktion der Fahrzeugmasse. Konzeptioneller Leichtbau beim Gesamtfahrzeugkonzept gilt daher als Schlüssel zum wirtschaftlichen Erfolg des Elektrofahrzeugs.¹⁹ Wie sich die Verringerung der Fahrzeugmasse durch Leichtbaumaßnahmen auf das Gesamtkonzept auswirkt wird durch die in Abbildung 1 dargestellte Leichtbauspирale verdeutlicht.

¹⁷ vgl. Kampker et. al. (2013), S. 64

¹⁸ vgl. Kampker et. al. (2013), S. 22

¹⁹ vgl. Schmitt et. al. (2010)

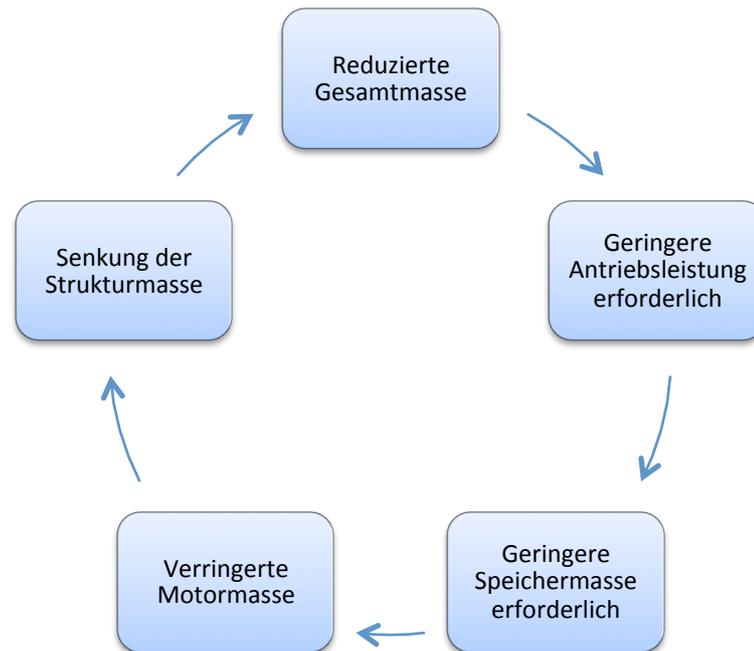


Abbildung 1: Leichtbauspirste bei Elektrofahrzeugen²⁰

Hinsichtlich Platzbedarf von Kraftfahrzeugen und der damit verbundenen Probleme, wie z.B. Parkraumbedarf oder Staubbildung, liefern elektrisch betriebene Fahrzeuge, sofern sie eine Adaption herkömmlicher Fahrzeuge darstellen, keine Verbesserungen. Deswegen sind auch in diesem Bereich innovative, platzsparende Fahrzeugkonzepte gefragt.²¹

Fahrzeugkonzepte, welche die Reduktion der Fahrzeugmasse und der Fahrzeuggröße besonders kompromisslos umsetzen, stellen sogenannte elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge dar. Sie zeichnen sich vor allem durch einen geringen Energieverbrauch und ihre kompakte Bauweise aus. Inwiefern sich diese Fahrzeuge als mögliche Substitution für konventionelle PKW im urbanen Raum Wien eignen, wird in dieser Arbeit untersucht.

1.4 Methodischer Ansatz und Ziele der Arbeit

Im Zuge dieser Arbeit wird die Eignung elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge und die damit einhergehende Reduktion von THG-Emissionen gegenüber konventionellen PKW im Raum Wien untersucht. Dazu wird zunächst das Mobilitätsverhalten der urbanen Bevölkerung beleuchtet. Darauf aufbauend werden spezifische Nutzergruppen definiert und mittels Mobilitätsszenarien Anforderungen abgeleitet, welche als Kriterien für eine analytische Bewertung von Fahrzeugkonzepten herangezogen werden.

²⁰ vgl. Schmitt et. al. (2010)

²¹ vgl. Kampker et. al. (2013), S. 78 f.

Im Zuge einer umfangreichen Technologierecherche werden existierende Fahrzeugkonzepte der Klasse der elektrisch angetriebenen Ultraleichtfahrzeuge erfasst und in Unterkategorien eingeteilt. Die spezifischen Eigenschaften dieser Fahrzeuge werden nachfolgend mit den Anforderungen der zuvor gefundenen Nutzergruppen verglichen und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet. Für die jeweils am besten geeigneten Fahrzeuge werden die Treibhausgasemissionen entsprechend den Mobilitätsszenarien ermittelt und mit jenen konventioneller PKW verglichen.

Abschließend wird analog zur beschriebenen Vorgehensweise ein Praxis- bzw. Anwendungsbeispiel erstellt. Dazu wird mittels Befragung das Mobilitätsszenario für ein Wiener Start-up Unternehmen erhoben und spezifische Kriterien für die analytische Fahrzeugbewertung festgestellt. Für die am besten bewerteten elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeuge werden wiederum die Umweltauswirkungen hinsichtlich Treibhausgasemissionen ermittelt. Damit soll gezeigt werden, dass das in dieser Arbeit angewandte methodische Vorgehen auch einen praktischen Nutzen für spezifische Nutzergruppen bzw. Anwendungsgebiete hat.

2 Mobilitätsverhalten

Um die Eignung elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge für den urbanen Raum Wien analysieren und bewerten zu können, muss zunächst das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung dieser Region betrachtet werden und die Anforderungen, die sich damit ergeben, bestimmt werden. Dabei wird zwischen der Kernstadt und dem Wiener Umland unterschieden. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf die PKW-Nutzung gelegt, da in diesem Bereich ein hohes Einsparungspotenzial hinsichtlich Treibhausgasemissionen bei Substitution durch elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge vermutet wird. Um das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung in den betrachteten Gebieten möglichst vollständig zu erfassen werden folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Wie kann der Begriff Mobilität definiert werden?
- Wie kann die zu untersuchende Region abgegrenzt und eingeteilt werden?
- Welche demographischen und strukturellen Rahmenbedingungen liegen in den betrachteten Regionen vor?
- Welche Mobilitätskennzahlen sind relevant?
- Welche relevanten verkehrsmittelspezifischen Daten gibt es?
- Lassen sich homogene Bevölkerungs- bzw. Mobilitätsgruppen finden?
- Wie können diese qualitativ und quantitativ beschrieben werden?
- Welche Anforderungen an elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge ergeben sich aus dem Mobilitätsverhalten?

Nach Analyse von Verkehrsdaten und Beschreibung des Mobilitätsverhaltens wird versucht, möglichst realitätsnahe Nutzergruppen zu definieren und deren Mobilitätsverhalten anhand von Mobilitätsszenarien zu beschreiben, um daraus spezifische Anforderungen abzuleiten. Die erarbeiteten Anforderungsprofile der einzelnen Nutzergruppen werden dann im Zuge einer analytischen Fahrzeugbewertung mit den Eigenschaften verschiedener, aus der Technologierecherche hervorgehenden, elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen verglichen.

2.1 Mobilität – Begriffe, Kennzahlen, Definitionen

Der Begriff Mobilität wird je nach Kontext unterschiedlich definiert. Dabei wird zwischen den Kategorien „soziale Mobilität“, „geistige Mobilität“ und „räumliche/physische Mobilität“ unterschieden. Räumliche Mobilität lässt sich weiters in Wandermobilität (bzw. residenzielle Mobilität) und Verkehrsmobilität (bzw. zirkuläre Mobilität) unterteilen. Unter Wandermobilität werden die räumlichen Bewegungen von Haushalten zusammengefasst mit denen ein dauerhafter Wechsel

des Wohnorts verbunden ist. Zirkuläre Mobilität bezieht sich auf die täglich wiederkehrenden Ortsveränderungen von Haushalten und deren Mitglieder, bei denen Ausgangs- und Zielort ident sind.²² Diese zirkuläre Mobilität bzw. Verkehrsmobilität, bezieht sich demnach auf regelmäßig ablaufende Verkehrsvorgänge und stellt den Gegenstand dieses und der folgenden Kapitel dar. Wenn im Folgenden von Mobilität die Rede ist, so ist damit jede Ortsveränderung gemeint, die außerhalb der eigenen Wohnung stattfindet und mit dem Alltagsleben zugeordneten Aktivitäten von Personen im Zusammenhang steht.

Zirkuläre- bzw. Verkehrsmobilität von Personen und Haushalten wird im Wesentlichen durch folgende Faktoren beschrieben:²³

- **Ausgang:** Das Verlassen der Wohnung zur Durchführung einer oder mehrerer Aktivitäten.
- **Außer-Haus Anteil:** Anteil der Personen, die an einem durchschnittlichen Tag das Haus verlassen. Dementsprechend wird eine **mobile Person** als eine Person definiert, die am betrachteten Tag mindestens einen Weg unternommen hat.
- **Wege pro Person:** Hier werden alle Personen berücksichtigt, auch jene, die am betrachteten Tag keine Wege zurückgelegt haben.
- **Wege pro mobiler Person:** Hier werden nur jene Personen berücksichtigt, die am jeweiligen Tag zumindest einen Weg unternommen haben.
- **Weglänge:** Distanz des zurückgelegten Weges.
- **Wegdauer:** Zeit für das Zurücklegen eines Weges von A nach B.
- **Wegzweck:** Aktivität oder Erledigung, die am Zielort durchgeführt wird.
- **Modale Aspekte – Verkehrsmittelwahl:** Für das Zurücklegen eines Weges genutztes Verkehrsmittel. Wenn für einen Weg mehrere Verkehrsmittel benutzt werden (Multimodalität) so wird das „hauptsächlich genutzte Verkehrsmittel“ des Weges anhand folgender Prioritätenreihe bestimmt:

- 1) **ÖV** (Öffentlicher Verkehr bzw. öffentliche Verkehrsmittel)
- 2) **MIV** (Motorisierter Individualverkehr)
- 3) **NMV** (Nicht motorisierter Verkehr)

Unter öffentlichen Verkehr fällt Personenverkehr, der auf der Schiene (Bahn/Zug, Straßenbahn, U-Bahn, Schnellbahn etc.) bzw. mittels Bussen erfolgt. Der motorisierte Individualverkehr umfasst Personenkraftwagen (PKW), Motorrad, Moped und ähnliches. Unter nicht motorisiertem Verkehr wird gehen und Rad fahren verstanden.

²² vgl. Blöbaum (2001), S. 7 ff.

²³ Quelle: Socialdata (2006)

2.1.1 Determinanten der Verkehrsmittelwahl

Die Verkehrsmittelwahl lässt sich in gewohnheitsbedingte Verhaltensmuster und eine Verkehrsmittelwahl, die auf bewussten Entscheidungen basiert, einteilen. Durch Gewohnheit gesteuertes Verhalten unterliegt bei der Ausführung einem Automatismus, d.h. es finden keine bewussten Entscheidungen über die Art wie der Weg zurückgelegt werden soll mehr statt. Ein Entscheidungsprozess wird nur dann eingeleitet, wenn eine Abweichung von der üblichen Situation vorliegt, die Situation nicht den Erwartungen entspricht, bzw. eine neue Situation vorhanden ist oder das gewohnte Verhalten eine unbefriedigende Lösung liefert. Bei der bewussten Entscheidung über die Wahl des Verkehrsmittels spielen rationale und emotionale Faktoren eine direkte Rolle (siehe Tabelle 2). Dabei ist zu beachten, dass die einzelnen Faktoren nicht vollkommen unabhängig voneinander sind. Beispielsweise kann unter Komfort eines Verkehrsmittels auch der sozial-emotionale Faktor Stressfreiheit verstanden werden.²⁴

Zweck-Rationale Faktoren	Sozial-Emotionale Faktoren
Benutzerfreundlichkeit	Autonomie
Wegzeit	Status
Wegkosten	Erlebnis
Komfort <ul style="list-style-type: none"> • Fahrkomfort • Transportmöglichkeit • Wetterunabhängigkeit 	Privatheit
	Stressfreiheit
	Sicherheit
	Umweltbewusstsein
Verfügbarkeit	
Zugänglichkeit	
Zuverlässigkeit	

Tabelle 2: Entscheidungsfaktoren der Verkehrsmittelwahl²⁵

Informationen zu diesen Faktoren liefern die Grundlage der Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes Verkehrsmittel. Dabei dienen die rationalen Faktoren zum logischen Abwägen von verschiedenen Alternativen. Sozial-Emotionale Beweggründe beeinflussen parallel dazu die Entscheidung durch emotionale Assoziationen mit einem bestimmten Verkehrsmittel (z.B. das vom Auto vermittelte Freiheitsgefühl, oder das Beengtheitsgefühl in einer überfüllten U-Bahn).²⁶

Die individuelle Mobilität und die Verkehrsmittelwahl wird auch von der Gesellschaft bzw. der Politik durch gestalteteten, von umgebenden Rahmenbedingungen

²⁴ vgl. Pripfl et. al. (2010)

²⁵ Quelle: Pripfl et. al. (2010)

²⁶ vgl. Pripfl et. al. (2010)

beeinflusst, indem auf die in Tabelle 2 angeführten Faktoren eingewirkt wird. Zu diesen **Umgebungsfaktoren** zählen unter anderem:²⁷

- **Finanzielle Rahmenbedingungen:** Maut- oder Parkgebühren, Treibstoffpreise, Fahrticketkosten, Steuern etc.
- **Rechtliche Rahmenbedingungen:** Regeln einerseits das Miteinander im Verkehr und können andererseits lenkend eingesetzt werden um negative Folgewirkungen einzudämmen (z.B.: Straßenverkehrsordnung (StVO), Immissions-Luftschutzgesetz).
- **Verfügbare Infrastruktur:** Verkehrsmittelalternativen (z.B.: City Bike, öffentliche Verkehrsmittel, etc.)
- **Raumplanerische Gestaltung der Umgebung:** Straßennetz, Parkraum, autofreie Zonen, etc.
- **Entwicklung neuer Fahrzeugtechnologien:** Zur Abmilderung negativer Folgewirkungen des motorisierten Individualverkehrs.
- **Wahrgenommene negativen Folgewirkungen des motorisierten Individualverkehrs:** Umweltbelastung, Lärm, etc. (kann zu einem Umdenken führen)
- **Werbung:** Die jahrzehntelang betriebene Autowerbung hat das Automobil mit positiven Emotionen besetzt und damit die Verkehrsmittelwahl beeinflusst.

Welche Entscheidungsfaktoren in einer Verkehrsmittelentscheidung tatsächlich zum Tragen kommen und wie diese gewichtet werden wird von sogenannten **Moderatorvariablen** beeinflusst. Diese Moderatorvariablen sind beispielsweise:²⁸

- **Demographische Variablen:** Einkommen, Familienstruktur, Ausbildung, Geschlecht, Alter und Führerscheinbesitz.
- **Wegzweck:** Je nach Wegzweck, kann sich die Gewichtung der Entscheidungsfaktoren bei der Verkehrsmittelwahl verschieben. Für Besorgungswege stellt die Transportmöglichkeit ein wesentliches Kriterium dar. Die Wegzeit ist diversen Studien zufolge für Arbeitswege wichtiger als für Freizeitwege.
- **Die Zeit, die für die Entscheidung zur Verfügung steht:** Je nach zur Verfügung stehender Zeit werden mehr oder weniger Faktoren in die Entscheidung einbezogen und unterschiedlich gewichtet. Das ist vor allem für Verkehrsinformationssysteme relevant, da je nach Situation unterschiedliche Informationen bereitgestellt werden müssen.

²⁷ vgl. Pripfl et. al. (2010)

²⁸ vgl. ebenda

2.2 Mobilitätsverhalten der Wiener Bevölkerung

In diesem Kapitel wird das Mobilitätsverhalten und die damit verbundenen Bedürfnisse der Wiener Bevölkerung näher untersucht. Dazu werden Rahmenbedingungen, wie etwa demographische Aspekte betrachtet und relevante Verkehrsdaten und Mobilitätskennzahlen analysiert. Auf Basis der gefundenen Daten werden sodann potenzielle Nutzergruppen für den Einsatz elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge definiert, welche anhand spezifischer Mobilitätsszenarien beschrieben werden.

2.2.1 Rahmenbedingungen

Bevor das Mobilitätsverhalten näher betrachtet und beschrieben wird, werden vorab die wichtigsten Rahmenbedingungen, Demographie und Fahrzeugverfügbarkeit, beleuchtet.

Demographie

Zur Abschätzung des Verkehrsaufkommens und als Grundlage der Definition der Nutzergruppen wird zunächst die Bevölkerung Wiens näher betrachtet. Tabelle 3 gibt dazu einen Überblick des Bevölkerungsstands in Wien, eingeteilt nach Altersgruppen. Die Altersklassen wurden dabei so gesetzt, um später Aussagen zu speziellen Nutzergruppen machen zu können. Etwa nach Mindestalter für Lenkberechtigungen, oder nach Personen im erwerbsfähigen Alter bzw. im Ruhestand befindliche Personen.

Alter	Absolut	In %
0 – 14 Jahre	252.101	14,3%
15 – 19 Jahre	86.886	4,9%
20 – 59 Jahre	1.039.206	58,8%
60 Jahre und älter	388.553	22,0%
Insgesamt	1.766.746	100%

Tabelle 3: Bevölkerungsstand Wien²⁹

Der Großteil der Bevölkerung Wiens ist älter als 15 Jahre und ist somit in der Lage selbstständig mobil zu sein, sofern keine gesundheitlichen Einschränkungen vorliegen. Bei Personen unter 15 Jahren ist Mobilität nur eingeschränkt selbstständig möglich, da für motorisierte Verkehrsmittel je nach Fahrzeugklasse Altersbegrenzungen gelten (Führerschein für Kleinkrafträder erst ab 15 Jahren). Sie müssen also entweder mittels öffentlichen Verkehrsmitteln, zu Fuß oder per Fahrrad (frühestens ab 10 Jahren) von A nach B gelangen, bzw. von anderen mitgenommen

²⁹ Quelle: Statistik Austria, Statistik des Bevölkerungsstandes (Bevölkerung am 01.01.2014), erstellt am 28.05.2014

bzw. begleitet werden. Dementsprechend stellt diese Bevölkerungsgruppe keine potenzielle Nutzergruppe für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge dar.

Die Einteilung der Altersklasse der 20 bis 59 jährigen erfolgte auf Basis des durchschnittlichen Pensionsantrittsalters, welches 2014 bei 59,6 Jahren lag (60,8 Jahre bei Männern und 58,6 Jahre bei Frauen).³⁰ Diese Einteilung ist notwendig, da sich das Mobilitätsverhalten bei Menschen über 60 Jahren gegenüber jenem von jüngeren Altersklassen unterscheidet. In der Regel werden etwas weniger Wege und deutlich kürzere Distanzen zurückgelegt. Dies ist zum Großteil auf den Wegfall von Arbeitswegen zurückzuführen.³¹

Von der Wiener Wohnbevölkerung zählt rund die Hälfte zur Gruppe der Erwerbspersonen, diese sind entweder erwerbstätig oder arbeitslos. Zur verbleibenden Hälfte der Nicht-Erwerbspersonen zählen Personen unter 15 Jahren, Personen mit Pensionsbezug, SchülerInnen und Studierende (15 Jahre und älter), sowie sonstige Nicht-Erwerbspersonen. Innerhalb der Nicht-Erwerbspersonen stellen Personen mit Pensionsbezug die größte Gruppe dar (etwa 21% der Wiener Bevölkerung). Darauf folgen Personen unter 15 Jahren, die gemeinsam mit SchülerInnen und Studierenden knapp ein Fünftel der Bevölkerung ausmachen. Zur Gruppe der sonstigen Nicht-Erwerbspersonen (10,1%) zählen Personen über 15 Jahre, die bei einer anderen Person mitversichert sind, Sozialhilfe beziehen, ausschließlich von Kapitaleinkünften leben oder aus anderen Gründen nicht am Erwerbsleben teilnehmen und sich nicht in schulischer Ausbildung befinden.³²

Tabelle 4 zeigt die Zusammensetzung Wiener Haushalte und dient zur Abschätzung einer möglichen gemeinsamen Nutzung von Kraftfahrzeugen bzw. einer gemeinsamen Bewältigung von Wegen. Wien ist mit 46,1% das Bundesland mit dem höchsten Anteil an Einpersonenhaushalten. In 53,9% aller Haushalte leben mehr als eine Person, wobei die durchschnittliche Haushaltsgröße 1,99 Personen beträgt.³³

Haushaltstyp	Anzahl	Anteil
Mehrpersonenhaushalte	469.300	53,9%
Einpersonenhaushalte	401.600	46,1%
Insgesamt	870.900	100%
Durchschnittliche Haushaltsgröße	1,99	

Tabelle 4: Haushalte Wien³⁴

Der Großteil der Mehrpersonenhaushalte sind Familien (siehe Tabelle 5). Wobei als Familien, gemäß Kernfamilien-Konzept der Vereinten Nationen, Ehepaare oder

³⁰ Quelle: Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger (2015)

³¹ vgl. Steigenberger / Feßl (2013)

³² Quelle: Asamer et. al. (2013)

³³ Quelle: Statistik Austria, Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung 2012, erstellt am 24.03.2014

³⁴ Quelle: ebenda

Lebensgemeinschaften mit oder ohne Kinder bzw. einzelne Elternteile mit Kindern verstanden werden.³⁵ In etwa 250.300 Familien (55,3% aller Familienhaushalte) leben Kinder, der restliche Teil der Familien besteht aus Paaren ohne Kinder. In rund 158.300 aller Familien leben Kinder unter 15 Jahren (siehe Tabelle 5). Die durchschnittliche Anzahl an Kindern, bezogen auf Familien mit mindestens einem Kind unter 15 Jahren, liegt für Paare, die zusammen leben, bei 1,6 und für Ein-Eltern-Familien bei 1,4.³⁶

Familienform	Anzahl
Familien Insgesamt	453.000
Paare zusammen	380.700
Ohne Kinder	202.600
Mit Kindern aller Altersklassen	178.100
Mit Kindern unter 15 Jahren	126.400
Ein-Eltern-Familien	72.200
Mit Kindern unter 15 Jahren	31.900

Tabelle 5: Familien Wien³⁷

Zwischen dem 30. und 39. Lebensjahr lebt ein großer Teil der Bevölkerung in einer Partnerschaft mit Kindern (Männer zu 45,6% und Frauen zu 57,2%). Leben Kinder im betreuungspflichtigen Alter bis unter 15 Jahren im Haushalt, spiegelt sich dies in den Erwerbsquoten der Eltern wider. Besonders bei Müttern ergeben sich abhängig vom Alter des jüngsten Kindes größere Anteile an Teilzeitbeschäftigung und Elternkarenz (siehe Abbildung 2). Die Erwerbsbeteiligung von Männern bleibt dagegen nahezu konstant bei etwa 84-88% Vollzeit-Erwerbstätigkeit, 4-8% Teilzeit-Erwerbstätigkeit, Elternkarenz bis 2,2% und ca. 6-9% nicht erwerbstätig bzw. arbeitslos.³⁸

³⁵ vgl. Asamer et. al. (2013)

³⁶ Quelle: Statistik Austria, Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung 2013, erstellt am 24.03.2014

³⁷ Quelle: ebenda

³⁸ vgl. Fuchs / Marik-Lebeck (2014)

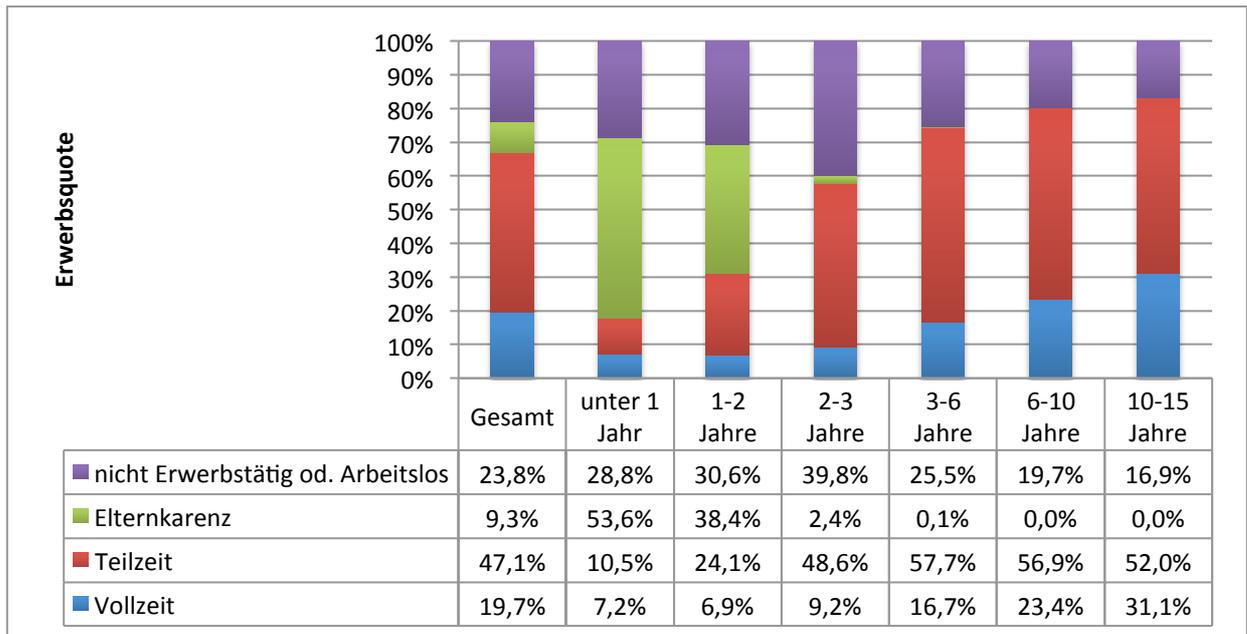


Abbildung 2: Erwerbsbeteiligung Mütter mit Kinder unter 15 Jahren nach Alter des jüngsten Kindes³⁹

Fahrzeugverfügbarkeit (Motorisierungsgrad)

In Wien lag der Motorisierungsgrad 2013 unter anderem aufgrund des gut ausgebauten öffentlichen Verkehrsangebotes bei 386 PKW pro 1.000 Einwohner unter dem österreichweiten Durchschnitt von 546 PKW pro 1.000 Einwohner.⁴⁰

Die letzte Konsumerhebung, durchgeführt von Statistik Austria, zeigt, dass 59% der Wiener Haushalte in Besitz eines PKW sind, 9% mehr als einen PKW haben, 6% sind im Besitz eines Motorrades und etwa 2% verfügen über ein Moped bzw. Mofa. In 40% der Haushalte gab es zum Erhebungszeitpunkt keine KFZ, also weder PKW, noch Moped oder Mofa. In 61% der Haushalte gibt es zumindest ein Fahrrad, wobei die durchschnittliche Anzahl an Fahrrädern in Haushalten mit Fahrrad bei etwa 2,1 liegt.⁴¹ Der Anteil an Haushalten, in denen mindestens eine Person eine Jahreskarte für öffentliche Verkehrsmittel besitzt, liegt bei 40%.⁴²

2.2.2 Durchschnittliche/Allgemeine Mobilitätskennzahlen

In diesem Abschnitt wird eine Übersicht zu den Mobilitätsgewohnheiten der Wiener Bevölkerung erstellt. Dazu werden allgemeine Mobilitätsdaten und -kennzahlen erläutert, ohne zunächst näher auf den Einfluss von Wegzweck, demografische Aspekte oder ähnliches einzugehen.

³⁹ Quelle: Statistik Austria, Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung 2013 in Fuchs / Marik-Lebeck (2014)

⁴⁰ Quelle: Statistik Austria, Kfz-Bestand am 31.12.2013, sowie vorläufiger Bevölkerungsstand am 1.1.2014

⁴¹ Quelle: Hiess (2013)

⁴² Quelle: Statistik Austria, Konsumerhebung 2009/10, erstellt am 07.10.2011

Tabelle 6 zeigt die Anzahl der durchschnittlich in Wien zurückgelegten Wege pro Tag, die Anzahl der Ausgänge pro Tag, sowie den Außer-Haus-Anteil. Bei den Wegen und Ausgängen wird hier zwischen mobilen Personen und allen Personen unterschieden. Außerdem sind zwischen Werktagen und Wochenendtagen bzw. Feiertagen Unterschiede in der Zahl der zurückgelegten Wege und im Außer-Haus-Anteil festzustellen.

Kennzahl	Alle Tage (Mo-So)	Werktage (Mo-Fr)	Wochenende + Feiertage
Wege (pro Person und Tag)	2,7	2,9	2,3
Wege (pro mobiler Person und Tag)	3,4	3,5	3,1
Ausgänge (pro Person und Tag)	1,1	1,2	1,0
Ausgänge (pro mobiler Person und Tag)	1,4	1,4	1,3
Außer-Haus-Anteil	81%	84%	75%

Tabelle 6: Wege, Ausgänge und Außer-Haus-Anteil Wien⁴³

Es zeigt sich, dass an Werktagen mehr Wege zurückgelegt werden und der Außer-Haus-Anteil bzw. die Zahl der Ausgänge höher ist als am Wochenende. Die meisten Wege werden von mobilen Personen, also Personen die am jeweiligen Tag tatsächlich ihre Wohnung verlassen haben, an Werktagen absolviert (3,5 Wege/Tag).

Tabelle 7 zeigt die durchschnittlich zurückgelegte Entfernung, die Wegdauer, sowie die Geschwindigkeit für Wege nach Verkehrsmittel im Binnenverkehr in Wien. Die durchschnittlichen Weglängen sind mit 4,1km für alle Verkehrsmittel und 5,4km im motorisierten Individualverkehr relativ kurz.

Verkehrsmittel	Entfernung (km)	Wegdauer (min)	Geschwindigkeit (km/h)
Zu Fuß	0,7	16,1	3,4
Fahrrad	3,3	19,4	11,1
MIV	5,4	18,6	18,2
ÖV	5,9	32,8	11,1
Gesamt	4,1	23,7	10,6

Tabelle 7: Durchschnittliche Weglänge, Wegdauer und Geschwindigkeit Wien⁴⁴

⁴³ Quelle: Socialdata (2006)

⁴⁴ Quelle: Omnitrend (2014)

Verkehrsmittelwahl – Modal Split

Bei der Analyse des Mobilitätsverhaltens der Wiener Bevölkerung ist besonders die Verkehrsmittelwahl interessant. Für die Gesamtheit der von der Wiener Bevölkerung zurückgelegten Wege liegt folgende, in Abbildung 3 dargestellte, Verteilung der Verkehrsmittelwahl (auch als Modal Split bezeichnet) vor.

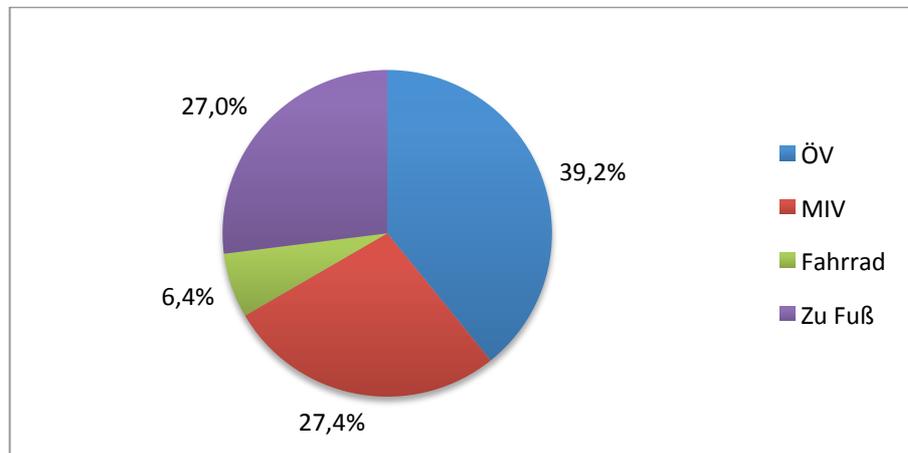


Abbildung 3: Verkehrsmittelwahl (Modal Split) Wien Gesamt⁴⁵

Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs an allen in Wien zurückgelegten Wegen beträgt 27,4%. Die als Umweltverbund bezeichnete Kombination aus Benützung von öffentlichen Verkehrsmitteln (39,2%), zu Fuß gehen (27,0%) und Fahrrad fahren (6,4%) ergibt in Summe einen Anteil von 72,6%.

Um die Einwirkungen lokaler Gegebenheiten auf das Mobilitätsverhalten der jeweiligen Bevölkerung zu verdeutlichen wird in Abbildung 5 die Verkehrsmittelwahl nach Bezirksgruppe dargestellt. Abbildung 4 zeigt die dafür zugrunde gelegte regionale Einteilung der Bezirksgruppen.

⁴⁵ Quelle: Omnitrend (2014)

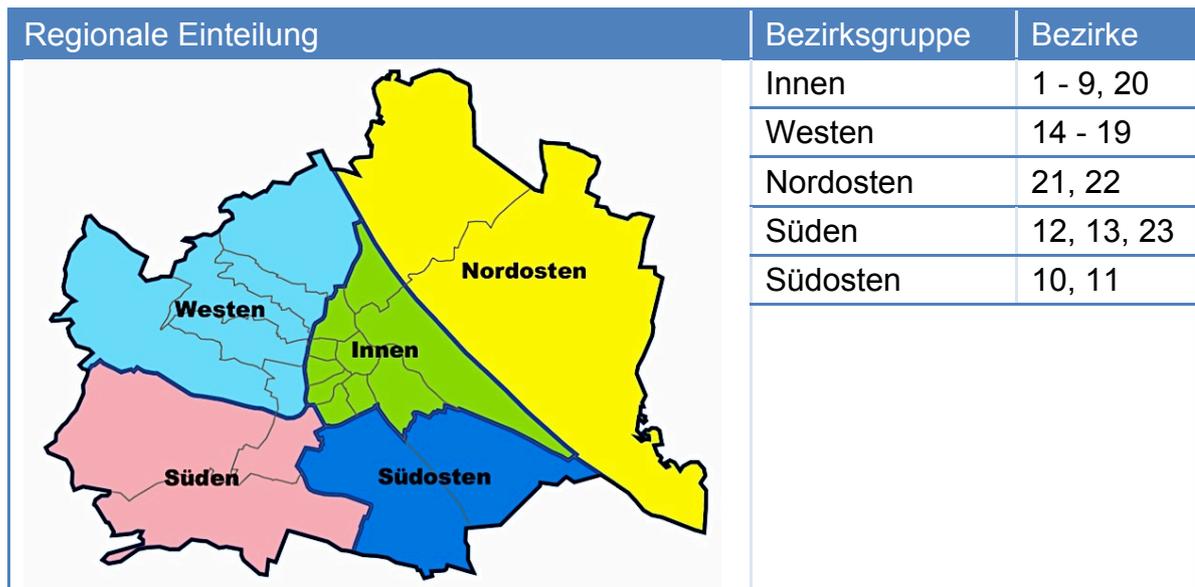


Abbildung 4: Einteilung Wien nach Bezirksgruppen⁴⁶

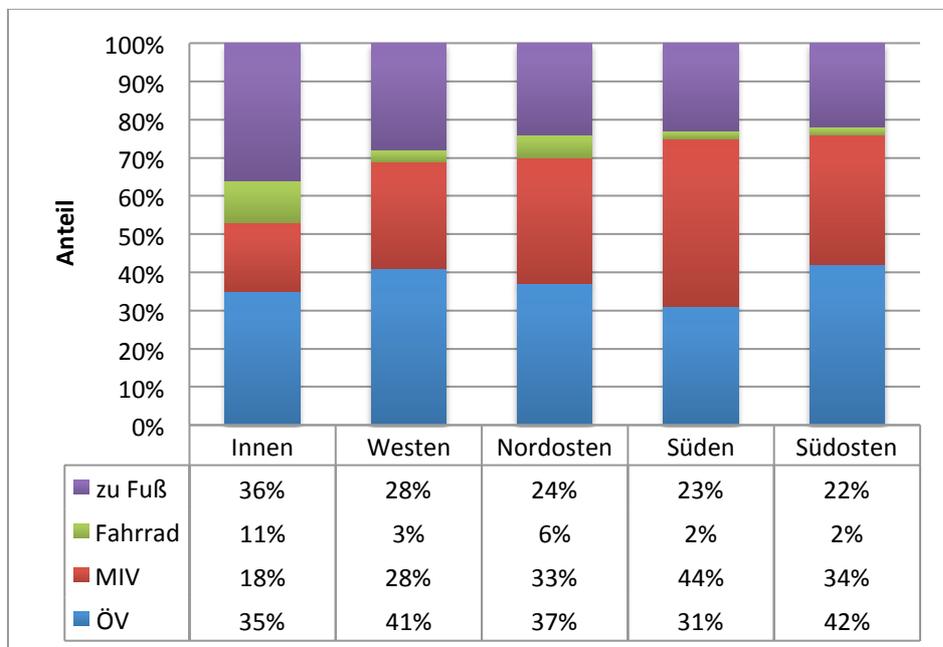


Abbildung 5: Modal Split Wien nach Bezirksgruppen⁴⁷

Hier ist zu erkennen, dass der Anteil des MIV im Süden Wiens mit insgesamt 44% deutlich höher ausfällt als in den inneren Bezirken (18%). Dies ist unter anderem auf Unterschiede in der Infrastruktur, sowie im Stadtbild zurückzuführen. Im weiteren Verlauf wird nicht detailliert auf die Unterschiede zwischen den einzelnen Bezirksgruppen eingegangen, sondern auf Werte und Daten mit Gültigkeit für ganz Wien zurückgegriffen.

⁴⁶ Quelle: Socialdata (2009)

⁴⁷ Quelle: Hiess (2013)

Trend zur Multimodalität

In den letzten Jahren ist eine Veränderung der Einstellung zur Mobilität in urbanen Gebieten zu bemerken. Der private PKW hat als Statussymbol an Bedeutung verloren. PKW-Besitz und PKW-Fahrleistung stagnieren bei jungen Erwachsenen oder nehmen sogar ab. Fahrräder repräsentieren hingegen einen neuen urbanen Lebensstil. Ein weiterer gesellschaftlicher Trend ist „Nutzen statt besitzen“, der im Mobilitätssektor eine steigende Nachfrage nach Carsharing-Modellen (z.B.: car2go, DriveNow) und Radverleihsystemen zur Folge hat und mit einem flexibleren, zweckorientierteren Umgang von Verkehrsmitteln verbunden ist. Die Zukunft der städtischen Mobilität wird multimodal gesehen, das bedeutet die Verfügbarkeit unterschiedlicher Verkehrsmittel und die situative Auswahl genauso, wie die Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel für einen Weg (z.B. mittels Park & Ride, Bike & Ride, Fahrradmitnahme im ÖV, Mitfahrssysteme etc.). Bereits etwa ein Viertel (26%) der Wiener Bevölkerung wechselt sehr flexibel zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln und ist somit multimodal unterwegs.⁴⁸

Wegzweck

Wie bereits in Kapitel 2.1.1 erläutert wurde, hat der Wegzweck einen maßgeblichen Einfluss auf die Wahl des Verkehrsmittels. Dem Weg einer Person wird deshalb stets ein Wegzweck, bzw. die Aktivität am Zielort zugeordnet. Nach Erfüllen des Zwecks beginnt ein neuer Weg. Wird z.B. nach dem Absetzen des Kindes bei der Schule noch der Einkauf erledigt, so wird der Weg von der Schule zum Geschäft als neuer Weg gewertet. Die Aneinanderreihung bzw. die Kombination von Wegen wird als Wegkette bezeichnet. Der Zweck, der den einzelnen Wegen zugeordnet werden kann, lässt sich durch folgende Punkte beschreiben:

- Von/Zum Arbeitsplatz
- Dienstliche/Geschäftliche Erledigungen
- Von/Zur Schule/Ausbildung
- Holen/Bringen von Personen
- Versorgung/Einkaufen
- Freizeit
- Private Erledigungen, Dienstleistungen
- Sonstiges (z.B.: Urlaub, Zweitwohnsitz, Begleitung)

Abbildung 6 zeigt die Verteilung der Wegzwecke nach Altersgruppen, die mit allen Verkehrsmitteln absolviert werden. Die größten Anteile an den zurückgelegten Wegen haben für alle Altersgruppen Freizeitwege (32,1%), Arbeitswege (23,0%), sowie Versorgungswege (29,2%).

⁴⁸ vgl. Hiess (2013)

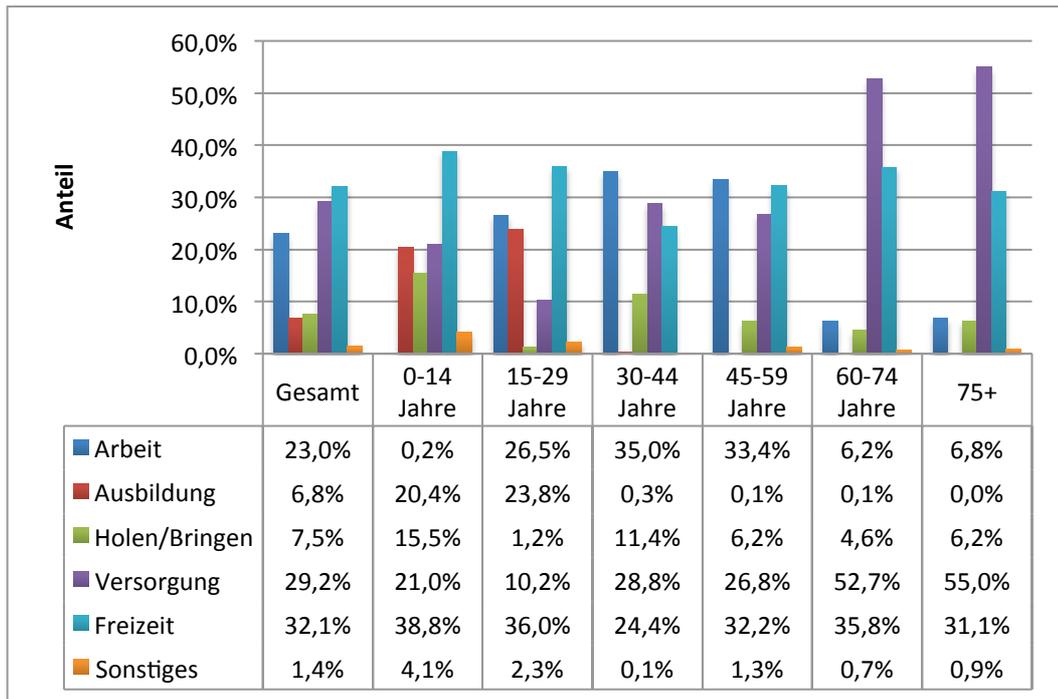


Abbildung 6: Wegzweck Gesamt und nach Altersklassen⁴⁹

Abbildung 7 zeigt die Anteile der Wegzwecke von Wegen, die mit dem PKW zurückgelegt werden. Die Anteile der Arbeits- und Ausbildungswege (38%), sowie Fahrten für Alltagserledigungen (39%) liegen hier höher als bei Berücksichtigung aller Verkehrsmittel. Im Gegensatz dazu liegen Freizeitwege, die mit dem PKW absolviert werden, mit 14% deutlich niedriger.

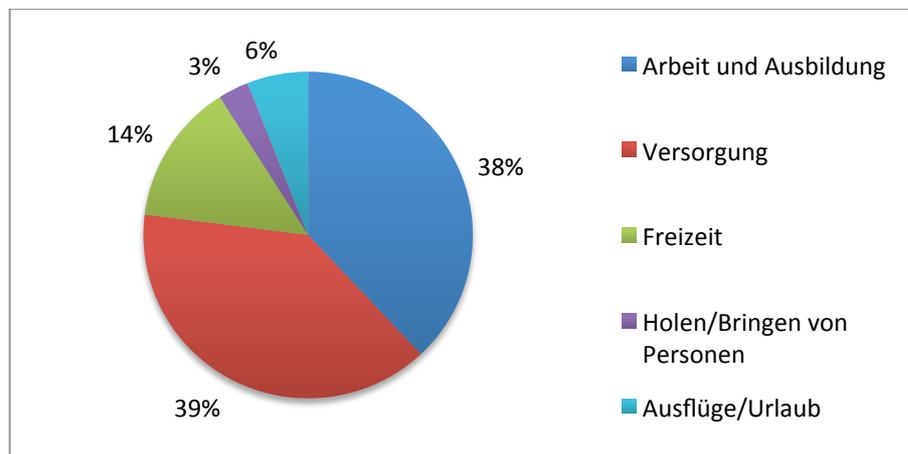


Abbildung 7: Hauptsächlicher Zweck von PKW-Fahrten⁵⁰

In den folgenden Kapiteln werden nun die einzelnen Wegzwecke näher betrachtet und sofern für die Definition der Nutzergruppen erforderlich, auch Unterschiede zwischen verschiedenen Personengruppen aufgezeigt.

⁴⁹ Quelle: Omnitrend (2014)

⁵⁰ Quelle: Hanappi et. al. (2012)

2.2.3 Wegzweck: Arbeit – ErwerbpendlerInnen

Mit 23% haben Arbeitswege einen wesentlichen Anteil an allen in Wien zurückgelegten Wegen. Besondere Bedeutung hat dieser Wegzweck bei Menschen zwischen 15 und 60 Jahren, da diese sich im erwerbsfähigen Alter befinden. Dementsprechend ist der Anteil der Arbeitswege bei ihnen mit 26,5-35,0% höher als im Gesamtdurchschnitt aller Altersklassen (siehe Abbildung 6). Jüngere und ältere Personen nehmen hingegen nicht bzw. nicht mehr am Arbeitsleben teil, wodurch Arbeitswege für sie weniger relevant sind. Für die Definition der Nutzergruppen ist besonders die Gruppe der Erwerbpendlerinnen und –pendler von Bedeutung.

Definition Erwerbpendlerinnen und –pendler: *“...Erwerbstätige, die täglich oder auch in größeren Abständen einen Weg zwischen ihrer Wohnung und ihrer Arbeitsstätte zurücklegen müssen. Die Masse der Erwerbpendlerinnen und -pendler geht nicht von der Gesamtzahl der Erwerbspersonen aus, sondern von der Teilmenge ‘Erwerbstätige’. Frauen und Männer im Karenzurlaub mit aufrechtem Beschäftigungsverhältnis werden nicht in die Pendelzielstatistik aufgenommen.”⁵¹*

Tabelle 8 zeigt die Anzahl der erwerbstätigen Personen in Wien nach der Entfernungskategorie ihrer Arbeitsstätte. Der Großteil davon (69,6% - ca. 530.000 Personen) pendelt auf dem Weg zur Arbeit in einen anderen Wiener Gemeindebezirk, 13,1% (ca. 100.000 Personen) bleiben innerhalb ihres Wohnbezirkes. 11,2% verlassen auf dem Weg zur Arbeit das Bundesland und bei etwa 6% befindet sich die Arbeitsstätte im eigenen Wohnhaus.

Entfernungskategorie	Absolut ¹⁾	In %
Erwerbstätige am Wohnort	760.975	100%
Nicht PendlerInnen ^{2) 4)}	45.052	5,9%
Gemeindebezirks BinnenpendlerInnen ⁴⁾	99.617	13,1%
Bundesland BinnenpendlerInnen ^{3) 4)}	529.922	69,6%
AuspendlerInnen ⁴⁾ in ein anderes Bundesland	85.013	11,2%
AuspendlerInnen ins Ausland ⁴⁾	1.371	0,2%
Erwerbstätige am Arbeitsort	935.297	-
EinpendlerInnen ⁵⁾	260.706	27,9%
1) Ohne temporär von der Arbeit abwesende Personen 2) Arbeitsstätte befindet sich im Wohngebäude 3) In einen anderen Gemeindebezirk innerhalb Wiens 4) In Prozent der Erwerbstätigen am Wohnort 5) In Prozent der Erwerbstätigen am Arbeitsort		

Tabelle 8: Erwerbstätige Personen Wien nach Entfernungskategorie⁵²

⁵¹ vgl. Statistik Austria, Pendlerstatistik 2013

⁵² Quelle: Statistik Austria, Registerzählung 2011. Abgestimmte Erwerbsstatistik 2009, 2010, 2012 (Stichtag 31.10.), erstellt am 29.09.2014

Verkehrsmittelwahl – Modal Split

Für den Weg zur Arbeit wählen fast die Hälfte aller Personen (49,9%) öffentliche Verkehrsmittel. Etwa ein Drittel (32,8%) fährt mit dem Auto oder anderen motorisierten Fahrzeugen zur Arbeit. Der Rest der Arbeitswege wird mit dem Fahrrad (10,7%) oder zu Fuß (6,6%) bewältigt.

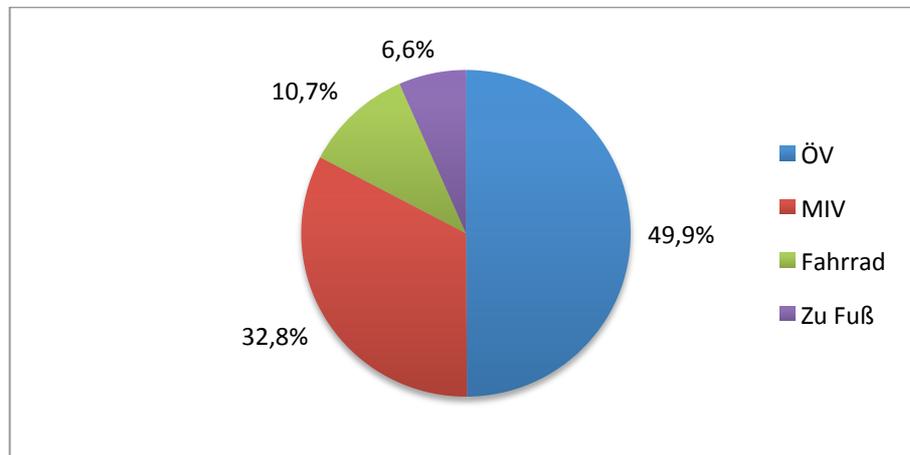


Abbildung 8: Modal Split Wien 2013 – Arbeit⁵³

Weglänge

Die Entfernungen bzw. Weglängen, die von den pendelnden Personen zwischen Wohnort und Arbeitsplatz zurückgelegt werden, sind in Abbildung 9 dargestellt (dunkelgrün = PendlerInnen zwischen Wiener Gemeindebezirken; hellgrün = PendlerInnen zwischen Bundesländern).

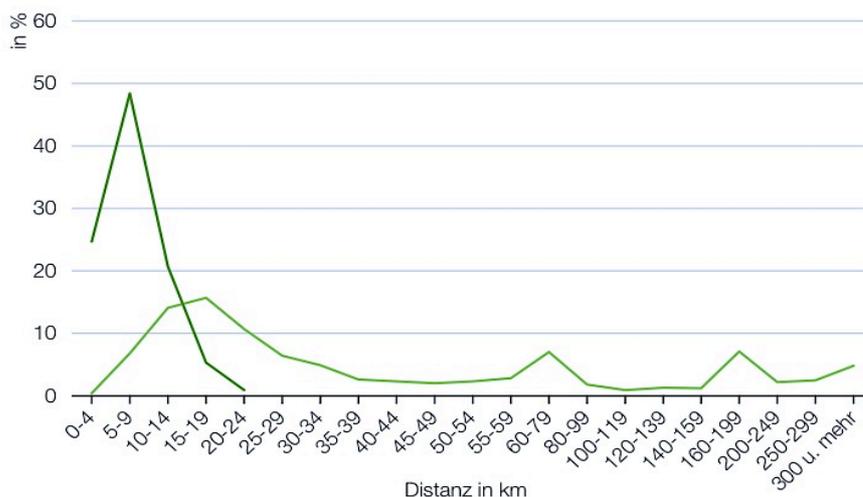


Abbildung 9: Wegdistanzen zur Arbeit Wien⁵⁴

⁵³ Quelle: Omnitrend (2014)

⁵⁴ Quelle: Asamer et. al. (2013)

Gemäß Statistik Austria (Census Wien 2011) legen ErwerbsspendlerInnen, die auf dem Weg zum Arbeitsplatz ihren Wiener Gemeindebezirk verlassen, durchschnittlich eine Distanz von 17km zurück, um ihren österreichischen Arbeitsort zu erreichen. Von den Personen, die zwischen Wiener Gemeindebezirken pendeln, legen etwa die Hälfte (48,4 %) eine Distanz von 5-9 km zurück. Beim Auspendeln in ein anderes Bundesland werden durchschnittlich 72km zurückgelegt. Mehr als die Hälfte davon (62,9 %) bringt über 20 Straßenkilometer hinter sich, um zum Arbeitsplatz in einem anderen Bundesland zu gelangen.⁵⁵

Anzahl der PKW-Insassen

Abbildung 10 zeigt die Anzahl der Fahrzeuginsassen, die sich durchschnittlich auf dem Weg zur Arbeit bzw. zur Ausbildungsstätte in einem PKW befinden. Fahrgemeinschaften werden demnach eher bei kurzen Distanzen gebildet, mittlere Distanzen (6-30km) erfolgen zu 84% oder mehr allein, längere Distanzen (über 30 Kilometer) werden dann wieder häufiger mit mehreren Insassen zurückgelegt.⁵⁶

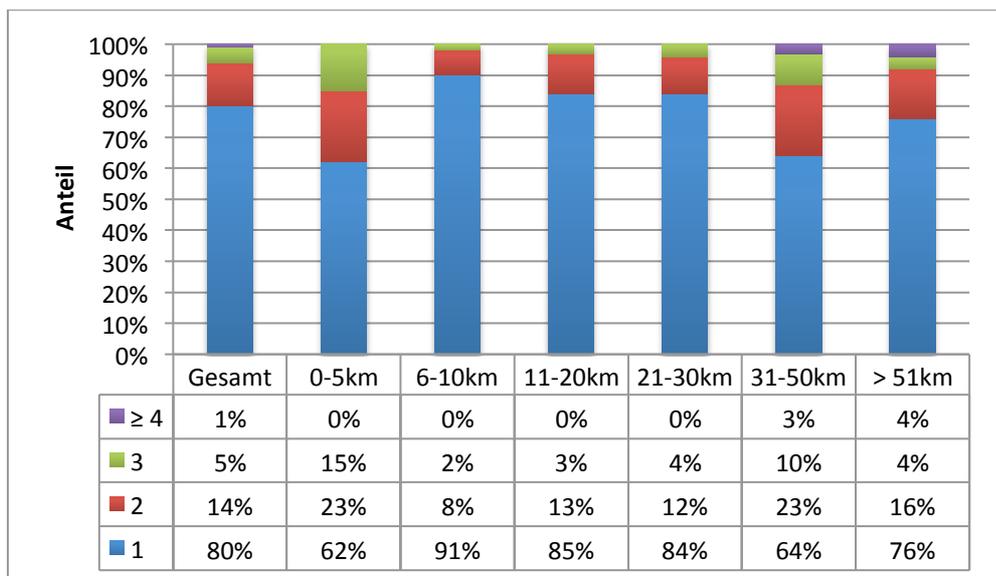


Abbildung 10: Anzahl der PKW-Insassen bei Arbeits- und Ausbildungswegen⁵⁷

2.2.4 Wegzweck: Schule/Ausbildung

Der Weg zur Ausbildungseinrichtung hat zwar insgesamt nur einen Anteil von 6,8% an allen Wegen, jedoch sind bei den Altersklassen der 0-14 Jährigen (20,4%) und bei den 15-29 Jährigen (23,8%) naturgemäß wesentlich höhere Anteile festzustellen (siehe Abbildung 7).

⁵⁵ vgl. Asamer et. al. (2013)
⁵⁶ vgl. Hanappi et. al. (2012)
⁵⁷ Quelle: Hanappi et. al. (2012)

Für etwa die Hälfte der SchülerInnen und Studierenden liegt die Ausbildungsstätte im Wohnbezirk. Bei der anderen Hälfte der SchülerInnen und Studierenden liegt die Schule bzw. Ausbildungseinrichtung nicht im Wohnbezirk, sondern in einem anderen Wiener Gemeindebezirk bzw. in einem anderen Bundesland. Die Anteile der Entfernungskategorie variieren dabei stark nach dem Ausbildungstyp. 81,2% der VolksschülerInnen besuchen eine Schule in ihrem Wohnbezirk. Bei den HochschülerInnen sind es hingegen nur 4,9%. Insgesamt besuchen etwa 74.000 SchülerInnen und Studierende im Sekundär- und Tertiärbereich eine Ausbildungsstätte außerhalb ihres Heimatbezirks. 95,2% davon in einem anderen Wiener Gemeindebezirk und 4,8% in einem anderen Bundesland.⁵⁸ Die durchschnittlichen werktäglichen Wegdistanzen zur Erreichung der Ausbildungsstätte ist demnach stark vom Ausbildungstyp und damit auch vom Alter abhängig (siehe Tabelle 9).

Alters-/Personengruppe	Entfernung (in km)
Unter 7 Jahre	2,0
7-10 Jahre	2,3
11-14 Jahre	3,2
15-18 Jahre	7,0
Studierende	7,8
Gesamt	4,7

Tabelle 9: Weglänge SchülerInnen und Studierende Wien⁵⁹

Verkehrsmittelwahl – Modal Split

Der Großteil der SchülerInnen und Studierenden benutzt öffentliche Verkehrsmittel (67%), um zur Ausbildungsstätte zu gelangen und rund ein Viertel (25,6%) bewältigt den Weg zur Schule bzw. zur Universität zu Fuß. Nur 4,9% benutzen Fahrzeuge des motorisierten Individualverkehrs um zur Ausbildungsstätte zu gelangen, wodurch das Potenzial für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge in diesem Bereich als eher gering anzusehen ist.

⁵⁸ vgl. Asamer et. al. (2013)

⁵⁹ Quelle: Socialdata (2006)

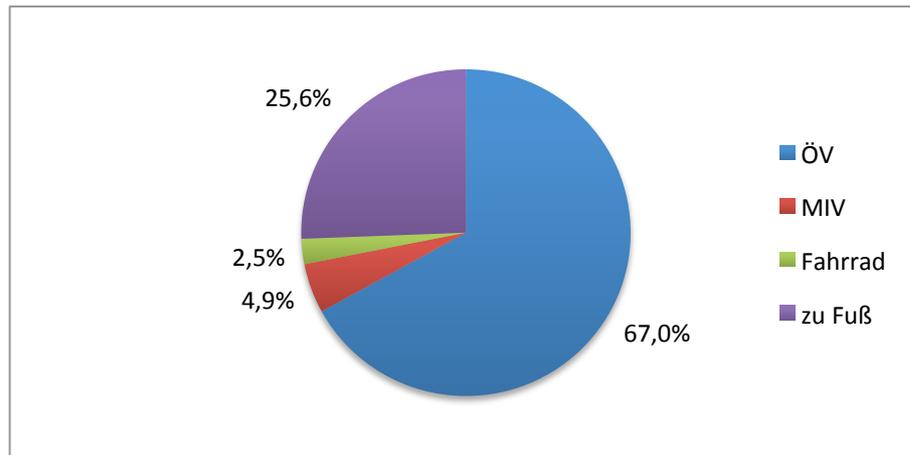


Abbildung 11: Modal Split Wien 2013 - Schule/Ausbildung⁶⁰

2.2.5 Wegzweck: Versorgung/Einkaufen

Verkehrsmittelwahl – Modal Split

Versorgungswege bzw. Wege zum Einkaufen haben mit 29% einen relativ hohen Anteil an allen zurückgelegten Wegen. Besonders hoch ist der Anteil der Wege zur Versorgung bei über 60-jährigen mit 53-55% (siehe Abbildung 6). Wie aus Abbildung 12 ersichtlich haben öffentlicher Verkehr (31%), MIV (28,7%) und zu Fuß gehen (35,1%) etwa gleiche Anteile an den gesamten Einkaufswegen, wohingegen das Fahrrad nur in 5,5% der Fälle genutzt wird.

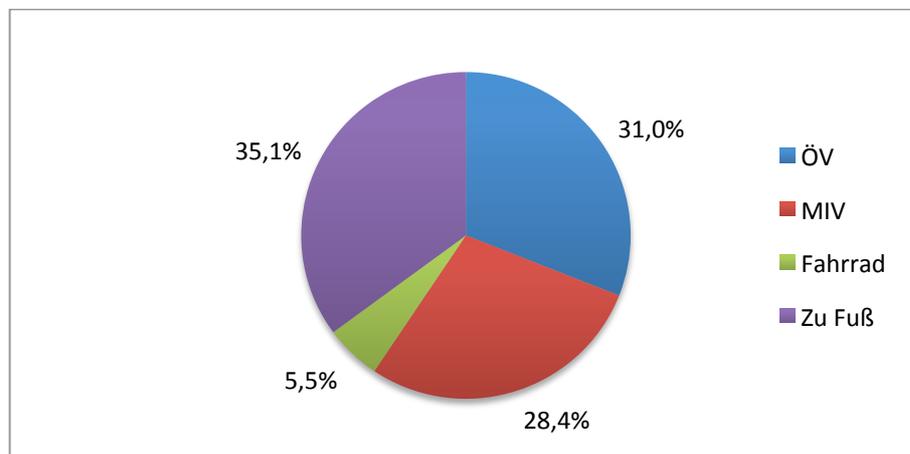


Abbildung 12: Modal Split Wien 2013 - Versorgung/Einkauf⁶¹

Eine Umfrage aus dem Jahr 2005, durchgeführt von der Universität für Bodenkultur, ergab als primären Grund für die Nutzung des PKW für Einkäufe den Transport von Waren (44% der Befragten). Des Weiteren wurden die Verbindung des Einkaufs mit anderen Erledigungen (27%) und Gewohnheit bzw. Bequemlichkeit der Personen

⁶⁰ Quelle: Omnitrend (2014)

⁶¹ Quelle: Omnitrend (2014)

(15%) als wichtige Nutzungsgründe genannt.⁶² Laut Verkehrsclub Österreich betreffen 85% aller Einkaufsfahrten Güter des täglichen Bedarfs und 50% der Lebensmitteleinkäufe wiegen weniger als 5kg, 75% weniger als 10kg. Gemäß Untersuchungen sei demnach aufgrund der Menge oder des Gewichts von 1.600 betrachteten Einkäufen nur für 6% der Einkäufe ein PKW für den Transport der Waren erforderlich. Für 70% wäre ein normales Fahrrad ausreichend. Neben der Einkaufsmenge ist auch die Entfernung zum Geschäft und die Infrastruktur (Fahrradwege, Abstellanlagen, etc.) entscheidend für die Verkehrsmittelwahl bei Einkaufs- bzw. Versorgungswegen.⁶³

Weglänge

Die durchschnittlichen Weglängen sind für Einkaufs- bzw. Versorgungswege über alle Altersgruppen relativ konstant. Zwischen Werktagen und Wochentagen sind jedoch geringe Unterschiede festzustellen, wobei am Wochenende tendenziell etwas längere Wege zurückgelegt werden. An Werktagen beträgt die durchschnittliche Weglänge aller Altersgruppen 3,2km, am Wochenende und an Feiertagen sind es 4,2km.⁶⁴

Anzahl der PKW-Insassen

Für Erledigungen im Alltag, die sowohl Einkaufs- und Versorgungswege, aber auch andere private Wegzwecke umfassen, liefert das Umweltbundesamt folgende Zahlen (Häufigkeit in %): Ein Insasse 40%; Zwei Insassen 44%; Drei Insassen 12%; Vier und mehr Insassen 5%.⁶⁵

2.2.6 Wegzweck: Freizeit

Der Anteil der Freizeitwege an allen Wegen ist mit 32% für alle Altersklassen sehr hoch. Bei den unter 14 Jährigen sind es sogar 39%. Auch in den anderen Altersgruppen sind hohe Anteile festzustellen, lediglich bei den 30 bis 44-jährigen ist der Anteil mit 24% etwas geringer (siehe Abbildung 6).

Es wird erwartet, dass die Mobilität zu Freizeitanlässen deutlich an Bedeutung gewinnen wird. Beeinflusst wird dies durch mehrere Faktoren, wie etwa steigende Haushaltseinkommen, die künftig zu erwartende bessere Bildung, sowie demografische Effekte. Bessere Gesundheit und Motorisierung steigert besonders bei älteren Menschen die Mobilität zu Freizeitzwecken.⁶⁶

⁶² Quelle: Dittrich et. al. (2005)

⁶³ vgl. Gansterer (2015)

⁶⁴ Quelle: Socialdata (2006)

⁶⁵ Quelle: Hanappi et. al. (2012)

⁶⁶ vgl. Steigenberger / Feßl (2013)

Verkehrsmittelwahl – Modal Split

Mit 34% haben Fußwege einen auffallend hohen Anteil bei den Freizeitwegen. Der motorisierte Individualverkehr liegt hier mit 22% unter dem Durchschnittswerten für alle Wege. Öffentlicher Verkehr (38%) und Fahrrad (6%) entsprechen hingegen ungefähr dem Durchschnitt.

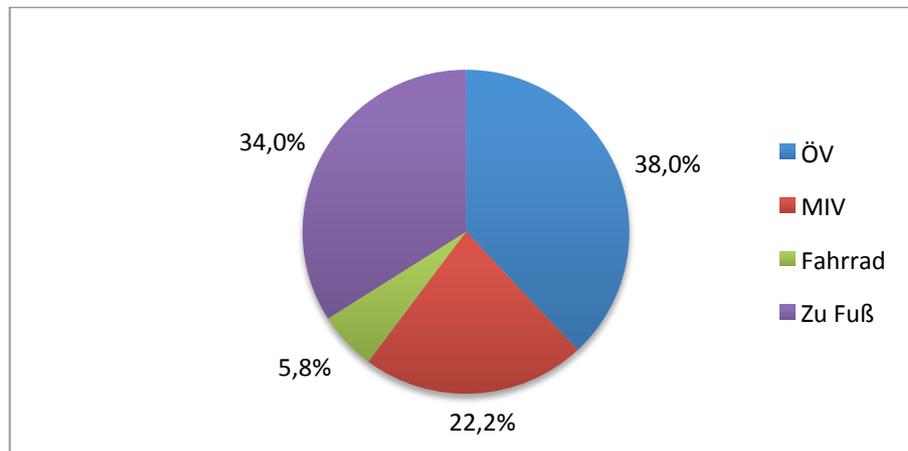


Abbildung 13: Modal Split Wien 2013 - Freizeit⁶⁷

Weglänge

Die Weglängen der Fahrten für Freizeitaktivitäten variieren zwischen verschiedenen Personengruppen und Wochentag bzw. Wochenende stark (siehe Tabelle 10). Die längsten Distanzen legen erwerbstätige Personen mit PKW an Wochenenden und Feiertagen zurück (24,3km). Der Durchschnitt liegt an allen Tagen bei 10,9km. An Wochenenden sind die Entfernungen mit 15,1km deutlich höher, wohingegen die Weglänge von Freizeitwegen an Wochentagen nur durchschnittlich 8,1km beträgt.

Personengruppe	Mo-Fr	Sa, So + Feiertage	alle Tage
Unter 7 Jahre	4,0	13,8	6,7
Studierende	6,0	-	8,3
Erwerbstätige mit PKW	9,7	24,3	17,0
Erwerbstätige ohne PKW	8,4	10,3	9,1
Ab 60 Jahre mit PKW	8,8	9,1	8,9
Ab 60 Jahre ohne PKW	9,0	9,5	9,2
Gesamt	8,1	15,1	10,9

Tabelle 10: Weglänge (in km) Freizeitwege Wien⁶⁸

⁶⁷ Quelle: Omnitrend (2014)

⁶⁸ Quelle: Socialdata (2006)

Anzahl der PKW-Insassen

Die Anzahl der Autoinsassen im Freizeitverkehr beträgt laut Umweltbundesamt zu 29% eine Person, zu 42% zwei Personen, zu 17% drei Personen und zu 12% vier oder mehr Personen.⁶⁹

2.2.7 Wegzweck: Holen/Bringen bzw. Begleiten

Hol- und Bringwege haben mit 7,5% einen relativ geringen Anteil an allen zurückgelegten Wegen (siehe Abbildung 6). Die höchsten Anteile sind hier bei Kindern bis 14 Jahren (15,5%) und Personen zwischen 30 und 44 Jahren (11,4%) festzustellen. Wobei hier angenommen wird, dass Kinder unter 14 Jahren eher gebracht bzw. geholt werden und nicht selbst jemanden abholen bzw. bringen.

Verkehrsmittelwahl – Modal Split

Zu der Verkehrsmittelwahl für Hol- und Bringwege ist anzumerken, dass hier definitionsgemäß zumindest zwei Personen gemeinsam unterwegs sind. Wodurch der Anteil der Wege, die mittels Fahrrad zurückgelegt werden, bei nur 2,2% liegt. Deutlich höher ist hingegen der Anteil des MIV mit knapp 52%. Aber auch mittels öffentlichen Verkehr (20,8%) und zu Fuß (25,2%) können Personen wohin gebracht, abgeholt oder begleitet werden.

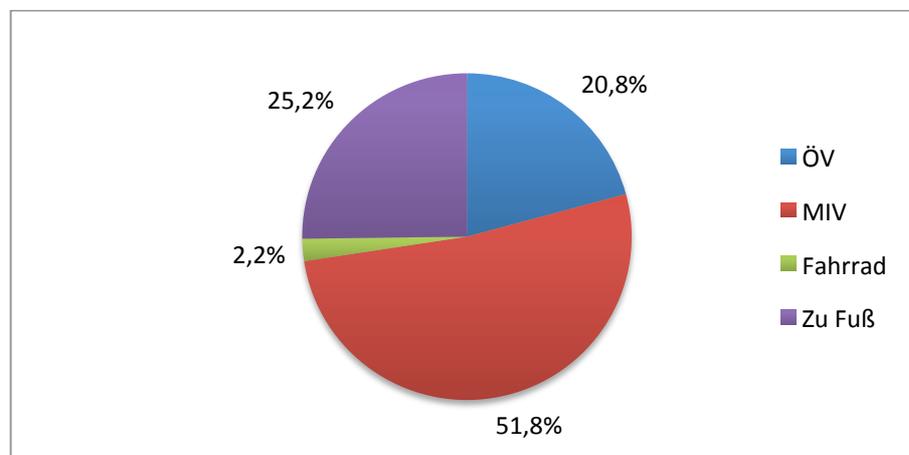


Abbildung 14: Modal Split Wien 2013 - Holen/Bringen⁷⁰

Weglänge

Tabelle 11 zeigt die durchschnittlichen Weglängen für Hol- bzw. Bringwege für relevante Personengruppen nach Wochentagen. Erwerbstätige Personen mit PKW legen demnach im Durchschnitt 5,8km zurück, um jemanden abzuholen bzw. wohin zu bringen. Am Wochenende werden dafür etwas längere Distanzen zurückgelegt (8,7km).

⁶⁹ Quelle: Hanappi et. al. (2012)

⁷⁰ Quelle: Omnitrend (2014)

Personengruppe	Mo-Fr	Sa, So + Feiertage	alle Tage
Unter 7 Jahre	2,4	–	2,3
Erwerbstätige mit PKW	5,4	8,7	5,8
Erwerbstätige ohne PKW	3,9	–	3,9
Ab 60 Jahre mit PKW	6,5	–	6,2
Sonstige mit PKW	2,9	–	3,2
Gesamt	4,5	7,2	4,8

Tabelle 11: Weglänge (in km) Holen/Bringen bzw. Begleiten Wien⁷¹

Anzahl der PKW-Insassen

Beim Holen oder Bringen von Personen sind per Definition zumindest zwei Personen im Fahrzeug. Bei 22% der Hol- und Bringfahrten sind genau zwei Personen im Fahrzeug, bei 43% sind es drei Insassen und bei 35% befinden sich vier oder mehr Personen im Fahrzeug.⁷²

2.2.8 Wegketten

Aufgrund der Tatsache, dass ein Ausgang meist zu Hause beginnt und auch dort wieder endet, dazwischen aber mehrere Aktivitäten erledigt werden können, muss auch die Aneinanderreihung von Wegen bzw. Aktivitäten näher betrachtet werden. Für Wegketten, die zwischen dem Verlassen der Wohnung und der Rückkehr mehrere Aktivitäten beinhalten ergeben sich andere Anforderungen an elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge (z.B. an die Reichweite) als für die Erledigung einer Aktivität. Dies wird bei der Erstellung und Beschreibung der Mobilitätsszenarien bzw. Nutzergruppen beachtet. Die häufigsten Aktivitätenketten je Ausgang werden in Tabelle 12 für Wien gesamt und speziell für verschiedene Personengruppen mit PKW-Besitz dargestellt. Diese Daten berücksichtigen werktägliche Wege bis 100km.

⁷¹ Quelle: Socialdata (2006)

⁷² Quelle: Hanappi et. al. (2012)

Wegkette	Gesamt	Personen mit PKW-Besitz		
		Erwerbstätige	Ab 60 Jahre	Sonstige
W-A-W	26,7%	40,3%	5,3%	45,9%
W-E-W	14,6%	6,6%	33,9%	6,2%
W-B-W	14,2%	2,5%	0,6%	1,1%
W-F-W	7,7%	5,4%	19,8%	4,3%
W-D-W	3,5%	2,5%	8%	2,2%
W-A-E-W	2,2%	3,9%	0,5%	3,3%
W-A-F-W	1,8%	2,4%	1,9%	2,5%
W-P-W	1,6%	3,1%	0,8%	2%
W-G-W	1,2%	1,9%	1,1%	1,5%
W-F-E-W	1%	0,8%	1,8%	0,9%
W-B-F-W	0,8%	0%	0%	0%
W-B-B-W	0,8%	0%	0%	0,2%
W-A-G-W	0,8%	1,3%	0,6%	1,9%
W-A-E-A-W	0,7%	0,4%	0,6%	1,2%
W-D-E-W	0,7%	0,9%	1,6%	0,6%
W-B-E-W	0,7%	0%	0%	0,1%
W-E-F-W	0,7%	0%	2,5%	0,4%
W-P-E-W	0,7%	0,3%	0,1%	0,5%
W-P-A-W	0,6%	1,8%	0,5%	1%
W-P-A-P-W	0,5%	2,3%	0%	0,8%
W-E-E-W	0,5%	0,1%	2,8%	0,3%
Summe	82%	76,5%	82,4%	76,9%
Legende: A...Arbeit; B...Bildung; D...Dienstleistung; E...Einkauf; F...Freizeit; G...Geschäftlich; P...Bringen; W...Wohnen				

Tabelle 12: Aktivitätenketten Wien⁷³

Es zeigt sich, dass bei den häufigsten Wegketten nur eine Aktivität ausgeübt wird. Die häufigste Wegkette ist demnach jene von der Wohnung zur Arbeit und wieder zurück (26,7%). Die bedeutendsten Wegketten mit mehreren Aktivitäten sind die Kombination von Arbeit mit Einkauf (2,2%) bzw. mit Freizeitaktivitäten (1,8%). Seltener (1% der Wegketten) werden nach Freizeitaktivitäten Einkäufe erledigt.

2.2.9 Zusammenfassung

Von den rund 1,8 Millionen Menschen die in Wien leben ist der Großteil in einem für das Lenken von Kraftfahrzeugen vorgeschriebenen Alter (85,7% über 15 Jahre – siehe Tabelle 3). Eine große, homogene Bevölkerungsgruppe stellen dabei

⁷³ Quelle: Socialdata (2006)

erwerbstätige Personen dar. Etwa 630.000 Personen pendeln innerhalb Wiens von ihrem Wohnort zur Arbeit (siehe Tabelle 8). Ab einem Alter von ca. 60 Jahren treten die meisten erwerbstätigen Personen in den Ruhestand. Mit rund 390.000 Personen bzw. 22% der Wiener Bevölkerung (siehe Tabelle 3) ist die Gruppe der über 60-Jährigen nicht außer Acht zu lassen. Familien mit Kindern unter 15 Jahren sind ebenfalls als potenzielle Nutzergruppe für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge zu identifizieren. In Wien gibt es rund 160.000 Familien in denen Kinder unter 15 Jahren leben (siehe Tabelle 5). Durchschnittlich leben 1,6 Kinder pro Familie bei Paaren und 1,4 Kinder pro Familie bei sogenannten Ein-Eltern-Familien.

In Wien lebende Personen absolvieren täglich, bei 1,0 bis 1,4 Ausgängen, zwischen 2,3 und 3,5 Wege pro Tag (siehe Tabelle 6). Die durchschnittliche Weglänge beträgt dabei unabhängig von der ausgeführten Aktivität 4,1km für alle Verkehrsmittel. Die häufigsten Wegzwecke sind für alle Altersgruppen Freizeitwege (32,1%), Arbeitswege (23,0%), sowie Versorgungswege (29,2%). Bei den meisten Ausgängen bzw. Wegketten wird nur eine Aktivität ausgeübt. Seltener sind Kombinationen bzw. Wegketten mit mehreren Aktivitäten (siehe Tabelle 12).

Die PKW-Verfügbarkeit liegt in Wien bei 386 PKW pro 1.000 Einwohner, wobei 59% der Haushalte zumindest über einen PKW verfügen und 9% der Haushalte besitzen zwei oder mehr PKW. In Wien werden 27,4% aller Wege mit Fahrzeugen des motorisierten Individualverkehrs absolviert (siehe Abbildung 3). Die Weglänge ist dabei abhängig vom jeweiligen Wegzweck und beträgt im Durchschnitt 5,4km (siehe Tabelle 7). PKW-Fahrten führen zu 38% zum Arbeitsort, dienen zu 39% Versorgungsfahrten, bzw. sind zu 14% Freizeitwege (siehe Abbildung 7).

2.3 Mobilitätsverhalten Wiener Umland und stadtgrenzenüberschreitender Verkehr stadteinwärts

2.3.1 Rahmenbedingungen

Definition: Wiener Umland, Stadtregion+

Die Grenzen zwischen Kernstadt und dem Wiener Stadt-Umland sind fließend. Alltäglich werden für verschiedene Aktivitäten und Zwecke, zum Teil unbewusst administrative Grenzen überschritten. Zum Beispiel auf dem Weg zur Arbeit, in die Schule, zur Ausbildungsstätte, zum Einkaufen, beim Besuch von Familie und Freunden und zum Freizeitvergnügen. Siedlungsränder sind über die Gemeindegrenzen hinausgewachsen, Umlandgemeinden sind zusammengewachsen oder bilden mit der Kernstadt einen geschlossenen

Siedlungskörper, sodass nicht mehr scharf zwischen Stadtgebiet und Umland unterschieden werden kann.⁷⁴

Es gibt verschiedene Definition und Modelle die das Wiener Umland auf unterschiedliche Art abgrenzen und beschreiben. Die Abgrenzung des Umlandes erfolgt dabei meist nach funktionalen Zusammenhängen. In dieser Arbeit wird hauptsächlich die Definition „Wiener Umland“ der Magistratsabteilung 18 herangezogen. Diese zieht für ihr Verkehrsmodell das gesamte Bundesland Niederösterreich sowie die nördlichen Bezirke des Burgenlandes⁷⁵ heran.⁷⁶ Diese Definition wird bei allen Daten, die unter dem Begriff Wiener Umland angeführt werden, zugrunde gelegt.

Als Beispiel für eine weiter mögliche Definition des Wiener Stadtumlandes sei hier die „Stadtregion+“ der Planungsgemeinschaft Ost (PGO) angeführt, welche engere Grenzen als das Wiener Umland aufweist. Umfasst werden hier die gesamte Bundeshauptstadt Wien, sowie 17 niederösterreichische und burgenländische Bezirke und Statutarstädte (siehe Abbildung 15).^{77, 78}

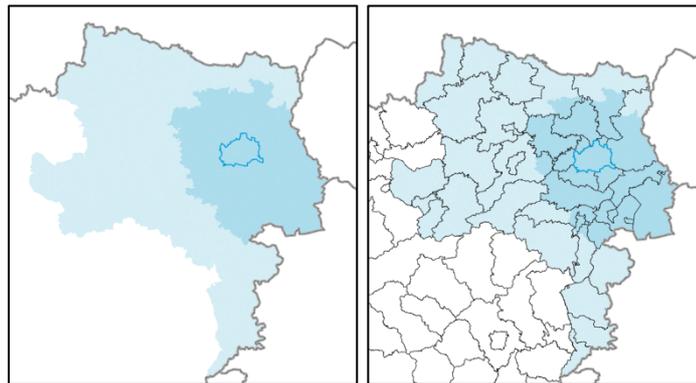


Abbildung 15: Stadtregion+ Teil der Region Wien – Niederösterreich – Burgenland⁷⁹

Demographie Wiener Umland

Wie auch für die Kernstadt Wien wird auch für das Wiener Umland zunächst ein Überblick über die Bevölkerungsstruktur der Region gegeben. Die Bevölkerung wird auch hier, aus Gründen der Vergleichbarkeit, in die bereits bekannten Kategorien und Klassen eingeteilt. Tabelle 13 zeigt die Bevölkerung nach Altersklassen im

⁷⁴ vgl. Planungsgemeinschaft Ost (2011)

⁷⁵ Bezirke: Eisenstadt (Stadt und Umgebung), Rust (Stadt), Mattersburg, Neusiedl am See, Oberpullendorf

⁷⁶ Quelle: Socialdata (2006)

⁷⁷ Quelle: Planungsgemeinschaft Ost (2011)

⁷⁸ Burgenland: Eisenstadt (Stadt und Umgebung), Mattersburg, Neusiedl am See und Rust; Niederösterreich: Baden, Bruck an der Leitha, Korneuburg, Mödling, Tulln, Wien-Umgebung und Wiener Neustadt zur Gänze, Gänserndorf, Hollabrunn, Mistelbach, St.Pölten-Land und Wiener Neustadt-Land zum Teil

⁷⁹ Quelle: Planungsgemeinschaft Ost (2011)

gesamten Wiener Umland, sowie in den Teilregionen Niederösterreich und Burgenland Nord.

Alter	Gesamt		NÖ		Burgenland Nord	
	Absolut	In %	Absolut	In %	Absolut	In %
0 – 14 Jahre	259.379	14,3%	233.898	14,4%	25.481	13,4%
15 – 19 Jahre	101.612	5,6%	91.919	5,7%	9.693	5,1%
20 – 59 Jahre	995.404	54,8%	890.816	54,8%	104.588	55,0%
60 Jahre und älter	459.163	25,3%	408.852	25,2%	50.311	26,5%
Insgesamt	1.815.558	100%	1.625.485	100%	190.073	100%

Tabelle 13: Bevölkerungsstand Wiener Umland⁸⁰

Im Nahbereich Wiens und anderer Großstädte ist durchgängig hohes Bevölkerungswachstum, verursacht durch Zuwanderung aus der Kernstadt, feststellbar. In Wien wird die Zuwanderung in suburbane Gebiete aus der Kernstadt durch entsprechende internationale Immigration kompensiert. Eine Grundvoraussetzung für Abwanderung aus der Stadt in das Stadtumland stellen Verkehrsachsen dar, weil die Abwandernden meist mit der Notwendigkeit des Berufspendelns konfrontiert sind. Dementsprechend sind die höchsten Bevölkerungszuwachsraten entlang von Verkehrsachsen zu finden.⁸¹

Da für Haushaltstypen keine differenzierten Daten für die einzelnen Bezirke vorliegen werden in Tabelle 14 Werte für das gesamte Burgenland dargestellt. Es wird angenommen, dass die Verteilung zwischen Ein- und Mehrpersonenhaushalten für das Nordburgenland ähnlich ist.

Haushaltstyp	NÖ		Burgenland	
	Absolut	In %	Absolut	In %
Mehrpersonenhaushalte	460.200	67,4%	82.600	71,6%
Einpersonenhaushalte	222.400	32,6%	32.700	28,4%
Insgesamt	682.600	100%	115.300	100%
Durchschnittliche Haushaltsgröße	2,35		2,47	

Tabelle 14: Haushalte in Niederösterreich und Burgenland 2013⁸²

Es ist zu erkennen, dass der Anteil an Einpersonenhaushalten in Niederösterreich (32,6%) und im Burgenland (28,4%) im Vergleich zu Wien (46,1%) deutlich geringer ist. Die durchschnittlichen Haushaltsgrößen sind mit 2,35 Personen in Niederösterreich und 2,47 Personen im Burgenland hingegen höher als in Wien, wo durchschnittlich nur 1,99 Personen pro Haushalt leben.

⁸⁰ Quelle: Statistik Austria, Statistik des Bevölkerungsstandes (Bevölkerung am 1.1.2014), erstellt am 28.05.2014

⁸¹ vgl. ÖIEB (2004)

⁸² Quelle: Statistik Austria, Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung 2012, erstellt am 24.03.2014

Familien	Niederösterreich	Burgenland
Familien Insgesamt	467.000	84.200
Paare zusammen	414.200	75.200
Ohne Kinder	191.600	32.200
Mit Kindern aller Altersklassen	222.600	43.000
Mit Kindern unter 15 Jahren	125.300	21.900
Ein-Eltern-Familien	52.800	9.000
Mit Kindern unter 15 Jahren	19.300	2.500

Tabelle 15: Familien Niederösterreich und Burgenland 2013⁸³

Im gesamten Burgenland gibt es etwa 52.000 Familien in denen Kinder leben (61,8% aller Familienhaushalte), wovon in 24.400 Haushalten Kinder unter 15 Jahre leben, der restliche Teil der Familien (32.200 bzw. 38,2%) bestehen aus Paaren ohne Kinder. Für Niederösterreich sind es 275.400 Familien mit Kindern (59% aller Familienhaushalte), wobei es in 144.600 Familien Kinder unter 15 Jahre gibt. 191.600 (bzw. 41%) der Haushalte in Niederösterreich sind Paare ohne Kinder.

Fahrzeugverfügbarkeit (Motorisierungsgrad) Wiener Umland

Mit 633 PKW pro 1.000 Einwohner wies das Burgenland 2013 den höchsten Motorisierungsgrad aller Bundesländer auf, gefolgt von Niederösterreich mit 623 PKW pro 1.000 Einwohner.⁸⁴ Tabelle 16 zeigt die Ausstattung der Haushalte mit PKW bzw. anderen motorisierten und nicht motorisierten Fahrzeugen, sowie Jahreskarten für den öffentlichen Verkehr. Im Vergleich mit Wien ist der Motorisierungsgrad im Wiener Umland deutlich höher. Mehr Haushalte besitzen einen oder mehr als einen PKW und nur wenige Haushalten verfügen über kein KFZ. Die Ausstattung mit Jahreskarten des öffentlichen Verkehrs ist hingegen deutlich niedriger.

Verkehrsmittel	Niederösterreich	Burgenland
PKW	86%	83%
Mehr als ein PKW	35%	33%
Motorrad	8%	-
Moped, Mofa	8%	-
Kein KFZ	13%	16%
Fahrrad	82%	78%
Jahreskarte für ÖV (1 Person im Haushalt)	21%	9%

Tabelle 16: Fahrzeugverfügbarkeit Niederösterreich und Burgenland⁸⁵

⁸³ Quelle: Statistik Austria, Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung 2013, erstellt am 24.03.2014

⁸⁴ Quelle: Statistik Austria, Kfz-Bestand am 31.12.2013, sowie vorläufiger Bevölkerungsstand am 1.1.2014

⁸⁵ Quelle: Statistik Austria, Konsumerhebung 2009/10, erstellt am 07.10.2011

Es ist anzumerken, dass sich die Qualität der Infrastruktur, sowie die Verfügbarkeit verschiedener Verkehrsmittel im Wiener Umland regional unterscheiden. Beeinflusst wird dies unter anderem von der Topologie, der Siedlungsdichte und der aktuellen Verkehrsnachfrage der jeweiligen Region. Das Straßennetz ist generell gut ausgebaut und wird stetig erweitert. Hinsichtlich des Angebotes an öffentlichen Verkehrsmitteln muss regional stärker differenziert werden. In Wien und entlang der ÖV-Achsen ist das Angebot attraktiv und die Nachfrage entsprechend hoch, wogegen die Rahmenbedingungen für ÖV-Leistungen abseits der Hauptachsen, durch meist disperse Siedlungsstrukturen und funktionale Trennung, weniger günstig sind. Ein gegenüber dem PKW attraktives und wirtschaftliches Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln kann hier kaum geboten werden.⁸⁶

2.3.2 Durchschnittliche/Allgemeine Mobilitätskennzahlen

Auch für das Wiener Umland werden für eine einleitende Übersicht zunächst einige durchschnittliche bzw. allgemeine Mobilitätsdaten aufgezeigt. Dazu werden in diesem Kapitel hauptsächlich Daten von Socialdata (2006 und 2009) herangezogen. Diese Datensätze sind vergleichbar, da für ihre Erhebung dieselbe Methode angewandt wurde. Zu beachten ist allerdings, dass es sich hier um die Beschreibung des Mobilitätsverhaltens für das gesamte Wiener Umland handelt. Der für die Stadt Wien besonders interessante stadtgrenzenüberschreitende Verkehr wird in den darauf folgenden Kapiteln näher betrachtet.

Wege pro Tag, die Anzahl der Ausgänge pro Tag und der Außer-Haus-Anteil sind in Tabelle 17 dargestellt. Zwischen mobilen Personen und allen Personen, sowie zwischen Werktagen und Wochenendtagen bzw. Feiertagen sind Unterschiede in der Zahl der zurückgelegten Wege und im Außer-Haus-Anteil festzustellen. An Werktagen werden mehr Wege absolviert und der Außer-Haus-Anteil ist höher als am Wochenende. Die meisten Wege werden von mobilen Personen, also Personen, die am jeweiligen Tag tatsächlich ihre Wohnung verlassen haben, an Werktagen absolviert (3,4 Wege/Tag).

⁸⁶ vgl. Schremmer et. al. (2013)

Kennzahl	Alle Tage (Mo-So)	Werktage (Mo-Fr)	Wochenende + Feiertage
Wege (pro Person und Tag)	2,7	2,8	2,3
Wege (pro mobiler Person und Tag)	3,4	3,4	3,3
Ausgänge (pro Person und Tag)	1,2	1,2	1,0
Ausgänge (pro mobiler Person und Tag)	1,5	1,5	1,5
Außer-Haus-Anteil	78%	81%	70%

Tabelle 17: Wege, Ausgänge und Außer-Haus-Anteil Wiener Umland⁸⁷

Die durchschnittlichen Entfernungen, die pro Weg zurückgelegt werden, sind in Tabelle 18 zu sehen. Weiters sind die durchschnittlichen Weglängen, die mit Fahrzeugen des motorisierten Individualverkehrs zurückgelegt werden, mit 12,9km im Wiener Umland deutlich länger als in der Kernstadt (5,4km).

Verkehrsmittel	Entfernung (km)	Wegdauer (min)
Zu Fuß	1,0	16,9
Fahrrad	2,6	14,7
MIV (Fahrer)	12,9	20,0
MIV (Mitfahrer)	12,9	19,4
ÖV	24,2	50,2
Gesamt	11,0	21,7

Tabelle 18: Durchschnittliche Weglänge, Wegdauer und Geschwindigkeit Wiener Umland⁸⁸

Für die Bewältigung der Wege liegt im Wiener Umland die in Abbildung 16 dargestellte Verkehrsmittelverteilung vor. Im Vergleich zum Modal Split der Kernstadt fällt hier auf, dass der Anteil des motorisierten Individualverkehrs mit 65% im Wiener Umland deutlich höher ausfällt. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs ist hingegen mit 9% sehr niedrig. Betrachtet man den motorisierten Individualverkehr genauer, so kann dieser in 49%, die als Fahrer und 15%, die als Mitfahrer von PKW absolviert werden, sowie 1% motorisierte Zweiräder unterteilt werden.⁸⁹

⁸⁷ Quelle: Socialdata (2006)

⁸⁸ Quelle: Socialdata (2006)

⁸⁹ Quelle: <http://www.socialdata.de/daten/modechoice.php>, (14.01.2015)

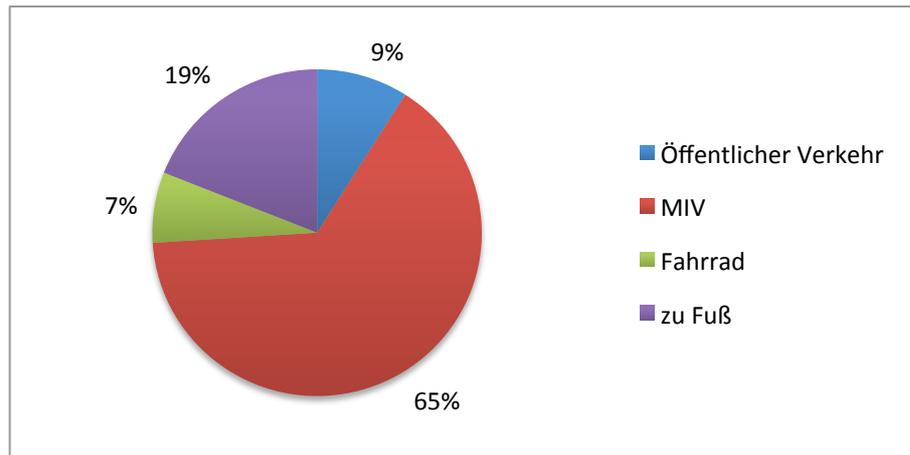


Abbildung 16: Verkehrsmittelwahl (Modal Split) Wiener Umland Gesamt⁹⁰

Abbildung 17 zeigt die Aufteilung der Wege nach ihrem Wegzweck. Die Daten beziehen sich auf alle Tage der Woche und sind saisonbereinigt. Sie stellen also einen durchschnittlichen Tag des Jahres dar. Grundlage sind Wege bis einschließlich 100km. Nicht enthalten sind Wege, die direkt zur Ausübung des Berufes dienen (Wirtschaftsverkehr). Im Wiener Umland werden, wie auch in der Kernstadt, die meisten Wege zu den Zwecken Freizeit, Einkauf und Arbeit absolviert.

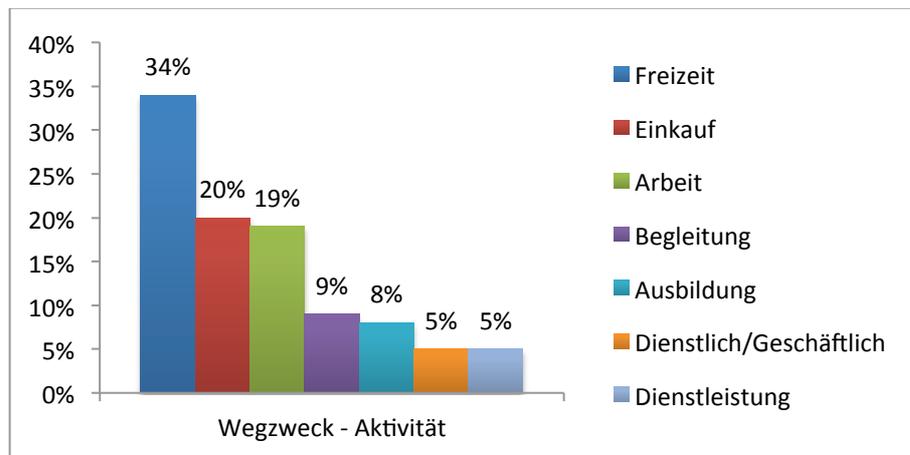


Abbildung 17: Anteil der Wege nach Wegzweck Wiener Umland⁹¹

Für den urbanen Bereich Wien ist besonders jener Verkehr interessant, welcher sein Ziel ausgehend vom Wiener Umland in der Stadt Wien hat. Dies ist für das Wiener Umland laut Socialdata (2006) für rund 5,4% aller Wege der Fall.⁹² Dieser stadtgrenzenüberschreitende Verkehr mit Wegziel Wien wird in den folgenden Kapiteln näher analysiert.

⁹⁰ Quelle: <http://www.socialdata.de/daten/modechoice.php>; (14.01.2015)

⁹¹ Quelle: <http://www.socialdata.de/daten/activities.php>; (08.12.2014)

⁹² Quelle: Socialdata (2006)

2.3.3 Stadtgrenzenüberschreitender Verkehr

Tabelle 19 zeigt die gesamte Anzahl an Fahrzeugen nach Fahrzeugarten, die die Stadtgrenze stadteinwärts im Gesamtkordon⁹³ Wien überqueren (Beobachtungszeitraum: Montag bis Donnerstag von 0-24h). Für spätere Überlegungen sind vor allem PKW und motorisierte Zweiräder relevant. Mit etwa 85% haben diese Fahrzeuge des motorisierten Individualverkehrs einen wesentlichen Anteil am Fahrzeugstrom der täglich Richtung Wien unterwegs ist.

Verkehrsmittel	Fahrzeuge/24h	Anteil
PKW	321.150	83,7%
Lieferwagen	29.849	7,8%
Bus	984	0,3%
LKW	21.876	5,7%
Sattelzug	4.432	1,2%
Motorisierte Zweiräder	4.341	1,1%
Fahrrad	1.105	0,3%
Gesamt	383.737	100%

Tabelle 19: Fahrzeuge des Individualverkehrs Stadteinwärts (0-24 Uhr)⁹⁴

Insgesamt überschreiten 417.540 Personen im MIV die Stadtgrenze stadteinwärts (zwischen 5-24 Uhr), womit sich ein mittlerer Besetzungsgrad für PKW und Lieferwagen von 1,19 Personen pro Fahrzeug ergibt. Ein gewisser Teil der Personen bzw. Fahrzeuge, die die Stadtgrenze in Richtung Wien überschreitet verlässt Wien auf direktem Weg wieder. Der Anteil dieses Durchgangsverkehres beträgt rund 8%, die restlichen 92% haben ihr Fahrtziel in Wien.⁹⁵

Die Anzahl der beförderten Personen im öffentlichen Verkehr stadteinwärts während der Betriebszeiten im Gesamtkordon Wien beträgt etwa 110.030 Personen. Circa 83,5% davon entfallen auf Schienenverkehr, die restlichen 16,5% werden mit Bussen transportiert. Rund 96% der Personen, die mittels ÖV die Stadtgrenze überschreiten, haben ihr Fahrtziel auch in Wien.⁹⁶

Verkehrsmittelwahl – Modal Split

Für den Gesamtkordon Wiener Stadtgrenze ergibt sich mit den zuvor erläuterten Verkehrsdaten ein Modal Split von 79% MIV und 21% ÖV für den Gesamtwerktag in Fahrtrichtung Wien.

⁹³ Ein Kordon bezeichnet in der Verkehrsplanung allgemein ein System von Erhebungsstellen.

⁹⁴ Quelle: Rittler (2011)

⁹⁵ Quelle: Rittler (2011)

⁹⁶ Quelle: ebenda

Entsprechend der vorhandenen Infrastruktur, sowohl im öffentlichen Verkehr als auch im Individualverkehr, unterscheiden sich die einzelnen Korridore im Modal Split. In Abbildung 18 ist die Verkehrsmittelwahl in Anteilen in Prozent, sowie in absoluten Zahlen nach Korridoren im Detail dargestellt.

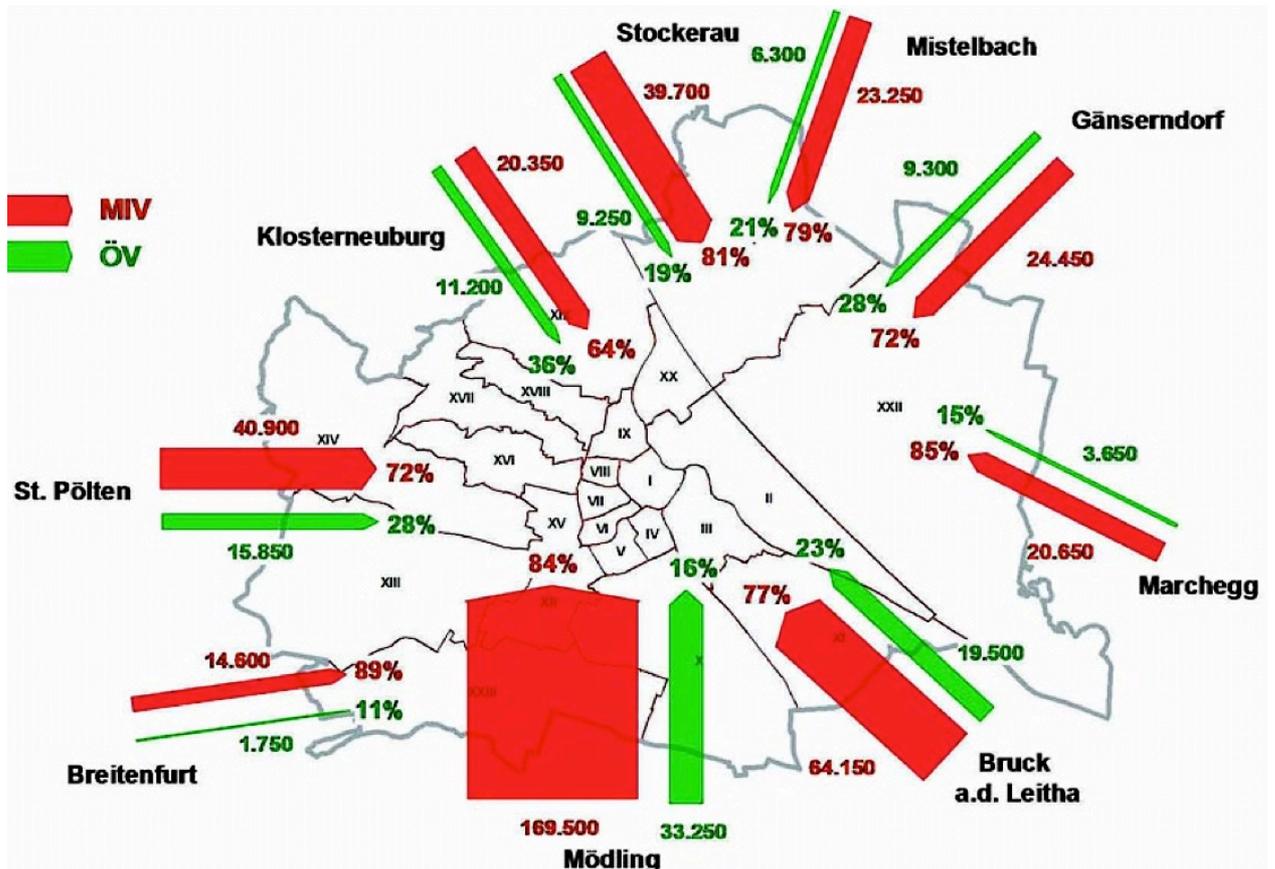


Abbildung 18: Modal Split Verkehr stadteinwärts nach Korridoren⁹⁷

Entlang der ÖV-Achsen und in den Ballungsräumen ist die ÖV-Nachfrage ausreichend groß, um langfristig ein attraktives ÖV-Angebot anbieten zu können. In den Bereichen zwischen den Achsen ist es aber nicht möglich, ein wirtschaftlich tragfähiges ÖV-Modell zu finden. In diesen Bereichen sind individuelle Lösungen der Mobilitätsversorgung erforderlich.⁹⁸

Neben der lokal vorhandenen Infrastruktur hat auch die Entfernung zur Kernstadt einen Einfluss auf die Wahl des Verkehrsmittels. Wie aus Abbildung 19 ersichtlich, ist der Anteil der mit öffentlichen Verkehrsmitteln nach Wien einpendelnden Personen im direkten Umland geringer als mit zunehmenden Entfernungen. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs nimmt ab einer Entfernung von etwa 40km zur Stadtgrenze zu.⁹⁹

⁹⁷ Quelle: Rittler (2011)

⁹⁸ vgl. Schremmer et. al. (2013)

⁹⁹ vgl. Schremmer et. al. (2013)

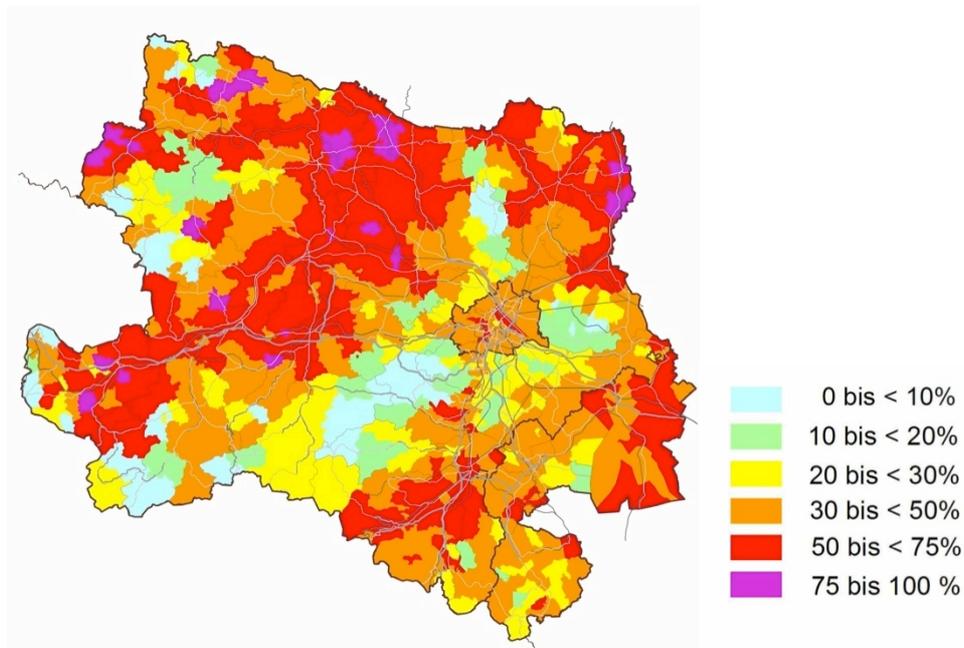


Abbildung 19: ÖV-Anteil nach Entfernung zur Kernstadt¹⁰⁰

Um zu einer Haltestelle des öffentlichen Verkehrs zu gelangen, werden unterschiedliche Verkehrsmittel genutzt. Tabelle 20 gibt eine Übersicht der dazu verwendeten Verkehrsmittel:

Zugangsverkehrsmittel	Personen	Anteil
Zu Fuß	62.131	56,4%
Fahrrad	8.851	8%
Moped/Motorrad	404	0,4%
PKW	28.674	26,1%
Zur Haltestelle gebracht	6.723	6,1%
Keine Angabe	3.247	3%
Gesamt	110.030	100%

Tabelle 20: Zugangsverkehrsmittel zu ÖV¹⁰¹

Rund 29.000 der nach Wien fahrenden Personen gelangen mit Kraftfahrzeugen zur Haltestelle bzw. Park & Ride (P&R) Anlage und steigen dort auf öffentliche Verkehrsmittel um. Die Anzahl der Personen im Wiener Umland, die mit dem Fahrrad zu einer Bike & Ride (B&R) Anlage, zum Bahnhof bzw. zur Haltestelle kommen, liegt bei fast 9.000 Personen täglich. Außerdem werden ca. 7.000 Personen zur Haltestelle gebracht. Grundsätzlich kommen auch elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge als Zugangsfahrzeuge zum öffentlichen Verkehr in Frage. Die Analyse des Potenzials für den Zugangsverkehr zu Haltestellen ist allerdings nicht im Umfang dieser Arbeit enthalten.

¹⁰⁰ Quelle: Schremmer et. al. (2013)

¹⁰¹ Quelle: Rittler (2011)

Zweck der Fahrt

Die folgende Grafik zeigt die häufigsten Wegzwecke bzw. Aktivitäten im motorisierten Individualverkehr, die zwischen 5 und 21 Uhr im Gesamtkordon Wien stadteinwärts führen. Der überwiegende Anteil (33%) der Fahrten im motorisiertem Individualverkehr stadteinwärts führt demnach zur Arbeit.

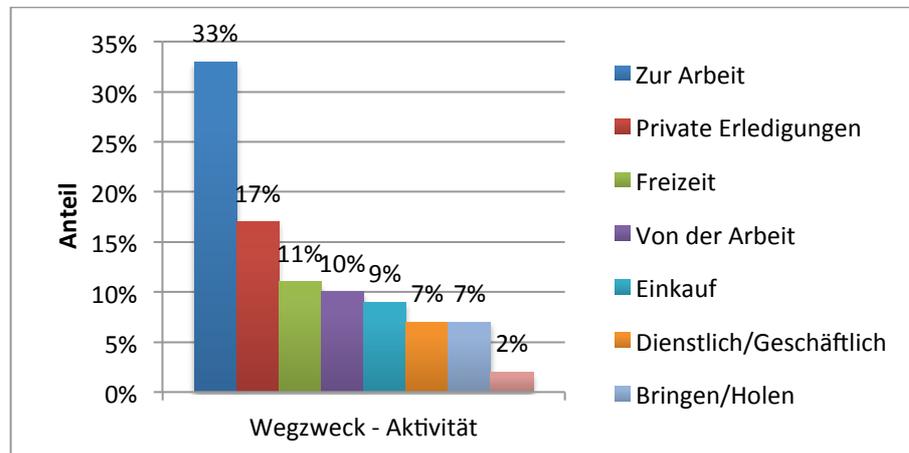


Abbildung 20: Anteil der Wege des MIV nach Wegzweck im Gesamtkordon Wien stadteinwärts¹⁰²

2.3.4 Wegzweck: Arbeit – ErwerbsspendlerInnen

Von den rund 500.000 Personen, die täglich nach Wien einfahren, sind knapp 200.000 auf den Weg zur Arbeit. Die ErwerbsspendlerInnen stellen damit die größte homogene Gruppe, der nach Wien einfahrenden Personen, dar. Welche Verkehrsmittel sie für den Weg zum Arbeitsplatz wählen, wird in Tabelle 21 in Abhängigkeit der Weghäufigkeit gezeigt.

Weghäufigkeit	ÖV		MIV		Gesamt
	Absolut	Anteil	Absolut	Anteil	
Mind. 3-4mal pro Woche	51.300	32%	108.900	68%	160.200
Weniger als 3 mal pro Woche	4.150	18%	19.400	82%	23.550
Gesamt	55.450	30%	128.300	70%	183.750

Tabelle 21: Verkehrsmittelwahl ErwerbsspendlerInnen stadteinwärts¹⁰³

Von den regelmäßig nach Wien einpendelnden Personen (öfter als 3-4 mal pro Woche) verwenden etwa zwei Drittel Fahrzeuge des motorisierten Individualverkehrs. Bei den weniger regelmäßig nach Wien fahrenden Personen liegt der MIV-Anteil mit 82% noch höher. Insgesamt ergibt das eine Aufteilung zwischen MIV und ÖV von 70/30.

¹⁰² Quelle: Rittler (2011)

¹⁰³ Quelle: Rittler (2013)

Weglänge

Um die Weglänge abschätzen zu können, die von den ErwerbsspendlerInnen auf dem Weg zur Arbeit zurück gelegt wird, wird in Abbildung 21 die Verteilung der Arbeitsweglängen für ganz Österreich dargestellt. Gemäß dieser Darstellung sind etwa zwei Drittel der Arbeitswege kürzer als 15km, 81% kürzer als 30km und rund 90% der Arbeitswege sind kürzer als 50km.

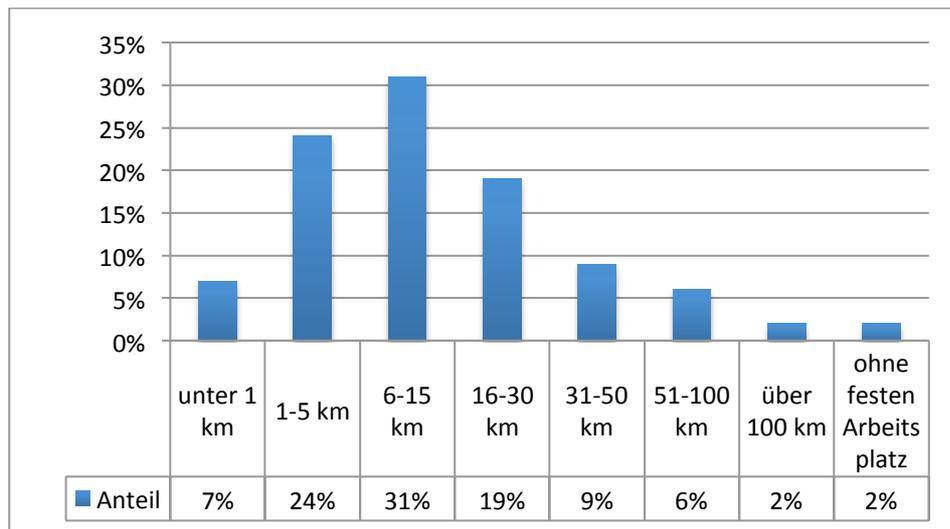


Abbildung 21: Weglänge zur Arbeit Österreich¹⁰⁴

Auch in Abbildung 22, worin die Anzahl der MIV Einpendler für Arbeits- und Ausbildungszwecke gezeigt wird, spiegelt sich die Weglängenverteilung wider. Die Bezirke Niederösterreichs mit relativ geringer Entfernung zu Wien weisen die höchste Anzahl an MIV-Einpendler auf.

¹⁰⁴ Quelle: Kammer für Arbeiter und Angestellte für Oberösterreich (2013)

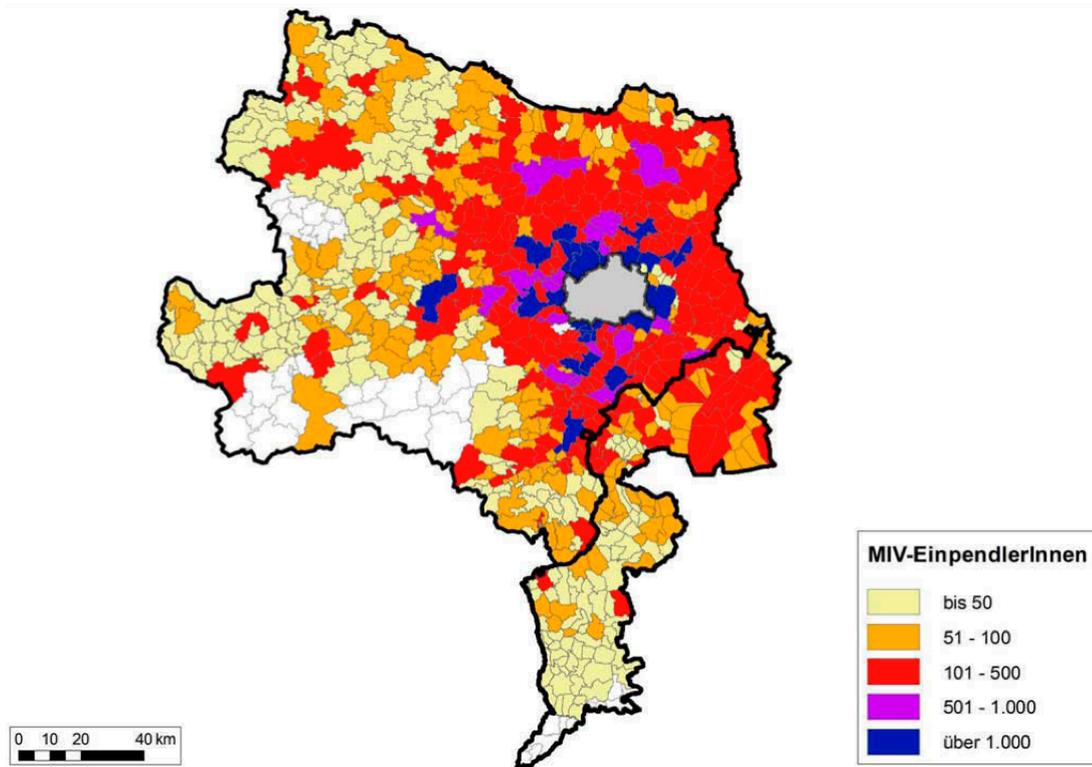


Abbildung 22: MIV-Einpendler nach Bezirken¹⁰⁵

Die durchschnittliche Entfernung, die von der gesamten Bevölkerung des Wiener Umlandes auf dem Weg zur Arbeit an Werktagen zurück gelegt wird, beträgt unabhängig vom Zielort rund 20km für alle Personengruppen. Für Erwerbstätige mit PKW sind es ca. 18km.¹⁰⁶ (Anmerkung: Dabei sind auch Arbeitswege enthalten, die ihr Ziel nicht in Wien haben.)

2.3.5 Wegzweck: Schule/Ausbildung

Verkehrsmittelwahl – Modal Split

Etwa 20.000 Menschen mit Wohnort außerhalb Wiens überschreiten auf dem Weg zur Ausbildungsstätte die Stadtgrenze in Fahrtrichtung stadteinwärts. Der Anteil der Personen, die mit öffentlichen Verkehrsmitteln unterwegs sind, ist dabei bei Personen, die regelmäßig, also mindestens 3-4 mal pro Woche, nach Wien einpendeln, mit 58,6% relativ hoch, wohingegen bei weniger häufigen Fahrten der Anteil des öffentlichen Verkehrs (35,6%) zugunsten des motorisierten Individualverkehrs abnimmt (siehe Tabelle 22). Insgesamt ist die Aufteilung zwischen ÖV und MIV aber relativ ausgeglichen.

¹⁰⁵ Quelle: Rittler (2013)

¹⁰⁶ Quelle: Socialdata (2006)

Weghäufigkeit	ÖV		MIV		Gesamt
	Absolut	Anteil	Absolut	Anteil	
Mind. 3-4mal pro Woche	8.850	58,6%	6.250	41,4%	15.100
Weniger als 3 mal pro Woche	1.800	35,6%	3.250	64,4%	5.050
Gesamt	10.650	52,9%	9.500	47,1%	20.150

Tabelle 22: Verkehrsmittelwahl AusbildungspendlerInnen stadteinwärts¹⁰⁷

Weglänge

Die Weglänge für SchülerInnen und Studierende auf dem Weg zur Ausbildungsstätte liegt abhängig von Alter, Ausbildungstyp und PKW-Besitz, für das gesamte Wiener Umland durchschnittlich zwischen 10 und 20 Kilometer.¹⁰⁸

2.3.6 Wegzweck: Freizeit, Einkauf, private Erledigungen

Neben den Fahrtzwecken des Arbeits- und Ausbildungsverkehrs sind private Erledigungen mit einem Anteil von 17% (ca. 64.100 Personen), Freizeitverkehr mit 11% (ca. 43.800 Personen) und Einkaufswege mit 9% (ca. 35.700 Personen) die häufigsten Wege im motorisierten Individualverkehr in Fahrtrichtung stadteinwärts.¹⁰⁹

Verkehrsmittelwahl – Modal Split

Der in Abbildung 23 dargestellte Modal Split für Freizeit- und Einkaufswege entspricht jenem für das gesamte Wiener Umland. Bei den privaten Erledigungen handelt es sich, ebenso wie für Hol- und Bringwege (siehe Kapitel 2.3.7) um Werte für das Bundesland Niederösterreich. Es sind dabei durchwegs hohe Anteile im MIV festzustellen.

¹⁰⁷ Quelle: Rittler (2013)

¹⁰⁸ Quelle: Socialdata (2006)

¹⁰⁹ Quelle: Rittler (2011)

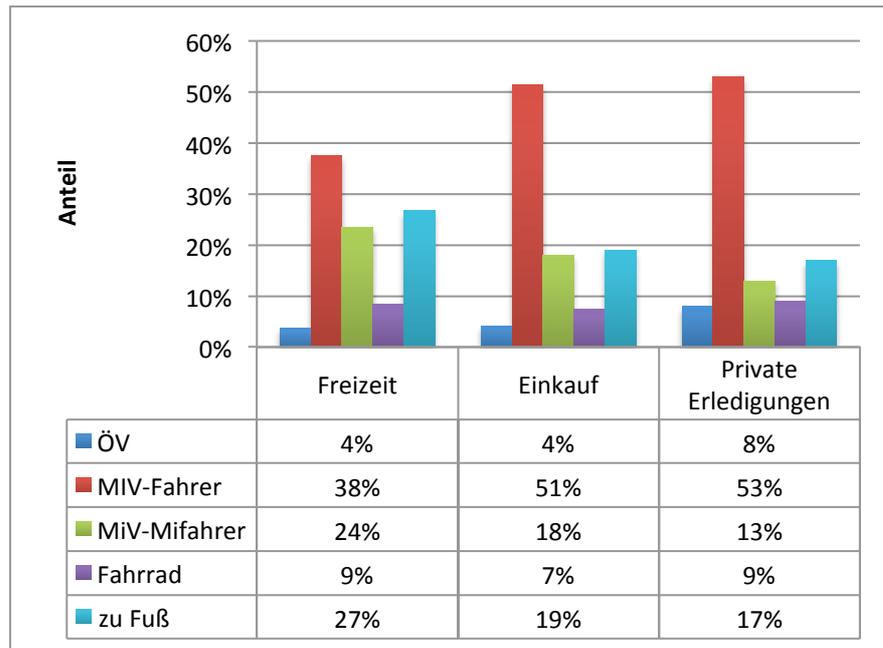


Abbildung 23: Verkehrsmittelwahl Freizeit, Einkauf, Private Erledigungen Wiener Umland¹¹⁰ bzw. Niederösterreich¹¹¹

Weglänge

Die Weglängen von Freizeit- und Einkaufswegen, mit Ausgangspunkt im Wiener Umland und Ziel in Wien werden anhand von Durchschnittswerten des Wiener Umlandes abgeschätzt (siehe Tabelle 23). Die durchschnittliche Weglänge für private Erledigungen wird mittels Daten für Niederösterreich abgeschätzt. Sie liegt für alle Personengruppen zwischen 11,8km und 12,9km.¹¹²

Personengruppe	Weglänge (in km)	
	Freizeitwege	Einkaufswege
Studierende	16,0	7,8
Erwerbstätige (mit PKW-Besitz)	15,2	6,6
Erwerbstätige (ohne PKW-Besitz)	17,2	5,3
Ab 60 Jahre (mit PKW-Besitz)	13,3	6,1
Ab 60 Jahre (ohne PKW-Besitz)	6,7	3,8
Gesamt	12,8	6,4

Tabelle 23: Weglänge Freizeit- und Einkaufswege nach Personengruppen Wiener Umland¹¹³

¹¹⁰ Quelle: Socialdata (2006)

¹¹¹ Quelle: Herry et. al. (2003)

¹¹² Quelle: Herry et. al. (2003)

¹¹³ Quelle: Socialdata (2006)

2.3.7 Wegzweck: Holen/Bringen bzw. Begleiten

Hol- und Bringwege haben mit 9% einen relativ geringen Anteil an allen zurückgelegten Wegen. Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs ist hier mit 94% jedoch relativ hoch. Nur ein geringer Teil wird mittels Fahrrad (5%) oder zu Fuß (1%) zurückgelegt. Der öffentliche Verkehr ist für diesen Wegzweck nicht von Bedeutung.¹¹⁴

Weglänge

Für die Weglänge werden Daten von Socialdata (2006) herangezogen, welche für den Wegzweck Begleitung erhoben wurden. Tabelle 11 zeigt die durchschnittlichen Weglängen für relevante Personengruppen an Werktagen und für die gesamte Woche. Für andere Personengruppen sind entweder keine Daten vorhanden bzw. liefern sie keine wichtigen Informationen.

Personengruppe	Werktage (Mo-Fr)	alle Tage (Mo-So)
Unter 7 Jahre	3,5	3,8
Erwerbstätige mit PKW	6,5	6,5
Erwerbstätige ohne PKW	4,2	4,3
Ab 60 Jahre mit PKW	10,7	10,7
Gesamt	6,3	4,8

Tabelle 24: Weglänge (in km) Holen/Bringen bzw. Begleiten Wiener Umland¹¹⁵

Anzahl der PKW-Insassen

Beim Holen oder Bringen von Personen sind per Definition zumindest zwei Personen im Fahrzeug. Bei 22% der Hol- und Bringfahrten sind es genau zwei Personen, bei 43% sind drei Insassen an Bord und bei 35% befinden sich vier oder mehr Personen im Fahrzeug.¹¹⁶

2.3.8 Wegketten

Über die Häufigkeit von Aktivitäten- bzw. Wegketten des Wiener Umlandes gibt es keine gegenüber der Kernstadt differenzierten Daten von Socialdata (2006). Es wird daher angenommen, dass die Häufigkeiten nicht maßgeblich von jenen der Großstadt abweichen. Für die Definition der Nutzergruppen und Mobilitätsszenarien des Wiener Umlandes werden daher die in Tabelle 12 enthaltenen Daten für Wien herangezogen.

¹¹⁴ Quelle: Herry et. al. (2012)

¹¹⁵ Quelle: Socialdata (2006)

¹¹⁶ Quelle: Hanappi et. al. (2012)

2.3.9 Zusammenfassung

Die Zusammensetzung der Bevölkerung des Wiener Umlandes ist ähnlich zu jener der Kernstadt Wien. Auch hier sind rund 86% der Personen älter als 15 Jahre. Der Anteil der Personen über 60 Jahren ist mit 25,3% im Wiener Umland etwas höher als in Wien (22%). Auch die Anzahl der Ausgänge pro Tag (1,0-1,5 Ausgänge/Person/Tag), sowie die täglich absolvierten Wege (2,3-3,4 Wege/Tag) entsprechen in etwa den Werten für Wien (siehe Tabelle 17). Die durchschnittliche Weglänge aller Verkehrsmittel liegt allerdings mit 11km/Weg um rund 6km über jener Wiens (siehe Tabelle 18). Die häufigsten Wegzwecke sind auch im Wiener Umland Freizeitwege (34%), Arbeitswege (19%), sowie Versorgungswege (20%) (siehe Abbildung 17).

Die PKW-Verfügbarkeit ist mit 623 PKW pro 1.000 Einwohner (für Niederösterreich) bzw. 633 PKW pro 1.000 Einwohner (für Burgenland) im Wiener Umland sehr hoch. Dabei sind 83-86% der Haushalte im Besitz eines PKW, wobei 33-35% der Haushalte mehr als einen PKW besitzen (siehe Tabelle 16). Im Wiener Umland werden 65% aller Wege mit Fahrzeugen des motorisierten Individualverkehrs absolviert (siehe Abbildung 16). Die Weglänge im MIV beträgt im Wiener Umland durchschnittlich 12,9km (siehe Tabelle 18).

Eine für Wien besonders relevante Gruppe stellen die aus dem Wiener Umland in die Stadt einpendelnden Personen dar. Vor allem, weil der Anteil des motorisierten Individualverkehrs (79%) im stadtgrenzenüberschreitenden Verkehr relativ hoch ist und damit einen wesentlichen Beitrag zum gesamten Verkehrsaufkommen und den damit verbundenen Problemen in der Stadt beiträgt. Insgesamt überqueren täglich rund 320.000 PKW die Stadtgrenze stadteinwärts, bei einem mittleren Fahrzeugbesetzungsgrad von 1,19 Personen pro PKW. Mit einem Anteil von 33% stellen Arbeitswege den wichtigsten Wegzweck stadteinwärts fahrender Kraftfahrzeuge dar.

2.4 Anforderungen, Nutzergruppen und Mobilitätsszenarien

In diesem Abschnitt werden auf Basis der in den vorherigen Kapiteln gesammelten Mobilitätsdaten spezielle Nutzergruppen und dazugehörige Mobilitätsszenarien definiert und die sich daraus ergebenden Anforderungen an elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge bestimmt. Dazu werden möglichst homogene Bevölkerungsgruppen herangezogen, die einen maßgeblichen Anteil an der Verkehrsleistung haben und somit auch ein entsprechendes Potenzial für die Nutzung elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge darstellen. Für die Bestimmung der Anforderungen werden die in Kapitel 2.1.1 beschriebenen Einflussfaktoren der Verkehrsmittelwahl herangezogen. Besonders die zweck-rationalen Faktoren sind hier von Bedeutung, da sie mit spezifischen Fahrzeugeigenschaften verglichen werden können. Sozial-emotionale Faktoren stellen im Gegensatz dazu eher allgemeine und schwer quantifizierbare Anforderungen der Verkehrsmittelwahl dar.

2.4.1 Fahrzeuganforderungen

Statussymbol

Das Auto gilt für manche Personengruppen zwar nach wie vor als Statussymbol, jedoch verliert der private PKW für die Bevölkerung urbaner Gebiete in diesem Bereich an Bedeutung. Dies zeigt sich unter anderem durch einen Rückgang der Führerschein- und Autobesitzquoten bei 20- bis 30-Jährigen.¹¹⁷

Privatheit und Autonomie

Diese beiden Faktoren sind für Fahrzeuge des motorisierten Individualverkehrs und somit auch für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge naturgemäß gegeben. Das Auto wird stark mit individueller Freiheit, Unabhängigkeit und Flexibilität assoziiert, jedoch werden Autonomieansprüche nicht in allen Fällen am besten vom Automobil erfüllt. Bei kurzen Strecken erweist sich nicht selten das Fahrrad, oder der Fußweg als dem Automobil überlegen, weil beispielsweise die Suche nach einem Parkplatz entfällt oder aufgrund des motorisierten Verkehrsaufkommens die Wegzeiten mit dem Auto länger wären.¹¹⁸

Weitere sozial-emotionale Faktoren wie etwa **Erlebnis** der Fahrt und **Stressfreiheit**, werden stark von äußeren Umständen, wie etwa Verkehrslage (z.B.: Stau) und Parkplatzsituation am Zielort beeinflusst. Das Fahrerlebnis wird aber auch vom jeweiligen Fahrzeugtyp und dessen Eigenschaften bestimmt.

¹¹⁷ vgl. Lichtenegger (2012), S. 119

¹¹⁸ vgl. Pripfl et. al. (2010)

Wegzeit

Die Wegzeit, die für das Zurücklegen eines Weges benötigt wird, ist abhängig vom jeweiligen Verkehrsmittel und der damit verbundenen durchschnittlichen Geschwindigkeit, sowie der mit dem Verkehrsmittel einhergehenden Zugänglichkeit (Parkplatzangebot, Entfernung zu ÖV Haltestelle, etc.). Die maximale Geschwindigkeit im MIV ist durch die erlaubte Höchstgeschwindigkeit begrenzt, welche im Ortsgebiet Wien, ausgenommen einiger Ausnahmen in nicht verbauten Gebieten, bei maximal 50km/h liegt.¹¹⁹ Die für die Reisezeit relevante durchschnittliche Geschwindigkeit liegt für den motorisierten Individualverkehr bei 18,2km/h (siehe Tabelle 7). Maximal- und Durchschnittsgeschwindigkeiten für das Wiener Umland, sowie nach Wien einpendelnde Personen sind von diesen Werten abweichend. Die Eignung von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen hinsichtlich Geschwindigkeit wird für spezielle Nutzertypen bei der Beschreibung der Fahrzeugkonzepte diskutiert.

Kosten - Wirtschaftlichkeit

Für die Analyse der Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen ist die Betrachtung der Gesamtnutzungskosten (TCO – Total Cost of Ownership) erforderlich, welche sich aus Anschaffungskosten und laufenden Kosten zusammensetzen. Die laufenden Kosten umfassen Kraftstoff- bzw. Stromverbrauch (Energiekosten), sowie Kosten für Steuern, Wartung, Versicherung und dergleichen. Verglichen mit konventionellen PKW sind Elektrofahrzeuge der gleichen Fahrzeug- bzw. Gewichtsklasse in der Regel teurer in der Anschaffung, wohingegen die laufenden Kosten, unter anderem wegen geringerer Kraftstoff- und Wartungskosten, meist geringer sind.¹²⁰ Für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge werden allerdings niedrigere Anschaffungskosten als bei Elektrofahrzeugen herkömmlicher Fahrzeugklassen erwartet. Diese werden im Zuge der Technologierecherche ermittelt und in die Fahrzeugbewertung aufgenommen.

Aufgrund der Vielzahl an verschiedenen Fahrzeugen mit zum Teil sehr unterschiedlichen Kostenstrukturen ist es nicht möglich, im Zuge dieser Arbeit eine detaillierte Kostenanalyse (Total Cost of Ownership) zu erstellen. Es wird jedoch bei der Fahrzeugbeschreibung auf die Anschaffungskosten eingegangen und es werden die aus dem Verbrauch abgeleiteten Energiekosten betrachtet. Laufenden Kosten, die durch Versicherung, Gebühren, Wartung, etc. entstehen werden aufgrund der zu hohen Komplexität nicht angeführt.

Um Aussagen über die Anschaffungskosten von Kraftfahrzeugen treffen zu können, wird eine Statistik für Deutschland herangezogen. Die Anschaffungskosten betragen

¹¹⁹ Quelle: MA 46 (o.J.)

¹²⁰ vgl. Plötz et. al. (2013)

demnach für 1% der Neuwagenkäufe unter 5.000€, für 6% zwischen 5.000€ und 10.000€, für 25% zwischen 10.000€ und 15.000€, für 30% zwischen 15.000€ und 20.000€, für 17% zwischen 20.000€ und 25.000€ und für 21% über 25.000€. ¹²¹ Diese Werte werden später als Referenzen für die Fahrzeugbewertung zugrunde gelegt.

Für den Vergleich der durch den Energieverbrauch im Betrieb anfallenden laufenden Kosten werden die folgenden Referenzpreise herangezogen: Für den Strompreis, der von Anbieter (eine Kilowattstunde Strom inkl. Netzkosten, Abgaben und Steuern kostet einen durchschnittlichen Haushalt mit 3.500kWh Jahresverbrauch beim günstigsten Anbieter in Wien 17,56 Cent), Wohnort und Verbrauch (eine Kilowattstunde kostet beim lokalen Anbieter in Wien 23,32ct/kWh bei einem Verbrauch von 2.000kWh und 19,19ct/kWh bei einem Verbrauch von 6.000kWh) abhängt, wird mit 20ct/kWh gerechnet. ¹²² Die Preise fossiler Brennstoffe werden mit 1,32€/Liter-Diesel und 1,37€/Liter-Eurosuper beziffert. Dies entspricht den Durchschnittswerten im Zeitraum von 09.01.2012 bis 31.08.2015. ¹²³ Für die Verbrauchswerte von Diesel-PKW wird mit 6,8 Liter/100km und für Benzin betriebene PKW mit 7,9 Liter/100km gerechnet. ¹²⁴ Daraus ergeben sich durchschnittliche Energiekosten von 8,98€/100km für Diesel-PKW und 10,82€/100km für Benzin betriebene PKW.

Komfort, Transportmöglichkeit, Wetterschutz

Unter Fahrkomfort wird die Benutzerfreundlichkeit während der Fahrt, sowie Extras wie etwa bequeme und verstellbare Sitze, Geräuschdämpfung der Fahrgastzelle, eine angenehme Audiokulisse, individuell regelbare Klimaanlage und ähnliches verstanden. Da es sich beim Komfort um eine nur schwer quantifizierbare Fahrzeuganforderung handelt, werden für die Fahrzeugbewertung qualitative Beschreibungen erstellt.

Für die Einflussfaktoren der Verkehrsmittelwahl, Transportmöglichkeit und Wetterschutz, ergeben sich je nach Verwendungszweck bzw. Nutzungsszenario Anforderungen an elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge, welche dem jeweiligen Einsatzfall entsprechend definiert werden müssen. Unter Transportmöglichkeit wird hier auch die Möglichkeit zur Mitnahme von Personen verstanden, wodurch sich neben dem erforderlichen Laderaum auch eine Anforderung an die Sitzzahl ergibt. Um die Anforderung an die Sitzzahl der Fahrzeuge abschätzen zu können, wird in Tabelle 25 eine Übersicht über die Anteile der Fahrten, die mit der jeweiligen Anzahl an Sitzen ermöglicht wird, dargestellt. Dazu wurden die in Kapitel 2.2 ermittelten

¹²¹ Quelle: Bundesverband deutscher Banken (o.J.)

¹²² Quelle: E-Control Austria (o.J.)

¹²³ Quelle: BMWFW (o.J.)

¹²⁴ Quelle: Kunert / Radke (2012)

Werte für die Anzahl an PKW-Insassen der jeweiligen Wegzwecke herangezogen und summiert. Je nach Wegkette ergeben sich damit unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich der Anzahl an Sitzen.

Wegzweck	Anzahl der Sitze			
	1	2	3	≥ 4
Arbeit	80%	94%	99%	100%
Einkauf	40%	84%	96%	100%
Freizeit	29%	71%	88%	100%
Bringen	-	22%	65%	100%

Tabelle 25: Anforderung an Sitzzahl nach Wegzweck

Zugänglichkeit

Eine weitere Anforderung an Elektrofahrzeuge lässt sich aus dem zweckrationalen Faktor der Zugänglichkeit ableiten, worunter vor allem die Parkmöglichkeiten am Zielort (Parkraumbewirtschaftung) und eventuelle autofreie Zonen verstanden werden. Die Parkplatzsuche wird auch durch die Größe des Fahrzeuges mit beeinflusst, welche bei der Beschreibung der Fahrzeugklassen angeführt und bei der Fahrzeugbewertung berücksichtigt wird.

Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit – Reichweite

Unter Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit wird hier speziell die Anforderung an die Reichweite von elektrisch betriebenen Fahrzeugen verstanden. Diese Anforderung ist besonders wichtig, weil die Reichweitenangst mit unter einen der wichtigsten Gründe gegen die Akzeptanz reiner Batteriefahrzeuge darstellt.¹²⁵ Ob die Reichweite eines Elektrofahrzeugs für die Anforderungen eines Nutzers ausreichend ist, hängt vor allem von dessen Fahrprofil ab. Das Fahrprofil beschreibt dabei sämtliche Fahrten eines Fahrzeugs in einem bestimmten Erhebungszeitraum und umfasst mehrere Informationen, wie den Zeitpunkt einer Fahrt, die Länge sowie den Zweck der Fahrt, aus dem der Standort abgeleitet werden kann. Mit diesen Fahrprofilen können Aussagen über Batterieladestände getroffen werden, und somit die technische Eignung der Fahrzeuge bewertet werden.¹²⁶ Abbildung 24 zeigt ein exemplarisches Fahrprofil und den dazugehörigen Batterieladestand für drei Fahrtage. (A: Fahrzeug fährt, Batterie wird entladen; B: Fahrzeug steht an Ladestation, Batterie wird geladen)

¹²⁵ vgl. Wietschel et. al. (2012)

¹²⁶ vgl. Plötz et. al. (2013)

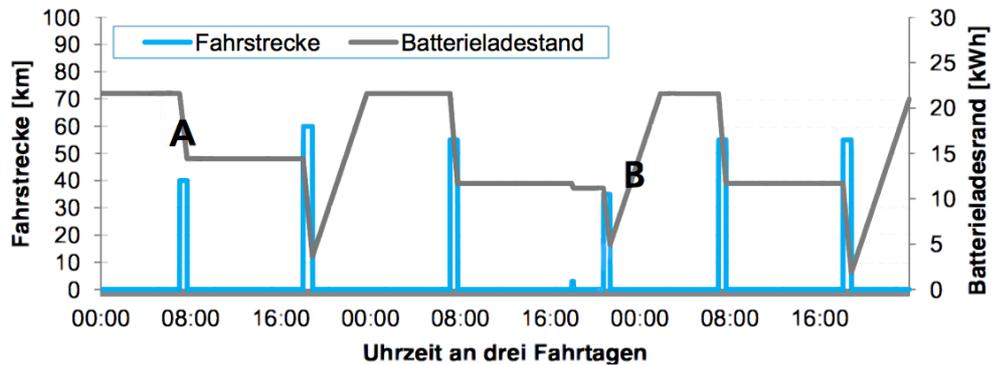


Abbildung 24: Beispiel Fahrprofil und Batterieladestand¹²⁷

In den folgenden Kapiteln wird versucht das Mobilitätsverhalten verschiedener Nutzergruppen durch möglichst realitätsnahe Fahrprofile bzw. Mobilitätsszenarien zu beschreiben. Als Grundlage dafür dienen die in Kapitel 2 erarbeitete Daten zum Mobilitätsverhalten. Für die Definition der Szenarien werden vor allem die häufigsten Wegketten für Personen mit PKW Besitz aus Tabelle 12 herangezogen. Weiters wird die durchschnittliche Wegeanzahl für mobile Personen berücksichtigt (siehe Tabelle 6 bzw. Tabelle 17). Für die Berechnung der Weglängen der Fahrprofile werden die Einzelweglängen des jeweiligen Wegzwecks verwendet und daraus die Anforderung an die Reichweite unter Berücksichtigung der Batterieladung bestimmt. Die Möglichkeit der Batterieladung wird dabei durch die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur im öffentlichen bzw. halböffentlichen Raum (z.B.: am Arbeitsplatz) bestimmt. Um darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Batterie im normalen Betrieb nicht völlig entladen wird, werden die Weglängen für die Reichweitenanforderungen entsprechend einer Entladetiefe (DoD = Depth of Discharge) von 90% erhöht. Dies entspricht dem Vorschlag des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung, basierend auf Vergleichen verschiedener Studien zu Batteriegrößen und Entladetiefen.¹²⁸ Für die Anforderung an die Reichweite für die Nutzung elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge durch bestimmte Nutzergruppen wird die jeweils längste Wegkette der beschriebenen Mobilitätsszenarien herangezogen.

Die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Mobilitätsszenarien stellen möglichst normale und repräsentative Tagesabläufe verschiedener, potenzieller Nutzergruppen elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge dar. Außergewöhnliche Ereignisse und Wegstrecken, die nur selten vorkommen, wie zum Beispiel Ausflugs- bzw. Urlaubsfahrten, Transport von großen Gegenständen und ähnliches, werden nicht berücksichtigt. Außerdem werden vor allem Gruppen betrachtet, die aufgrund ihrer Eigenschaften (Mobilitätsverhalten, Demographie, etc.) ein entsprechendes Potenzial für die Nutzung elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge darstellen. Für kleinere

¹²⁷ vgl. Plötz et. al. (2013)

¹²⁸ Quelle: Plötz et. al. (2013)

Bevölkerungs- und Nutzergruppen wird eine mögliche Eignung bestimmter Fahrzeugkonzepte im Zuge der jeweiligen Beschreibung eben dieser diskutiert.

Zusätzlich werden für die Bewertung der verschiedenen Fahrzeugkonzepte, im Bereich der elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeuge, ausgehend von den gefundenen Fahrzeuganforderungen, Kriterien definiert (siehe Tabelle 26) und entsprechend ihrer Relevanz für die jeweiligen Anwendungsgebiete der Nutzergruppen gewichtet. Den Bewertungskriterien werden nutzerspezifische Zielwerte (quantitativ oder qualitativ bestimmte Bereiche) zugeordnet, welche eine Bewertung anhand von Zahlenwerten (0 bis 4) ermöglichen. Die von den Fahrzeugen erreichte Punktezahl, bezogen auf die maximal erreichbare Punktezahl, ergibt die technische Wertigkeit. Liegt diese unter 0,6 so handelt es sich gemäß VDI 2225 um unbefriedigende Lösungen, darüber um gute bzw. ab Werten von 0,8 um sehr gute Lösungen für die aus den Mobilitätsdaten abgeleiteten Fahrzeuganforderungen.

Die quantitativ beschreibbaren Kriterien werden direkt aus dem Mobilitätsverhalten der verschiedenen Nutzergruppen abgeleitet. Bei der qualitativen Beschreibung des Komforts wird zum einen die Antriebsart (z.B. Muskelkraft erforderlich) und zum anderen der Wetterschutz bzw. der Komfort verglichen mit relevanten Referenzfahrzeuge (z.B. PKW) herangezogen. Die Gewichtung der Kriterien für die verschiedenen Nutzergruppen erfolgt anhand eines paarweisen Vergleichs.

Anforderung	Bewertungskriterium	Einheit
Zuverlässigkeit	Reichweite	km
Wegzeit	Geschwindigkeit	km/h
Komfort	Komfort	qualitative Beschreibung
Transportmöglichkeit	Laderaum	Liter
	Personentransport	Anzahl der Sitze
Zugänglichkeit	Fahrzeuggröße	cm
Kosten	Anschaffungskosten	€

Tabelle 26: Bewertungskriterien Fahrzeugkonzepte

2.4.2 Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien

Die erste Mobilitätsgruppe stellen jene Menschen dar, die in Wien wohnhaft sind und auch ihren Arbeitsplatz (Vollzeit- und Teilzeitbeschäftigung) innerhalb der Stadtgrenze, aber nicht im eigenen Wohnhaus haben. Von den etwa 1,1 Millionen Personen im arbeitsfähigen Alter zwischen 15 und 59 Jahren trifft dies auf etwa 630.000 zu (siehe Tabelle 8). Knapp 34% davon gelangen mit Fahrzeugen des motorisierten Individualverkehrs zu ihrem Arbeitsplatz. Um das Mobilitätsverhalten möglichst treffend zu beschreiben, werden verschiedene Szenarien bzw.

Tagesabläufe erstellt und die Reichweitenanforderungen anhand der daraus abgeleiteten Fahrprofile bestimmt. Die Wegketten werden in Übereinstimmung mit den in Tabelle 12 verwendeten Abkürzungen gebildet. In Tabelle 27 werden die Bedeutung der hier relevanten Wegzwecke nochmals erläutert und die für die Reichweitenberechnung herangezogenen Weglängen angeführt.

Abkürzung	Wegzweck	Weglänge
A	Arbeit	9km
E	Einkauf	3,2km
F	Freizeit	9,7km
P	Bringen	5,4km
W	Wohnen	Rückweg

Tabelle 27: Werktägliche Weglängen nach Wegzweck erwerbstätige Personen Wien

Für 48,4% der zwischen den Wiener Gemeindebezirken pendelnden Personen beträgt der Arbeitsweg 5-9km, während der durchschnittliche Arbeitsweg zu ihrem österreichischen Arbeitsort für Wienerinnen und Wiener 17km beträgt. Da der Großteil der Wiener Erwerbsspendler jedoch in Wien arbeitet (82,7%) und nur 11,4% in ein anderes Bundesland bzw. ins Ausland auspendeln, wird hier die durchschnittliche Arbeitsweglänge mit 9km angesetzt.

Szenario 1

Die Person fährt von der Wohnung zum Arbeitsort und nach dem Ende der Arbeitszeit direkt dorthin zurück. Nach der Rückkehr zur Wohnung wird noch eine weitere Fahrt unternommen. Entweder ein Einkaufsweg, ein Freizeitweg oder ein Hol-/Bringweg.

Wegketten:

- a) W-A-W-E-W
- b) W-A-W-F-W
- c) W-A-W-P-W

Szenario 2

Nach Arbeitsende wird nicht auf direktem Weg nach Hause gefahren, sondern entweder noch den Einkauf erledigt, oder eine Freizeitaktivität unternommen. Danach wird ohne weitere Aktivitäten zu absolvieren nach Hause gefahren.

Wegketten:

- a) W-A-E-W
- b) W-A-F-W

Szenario 3

Auf dem Weg zur und/oder von der Arbeit wird eine oder mehrere Personen mitgenommen bzw. wohin gebracht oder abgeholt. Dabei kann es sich beispielsweise um eine der Familie bzw. dem Haushalt angehörige Person handeln, die zu ihrer Arbeits- oder Ausbildungsstätte gebracht und/oder von dort abgeholt wird. Außerdem sind auch Fahrgemeinschaften zwischen Personen verschiedener Haushalte in diesem Szenario enthalten.

Wegketten:

- a) W-P-A-P-W
- b) W-P-A-W bzw. W-A-P-W

Spezifisches Anforderungsprofil

Aus den für diese Nutzergruppe erstellten Mobilitätsszenarien bzw. Fahrprofilen werden nun die Anforderungen an die Reichweite elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge ermittelt. Dazu werden die in Tabelle 27 angeführten Weglängen verwendet. Folgt direkt auf die Aktivität Arbeit eine weitere Aktivität, so wird der Arbeitsweg als Länge des Rückweges herangezogen. Ist eine Aufladung am Arbeitsplatz möglich, so reduziert sich die erforderliche Gesamtreichweite um die Weglänge die zur Arbeit zurückgelegt wurde. Hinsichtlich Fahrprofilen bzw. Reichweitenanforderung wird hier (und bei den folgenden Nutzergruppen) nur eine Lademöglichkeit am Arbeitsort berücksichtigt, da hier von einer Aufenthaltsdauer mit entsprechende Länge ausgegangen werden kann.

In Tabelle 28 werden die gerundeten Ergebnisse der Reichweitenberechnung gezeigt. Es werden dabei sowohl die Weglängen der Aktivitätenketten (linker Wert = Summe der Einzelweglängen gemäß Tabelle 27), als auch die daraus berechnete Anforderung an die Reichweite (rechter Wert = Weglänge/0,9) dargestellt. Für die folgenden beiden Nutzergruppen wird die Reichweitenberechnung in gleicher Weise dargelegt (siehe Tabelle 32 bzw. Tabelle 36)

Sollen alle Wegketten des erstellten Mobilitätsszenarios ermöglicht werden, so ergibt sich, unter Berücksichtigung der Entladetiefe, als Anforderung an elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge, eine Reichweite von 42km (längste Weg- bzw. Aktivitätenkette). Ist eine Aufladung der Batterie am Arbeitsort möglich ist eine Reichweite von 32km erforderlich.

Szenario	Wegkette	Weglänge / erf. Reichweite (in km)	
		Ohne Aufladung am Arbeitsort	Mit Aufladung am Arbeitsort
Szenario 1	W-A-W-E-W	24 / 27	15 / 17
	W-A-W-F-W	37 / 42	28 / 32
	W-A-W-P-W	29 / 32	20 / 22
Szenario 2	W-A-E-W	21 / 24	12 / 14
	W-A-F-W	28 / 31	19 / 21
Szenario 3	W-P-A-P-W	29 / 33	20 / 23
	W-A-P-W	24 / 26	15 / 16
Anforderung Reichweite:		42 km	32 km

Tabelle 28: Anforderung Reichweite erwerbstätige Personen Wien

Bezüglich der Transportmöglichkeit liegen für Arbeitswege keine spezifischen Daten über die Größe bzw. das Gewicht von zu transportierenden Gegenständen bzw. Gepäckstücken vor. Es wird aber davon ausgegangen, dass eine Mitnahmemöglichkeit von Gepäckstücken in der Größenordnung von Aktentaschen oder Ähnlichem von Vorteil ist. Es sollte dafür zumindest ein Laderaum bzw. eine Abstellmöglichkeit für Gepäckstücke in der Größenordnung von ca. 25 Liter vorhanden sein (entspricht etwa der Größe eines Aktenkoffers). Bei einer direkten Kombination von Arbeits- und Einkaufswegen ist es erforderlich einen zusätzlichen Warentransport zu ermöglichen (5kg für 50% der Einkäufe bzw. 10kg für 75% der Einkäufe – siehe Kapitel 2.2.5). Auch für die Mitnahme von Freizeitgepäck wird ein gewisser Laderaum benötigt. In diesem Bereich können jedoch keine pauschal gültigen Aussagen getroffen werden, weshalb auch im Zuge der Fahrzeugbeschreibungen die Größe des Laderaums angeführt wird.

Da erwerbstätige Personen in der Regel den Zeitpunkt der Fahrt nicht frei und auf aktuelle Wetterverhältnissen abgestimmt wählen können, ist ein gewisses Maß an Wetterschutz für die tägliche Fahrt zur Arbeit erforderlich. Wird ein Fahrzeug jedoch nur als Zweitfahrzeug verwendet, bzw. gibt es alternative Verkehrsmittel, die für den Arbeitsweg genutzt werden können, so kommen auch Fahrzeuge in Frage, die keinen kompletten Wetterschutz bieten.

Aus dem zuvor definierten Mobilitätsverhalten dieser Nutzergruppe werden nun für die Bewertung erforderlichen Wertebereiche der in Kapitel 2.4.1 definierten Kriterien abgeleitet, welche in weiterer Folge zur analytischen Bewertung der verschiedenen Ultraleichtfahrzeug herangezogen werden.

Bewertungskriterien	Wertebereiche				
	0	1	2	3	4
Reichweite	≤14km	>14km ≤23km	>23km ≤32km	>32km ≤42km	>42km
Geschwindigkeit	≤10km/h	>10km/h ≤20km/h	>20km/h ≤30km/h	>30km/h ≤45km/h	>45km/h
Komfort	Körperliche Betätigung erforderlich	Antrieb Bewegungs- unabhängig	Gute Ergonomie und hoher Sitzkomfort	Wetterschutz	Ausstattung vergleichbar mit PKW Standard
Gütertransport	kein Laderaum	>0 Liter ≤18 Liter	>18 Liter ≤36 Liter	>36 Liter ≤55 Liter	>55 Liter
Personentransport	-	1 Sitz	2 Sitze	3 Sitze	≥4 Sitze
Fahrzeuggröße (Breite x Länge)	> 1,7 x 4m	>1,5m x 3m ≤1,7m x 4m	>1,2m 2,5m ≤1,5m x 3m	>0,8m x 2m ≤1,2m x2,5m	≤ 0,8m x 2m
Anschaffungs- kosten	> 20.000€	> 15.000€ ≤ 20.000€	> 10.000€ ≤15.000€	> 5.000€ ≤10.000€	≤ 5.000€

Tabelle 29: Wertebereiche Bewertungskriterien erwerbstätige Personen Wien

Diese für die Fahrzeugbewertung relevanten Kriterien werden entsprechend des in Tabelle 30 durchgeführten paarweisen Vergleichs gewichtet. Dabei wird den Kriterien, abhängig von der Wichtigkeit gegenüber dem zum Vergleich herangezogenen Kriterium, ein Punktwert zwischen null und zwei (0 = weniger wichtig; 1 = gleich wichtig; 2 = wichtiger) zugewiesen. Die Gewichtung der Kriterien erfolgt durch Normierung der erreichten Gesamtpunktzahl mit der maximal zu erreichenden Punktzahl.

Für erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien ergibt der paarweise Vergleich, dass vor allem die Erfüllung der Reichweitenanforderung und der Fahrkomfort von Bedeutung sind. An dritter Stelle stehen der Personen- und Gütertransport, sowie die Anschaffungskosten. Die Geschwindigkeit und die Fahrzeuggröße werden für diese Nutzergruppe geringer gewichtet.

	Reichweite	Geschwindigkeit	Komfort	Gütertransport	Personentransport	Fahrzeuggröße	Anschaffungskosten	Summe absolut	Summe normiert
Reichweite	1	2	1	1	1	2	2	10	0,77
Geschwindigkeit	0	1	0	1	1	1	0	4	0,31
Komfort	1	2	1	1	1	2	1	9	0,69
Gütertransport	1	1	1	1	1	1	1	7	0,54
Personentransport	1	1	1	1	1	1	1	7	0,54
Fahrzeuggröße	0	1	0	1	1	1	1	5	0,38
Anschaffungskosten	0	2	1	1	1	1	1	7	0,54

Tabelle 30: Gewichtung Bewertungskriterien erwerbstätige Personen Wien

2.4.3 Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien

Für die täglich aus dem Wiener Umland nach Wien einpendelnde Masse an Autos (etwa 320.000 PKW – siehe Tabelle 19) und die damit verbundene Verkehrsbelastung sind zu einem großen Teil Personen verantwortlich, die zum Zweck der Arbeit einpendeln. Rund 128.000 Personen überqueren mit Fahrzeugen des motorisierten Individualverkehrs auf dem Weg zu ihrem Wiener Arbeitsplatz die Stadtgrenze (siehe Tabelle 21). Mit einem durchschnittlichen Besetzungsgrad von 1,2 Personen/PKW ergibt dies eine Anzahl von rund 107.000 PKW, die täglich in die Stadt einfahren.

Für die Bildung der Mobilitätsszenarien dieser Nutzergruppe gelten ähnliche Überlegungen wie bei den erwerbstätigen Personen mit Wohnsitz in Wien. Es werden daher die Szenarien und Aktivitätenketten übereinstimmend zu jenen aus Kapitel 2.4.2 definiert. Für die Berechnung der Reichweitenanforderung, für aus dem Wiener Umland einpendelnde, in Wien arbeitende Personen, werden Mobilitätsdaten aus Kapitel 2.3 herangezogen.

Szenario 1

Die Person fährt vom Wohnort im Wiener Umland zur Arbeit nach Wien und nach dem Ende der Arbeitszeit direkt dorthin zurück. Nach der Rückkehr zur Wohnung wird noch eine weitere Fahrt unternommen. Entweder ein Einkaufsweg, ein Freizeitweg oder ein Hol-/Bringweg.

Wegketten:

- a) W-A-W-E-W
- b) W-A-W-F-W
- c) W-A-W-P-W

Szenario 2

Nach Arbeitsende wird nicht auf direktem Weg nach Hause gefahren, sondern entweder noch den Einkauf erledigt, oder eine Freizeitaktivität unternommen und erst danach wird ohne weitere Aktivitäten zu absolvieren nach Hause gefahren.

Wegketten:

- a) W-A-E-W
- b) W-A-F-W

Szenario 3

Auf dem Weg zur und/oder von der Arbeit wird eine oder mehrere Personen mitgenommen bzw. wohin gebracht oder abgeholt. Dabei kann es sich beispielsweise um eine der Familie bzw. dem Haushalt angehörige Person handeln die zu ihrer Arbeits- oder Ausbildungsstätte gebracht und/oder von dort abgeholt wird. Außerdem sind in diesem Szenario auch Fahrgemeinschaften zwischen Personen verschiedener Haushalte enthalten.

Wegketten:

- a) W-P-A-P-W
- b) W-P-A-W bzw. W-A-P-W

Spezifisches Anforderungsprofil

Auch bezüglich Fahrzeuganforderungen gelten für den stadtgrenzenüberschreitenden Verkehr ähnliche Überlegungen wie für den innerstädtischen Verkehr. Lediglich die Anforderungen an die Reichweite sind aufgrund der längeren Distanzen unterschiedlich. In Tabelle 31 sind die für die Reichweitenberechnung herangezogenen Weglängen angegeben. Die Weglänge für Arbeitswege wird dabei mit 30km eher hoch angesetzt (für etwa 80% der Arbeitswege ausreichend - siehe Abbildung 21). Damit werden auch überdurchschnittlich lange Arbeitswege durch dieses Mobilitätsszenario abgedeckt. Die restlichen Weglängen stellen Durchschnittswerte der jeweiligen Wegzwecke dar.

Abkürzung	Wegzweck	Weglänge
A	Arbeit	30km
E	Einkauf	6,6km
F	Freizeit	15,2km
P	Bringen	6,5km
W	Wohnen	Rückweg

Tabelle 31: Werktägliche Weglängen nach Wegzweck erwerbstätige Personen Wiener Umland

Die Bestimmung der Weglängen und erforderlichen Reichweiten erfolgt analog zu jener für Erwerbstätige Personen mit Wohnort in Wien (siehe Kapitel 2.4.2). Für das definierte Mobilitätsszenario für erwerbstätige Personen die zum Zweck der Arbeit aus dem Wiener Umland nach Wien einpendeln ergibt sich damit eine Reichweitenanforderung von 100km ohne, bzw. 67km mit Batterieladung am Arbeitsort (siehe Tabelle 32).

Szenario	Wegkette	Weglänge / erf. Reichweite (in km)	
		Ohne Aufladung am Arbeitsort	Mit Aufladung am Arbeitsort
Szenario 1	W-A-W-E-W	73 / 81	43 / 48
	W-A-W-F-W	90 / 100	60 / 67
	W-A-W-P-W	73 / 81	43 / 48
Szenario 2	W-A-E-W	67 / 74	37 / 41
	W-A-F-W	75 / 84	45 / 50
Szenario 3	W-P-A-P-W	73 / 81	43 / 48
	W-A-P-W	67 / 74	37 / 41
Anforderung Reichweite:		100 km	67 km

Tabelle 32: Anforderung Reichweite erwerbstätige Personen Wiener Umland

Die Anforderungen an Wetterschutz, Zuladung und Anzahl der Sitze, entsprechen jenen von erwerbstätigen Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien (siehe Kapitel 2.4.2).

Anders als für die Bevölkerung Wiens hat die Fahrzeuggeschwindigkeit für Personen aus dem Wiener Umland einen größeren Einfluss auf die Wegzeit, da die durchschnittliche Geschwindigkeit höher ist und auf Freiland und Autostraßen (100km/h) bzw. auf Autobahnen (130km/h)¹²⁹ höhere Geschwindigkeiten erlaubt sind als in der Stadt. Für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge, welche die Stadtgrenze überschreiten ist daher eine Bauartgeschwindigkeit von Vorteil, die das Befahren dieser Straßen ermöglicht. Für Autobahnen ist eine Bauartgeschwindigkeit

¹²⁹ Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (o.J. c)

von mindestens 60km/h vorgeschrieben.¹³⁰ Die Einteilung der Bewertungskriterien in Nutzergruppenspezifische Wertebereiche ist in Tabelle 33 zu sehen.

Bewertungskriterien	Wertebereiche				
	0	1	2	3	4
Reichweite	≤40km	>40km ≤60km	>60km ≤80km	>80km ≤100km	>100km
Geschwindigkeit	≤20km/h	>20km/h ≤45km/h	>45km/h ≤60km/h	>60km/h ≤100km/h	>100km/h
Komfort	Körperliche Betätigung erforderlich	Antrieb Bewegungs- unabhängig	Gute Ergonomie und hoher Sitzkomfort	Wetterschutz	Ausstattung vergleichbar mit PKW Standard
Gütertransport	kein Laderaum	>0 Liter ≤18 Liter	>18 Liter ≤36 Liter	>36 Liter ≤55 Liter	>55 Liter
Personentransport	-	1 Sitz	2 Sitze	3 Sitze	≥4 Sitze
Fahrzeuggröße (Breite x Länge)	> 1,7 x 4m	>1,5m x 3m ≤1,7m x 4m	>1,2m 2,5m ≤1,5m x 3m	>0,8m x 2m ≤1,2m x2,5m	≤ 0,8m x 2m
Anschaffungs- kosten	> 20.000€	> 15.000€ ≤ 20.000€	> 10.000€ ≤15.000€	> 5.000€ ≤10.000€	≤ 5.000€

Tabelle 33: Wertebereiche Bewertungskriterien erwerbstätige Personen Wiener Umland

Die Wertebereiche der Bewertungskriterien decken sich bei erwerbstätigen Personen, die aus dem Wiener Umland in die Stadt einpendeln, größtenteils mit jenen der in Wien wohnhaften Erwerbstätigen. Einzige Unterschiede liegen in den Anforderungen an die Reichweite und Geschwindigkeit der Fahrzeuge.

¹³⁰ Quelle: §46 StVO auf http://www.jusline.at/46_Autobahnen_StVO.html# (29.3.2015)

	Reichweite	Geschwindigkeit	Komfort	Gütertransport	Personentransport	Fahrzeuggröße	Anschaffungskosten	Summe absolut	Summe normiert
Reichweite	1	2	1	1	1	2	2	10	0,77
Geschwindigkeit	0	1	1	1	1	2	1	7	0,54
Komfort	1	1	1	1	1	2	1	8	0,62
Gütertransport	1	1	1	1	1	1	1	7	0,54
Personentransport	1	1	1	1	1	1	1	7	0,54
Fahrzeuggröße	0	0	0	1	1	1	1	4	0,31
Anschaffungskosten	0	1	1	1	1	1	1	6	0,46

Tabelle 34: Gewichtung Bewertungskriterien erwerbstätige Personen Wiener Umland

Auch die Gewichtung der Bewertungskriterien unterscheidet sich von jener der in Wien wohnhaften Erwerbstätigen, wobei vor allem die Fahrzeuggeschwindigkeit hier an Bedeutung gewinnt. Die wichtigsten Kriterien für diese Nutzergruppe sind die Reichweite, der Komfort, die Geschwindigkeit und die Transportfähigkeit. Der Fahrzeuggröße wird hingegen nur eine untergeordnete Rolle zugesprochen.

2.4.4 Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien

In dieser Gruppe wird das Mobilitätsverhalten von Personen beschrieben die in einer Partnerschaft bzw. Familie leben und hauptsächlich mit der Haushaltsführung bzw. der Kinderbetreuung beschäftigt sind. Dazu zählen etwa Eltern von Kindern unter 15 Jahren, die sich in Elternkarenz befinden, oder auch aus sonstigen Gründen nicht erwerbstätige Personen.¹³¹

Die Häufigkeit der Wegzwecke dieser Personengruppe ist von der allgemeinen Verteilung abweichend (siehe Abbildung 25). Unterschiede ergeben sich vor allem durch die Form der Erwerbstätigkeit, welche besonders vom Alter des jüngsten Kindes abhängig ist. Den größten Anteil an allen Wegen haben bei Personen, die im Haushalt beschäftigt sind bzw. sich in Elternkarenz befinden, Erledigungen im Alltag. Ein besonders hoher Anteil an Wegen zur Personenbeförderung ist bei im Haushalt tätigen Personen erkennbar. Zu erwähnen ist hier auch der mit 17% unerwartet relativ hohe Anteil an Arbeitswegen bei in Karenz befindlichen Personen.

¹³¹ Anmerkung: Personen in Elternkarenz zählen nach gängiger Praxis der Erwerbsstatistik zu den Erwerbspersonen, die ihre Erwerbstätigkeit nicht aktiv ausüben.

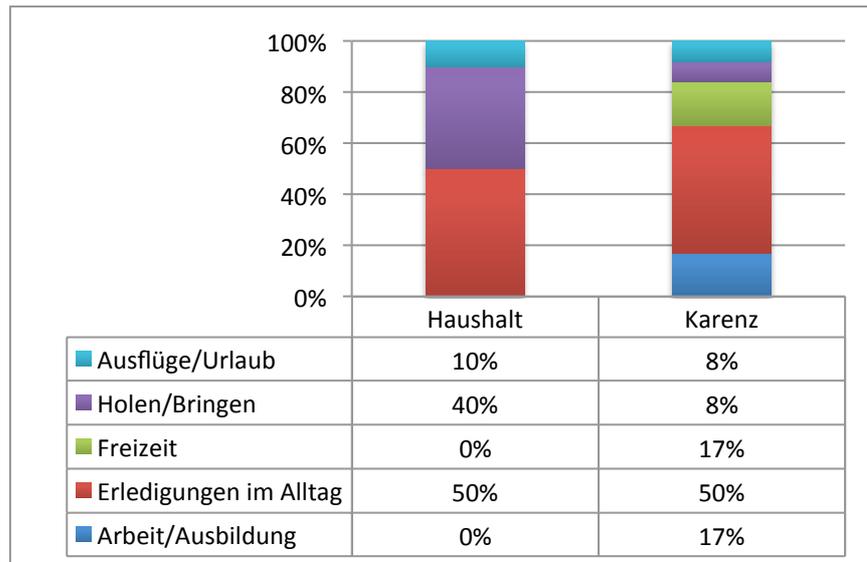


Abbildung 25: Wegzweck nach Erwerbsform (Haushalt, Karenz)¹³²

Szenario 1

Dieses Szenario umfasst die für im Haushalt tätige Personen wesentlichen Wegzwecke Erledigungen im Alltag (Versorgung, Einkauf, etc.) und Holen/Bringen von Personen. Diese werden kombiniert um mögliche Tagesabläufe zu beschreiben. Die Wegketten beginnen dabei stets mit einem Hol-/Bringweg, welcher das Bringen der Kinder zum Kindergarten bzw. zur Schule darstellt. Es sind natürlich auch andere Reihenfolgen der Wege denkbar, welche auf die Reichweitenberechnung jedoch keinen Einfluss haben.

Wegketten:

- a) W-P-W-P-W
- b) W-P-E-W-P-W oder W-P-W-P-E-W
- c) W-P-E-P-W

Szenario 2

Im Szenario 2 werden jene Wegketten beschrieben, die nicht im Szenario 1 enthalten sind und für die zusätzlichen relevanten Wegzwecke Freizeit und Arbeit für in Elternkarenz befindliche Personen ergänzt sind.

Wegketten:

- a) W-P-A-W-P-W
- b) W-P-A-P-W
- c) W-P-A-W-P-E-W
- d) W-P-W-F-W

¹³² Quelle: Hanappi et. al. (2012)

Spezifisches Anforderungsprofil

Auch für diese potenzielle Nutzergruppe elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge werden nun die Anforderung an die Reichweite durch die beschriebenen Mobilitätsszenarien bzw. Fahrprofile ermittelt. Die dafür herangezogenen Weglängen werden in Tabelle 35 dargestellt.

Abkürzung	Wegzweck	Weglänge
A	Arbeit	9km
E	Einkauf	4,2km
F	Freizeit	10,9km
P	Bringen	4,8km
W	Wohnen	Rückweg

Tabelle 35: Weglängen nach Wegzweck im Haushalt tätige Personen

Tabelle 36 zeigt die gerundeten Ergebnisse der Reichweitenberechnung. Für die hier beschriebenen Wegketten von Personen die hauptsächlich zu Hause tätig sind bzw. sich in Karenz befinden ergibt sich eine Reichweitenanforderung an elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge von rund 35 Kilometer. Eine mögliche Zwischenladung der Batterie im Tagesverlauf wurde hier nicht berücksichtigt.

Szenario	Wegkette	Weglänge / erf. Reichweite (in km)
Szenario 1	W-P-W-P-W	19 / 21
	W-P-E-W-P-W	23 / 25
	W-P-E-P-W	18 / 20
Szenario 2	W-P-A-W-P-W	28 / 31
	W-P-A-P-W	24 / 26
	W-P-A-W-P-E-W	32 / 35
	W-P-W-F-W	31 / 35
Anforderung Reichweite:		35 km

Tabelle 36: Anforderung Reichweite im Haushalt tätige Personen

Die Anforderung an die Sitzzahl der Fahrzeuge entspricht im Allgemeinen den Ausführungen und Werten aus Kapitel 2.4.1 bzw. Tabelle 25. Es können hier jedoch weiterführende, spezielle Überlegungen angestellt werden. Für das Befördern von Kindern und insbesondere Kleinkindern ist nicht immer ein vollständiger Sitzplatz nötig (z.B. Beförderung von Kindern mit Lastenrädern). Ist jedoch ein Kindersitz erforderlich, so muss eine sachgemäße Befestigung natürlich auch durch die Art und die Ausstattung des Fahrzeuges ermöglicht werden.

Bezüglich der Transportmöglichkeit ist vor allem der bei Einkaufswegen erforderliche Warentransport relevant (5kg für 50% der Einkäufe bzw. 10kg für 75% der Einkäufe – siehe Kapitel 2.2.5). Für einen Einkauf von 10kg wird ein erforderlicher Laderaum in der Größe einer üblichen Einkaufstasche von 30 Liter angenommen. Weiters erscheint je nach Wegzweck eine Transportmöglichkeit von Gepäckstücken in der Größenordnung von Schultaschen, sowie Freizeitgepäck oder Ähnlichem als sinnvoll.

Der Zeitpunkt der Fahrt kann in manchen Fällen zwar auf die Wetterverhältnisse abgestimmt werden, gewisse Aktivitäten (z.B. das Bringen/Holen der Kinder zur/von der Schule) sind jedoch weniger flexibel, wodurch Fahrzeuge mit Wetterschutz vorteilhaft sind.

Die für die Fahrzeugbewertung erforderlichen Kriterien und deren Wertebereiche für im Haushalt tätigen Personen werden in Tabelle 37 gezeigt. Die Unterschiede zu den Anforderungen erwerbstätiger Personen bestehen hauptsächlich bei der Güter- und Personenbeförderung, sowie in der Reichweite. Für die Bewertung des Personentransports wird hier speziell die Möglichkeit Kinder befördern zu können berücksichtigt.

Bewertungskriterien	Wertebereiche				
	0	1	2	3	4
Reichweite	≤20km	>20km ≤25km	>25km ≤30km	>30km ≤35km	>35km
Geschwindigkeit	≤10km/h	>10km/h ≤20km/h	>20km/h ≤35km/h	>35km/h ≤45km/h	>45km/h
Komfort	Körperliche Betätigung erforderlich	Antrieb Bewegungs-unabhängig	Gute Ergonomie und hoher Sitzkomfort	Wetterschutz	Ausstattung vergleichbar mit PKW Standard
Gütertransport	kein Laderaum	>0 Liter ≤30 Liter	>30 Liter ≤60 Liter	>60 Liter ≤90 Liter	>90 Liter
Personentransport	-	1 Sitz	2 Sitze oder 1 Sitz und zusätzlicher Kindersitz	3 Sitze oder 2 zusätzliche Kindersitze	≥4 Sitze oder 3 zusätzliche Kindersitze
Fahrzeuggröße (Breite x Länge)	> 1,7 x 4m	>1,5m x 3m ≤1,7m x 4m	>1,2m 2,5m ≤1,5m x 3m	>0,8m x 2m ≤1,2m x2,5m	≤ 0,8m x 2m
Anschaffungskosten	> 20.000€	> 15.000€ ≤ 20.000€	> 10.000€ ≤15.000€	> 5.000€ ≤10.000€	≤ 5.000€

Tabelle 37: Wertebereiche Bewertungskriterien im Haushalt tätige Personen

Für diese Nutzergruppe ergibt der paarweise Vergleich eine in etwa gleich starke Gewichtung der Kriterien Reichweite, Transportfähigkeit, Anschaffungskosten und Komfort. Fahrzeuggeschwindigkeit und –größe werden hingegen als weniger entscheidend angesehen.

	Reichweite	Geschwindigkeit	Komfort	Gütertransport	Personentransport	Fahrzeuggröße	Anschaffungskosten	Summe absolut	Summe normiert
Reichweite	1	2	1	1	1	2	1	9	0,69
Geschwindigkeit	0	1	0	0	0	1	0	2	0,15
Komfort	1	2	1	1	1	1	1	8	0,62
Gütertransport	1	2	1	1	1	2	1	9	0,69
Personentransport	1	2	1	1	1	2	1	9	0,69
Fahrzeuggröße	0	1	1	0	0	1	0	3	0,23
Anschaffungskosten	1	2	1	1	1	2	1	9	0,69

Tabelle 38: Gewichtung Bewertungskriterien im Haushalt tätige Personen

2.4.5 Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen

Aufgrund demographischer Entwicklungen wird der Anteil älterer Menschen - über 65 Jahren - in Wien von derzeit rund 17% auf etwa 21% im Jahr 2040 ansteigen.¹³³ Hinsichtlich dieser Entwicklung erscheint es notwendig, das Mobilitätsverhalten und die Bedürfnisse älterer Personen näher zu betrachten. Zu dieser Gruppe werden in diesem Abschnitt Personen ab einem Alter von 60 Jahren gezählt, die momentan einen Anteil von 22% an der Gesamtbevölkerung Wiens ausmachen (siehe Tabelle 3).

Die Anzahl und Länge der täglich zurückgelegten Wege sinkt mit steigendem Alter. Die für die Reichweitenanforderung relevante durchschnittlich zurückgelegte Tagesweglänge beträgt bei den 65- bis 74-Jährigen rund 28 Kilometer und bei den über 75-Jährigen sind es nur mehr 16 Kilometer.¹³⁴ Unter Berücksichtigung einer maximalen Batterieentladetiefe von 90% ergibt dies eine Mindestanforderung an die Reichweite von rund 31 bzw. 18 Kilometer. Der Aktionsradius von pensionierten bzw. älteren Personen reduziert sich mit steigendem Alter deutlich und es werden vermehrt Aktivitäten näher zum Wohnumfeld gesucht. Hand in Hand ändert sich

¹³³ Quelle: Statistik Austria, Bevölkerungsprognose 2014, erstellt am 20.11.2014

¹³⁴ vgl. Pressl et. al. (2013)

damit auch die Verkehrsmittelwahl (siehe Abbildung 26).¹³⁵ Die hauptsächlichen Wegzwecke verschieben sich aufgrund der sinkenden Relevanz von Arbeitswegen hin zu Versorgungswegen (Einkauf/Nahversorgung, gesundheitliche Versorgung, etc.) und Freizeitwegen (siehe Abbildung 6).

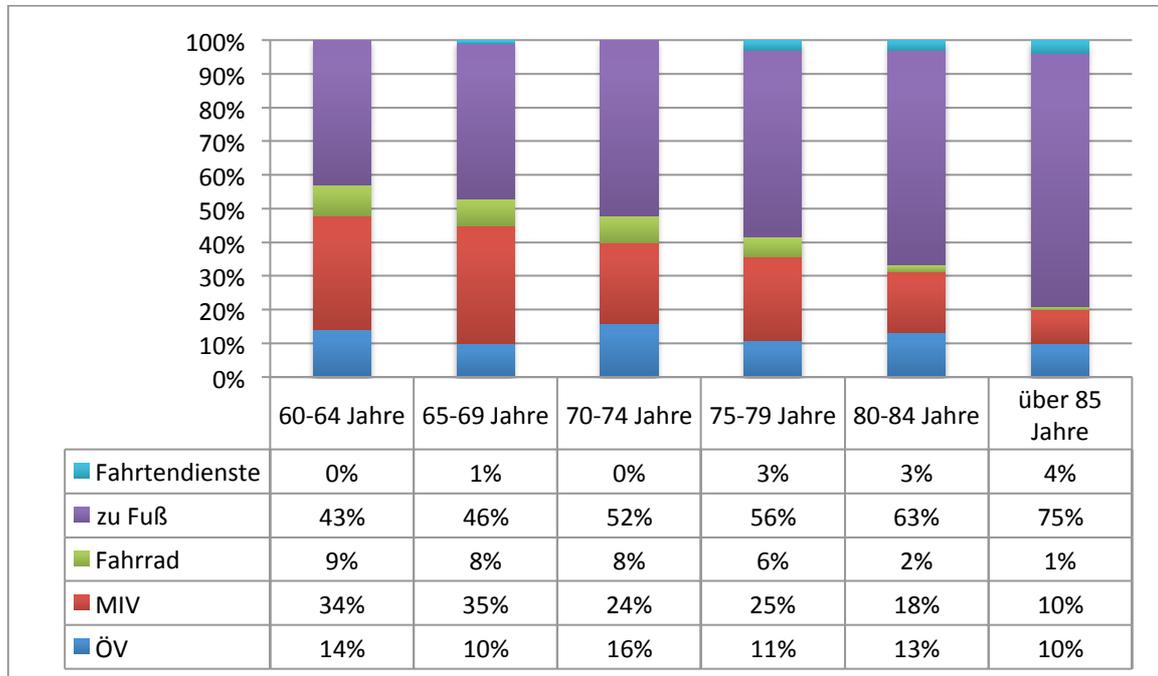


Abbildung 26: Verkehrsmittelwahl älterer Personen Österreich 2008¹³⁶

Das "Zu-Fuß-Gehen" wird mit steigendem Alter zur wichtigsten Fortbewegungsform und der motorisierte Individualverkehr verliert an Bedeutung. Jedoch ist in Zukunft, besonders bei älteren Menschen, eine starke Steigerung des KFZ-Besitzes und der MIV-Nutzung zu erwarten.¹³⁷ Hauptgründe dafür sind ein verbesserter Zugang zum PKW durch erhöhten Fahrzeug- und Führerscheinbesitz, der statistisch besserer Gesundheitszustand, der ein Fahren auch im höheren Alter erlaubt, die räumliche Entwicklung besonders im suburbanen Raum, sowie ein in jüngeren Jahren erlerntes Mobilitätsverhalten.¹³⁸

Die Gruppe älterer Personen ist sehr inhomogen und das Mobilitätsverhalten wird von diversen Faktoren beeinflusst:¹³⁹

- Persönliche Gesundheit und Fähigkeiten, insbesondere auch Mobilitätsbeeinträchtigungen
- Soziale und ökonomische Rahmenbedingungen
 - Soziales Netzwerk
 - Einkommenssituation

¹³⁵ vgl. Pressl et. al. (2013)

¹³⁶ Quelle: Pressl et. al. (2013)

¹³⁷ vgl. Sammer / Röschel - <http://www.uni-graz.at/senioren/same.htm> (06.04.2015)

¹³⁸ vgl. Pressl et. al. (2013)

¹³⁹ vgl. Pressl et. al. (2013)

- Infrastruktur und räumliche Rahmenbedingungen
 - Siedlungsstruktur
 - Wohnumfeld
 - Verkehrsangebote
 - Vorhandene Versorgungs-/Serviceeinrichtungen
 - Mobilitätsangebote
- Subjektive Faktoren, Einstellungen und Wertorientierungen

Entsprechend den Ausprägungen und Kombination dieser Faktoren, lassen sich unterschiedliche Mobilitätsstile beschreiben (siehe Tabelle 39), welche mit Ausnahme der ÖV-ZwangsnutzerInnen, für die Verwendung von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen in Frage kommen.

PKW-fixierte	<ul style="list-style-type: none"> • Wohnen weniger zentral • Schwierigkeiten ÖV oder Fahrrad zu nutzen • Auf PKW angewiesen • Autofahren mit Spaß und Unabhängigkeit verbunden • ÖV, Radfahren oder zu Fuß gehen oft negativ beurteilt
Junggebliebene wohlhabende Mobile	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügen meist über PKW • Hohe Jahresfahrleistung • Hohes subjektives Mobilitätsbedürfnis • Wohnen eher am Stadtrand oder in Vororten • Hoher Männeranteil in dieser Gruppe • Durchschnittsalter ca. 68 Jahre • Überdurchschnittliches Nettoeinkommen und Bildungsniveau
Selbstbestimmte Mobile	<ul style="list-style-type: none"> • Guter Zugang sowohl zu PKW als auch zu ÖV • Positive Einstellung ggü. Fahrrad und zu Fuß gehen • Schließen kein Verkehrsmittel aus • Sind von keinem Verkehrsmittel abhängig
ÖV-ZwangsnutzerInnen	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügen selten über PKW • Nur ein Drittel in Führerscheinbesitz • Ziele gut mit ÖV erreichbar • Empfinden ÖV-Nutzung als einfach • Wohnen eher Innerstädtisch mit guter ÖV-Anbindung

Tabelle 39: Mobilitätsstile älterer Personen¹⁴⁰

Obwohl das Auto laut Statistik das mit Abstand risikoreichste Verkehrsmittel für diese Altersgruppe ist, wird es von älteren Menschen als relativ sicher eingeschätzt. Der heutige Verkehr stellt für ältere Personen eine besondere Herausforderung dar, da es mit fortschreitendem Alter im körperlich-mental Bereich zu Einschränkung der Leistungsfähigkeit kommt. Dies betrifft sowohl die Wahrnehmung (Sehen, Hören), die Reaktionsgeschwindigkeit, die Beweglichkeit, als auch die Aufmerksamkeit. Hinsichtlich Fahrzeuganforderungen ergeben sich eine Reihe von konstruktiven

¹⁴⁰ vgl. Pressl et. al. (2013)

Maßnahmen und technischer Unterstützungsmöglichkeiten, die besonders auf die Bedürfnisse älterer Menschen ausgerichtet sind. Unter Fahrzeugausstattungen, die besonders älteren Menschen zugute kommen, fallen beispielsweise drehbare Sitze für ein erleichtertes Ein- und Aussteigen bzw. ein niedriger Durchstieg bei (Elektro-) Fahrrädern für ein komfortables Auf- und Absteigen.¹⁴¹ Die speziellen Fahrzeuganforderungen älterer Personen werden in der Bewertung durch das Kriterium Komfort berücksichtigt. Die jeweiligen Wertebereiche sind in Tabelle 40 zu finden.

Bewertungskriterien	Wertebereiche				
	0	1	2	3	4
Reichweite	≤8km	>8km ≤16km	>16km ≤24km	>24km ≤31km	>31km
Geschwindigkeit	≤10km/h	>10km/h ≤20km/h	>20km/h ≤35km/h	>35km/h ≤45km/h	>45km/h
Komfort	Körperliche Betätigung erforderlich	Antrieb Bewegungs- unabhängig	Alters- konforme Ergonomie	Zusatzaus- stattungen und Extras	Speziell für ältere Personen entwickelt
Gütertransport	kein Laderaum	>0 Liter ≤10 Liter	>10 Liter ≤20 Liter	>20 Liter ≤30 Liter	>30 Liter
Personentransport	-	1 Sitz	2 Sitze	3 Sitze	≥4 Sitze
Wetterschutz	kein Schutz	Schutz von Oben/Vorne	Schutz von Oben und Unten	Rundum- schutz, nicht geschlossen	Rundum- schutz geschlossen (Kabine)
Fahrzeuggröße (Breite x Länge)	> 1,7 x 4m	>1,5m x 3m ≤1,7m x 4m	>1,2m 2,5m ≤1,5m x 3m	>0,8m x 2m ≤1,2m x2,5m	≤ 0,8m x 2m
Anschaffungs- kosten	> 20.000€	> 15.000€ ≤ 20.000€	> 10.000€ ≤15.000€	> 5.000€ ≤10.000€	≤ 5.000€

Tabelle 40: Wertebereiche Bewertungskriterien ältere Personen

Der paarweise Vergleich (siehe Tabelle 41) zeigt, dass die Anforderung an die Transportfähigkeit aufgrund der Häufigkeit von Versorgungsfahrten bei älteren Personen einen entsprechenden Stellenwert aufweist. Wohingegen der Geschwindigkeit praktisch keine Bedeutung zugesprochen wird. Neben der Reichweite ist für diese Nutzergruppe auch der Komfort (Ergonomie, Ein-/Aufstieg, etc.) von hoher Bedeutung.

¹⁴¹ vgl. Pressl et. al. (2013)

	Reichweite	Geschwindigkeit	Komfort	Gütertransport	Personentransport	Fahrzeuggröße	Anschaffungskosten	Summe absolut	Summe normiert
Reichweite	1	2	1	1	2	2	2	11	0,73
Geschwindigkeit	0	1	0	0	0	0	1	2	0,13
Komfort	1	2	1	1	2	2	2	11	0,73
Gütertransport	1	2	1	1	1	2	2	10	0,67
Personentransport	0	2	0	1	1	1	2	7	0,47
Fahrzeuggröße	0	2	0	0	1	1	1	5	0,33
Anschaffungskosten	0	1	0	0	0	1	1	3	0,20

Tabelle 41: Gewichtung Bewertungskriterien ältere Personen

2.4.6 Weitere Einsatzgebiete und Nutzergruppen

Der Einsatz elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge ist selbstverständlich nicht auf die in den vorigen Kapiteln beschriebenen Nutzergruppen und Mobilitätsszenarien beschränkt. Auch für andere Personengruppen und deren Mobilitätsanforderungen ist die Eignung dieser Fahrzeuge denkbar. Studierende oder Lehrlinge stellen eine weitere mögliche Nutzergruppe dar, welche aber aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl an Personen, und den geringen Anteil des motorisierten Individualverkehrs in diesem Bereich, nur ein eher geringes Potenzial für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge vermuten lassen.

Neben dem Privatverkehr stellt der Wirtschaftsverkehr einen möglichen Einsatzbereich für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge dar. Anhand des Transportobjekts lässt sich der Wirtschaftsverkehr in Güter-, Dienstleistungs- und Personenwirtschaftsverkehr unterteilen. Güterwirtschaftsverkehr umfasst die Lieferungen und den Transport von Waren (ohne private Besorgungen). Personenwirtschaftsverkehr beinhaltet Geschäftsreisen und Dienstreisen, sowie den Personentransport. Der Dienstleistungverkehr stellt ein Zwischensegment dar, bei dem Personen als auch Güter befördert werden wie beispielsweise bei Handwerkerfahrten oder auch Sonderverkehr von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben.¹⁴²

Aufgrund ihrer geringen Betriebskosten sind Elektrofahrzeuge auch für die meist hohen Jahresfahrleistungen gewerblicher Halter ökonomisch attraktiv. Unter der

¹⁴² vgl. Arndt (2010), S. 21 f.

Annahme, dass ökonomische Erwägungen (im Sinne der Total Cost of Ownership) für rein gewerblichen Käufer von Kraftfahrzeugen eine größere Rolle spielen als für private Käufer, könnten Elektrofahrzeuge von gewerblichen Haltern auch trotz eventuell hoher Anschaffungskosten wirtschaftlich werden. Für eine derartige Betrachtung müssten verschiedene Wirtschaftsbranchen mit ihren Anforderungen an Fahrzeugeigenschaften, zum Beispiel Ladevolumen und Ladegewicht, aber auch ihre Fahrprofile untersucht werden. Die Heterogenität des Wirtschaftsverkehrs verbietet hier pauschale Aussagen.¹⁴³ Detaillierte Untersuchungen des Wirtschaftsverkehrs würden den Rahmen dieser Arbeit sprengen, weshalb die Eignung einiger Fahrzeugkonzepte für gewisse Teilbereiche des Wirtschaftsverkehrs lediglich im Zuge der Technologierecherche bzw. Fahrzeugbeschreibung in Kapitel 3 angeschnitten wird.

¹⁴³ vgl. Wietschel et. al. (2012), S. 35

3 Elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge

In den folgenden Kapiteln werden die verschiedenen Fahrzeuge, welche unter die Definition „elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge“ fallen, näher beschrieben und hinsichtlich ihrer Eignung für die in Kapitel 2.4 definierten Nutzergruppen und deren Anforderungen bewertet. Die Einteilung erfolgt dabei gemäß Richtlinie 2002/24/EG des Europäischen Parlaments. Die für elektrisch betriebene Fahrzeuge relevanten Einteilungskriterien werden in Tabelle 42 dargestellt.

Klasse	Bezeichnung und Fahrzeugeigenschaften
L1e	Kleinkrafträder - Zweirädrige Kraftfahrzeuge <ul style="list-style-type: none"> • Bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit bis zu 45km/h • max. Nenndauerleistung bis zu 4kW
L2e	Dreirädrige Kraftfahrzeuge <ul style="list-style-type: none"> • Bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit: bis zu 45km/h • max. Nenndauerleistung bis zu 4kW
L3e	Krafträder - Zweirädriges Kraftfahrzeug ohne Beiwagen <ul style="list-style-type: none"> • Bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit von mehr als 45km/h
L4e	Krafträder - Zweirädriges Kraftfahrzeug mit Beiwagen <ul style="list-style-type: none"> • Bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit von mehr als 45km/h
L5e	Dreirädrige Kraftfahrzeuge - mit drei symmetrisch angeordneten Rädern <ul style="list-style-type: none"> • Bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit von mehr als 45km/h
L6e	Vierrädrige Leichtkraftfahrzeuge <ul style="list-style-type: none"> • Leermasse bis zu 350kg (ohne Batterie) • Bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit von bis zu 45km/h • max. Nenndauerleistung bis zu 4kW
L7e	Vierrädrige Kraftfahrzeuge, die nicht unter L6e fallen <ul style="list-style-type: none"> • Leermasse bis 400kg bzw. 550kg für Fahrzeuge zur Güterbeförderung (ohne Batterie) • max. Nutzleistung bis zu 15kW

Tabelle 42: Einteilung Fahrzeugklassen nach EU-Richtlinie 2002/24/EG¹⁴⁴

Folgende Fahrzeuge fallen nicht unter diese Klassifizierung:¹⁴⁵

- Fahrzeuge mit bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit von bis zu 6 km/h.
- Fußgängergeführte Fahrzeuge.
- Fahrzeuge, die für körperbehinderte Personen bestimmt sind.
- Fahrzeuge, die für sportliche Wettbewerbe auf der Straße oder im Gelände bestimmt sind.
- Hauptsächlich für Freizeitwecke konzipierte Geländefahrzeuge.

¹⁴⁴ Quelle: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32002L0024> (18.06.2015)

¹⁴⁵ Quelle: ebenda

- Fahrräder mit Treithilfe und elektromotorischen Hilfsantrieb (maximalen Nenndauerleistung 0,25kW und Unterstützung bis 25 km/h)

Die durch den letzten Punkt aus dieser Einteilung ausgeschlossenen Fahrzeuge, wie etwa E-Bikes, Pedelecs und ähnliche Fahrzeugtypen, werden aufgrund ihrer Relevanz zusätzlich berücksichtigt.

3.1 Elektro-Fahrräder

Fahrräder sind hinsichtlich Energieverbrauch und Platzbedarf sehr effiziente Verkehrsmittel und besonders für kurze Wege geeignet. Durch den Einsatz von elektrischen (Zusatz-)Antrieben wird das Fahren erleichtert und somit auch die Reichweite erhöht.¹⁴⁶ Laut Verkehrsclub Österreich (VCÖ) war im Jahr 2014 bereits jedes achte neugekaufte Fahrrad ein Elektro-Fahrrad. In Österreich sind demnach bereits mehr als 200.000 Elektro-Fahrräder im Einsatz.¹⁴⁷

Elektrisch angetriebene Fahrräder gelten – unabhängig davon ob der Antrieb an die Tretbewegung gekoppelt ist oder nicht – immer dann als Fahrräder im Sinne der Straßenverkehrsordnung (StVO), wenn sie den Voraussetzungen des Kraftfahrzeuggesetzes (KFG) entsprechen (§ 1 Abs. 2a KFG). Elektrofahrräder werden nicht als Kraftfahrzeuge, sondern als Fahrräder eingestuft, sofern die höchste zulässige Leistung von 600 Watt oder die maximale Bauartgeschwindigkeit von 25 km/h nicht überschritten werden.¹⁴⁸

Sind diese Bedingungen erfüllt, können Elektrofahrräder ohne Helm, Führerschein, und Versicherungskennzeichen überall dort gelenkt werden, wo auch Fahrräder erlaubt sind.¹⁴⁹ In Österreich gilt für das Lenken von Fahrrädern ein Mindestalter von 12 Jahren bzw. 10 Jahren mit Radfahrausweis.¹⁵⁰

Wird einer der beiden Grenzwerte überschritten handelt es sich um ein Kraffrad, bzw. ein Kraftfahrzeug, im Anwendungsbereich des KFG und des Führerscheinggesetzes (FSG). Als „Motorfahrräder“ wird jene Unterkategorie von Kraffrädern bezeichnet, die eine Bauartgeschwindigkeit von nicht mehr als 45 km/h und eine Nenndauerleistung von nicht mehr als 4 kW aufweisen (§ 2 Abs. 1 Z 14 KFG). Die sogenannten schnellen Pedelecs (S-Pedelecs) wären aus rechtlicher Sicht ebenfalls darunter einzustufen, derzeit werden in Österreich jedoch keine Typengenehmigungen für sie erteilt.¹⁵¹

¹⁴⁶ vgl. Friedrich / Ritz (2014)

¹⁴⁷ Quelle: VCÖ (2015)

¹⁴⁸ vgl. Jellinek et. al. (2013), S. 5

¹⁴⁹ vgl. Grett et. al. (2011), S. 11

¹⁵⁰ vgl. Jellinek et. al. (2013), S. 7

¹⁵¹ vgl. Jellinek et. al. (2013), S. 5

Vorhandene Radfahranlagen (Radfahrstreifen, Mehrzweckstreifen, Radweg, etc.) müssen mit Fahrrädern grundsätzlich auch benutzt werden. Einspurige Fahrräder mit einem Anhänger von maximal 80cm Breite, bzw. mit einem Anhänger, der ausschließlich zur Personenbeförderung dient, sowie mehrspurige Fahrräder, die nicht breiter als 80cm sind und Rennräder während Trainingsfahrten, dürfen wahlweise entweder auf der Radfahranlage oder auf der Fahrbahn fahren. Einspurige Fahrräder mit einem anderen als den genannten Anhängern, sowie mehrspurige Fahrräder über 80cm Breite müssen hingegen immer die Fahrbahn benutzen.¹⁵²

3.1.1 Pedelecs & E-Bikes

Der Begriff Pedelec wird vom englischen Begriff „Pedal Electric Cycle“ abgeleitet und dient der präzisen Unterscheidung zwischen Typen und Antriebssystemen von Elektro-Fahrrädern. Unter einem Pedelec werden Elektro-Fahrräder verstanden bei denen die motorische Unterstützung an die Trittbewegung gekoppelt ist.¹⁵³ Bei E-Bikes arbeitet der Motor, im Gegensatz zu Pedelecs, unabhängig von der Trittbewegung. Die Leistung des Motors wird dabei meist über einen Drehgriff am Lenker geregelt.¹⁵⁴

Der folgende Abschnitt soll einen Überblick über die in die Kategorie Pedelec und E-Bike fallenden Fahrzeugtypen liefern. Es wird versucht eine möglichst repräsentative Auswahl hinsichtlich Bauweisen, Modellen und Fahrzeugtypen zu geben, um deren charakteristische Fahrzeugeigenschaften aufzuzeigen. Aufgrund der hohen Gesamtzahl an Fahrzeugen in diesem Bereich ist eine vollständige Auflistung jedoch nicht möglich bzw. sinnvoll.

Pedelecs

Die Modelle unterscheiden sich hauptsächlich durch das Fahrrad- bzw. Rahmenmodell, den Antrieb und Batterie bzw. Akku. Der Antrieb von Pedelecs besteht grundsätzlich aus den Elementen Batterie, E-Motor und Steuerung, wobei die Batterie und der Antriebsmotor an unterschiedlichen Stellen am Fahrzeug angebracht werden können. Die Batterie ist entweder am Gepäckträger, am Unterrohr oder am Sattelrohr angebracht, oder direkt im Rahmen integriert. Der Antrieb kann am Hinterrad (Heckmotor), am Vorderrad (Frontmotor) oder mittels Tretlagermotor erfolgen.¹⁵⁵ Der Akku kann in abnehmbarer Form ausgeführt und in einer eigenen Halterung oder Tasche (z.B. am Gepäckträger) befestigt werden und dann durch ein separates Ladegerät geladen werden, oder er ist mit einem On-

¹⁵² Quelle: <https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/194/Seite.1940026.html#pflicht> (04.07.2015)

¹⁵³ vgl. Grett et. al. (2011), S. 10 ff.

¹⁵⁴ vgl. Grett et. al. (2011), S. 11

¹⁵⁵ vgl. Jellinek et. al. (2013), S. 10

Board-Ladegerät verbunden und damit auch am Abstellort aufladbar. Unterschiedliche Hersteller verwenden unterschiedliche Typen von Akkus und Akkuladegeräte. Es gibt noch keinen industrieüberspannenden, einheitlichen Standard.¹⁵⁶ Die Akkukapazitäten bewegen sich meist zwischen 200Wh und 600Wh, wobei hauptsächlich die Lithium-Ionen Technologie zu Einsatz kommt. Die Leistung des Elektromotors beträgt bei Pedelec-Modellen mit Motorunterstützung bis 25km/h meist 250W.¹⁵⁷ Bezüglich Fahrradmodell können Pedelecs in unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden (z.B.: Urban/City-Bike, Komfort, Freizeit und Transport). Aufgrund der Vielzahl von Pedelec-Herstellern, unterschiedlicher Bauarten und Designausführungen ist die Produktpalette von Pedelecs und E-Bikes kaum noch zu überblicken. In Tabelle 43 wird eine Übersicht verschiedener Pedelec-Typen und deren Eigenschaften gegeben. Die ausgewählten Modelle sind Testsieger des Fachmagazins "ElektroBIKE Magazin".¹⁵⁸ Im Grunde können die meisten Bauarten nicht motorisierter Fahrräder auch als Pedelec-Variante ausgeführt werden. Mittels spezieller Nachrüstsätzen lassen sich viele konventionelle Fahrräder auch nachträglich zu Pedelecs umrüsten.

¹⁵⁶ vgl. Molitor et. al. (2011)

¹⁵⁷ Quelle: Grett et. al. (2011), S. 89 ff.

¹⁵⁸ Quelle: <http://www.elektrobike-online.com/test/die-besten-e-bikes-2015-testsieger-und-kaufipps-aus-den-elektrobike-tests.1344108.410636.htm#1> (09.05.2015)

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>Stevens: E-Courier Disc Di2</p>  <p>(Quelle: http://www.stevensbikes.de, 09.05.2015)</p>	<p>Typ: City-Bike (Tiefeinsteiger) Gewicht: 23,4kg Preis: 3.800€ Akkukapazität: 400Wh Motorleistung: 250W Reichweite: 85-190km (Herstellerangabe) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zuladung ca. 115kg (inkl. Fahrer) • Gepäckträger <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niedriger Durchstieg (erleichtert Aufstieg)
<p>Stevens: E-Triton Luxe</p>  <p>(Quelle: http://www.stevensbikes.de, 09.05.2015)</p>	<p>Typ: Tour/Sport Gewicht: 21,8kg Preis: 3.199€ Akkukapazität: 400Wh Motorleistung: 250W Reichweite: 70-175km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zuladung ca. 118kg (inkl. Fahrer) • Gepäckträger
<p>Giant: Full-E+ 1</p>  <p>(Quelle: http://www.giant-bicycles.com/de-de/, 09.05.2015)</p>	<p>Typ: Freizeit (E-Mountainbike mit Vollfederung) Gewicht: 21,4kg Preis: 3.699,90€ Akkukapazität: 400Wh Motorleistung: 250W Reichweite: k.A. Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kein Gepäckträger <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gefedertes Hinterrad
<p>Riese&Müller: BlueLABEL Pony</p>  <p>(Quelle: http://www.r-m.de/bike/pony-alfine/, 09.05.2015)</p>	<p>Typ: Kompakt Gewicht: 22,9kg Preis: 3.499€ Akkukapazität: 400Wh Motorleistung: 250W Reichweite: keine Angaben Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gepäckträger

Tabelle 43: Fahrzeugübersicht Pedelecs

Neben den oben gezeigten Standardmodellen gibt es auch einige spezielle Ausführungen von Pedelecs, die für gewisse Anwendungsbereiche bzw. Anforderungen relevant sind. Falträder sind ähnlich wie Kompakträder besonders für die Kombination mit anderen Verkehrsmitteln geeignet. Liegeräder bieten einen erhöhten Fahrkomfort und eignen sich für eine Ausführung mit Wetterschutz. Auch Tandemräder sind als Pedelec-Version erhältlich, wodurch ein sonst nicht mögliches Mitnehmen von Personen zumindest bedingt ermöglicht wird.

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p><i>Tern: eLink</i></p>  <p>(Quelle: http://www.ternbicycles.com/de/bikes/elink, 12.05.2015)</p>	<p>Typ: Faltrad Gewicht: 21,2kg Preis: 1.999€ Akkukapazität: 374Wh Motorleistung: 250W Reichweite: bis 50km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 110kg (inkl. Fahrer) • Gepäckträger • Zubehör für Lademöglichkeit erhältlich <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenklappbar
<p><i>Hase Bikes: Pino Individuell</i></p>  <p>(Quelle: http://hasebikes.com/97-0-Tandem-Pino-Individuell.html, 12.05.2015)</p>	<p>Typ: Tandem Gewicht: kg Preis: ab ca. 4.700€ Akkukapazität: k.A. Motorleistung: 250W (optionaler Nabenmotor) Reichweite: k.A. Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 225kg (inkl. Fahrer) • Gepäckträger optional <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Für zwei Personen geeignet
<p><i>Hase Bikes: KLIMAX 2K EVO</i></p>  <p>(Quelle: http://hasebikes.com/142-0-eBike-Klimax-2K-EVO.html#, 12.05.2015)</p>	<p>Typ: Liegerad (Dreirad) Gewicht: 36kg Preis: 7.490€ Akkukapazität: 418Wh Motorleistung: 250W Reichweite: ca. 50km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 120kg (inkl. Fahrer) • Zubehör für Laderaum erhältlich <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wetterschutz (teilweise) • Ergonomische Sitzposition

Tabelle 44: Fahrzeugübersicht Pedelec-Sonderformen

Neben diesen hier gezeigten Pedelecs, existieren noch weitere, zum Teil sehr exotische Pedelec und E-Bike Ausführungen. Dazu zählen etwa Hochräder, Stepperbikes, Chopper-Bikes, Enduro-Bikes und Kinder E-Bikes. Diese Sonderbauformen werden hier jedoch nicht näher beschrieben.

E-Bikes

Grundsätzlich sind die meisten Standard-Bauformen von Pedelecs auch in E-Bike Ausführung erhältlich. Einige E-Bike Modelle unterscheiden sich jedoch hinsichtlich Design, Leistung oder anderer Merkmale von den bereits beschriebenen Pedelecs. Ein Ausschnitt davon wird in Tabelle 45 vorgestellt.

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p><i>Lohner: Stroller</i></p>  <p>(Quelle: http://lohner.at/de-de/LOHNER-STROLER, 13.05.2015)</p>	<p>Gewicht: 21,7kg Preis: 4.500€ Akkukapazität: 400Wh Motorleistung: 500W Reichweite: max. 95km (mit Pedalunterstützung) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 150kg (inkl. Fahrer) • Laderaum vor Sitz: 7,8 Liter <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Design • 2 Sitze
<p><i>Mando: Footloose</i></p>  <p>(Quellen: http://www.mandofootloose.com und http://ebikemag.com, 13.05.2015)</p>	<p>Gewicht: 21,7kg Preis: ca. 4.000€ Akkukapazität: 295Wh Motorleistung: 250W Reichweite: max. 45km (mit Stromerzeugung beim Fahren) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: k.A. • Kein Gepäckträger/Laderaum <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Design • Antrieb: Generator-Batterie-Motor (keine direkte Kraftübertragung mittels Kette/Riemen) • Faltbar <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gewinner reddot award 2013 (Designpreis)
<p><i>Scooterman: Maxi 500-2</i></p>  <p>(Quelle: http://www.scooterman.at/elektroscooter-mit-betriebserlaubnis/scooterman-maxi-500-2-lifepo4.php, 13.05.2015)</p>	<p>Gewicht: 67kg Preis: 1.799€ Akkukapazität: 960Wh Motorleistung: 500W Reichweite: bis ca. 60 km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zuladung: 110kg (inkl. Fahrer) • Laderaum: Gepäckträger/Topcase <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retro-Design

Tabelle 45: Fahrzeugübersicht E-Bikes

Zuverlässigkeit

Gemäß Herstellerangaben verschiedener Pedelec-Modelle werden Reichweiten von bis zu 200km und mehr ermöglicht. Ein Praxistest des ÖAMTC ergab jedoch unter den getesteten Modellen eine maximale erreichte Distanz von 75km.¹⁵⁹ Auch in einem, vom Fachmagazin ExtraEnergy durchgeführten Feldtests wurden geringere Reichweiten festgestellt. Die 26 getesteten Pedelec und E-Bike Modelle, mit Kaufpreisen zwischen 1.199€ und 16.499€, erreichten auf einer Teststrecke Reichweiten von 25,6km bis 61,3km (Durchschnitt: 39km) für den Stadtverkehr (Stop and Go) und 34,2km bis 118,1km (Durchschnitt: 68km) für Tourenfahrten.¹⁶⁰

Um die beim Fahren mit Pedelecs, oder anderen mit Muskelkraft betriebenen Fahrzeugtypen erforderliche körperliche Anstrengung zu verdeutlichen, wird in Abbildung 27 der Aktionsradius eines Fahrrades (links) bzw. Pedelecs (rechts) anhand des Energieverbrauchs dargestellt (100 kcal Schritte bis 500 kcal). Diese als Isoenergeten (Linien gleichen Energieverbrauchs) bezeichneten Umgrenzungslinien zeigen die Entfernung, welche auf dem bestehenden Straßennetz, unter Berücksichtigung der Topographie, mit einem bestimmten Kilokalorienverbrauch (kcal) zurückgelegt werden kann (Ausgangspunkt: Stadtzentrum/Stephansdom).¹⁶¹

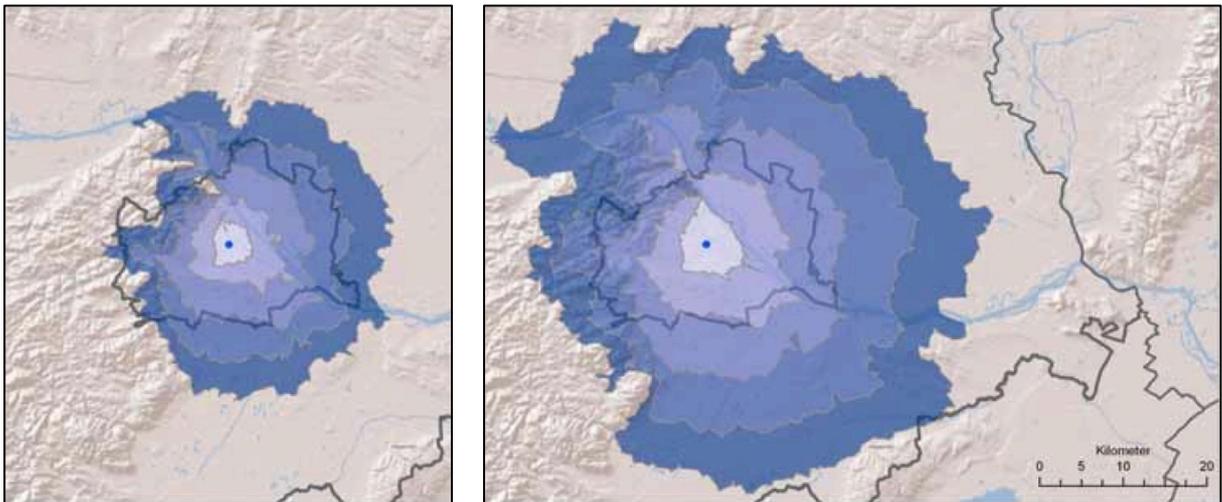


Abbildung 27: Aktionsradius/Energieverbrauch Fahrrad (links) bzw. Pedelec (rechts)¹⁶²

Hier zeigt sich, dass mittels Pedelec und einem Energieverbrauch von 300kcal, ausgehend vom Stadtzentrum bereits fast jeder Punkt innerhalb der Stadtgrenze erreicht werden kann. Besonders bei Wegelängen zwischen 5 und 20km sowie beim Transport von Kindern, Einkäufen oder anderen Lasten erweitern Elektrofahrräder somit den Aktionsradius gegenüber herkömmlichen Fahrrädern.¹⁶³

¹⁵⁹ Quelle: ÖAMTC (2013)

¹⁶⁰ Quelle: ExtraEnergy (2015) und eigene Berechnungen

¹⁶¹ vgl. Molitor et. al. (2011)

¹⁶² Quelle: Molitor et. al. (2011), S. 45 f.

¹⁶³ vgl. Wachotsch et. al. (2014)

Wegzeit

Unter Berücksichtigung der mittleren Reisegeschwindigkeiten und den dazugehörigen mittleren Zu- und Abgangszeiten unterschiedlicher Verkehrsmittel im innerstädtischen Verkehr können Reiseweiten ermittelt werden, bis zu denen ein gewisses Verkehrsmittel schneller und damit konkurrenzfähiger ist als ein anderes. Fahrrad bzw. Pedelec sind beispielsweise, mit Zu- und Abgangszeiten von 1,5 Minuten und Durchschnittsgeschwindigkeiten von 12,5km/h (Fahrrad) bzw. 20km/h (Pedelec), bei Weglängen bis 1,5km (Fahrrad) bzw. 7,5km (Pedelec) schneller als ein PKW, für den Zu-/Abgangszeiten von 5 Minuten und eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 23,5km/h zur Berechnung der Wegzeit herangezogen wurden.¹⁶⁴

Komfort

Das Pedelec hat im Vergleich zum Fahrrad hinsichtlich Komfort den Vorteil, zügiges Fahren mit geringerer körperlicher Anstrengung zu ermöglichen. An Steigungen, bei Gegenwind oder bei längeren Distanzen entstehen jedoch selbst für sportliche Menschen Phasen körperlicher Anstrengung.¹⁶⁵ Gegenüber MIV und ÖV weisen Pedelecs und E-Bikes gewisse Komforteinschränkungen auf. Neben einem gewissen Maß an körperlicher Anstrengung, ist hier vor allem die Sensibilität gegenüber Wettereinflüssen zu nennen.¹⁶⁶

Bezüglich Sicherheit ist anzumerken, dass der Anteil der Unfälle mit Personenschaden, welche als schwerverletzt oder getötet klassifiziert wurden, um etwa 8% höher liegt als bei konventionellen Fahrrädern (gemäß Unfalldaten aus der Schweiz). Dies kann als Indiz für eine erhöhte Unfallschwere bei Pedelecs und E-Bikes gewertet werden.¹⁶⁷

Die Unterstützung des Motors kompensiert vor allem Defizite in Kraft und Ausdauer, andere Anforderungen des Radfahrens bleiben jedoch unverändert. Körperliche Beweglichkeit und eine gewisse Reaktionsschnelligkeit muss gegeben sein, um auf verändernde Verkehrssituationen angemessen reagieren zu können. Dies ist speziell für ältere Personen relevant. Dazu kommt die Problematik, dass mit dem Elektrofahrrad potenziell höhere Geschwindigkeiten erreicht werden können, wodurch Kontroll- und Reaktionsanforderungen der Fahraufgabe verstärkt werden. Die Wahrnehmung anderer Verkehrsteilnehmer dieser, dem klassischen Fahrrad sehr ähnlichen Zweiräder, hat Auswirkungen auf die Erwartungen über deren

¹⁶⁴ vgl. Molitor et. al. (2011), S. 27 f.

¹⁶⁵ vgl. Rudolph (2014), S. 46

¹⁶⁶ vgl. Rudolph (2014), S. 49

¹⁶⁷ vgl. Schleinitz et. al. (2014), S. 13

Geschwindigkeit. Fährt das vermeintliche Fahrrad plötzlich viel schneller als vermutet, kann es unter Umständen zu Konflikten kommen.¹⁶⁸

Transportmöglichkeit

Der Gütertransport ist für Pedelecs und E-Bikes nur begrenzt möglich und wird durch die Größe von Gepäckträgern und –körben bestimmt. Die Mitnahme von Personen ist ebenfalls eingeschränkt und wird erst mittels Kindersitzen und spezielle Tandem-Ausführungen ermöglicht.

Zugänglichkeit

Gegenüber dem PKW sind Pedelecs und E-Bikes in Sachen Zugänglichkeit klar im Vorteil. Sie sind allerdings aufgrund zusätzlicher Komponenten deutlich schwerer als gewöhnliche Fahrräder. Dadurch wird das Tragen des Fahrzeuges von Nutzern oft nicht mehr in Kauf genommen, wodurch ein möglichst ebenerdig zugänglicher Abstellplatz am Start- und Zielort erforderlich wird. Außerdem muss das Fahrzeug, sowohl zu Hause, als auch im öffentlichen Raum vor schlechtem Wetter und Diebstahl geschützt werden. Besonders der Diebstahlschutz stellt aufgrund des im Vergleich zum Fahrrad hohen Wertes von Pedelecs und E-Bikes einen wesentlichen Aspekt dar. Für die Batterieladung ist außerdem ein Stromanschluss erforderlich, welcher sich aber bei herausnehmbaren Akkus nicht in unmittelbarer Nähe zum Abstellort befinden muss. Jedoch erhöht eine Lademöglichkeit direkt am Abstellort den Komfort.¹⁶⁹

Kosten

Wie bereits bei der Erläuterung der Reichweiten deutlich wurde, ist die Bandbreite der Kaufpreise von Pedelecs und E-Bikes relativ groß. Günstige Modelle sind bereits für unter 1.000€ erhältlich, wohingegen nach oben auch Modelle mit Preisen von 10.000€ und mehr existieren. Die laufenden Kosten sind aufgrund der geringen Anzahl an Komponenten und Verschleißteilen, der nicht vorhandenen bzw. geringen Versicherungskosten, sowie des geringen Energieverbrauchs, im Vergleich zum PKW sehr niedrig. Der Energieverbrauch liegt in etwa bei 1,2kWh/100km.¹⁷⁰ Verglichen mit den jeweiligen PKW-Durchschnittsverbräuchen liegt das Einsparungspotenzial bei den Energiekosten bei rund 8,7€/100km gegenüber Diesel-PKW und 10,6€/100km gegenüber benzinbetriebenen PKW.

¹⁶⁸ vgl. Schleinitz et. al. (2014), S. 13 f.

¹⁶⁹ vgl. Rudolph (2014), S. 46 ff.

¹⁷⁰ Quelle: Molitor et. al. (2011)

3.1.2 Elektro-Lastenräder

Eine spezielle Ausführung von Fahrrädern, welche das Manko der Transportmöglichkeiten beseitigen, stellen sogenannte Lastenräder dar. Sie sind durch ihre konstruktive Ausführung speziell auf den Transport von Gütern oder Personen (i.d.R. Kinder) ausgelegt. Auch für diese Fahrradtypen sind Modelle mit elektrischem Hilfsantrieb verfügbar und es gibt mittlerweile eine Vielzahl verschiedener Hersteller und Bauformen. Neben der Unterscheidung nach Güter- oder Personentransport werden die Lastenradtypen nach Anzahl der Räder (ein-/mehrspurig) geordnet und jeweils verschiedene konstruktive Ausführungen gezeigt.

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>KTM: Macina e-Shopper</p>  <p>(Quelle: http://www.ktm-bikes.at/service/kataloge.html; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 26,4kg Preis: 2.999€ Akkukapazität: 400Wh Motorleistung: 250W Reichweite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadt: 33km; Tour: 58km (ohne Zuladung)¹⁷¹ <p>Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gepäckträger: 15kg vorne, 35kg hinten • Max. Gesamtgewicht 190kg <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niedriger Durchstieg; 2 Gepäckträger
<p>Urban-e: iBullitt</p>  <p>(Quelle: http://urban-e.eu/cargo-ebike-ibullitt/; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 45kg Preis: 4.150€ Akkukapazität: 612Wh Motorleistung: 250W Reichweite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadt: 63km bzw. 53km; • Tour: 136km bzw. 124km (ohne bzw. mit 50kg Zuladung)¹⁷² • Herstellerangabe: 50-70km (mit Standardbatterie) <p>Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 100kg • Transportvolumen: 200-270l <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterieerweiterungen erhältlich (Bis zu 250km Reichweite) • Solarpanel optional erhältlich
<p>Babboe: City-e</p>  <p>(Quelle: http://www.bakfietsen.com/product/babboe-city-e-cargo-bike/; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: k.A. Preis: 2.099€ Akkukapazität: 360Wh Motorleistung: 250W Reichweite: 40-60km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 100kg <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sitzbank + Gurte für Kindertransport • Niedriger Durchstieg <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diverses Zubehör erhältlich (z.B.: Regen-/Sonnenschutzdach, Kindersitz)

Tabelle 46: Fahrzeugübersicht einspurige E-Lastenräder

¹⁷¹ Quelle: ExtraEnergy (2014)¹⁷² Quelle: ExtraEnergy (2014)

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>Radkutsche: Musketier</p>  <p>(Quelle: http://www.radkutsche.de/musketiere-353.html, 07.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 50kg Preis: ca. 5.640€ (Basismodell ohne Aufbau) Akkukapazität: 512Wh (Basismodell) Motorleistung: 250W Reichweite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadt: 68km bzw. 58km; • Tour: 120km bzw. 107km (ohne bzw. mit 50kg Zuladung)¹⁷³ • Herstellerangabe: max. 200km (mit Akkuerweiterung) <p>Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 300kg <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ladefläche fasst Europalette <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Weitere Aufbauarten verfügbar (z.B.: Varianten für Kindertransport und als Rikscha für Personentransport)
<p>Butchers & Bicycles: Mk1-E</p>  <p>(Quelle: http://www.butchersandbicycles.com/ und http://www.e-bike-finder.com/ebike/butchers-bicycles-mk1-e-2015/#tab2; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: k.A. Preis: 5.395€ Akkukapazität: 400Wh Motorleistung: 250W Reichweite: 40-60km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 100kg • 2 Kinder unter 7 Jahren <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spezielles Fahrwerk (Kurvenlage) • Einstiegstür • Verschließbares Handschuhfach mit Becherhalter und mini-USB Anschluss <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regendach erhältlich
<p>Veloform: Velotaxi CityCruiser</p>  <p>(Quelle: http://www.veloform.com/de/produkte/velotaxi-velotaxi-citycruiser-1; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 190kg Preis: 9.990€ (zzgl. MwSt.) Akkukapazität: 1.536Wh Motorleistung: 250W Reichweite: 90km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 300kg • 1 Fahrer, 2 Personen hinten <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca. 5m² Werbefläche

Tabelle 47: Fahrzeugübersicht mehrspurige E-Lastenräder

¹⁷³ Quelle: ExtraEnergy (2014)

Neben den oben dargestellten E-Lastenrad Varianten mit zwei bzw. drei Rädern gibt es auch noch weniger gängige Varianten mit vier Rädern, sowie weitere Modelle für spezielle Anwendungsgebiete. Beispielsweise Spezialräder zum Transport von Kinderwägen, oder Personen, die auf den Rollstuhl angewiesen sind. Eine weitere Möglichkeit Güter und Personen (Kinder) mittels Pedelec oder E-Bike zu transportieren stellen Anhänger dar. Diese werden mittels entsprechender Kupplung entweder am Sattelrohr oder direkt an der Hinterachse befestigt.

Die anforderungsspezifischen Eigenschaften von Elektro-Lastenrädern entsprechen zum Teil jenen von Pedelecs und E-Bikes. Davon abweichende Punkte und zusätzliche Überlegungen werden im folgenden Abschnitt näher erläutert.

Zuverlässigkeit

Die Reichweite, die mit den verschiedenen Elektro-Lastenrad Modellen absolviert werden kann, beläuft sich auf etwa 30 bis 70km. Allerdings ist die Reichweite unter anderem stark vom Gesamtgewicht (Summe aus Fahrzeug, Fahrer und Zuladung) abhängig, wodurch die tatsächliche Reichweite der verschiedenen Fahrzeuge stark vom jeweiligen Einsatzzweck abhängt. Wie etwa am Beispiel des *iBullit* von *Urban-e* ersichtlich, beträgt der Reichweitenunterschied zwischen keiner Zuladung und 50kg Zuladung, gemäß ExtraEnergy-Test, im Stadtverkehr rund 10km. Durch das Mitführen einer Ersatzbatterie, oder durch je nach Hersteller und Modell erhältliche Batterieerweiterungen, sind auch größere Distanzen möglich.

Wegzeit

Ob sich gegenüber dem motorisierten Individualverkehr ein Vorteil in der Wegzeit ergibt ist ähnlich wie für Pedelecs und E-Bikes auch von den Zu- und Abgangszeiten abhängig. Abhängig von der Weglänge und den Gegebenheiten am Zielort (Stichwort Fußgänger- bzw. Umweltzonen) können sich hier vor allem im Stadtzentrum Vorteile für Lastenräder ergeben.

Komfort

Bezüglich Sensibilität gegenüber Witterungseinflüssen bieten die meisten Elektro-Lastenräder keine Abhilfe. Manche Hersteller (z.B.: *Veloform* – siehe Tabelle 47) bieten hochpreisige Modelle an, welche durch fahrerkabinenähnliche Aufbauten ein gewisses Maß an Wetterschutz aufweisen. Hinsichtlich Fahrkomfort dürften zweispurige Modelle gegenüber den Einspurigen einen gewissen Vorteil aufweisen, da bei ihnen das im Gleichgewicht halten des Fahrzeugs mit der zu transportierenden Last wegfällt.

Transportmöglichkeit

In diesem Punkt liegt die größte Stärke dieses Fahrradkonzepts. Es können zum einen Güter bis zu 300kg (z.B.: *Radkutsche* – siehe Tabelle 47) und zum anderen mehrere Personen, bzw. Kinder bis zu einem gewissen Alter, transportiert werden.

Kosten

Im Vergleich zu gewöhnlichen Pedelecs und E-Bikes sind Elektro-Lastenräder meist teurer. Billigmodelle, deren Qualität hier nicht hinterfragt wird, werden im Internet aber bereits ab ca. 1.600€¹⁷⁴ angeboten. Für Markenprodukte sind Preise zwischen 2.000€ und 8.000€ üblich. Manche Hersteller bieten auch sehr exklusive Modelle zu Preisen von rund 10.000€ und darüber an (z.B.: *Veloform*, siehe Tabelle 47). Der Energieverbrauch liegt für die hier gezeigten Modelle im Bereich von Pedelecs und E-Bikes bei rund 1-1,7kWh/100km. Es ist daher ein ähnliches Einsparungspotenzial bei den Energiekosten zu erwarten.

Zugänglichkeit

Aufgrund der Größe und Gewichts ist das alleinige Tragen und somit das Abstellen in nicht ebenerdig erreichbaren Fahrradabstellräumen kaum möglich. Geeignete Abstellmöglichkeiten sind deshalb für Lastenräder noch wichtiger als bei Pedelecs und E-Bikes. Die Suche nach Abstellmöglichkeiten im öffentlichen Raum wird vor allem durch die Größe der Fahrzeuge bestimmt, wodurch im Vergleich zum PKW Vorteile bestehen. Die Fahrzeugbreite einiger mehrspuriger Modelle liegt über 80cm, wodurch diese nicht mehr auf Radwegen gefahren werden dürfen.

Potenzial für Wirtschaftsverkehr

Laut EU-Studie (Cyclelogistics, 2014) könnten 42% aller Fahrten des motorisierten Individualverkehrs durch Fahrräder bzw. Lastenräder mit oder ohne elektrischen Antrieb substituiert werden. Bei Fahrten, die zum Transport von Gütern erfolgen, liegt der Anteil der substituierbaren Fahrten mit 51% sogar noch höher. Vorausgesetzt wurden dafür maximal zu transportierende Lasten bis 200kg und Einzelwege (keine Wegketten) bis 7km für elektrisch angetriebene Fahr- und Lastenräder. Faktoren wie z.B. negative Einstellung gegenüber Fahrradfahren, Fahrradinfrastruktur, Wettereinflüsse und Topographie wurden nicht berücksichtigt. Abbildung 28 zeigt die Anteile aller motorisierten Fahrten nach Wegzweck, die durch Fahrräder und Lastenräder ersetzt werden können.¹⁷⁵ Der Einsatz von Lastenrädern in der

¹⁷⁴ <http://www.hollandrad-billig.de/Transport-Fahrrad--Lastenfahrrad--Lastenrad--Transportfahrrad--Backfiets/Elektro---Transportrad-Voozer-silber--schwarz.html> (11.06.2015)

¹⁷⁵ Quelle: Reiter / Wrighton (2014)

Stadtlogistik würde Lärm- und Schadstoffemissionen reduzieren, die Staugefahr senken und die Aufenthaltsqualität in der Innenstadt erhöhen.¹⁷⁶

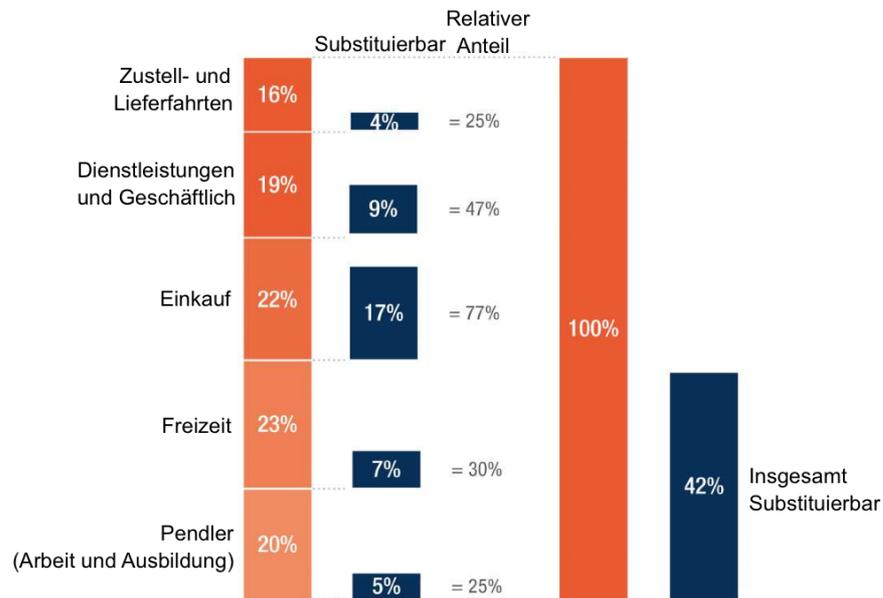


Abbildung 28: Durch Fahrrad und Lastenrad substituierbare Fahrten des motorisierten Verkehrs¹⁷⁷

Neben dem Anteil an Fahrten, die im Wirtschaftsverkehr durch Lastenräder absolviert werden können, ist auch ein gewisser Teil der privaten Wege, die mittels Fahrzeugen des motorisierten Individualverkehr absolviert werden, durch Fahrräder und Lastenräder substituierbar (siehe Abbildung 28). Einkaufswege können demnach zu 77%, Freizeitwege zu 30% und Arbeitswege zu 25% von Fahrrädern übernommen werden.

Eine Gegenüberstellung der Gesamtnutzungskosten (TCO), bestehend aus Anschaffungs-, Leasing-, Abschreibungs-, Versicherungs-, Reparatur-, Verbrauchs- und Ersatzteilkosten, von Fahrrad, Elektro-Lastenrad und PKW, sowie der zurückgelegten Jahresfahrleistung, mit den Einnahmemöglichkeiten von städtischen Kurierdiensten ergab, dass die Nutzung elektrisch betriebener Lastenräder für deren Transportaufgaben bei Jahresfahrleistungen zwischen 11.000 und 18.000km aus ökonomischer und ökologischer Sicht sinnvoll ist.¹⁷⁸

3.1.3 Velomobile

Einer der wesentlichen Nachteile, welcher gegen die Verwendung von Pedelecs und E-Bikes spricht, nämlich die mangelnde Fähigkeit Personen und Güter in größerem Umfang transportieren zu können, kann mittels elektrisch angetriebenen

¹⁷⁶ vgl. Zimmer et. al. (2014)

¹⁷⁷ Quelle: Reiter / Wrighton (2014)

¹⁷⁸ vgl. Gruber et. al. in Clausen / Thaller (2013), S. 149 ff.

Lastenrädern bis zu einem gewissen Maß beseitigt werden. Bestehen bleibt bei den meisten Modellen jedoch die Sensibilität gegenüber äußeren Wettereinflüssen. Auch für diesen Schwachpunkt gibt es spezielle Fahrradkonzepte, die hier unter dem Titel Velomobile beschrieben werden. Velomobile sind muskelkraftbetriebene Fahrzeuge, welche mit einer geschlossenen, meist stromlinienförmigen Verkleidung ausgestattet sind und so vor Wind und Regen schützen. Meist handelt es sich bei Velomobilen um aerodynamisch verkleidete Liegedreiräder, die auch mit elektrischer Antriebsunterstützung erhältlich sind. Auch speziell entwickelte Fahrzeugkonzepte sind in diesem Bereich zu finden (z.B.: *MCS Maderna Cycle Systems: Bug-E; Organic Transit: ELF* – siehe Tabelle 48).

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p><i>Organic Transit: ELF (Standard)</i></p>  <p>(Quelle: http://organictransit.com/ und http://green-motion.be/; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 68kg Preis: k.A. Akkukapazität: 528Wh Motorleistung: 250W Reichweite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ca. 30km (ohne Pedalunterstützung) <p>Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Zuladung: 160kg (inkl. Fahrer) • Verschließbarer Laderaum <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100W Solarpanel (am Dach) <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auch als Zweisitzer erhältlich • Türen optional • (Achsen-)Anhängertauglich
<p><i>MCS Maderna Cycle Systems: Bug-E (Konzept bzw. Prototyp)</i></p>  <p>(Quelle: http://mcsbike.com/?p=164/#d; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 80kg Preis: k.A. Akkukapazität: 1.440Wh Motorleistung: 500W Reichweite: 60km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzlast: 200kg • Laderaum: 192 Liter • Zwei Kinder oder eine erwachsene Person auf Rückbank <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Radweg geeignet <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kein Rundumschutz
<p><i>Aerorider: Concept</i></p>  <p>(Quelle: http://www.aerorider.com/de/aerorider.html; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 79-96kg (je nach Batterie) Preis: k.A. Akkukapazität: 528Wh-1.530Wh Motorleistung: 500W Reichweite: 20-100km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 120 Liter Gepäckraum • Max. 190kg Gesamtgewicht <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vollständig geschlossene Kabine <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit bis 45km/h möglich

Tabelle 48: Fahrzeugübersicht Velomobile

Zuverlässigkeit

Die in Tabelle 48 gezeigten Modelle eignen sich laut Herstellerangaben für Reichweiten zwischen 20 und 100 Kilometer. Es sind aber, je nach Anzahl und Größe der Akkupakete, auch Fahrzeuge mit höheren Reichweiten erhältlich (z.B.: *Alleweder 4-T25* bis 280km¹⁷⁹).

Wegzeit

Bezüglich der Wegzeit ist hier darauf hinzuweisen, dass auch Velomobilmodelle mit Geschwindigkeiten über 25km/h existieren, welche führerschein- und versicherungspflichtig sind. Durch die höheren zu erwartenden Durchschnittsgeschwindigkeiten verkürzt sich bei diesen Varianten die Wegzeit gegenüber den Standardvarianten mit motorischer Unterstützung bis 25km/h.

Auswirkung auf die Wegzeit hat auch eine mögliche Nutzung von Radwegen, welche neben der Antriebsleistung auch von der Fahrzeugbreite abhängig ist (bis max. 80cm Fahrzeugbreite). Hier gibt es sowohl Velomobile, die diese Anforderung erfüllen, als auch solche, die zu breit für den Radweg sind.

Komfort

Hinsichtlich Witterungsschutz, sowie Schutz vor Spritzwasser von unten stellen Velomobile eine wesentliche Verbesserung gegenüber den zuvor gezeigten Elektro-Fahrrädern dar. Wege können damit unabhängig von Wetterbedingungen zurückgelegt werden. Auch in Bezug auf Ergonomie weisen Velomobile aufgrund der Sitzposition einen Vorteil gegenüber herkömmlichen Fahrrädern auf. Es bleibt jedoch die erforderliche körperliche Betätigung, die gegenüber dem PKW als Einschränkung des Komforts angesehen werden kann.

Transportmöglichkeit

Einige Velomobile verfügen über einen Beifahrersitz, wodurch die Mitnahme von Personen ermöglicht wird. Meist finden durch die Anzahl der vorhandenen Sitzplätze aber nicht mehr als zwei Personen Platz in diesen Fahrzeugen. Für den Gütertransport sind Velomobile, aufgrund des durch die aerodynamisch optimierten Außenformen begrenzten Raumes, im Vergleich zu Lastenrädern wohl etwas schlechter geeignet, wobei auch spezielle Transportvarianten existieren (z.B.: *Leiba Cargo*¹⁸⁰ - Platz für 2 Personen oder Zuladung bis 110kg inkl. Fahrer).

¹⁷⁹ Quelle: <http://www.alleweder.de/html/produkte-alleweder.html> (09.06.2015)

¹⁸⁰ Quelle: <http://www.velomobiles.de/html/cargo.html> (16.06.2015)

Zugänglichkeit

Aufgrund der gegenüber Fahrräder größeren Abmessungen (z.B.: *Aerorider*¹⁸¹ 278x83cm) und durch das höhere Gewicht (ab etwa 70kg) erschwerte Handhabung sind Velomobile wohl nur eingeschränkt für Fahrradabstellräume in Wohnanlagen geeignet, wodurch in den meisten Fällen ein Abstell- bzw. Parkplatz für das Velomobil erforderlich wird. Verglichen mit üblichen Dimensionen von konventionellen PKW-Modellen (z.B. *VW Polo* 2014¹⁸² 397cm x 168cm) sollte sich die Parkplatzsuche jedoch einfacher gestalten.

Kosten

Aufgrund der geringen Verbreitung werden Velomobile meist in Einzel- oder Kleinserienfertigung hergestellt und sind in der Anschaffung dementsprechend teurer als herkömmliche Pedelecs oder E-Bikes. Die Preise für den Kauf eines elektrisch betriebenen Velomobils belaufen sich auf etwa 6.000-10.000€.¹⁸³ Die oben vorgestellten Velomobilmodelle weisen einen Energieverbrauch von durchschnittlich 1,5-2,4kWh/100km auf. Dadurch ergibt sich ein Einsparungspotenzial bei den Energiekosten von 8,50-8,68€/100km gegenüber Diesel-PKW und 10,34-10,52€/100km gegenüber benzinbetriebenen PKW.

3.1.4 Fahrradähnliche Fahrzeuge

In diesem Kapitel werden einige Fahrzeugkonzepte vorgestellt, die zwar rein äußerlich nicht viel mit einem herkömmlichen Fahrzeug gemein haben, jedoch aus rechtlicher Sicht als Fahrräder betrachtet werden. Dazu zählen zweirädrige Fahrzeuge (Roller), die unmittelbar durch Muskelkraft angetrieben werden und Fahrzeuge, die zwar kein Fahrrad im engeren Sinn sind, aber so wie ein elektrisch getriebenes Fahrrad nicht mehr als 600 Watt Leistung aufweisen und (aus eigener Kraft) nicht mehr als 25km/h auf ebener Fahrbahn erreichen.¹⁸⁴ In Tabelle 49 werden zunächst zwei Modelle aus der Gruppe „E-Scooter“ gezeigt, welche der Fahrradverordnung entsprechen. Im Vergleich zu Pedelecs ist bei ihnen keine körperliche Anstrengung zur Fortbewegung erforderlich.

¹⁸¹ Quelle: <http://www.aerorider.com/de/aerorider.html> (03.07.2015)

¹⁸² Quelle: <http://de.automobiledimension.com/ahnliche-autos.php> (04.07.2015)

¹⁸³ Quelle: http://www.akkurad.com/html/0110preislisten/2014-02_Preise_Alleweder4_VK.pdf bzw. <http://www.bike-revolution.at/content/velomobile/interceptor/> (13.10.2015)

¹⁸⁴ Quelle: <http://www.oeamtc.at/portal/definition-fahrrad-ausstattung+2500+1354684?env=a25vdD0xMzU0Njgz> (17.06.2015)

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>Rollermax EU (EV01-600)</p>  <p>(Quelle: http://www.escootershop.at/aid-1055-Rollermax-EU-EV01-600-entsprechend-der-Fahrradverordnung.html; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 40kg Preis: 1.980€ Akkukapazität: 720Wh Motorleistung: 600W Reichweite: max. 40km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zuladung: 113kg (inkl. Fahrer) • Gepäckträger und Korb <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entspricht Fahrradverordnung <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit: max. 25km/h
<p>MH Line: EHL.EFG03</p>  <p>(Quelle: http://www.ehline.com/shop/produkte/kategorie/e-fun/produkt/e-fun-scooterehlef03.html; 16.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 26kg Preis: 349€ Akkukapazität: 576Wh Motorleistung: 300W Reichweite: max. 15km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zuladung: 60kg <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entspricht Fahrradverordnung <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit: max. 18km/h
<p>Trikke: eV6.1</p>  <p>(Quelle: http://www.trikke.de/; 09.06.2015)</p>	<p>Gewicht: 23kg Preis: k.A. Akkukapazität: 540Wh Motorleistung: 350W Reichweite: 35km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • k.A. zu max. Nutzlast • Transportnetz optional <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stehende Fahrhaltung • Zusammenklappbar <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ab 16 Jahren • Geschwindigkeit: max. 25km/h

Tabelle 49: Fahrzeugübersicht E-Scooter

Die in Tabelle 50 gezeigten Fahrzeuge stellen sehr spezielle und zum Teil extravagante Fahrzeugkonzepte dar. Sie sind eher für spezielle Wegzwecke und Einsatzgebiete geeignet (z.B.: Freizeitbeschäftigung, Tourismus, etc.).

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>Segway: i2 SE</p>  <p>(Quelle: http://www.segway-pt.eu/index.php/segway_i2_de_at.html; 09.06.2015)</p>	<p>Typ: Segway Gewicht: 48kg Preis: 9.210€ Akkukapazität: 850Wh Motorleistung: k.A. Reichweite: 38km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Nutzlast: 120kg <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Steuerung durch Körperhaltung <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit: 20km/h • Transportboxen optional
<p>Solowheel: Classic</p>  <p>(Quelle: http://inventist.com/index.php?option=com_content&view=category&id=8&Itemid=116; 09.06.2015)</p>	<p>Typ: E-Einrad Gewicht: 11kg Preis: k.A. Akkukapazität: 122Wh Motorleistung: 1.500W Reichweite: 16km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzlast max. 99kg • kein Laderaum vorhanden <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Steuerung durch Körperhaltung • Tragbar (Haltegriff) <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit: max. 16km/h
<p>Skatey: 500 Wood</p>  <p>(Quelle: http://www.skatey.nl/Elektrische-Skateboards/Elektrische-skateboards-skateboards-met-lithium?product_id=1731; 17.06.2015)</p>	<p>Typ: E-Skateboard Gewicht: k.A. Preis: 999€ Akkukapazität: 168Wh Motorleistung: 500W Reichweite: 18km Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzlast max. 80kg <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Steuerung mittels Bluetooth Fernsteuerung <p>Anmerkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit: max. 24km/h • Weitere Modelle mit unterschiedlichen Leistungsdaten erhältlich

Tabelle 50: Fahrzeugübersicht fahrradähnliche Fahrzeuge

Zuverlässigkeit

Die in diesem Kapitel vorgestellten Fahrzeuge weisen eher geringe Reichweiten auf (bis 40km) und eignen sich besonders für kürzere Wege bzw. als Ersatz für Fußwege und zur Kombination mit anderen Verkehrsmitteln (z.B. mit ÖV), oder dienen als Freizeitaktivitäten.

Wegzeit

In Kombination mit anderen Verkehrsmitteln (ÖV, MIV), dürfte eine Verkürzung der gesamten Wegzeit der Fall sein, da sich die Zu- und Abgangszeiten aufgrund der gegenüber dem zu Fuß gehen höheren Geschwindigkeiten verkürzen. Verglichen mit dem motorisierten Individualverkehr und dem öffentlichen Verkehr sind diese Fahrzeuge natürlich mit niedrigeren Geschwindigkeiten verbunden und gegenüber Pedelecs und E-Bikes maximal gleichauf.

Komfort

In Punkto Fahrkomfort und Bequemlichkeit können die gezeigten fahrradähnlichen Fahrzeuge mit PKW und ÖV nicht mithalten. Eine Kombination mit diesen Verkehrsmitteln könnte sich jedoch positiv auf den Gesamtkomfort auswirken. Gegenüber Pedelecs weisen einige der Fahrzeuge, aufgrund der wegfallenden körperlichen Anstrengung, leichte Vorteile in Sachen Komfort auf. Die zum Teil sehr speziellen Fahrzeuge, wie etwa das elektrisch angetriebenen Einrad, das E-Skateboard oder auch der Segway, bieten zudem einen gewissen Erlebnisfaktor.

Transportmöglichkeit

Die Transportfähigkeiten sind bei den vorgestellten fahrradähnlichen Fahrzeugen sehr stark begrenzt. Es ist kein Personentransport möglich und auch das Transportieren von Gütern ist meist auf kleine Laderäume oder Rucksäcke beschränkt.

Zugänglichkeit

Einige der gezeigten Fahrzeuge können aufgrund ihres geringen Gewichts einfach getragen werden und sicher im Gebäudeinneren abgestellt werden bzw. im PKW oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln mitgeführt werden. Für jene Fahrzeuge, die zu schwer sind um Hindernisse wie Treppen einfach zu überwinden, gelten ähnliche Annahmen wie für Pedelecs und E-Bikes (siehe Kapitel 3.1.1).

Kosten

Die Preise dieser Fahrzeugkategorie reichen von unter 500€ für E-Scooter bis zu knapp 10.000€ für Segways. Die Energiekosten liegen für die gezeigten Fahrzeuge, mit Energieverbräuchen zwischen 0,8-3,8kWh/100km, bei rund 0,15-0,77€/100km.

3.1.5 Eignung für Nutzergruppen

In diesem Abschnitt wird nun betrachtet, inwiefern die zuvor beschriebenen Elektro-Fahrräder den Anforderungen der in Kapitel 2.4 beschriebenen Nutzergruppen entsprechen. Die Bewertung der Fahrzeuge erfolgt anhand der in den Kapiteln der jeweiligen Nutzergruppe beschriebenen Kriterien und den dazugehörigen Wertebereichen und Gewichtungen. Die große Anzahl an unterschiedlichen Fahrzeugen in diesem Segment stellt dabei eine gewisse Schwierigkeit für allgemein gültige Aussagen dar. Es werden Durchschnittswerte von üblichen Fahrzeugen der jeweiligen Kategorie zur Bewertung der Eignung herangezogen.

Es gilt zu beachten, dass die Anforderung an die Reichweite elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge ohne den Einfluss der bei Elektrofahrrädern erforderlichen körperlichen Betätigung und der damit verbundenen Anstrengung gemacht wurde. Die Alltagstauglichkeit bei direkter Aneinanderreihung von Aktivitäten ohne Erholungsphasen erscheint selbst mit elektrischer Unterstützung für lange Wegketten (länger als ca. 20km) als nicht gegeben. Liegen zwischen den einzelnen Aktivitäten längere Zeiträume, die zur körperlichen Erholung genutzt werden können, sind allerdings auch längere Wegketten denkbar.

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien

Die Arbeitswege dieser Personengruppe weisen zwar aufgrund ihrer üblichen Weglängen von unter 10km gute Voraussetzungen für den alltäglichen Einsatz von Elektro-Fahrrädern auf, aber aufgrund der fahrzeugspezifischen Eigenschaften (Wetterschutz, Komfort, Personentransport etc.) ist ein uneingeschränkter Einsatz allerdings meist nicht möglich.

Freizeitwege erscheinen vor allem dann für Pedelecs, E-Bikes und dergleichen geeignet, wenn die Fahrt an sich als Freizeitaktivität gesehen wird. Ansonsten ist es fraglich, ob nach der mit der Fahrt verbundenen körperlichen Anstrengung, noch genügend Energie für andere Aktivitäten bleibt, bzw. wenn es sich bei der Freizeitaktivität nicht um eine sportliche handelt, die Person davor bereit ist sich körperlich zu betätigen (z.B. vor Theaterbesuch). Es ist also stark von der jeweiligen Freizeitaktivität abhängig ob mit Muskelkraft betriebene Fahrzeuge dafür in Frage kommen.

Bei den Einkaufswegen ist der erforderliche Gütertransport zu berücksichtigen, welcher mit unter 5kg bei 50%, bzw. unter 10kg bei 75% der Einkäufe aber meist relativ gering ist und mit einfachen Gepäckträgern, Fahrradkörben, Rucksäcken oder Ähnlichem relativ problemlos bewältigt werden kann. Für seltener auftretende Einkäufe größeren Umfangs, wie zum Beispiel Möbelkäufe, sind Elektro-Fahrräder weniger gut geeignet.

Pedelecs, E-Bikes, E-Lastenräder, Velomobile und fahrradähnliche Fahrzeuge sind demnach durchaus für einzelne Aktivitäten und Wege gut geeignet, für Weg- bzw. Aktivitätenketten hingegen nur bedingt. Besonders die eingeschränkte Möglichkeit Personen befördern zu können, sowie die Sensibilität gegenüber Wittereinflüssen sind hier, neben der körperlichen Anstrengung, als Hauptgründe zu nennen. Tabelle 51 zeigt das Ergebnis der analytischen Fahrzeugbewertung für Elektro-Fahrräder für diese Nutzergruppe. Daraus wird ersichtlich, dass Pedelecs, E-Bikes und fahrradähnliche Fahrzeuge nur unbefriedigende Lösungen für das gesamte Mobilitätsbedürfnis dieser Nutzergruppe darstellen (technische Wertigkeit < 0,6). Das bedeutet jedoch nicht, dass sie nicht für einzelne Aktivitäten und Wege geeignet bzw. vorteilhaft sein können. E-Lastenräder und Velomobile stellen gemäß dieser Bewertung gute Lösungen für die Anforderungen erwerbstätiger Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien dar.

	Gewichtung	Pedelecs		E-Bikes		E-Lastenräder		Velomobile		Fahrradähnliche Fahrzeuge	
Reichweite	0,69	3	2,08	3	2,08	4	2,77	4	2,77	2	1,38
Geschwindigkeit	0,15	2	0,31	2	0,31	2	0,31	3	0,46	2	0,31
Komfort	0,62	0	0,00	1	0,62	0	0,00	3	1,85	1	0,62
Gütertransport	0,69	2	1,38	2	1,38	4	2,77	4	2,77	2	1,38
Personentransport	0,69	1	0,69	1	0,69	1	0,69	2	1,38	1	0,69
Fahrzeuggröße	0,23	4	0,92	4	0,92	3	0,69	2	0,46	4	0,92
Anschaffungskosten	0,69	4	2,77	4	2,77	3	2,08	2	1,38	4	2,77
Ergebnis		16	8,15	17	8,77	17	9,31	20	11,08	16	8,08
Technische Wertigkeit		0,57	0,54	0,61	0,58	0,61	0,62	0,71	0,73	0,57	0,54

Tabelle 51: Analytische Fahrzeugbewertung Elektro-Fahrräder – Erwerbstätige Personen Wien

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien

In diesem Abschnitt wird die Eignung von Elektro-Fahrrädern für aus dem Wiener Umland nach Wien einpendelnder Personen betrachtet. Der wesentliche Unterschied zu den Anforderungen von in Wien lebenden arbeitstätigen Personen besteht in den längeren Weglängen und der damit verbundenen höheren Reichweitenanforderung.

Die Weglänge zum Arbeitsort und die niedrigen Bauartgeschwindigkeiten ergeben im Vergleich zum PKW längeren Wegzeiten, wodurch Elektro-Fahrräder eher schlecht

für nach Wien einpendelnde Personen geeignet sind. Auch für mit der Arbeit verbundene Aktivitätenketten stellt die begrenzte Reichweite ein wesentliches Hindernis dar. Dies ergibt insgesamt ein eher schlechtes Ergebnis bei der Bewertung der Eignung für das erstellte Mobilitätsszenario dieser Nutzergruppe. Wenngleich aber berücksichtigt werden muss, dass es sich bei der Weglänge für Arbeitswege um jene handelt, die 80% der Arbeitswege umfasst. Für einen geringeren Anteil von rund 60% sind die Arbeitswege kürzer als 15km (siehe Abbildung 21) und somit durchaus für einen Einsatz von Elektrofahrrädern denkbar. Ebenso finden sich für Einzelwege mögliche Einsatzgebiete für elektrisch betriebene Fahrräder. Hauptsächlich Einkaufswege und Freizeitaktivitäten sportlicher Natur erscheinen hier als sinnvoll.

Auch wenn Elektro-Fahrräder für viele Arbeitswege aus dem Wiener Umland einpendelnder Personen zwar nicht direkt geeignet sind, so eignen sich Elektrofahrräder jedoch in Kombination mit dem öffentlichen Verkehr („Bike&Ride“) entlang der ÖV-Achsen. Mittels Pedelects wird das Einzugsgebiet von Haltestellen gegenüber dem zu Fuß Gehen von 1,5km² auf 40km² erhöht (siehe Abbildung 29). Vorausgesetzt, es gibt eine gute Infrastruktur für das Radfahren und geeignete versperrbare, überdachte und komfortable Abstellanlagen an den Haltestellen des öffentlichen Verkehrs.

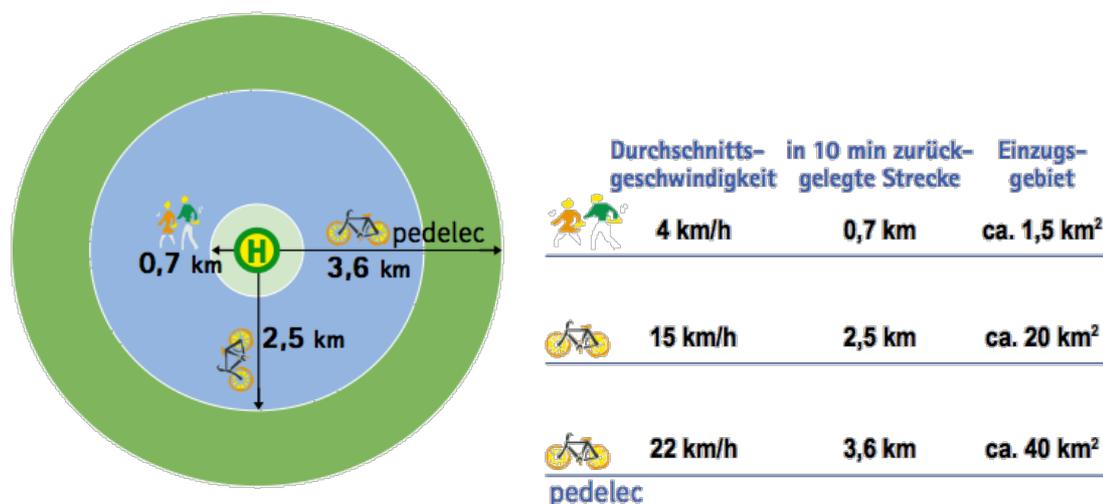


Abbildung 29: Einzugsgebiet ÖV-Haltestelle¹⁸⁵

Entsprechend den oben angestellten Überlegungen ergibt die analytische Fahrzeugbewertung für Elektro-Fahrräder ein gegenüber den in Wien wohnhaften und erwerbstätigen Personen ein etwas schlechteres Ergebnis für diese Nutzergruppe (siehe Tabelle 52). Einzig Velomobile stellen mit technischen Wertigkeiten von knapp über 0,6 einigermaßen brauchbare Lösungen dar.

¹⁸⁵ Quelle: Reiter et. al. (2009)

	Gewichtung	Pedelects		E-Bikes		E-Lastenräder		Velomobile		Fahrradähnliche Fahrzeuge	
Reichweite	0,77	2	1,54	2	1,54	1	0,77	3	2,31	0	0,00
Geschwindigkeit	0,54	1	0,54	1	0,54	1	0,54	1	0,54	1	0,54
Komfort	0,62	0	0,00	1	0,62	0	0,00	3	1,85	1	0,62
Gütertransport	0,54	2	1,08	2	1,08	4	2,15	4	2,15	2	1,08
Personentransport	0,54	1	0,54	1	0,54	1	0,54	2	1,08	1	0,54
Fahrzeuggröße	0,31	4	1,23	4	1,23	3	0,92	2	0,62	4	1,23
Anschaffungskosten	0,46	4	1,85	4	1,85	3	1,38	2	0,92	4	1,85
Ergebnis		14	6,77	15	7,38	13	6,31	17	9,46	13	5,85
Technische Wertigkeit		0,50	0,45	0,54	0,49	0,46	0,42	0,61	0,63	0,46	0,39

Tabelle 52: Analytische Fahrzeugbewertung Elektro-Fahrräder – Erwerbstätige Personen Wiener Umland

Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien

Für die vergleichsweise geringen durchschnittlichen Weglängen von im Haushalt tätigen, bzw. in Karenz befindlichen Personen, sind die Reichweiten von Pedelects, E-Bikes, E-Lastenrädern, Velomobilen und fahrradähnlichen Fahrzeugen durchaus ausreichend. In der Bewertung der Eignung von Elektrofahrrädern für diese Nutzergruppe (siehe Tabelle 53) wird auch die Anforderung an die Personen- und speziell die Kinderbeförderung berücksichtigt. Diese wird besonders durch speziell dafür ausgelegte Lastenradtypen ermöglicht (z.B. *Babboe: City-e*, siehe Tabelle 46). Pedelects und E-Bikes sind für Hol- und Bringwege nur für das Befördern von Kindern bis zu einem gewissen Alter geeignet (mittels Kindersitz o.ä.). Bei Kombination von Hol-/Bringwegen mit Einkaufswegen sind für die zu bewältigenden Transportaufgaben ebenfalls Lastenräder vorteilhaft. Die als fahrradähnliche Fahrzeuge vorgestellten Modelle eignen sich kaum für die Haupteinsatzgebiete dieser Nutzergruppe.

	Gewichtung	Pedelects		E-Bikes		E-Lastenräder		Velomobile		Fahrradähnliche Fahrzeuge	
Reichweite	0,77	4	3,08	4	3,08	4	3,08	4	3,08	3	2,31
Geschwindigkeit	0,31	2	0,62	2	0,62	2	0,62	3	0,92	2	0,62
Komfort	0,69	0	0,00	1	0,69	0	0,00	2	1,38	1	0,69
Gütertransport	0,54	2	1,08	2	1,08	4	2,15	4	2,15	2	1,08
Personentransport	0,54	2	1,08	2	1,08	3	1,62	2	1,08	1	0,54
Fahrzeuggröße	0,38	4	1,54	4	1,54	3	1,15	2	0,77	4	1,54
Anschaffungskosten	0,54	4	2,15	4	2,15	3	1,62	2	1,08	4	2,15
Ergebnis		18	9,54	19	10,23	19	10,23	19	10,46	17	8,92
Technische Wertigkeit		0,64	0,63	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,69	0,61	0,59

Tabelle 53: Analytische Fahrzeugbewertung Elektro-Fahrräder – Im Haushalt tätige Personen Wien

Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen

Bezüglich der Reichweitenanforderungen älterer Personen (18-31km) weisen die vorgestellten Elektrofahrräder ausreichende Akkukapazitäten auf. Im Hinblick auf mögliche körperliche Beeinträchtigungen ist ein komfortables Auf- und Absteigen wichtig für eine mögliche Nutzung von Elektro-Fahrrädern. Im Bereich der Pedelects und E-Bikes sind diesbezüglich Rahmenformen mit niedrigem Durchstieg zu finden. Für ausreichend Stabilität beim Fahren und gegen Umfallen im Stillstand bzw. bei niedrigen Geschwindigkeiten sind Fahrradmodelle mit drei Rädern vorteilhaft. Weiters sind ebenerdige bzw. leicht zu erreichende Abstellplätze, sowie das Fahrzeuggewicht im Hinblick auf Ergonomie für ältere Personen von Bedeutung. Elektrofahrräder haben das Potenzial den mit steigendem Alter abnehmenden Fahrradanteil bei älteren Personen entgegen zu wirken und eine gesundheitsfördernde Mobilität auch im fortgeschrittenen Alter zu ermöglichen. Dies gilt aufgrund ihrer positiven Einstellungen zum Fahrradfahren besonders für die Subgruppe der sogenannten „selbstbestimmten mobilen“ Seniorinnen und Senioren (siehe Tabelle 39). Aus der analytischen Fahrzeugbewertung (Tabelle 54) geht hervor, dass Elektrofahrräder durchwegs gute Lösungen für das Mobilitätsbedürfnis älterer Personen darstellen.

	Gewichtung	Pedelecs		E-Bikes		E-Lastenräder		Velomobile		Fahrradähnliche Fahrzeuge	
Reichweite	0,73	4	2,93	4	2,93	4	2,93	4	2,93	4	2,93
Geschwindigkeit	0,13	2	0,27	2	0,27	2	0,27	3	0,40	2	0,27
Fahrkomfort	0,73	0	0,00	1	0,73	0	0,00	0	0,00	1	0,73
Gütertransport	0,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67
Personentransport	0,47	1	0,47	1	0,47	1	0,47	2	0,93	1	0,47
Fahrzeuggröße	0,33	4	1,33	4	1,33	4	1,33	2	0,67	4	1,33
Anschaffungskosten	0,20	4	0,80	4	0,80	4	0,80	2	0,40	4	0,80
Ergebnis		19	8,47	20	9,20	19	8,47	17	8,00	20	9,20
Technische Wertigkeit		0,68	0,65	0,71	0,70	0,68	0,65	0,61	0,61	0,71	0,70

Tabelle 54: Analytische Fahrzeugbewertung Elektro-Fahrräder – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien

3.2 Kleinkrafträder – Zweirädrige Kraftfahrzeuge (L1e)

Zu dieser Kategorie zählen einspurige Fahrzeuge, die eine bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit von bis zu 45km/h aufweisen und deren Nenndauerleistung 4kW nicht übersteigt (siehe Tabelle 42). Für das Fahren von Kleinkrafträdern ist die Lenkberechtigung der Klasse AM (umgangssprachlich auch als "Mopedführerschein" bezeichnet) erforderlich, welche ab dem vollendeten 15. Lebensjahr erworben werden kann.¹⁸⁶ In Tabelle 55 wird ein Überblick verschiedener, üblicher Bauformen geboten, wobei hier beispielhaft drei verschiedene Hersteller ausgewählt wurden. Insgesamt existiert mittlerweile eine Vielzahl an Herstellern, die Fahrzeuge dieser Klasse anbieten, welche sich im Aufbau und den Spezifikationen relativ ähnlich sind.

¹⁸⁶ Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (o.J. a)

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p><i>EH-Line: Scoover EHL.E504</i></p>  <p>(Quelle: http://www.ehline.com/shop/produkte/kategorie/e-scooter/produkt/scoobeehles04.html; 04.07.2015)</p>	<p>Gewicht: 47kg Preis: 4.490€ Akkukapazität: 1.512Wh Motorleistung: 1,7kW Reichweite: 65km Geschwindigkeit: 45km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zul. Gesamtgewicht: 195kg • kein Stauraum
<p><i>E-One: Verschiedene Modelle San Remo Sport (links)/Roma (rechts)</i></p>  <p>(Quelle: http://www.eone-online.at/shop/e-roller/; 04.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 140/95kg Preis: 2.699/3.899€ Akkukapazität: 1.920/2.688Wh Motorleistung: 3/2kW Reichweite: 60km Geschwindigkeit: 45km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Topcase optional 28 Liter Laderaum • Für 2 Personen zugelassen <p>Anmerkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit Lithium oder Silikon Blei-Gel Akkus erhältlich
<p><i>EMCO: Verschiedene Modell: Nova R2000, Novi C1500, Novantic C2000, Novax S4000</i></p>  <p>(Quelle: http://www.emco-elektroller.de/emco-elektroller-modelle/technische-daten.html; 04.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 80-124kg Preis: 3.449€-4.999€ Akkukapazität: 1.344-2.880Wh Motorleistung: 1,5-4kW Reichweite: bis 100km Geschwindigkeit: 45km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stauraum unter Sitz bzw. im Fußbereich + Gepäckträger • Für 2 Personen zugelassen

Tabelle 55: Fahrzeugübersicht Kleinkrafträder (L1e)

Neben den oben gezeigten Modellen, welche hauptsächlich der Personenbeförderung dienen, existieren auch spezielle Ausführungen die den Gütertransport (z.B. für Zustelldienste), durch anstelle des Beifahrersitzes montierte Transportboxen ermöglichen (siehe Tabelle 56).

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>Govecs: <i>GO! T Serie:</i> <i>GO! T1.4/GO! T2.4</i></p>  <p>(Quelle: http://www.govecs.com/produkte-0; 04.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 100/115kg Preis: ca. 4.800€ Akkukapazität: 1.500/3.000Wh Motorleistung: k.A. Reichweite: bis 100km Geschwindigkeit: 45km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 200Liter, 180kg <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Große Transportbox <p>Anmerkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auch in 80km/h Ausführung erhältlich (Klasse L3e)
<p>Trinity electric vehicles: <i>Delivery 3.0</i></p>  <p>(Quelle: http://www.trinity-electric-vehicles.de/index.php/e-roller/produkt/39-elektroller-delivery-45; 04.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 83kg Preis: 2.999€ Akkukapazität: 1.680Wh Motorleistung: 3kW Reichweite: 61km Geschwindigkeit: 45km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Großer Laderaum (max. 160kg) <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Große Transportbox + zusätzlicher Stauraum vorne <p>Anmerkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusätzliche Akkupakete optional (bis 107km Reichweite)

Tabelle 56: Fahrzeugübersicht Kleinkrafträder (L1e) - Transporter

Zuverlässigkeit

Die vorgestellten Kleinkrafträder weisen laut Herstellerangaben Reichweiten von 60-100 Kilometer auf (siehe Tabelle 55 und Tabelle 56).

Wegzeit

Die auf 45km/h beschränkte Geschwindigkeit erscheint für das Stadtgebiet aufgrund der niedrigen Durchschnittsgeschwindigkeiten im MIV (18,2km/h, siehe Tabelle 7) als ausreichend, um mit dem PKW vergleichbare Wegzeiten zu erzielen. Aufgrund der Fahrzeuggröße sind auch Zeitvorteile bei der Parkplatzsuche (Zu- und Abgangszeiten) und in Stausituationen denkbar. Für längere Wegstrecken dürfte die geringe Geschwindigkeit jedoch ein Hindernis für den Einsatz von Kleinkrafträdern darstellen.

Komfort

Aufgrund der wegfallenden körperlichen Betätigung ist der Komfort von Kleinkrafträdern im Vergleich zu Elektro-Fahrrädern als etwas höher zu bewerten. Als Minuspunkte sind in diesem Bereich der fehlende Witterungsschutz und der mäßige Sitzkomfort zu nennen.

Transportmöglichkeit

Auf Kleinkrafträdern ohne Transportbox kann ein Sozius mitgeführt werden. Für (Klein-)Kinder erscheint die Mitnahmemöglichkeit aus Sicherheitsgründen jedoch nicht gegeben. Die Gütertransportfähigkeit ist durch die relativ kleinen Laderäume auf rund 30 Liter begrenzt. Sondermodelle mit großen Transportboxen, weisen ein Ladevolumen von rund 200 Litern auf. Dadurch eignen sich diese Varianten besonders für den Einsatz als Boten- oder Zustelldienste (z.B.: Lieferservice).

Zugänglichkeit

Die Fahrzeuggrößen liegen ungefähr im Bereich von Pedelecs und E-Bikes, allerdings ist wohl in den meisten Fällen keine Abstellmöglichkeit direkt im Haus gegeben bzw. aufgrund des höheren Gewichts nicht sinnvoll. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der gegenüber dem PKW geringen Fahrzeugdimensionen einfacher ein passender Abstellplatz in der Nähe des Ziel- bzw. Ausgangsorts gefunden werden kann.

Kosten

Die Anschaffungskosten von Kleinkrafträdern beläuft sich im Bereich von knapp 2.000€ bis rund 5.000€. Die laufenden Kosten sind aufgrund des geringen Energieverbrauchs im Vergleich zum PKW relativ gering. Der Energieverbrauch liegt im Bereich von 2,3 bis 4,5 kWh/100km. Die Energiekosten liegen damit bei rund 0,5-0,9 €/100km.

3.2.1 Eignung für Nutzergruppen

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien

Die analytische Bewertung von Kleinkrafträdern (siehe Tabelle 57) zeigt, dass sich diese durchaus für erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien eignen. Nachteile sind vor allem im geringen Komfort zu sehen, der sich durch den fehlenden Witterungsschutz ergibt. Abhängig von den individuellen Gegebenheiten kann ein Modell mit zusätzlichem Laderaum anstelle des zweiten Sitzes vorteilhaft sein.

	Gewichtung	Kleinkrafträder		Kleinkraftrad-Transporter	
Reichweite	0,69	4	2,77	4	2,77
Geschwindigkeit	0,15	3	0,46	3	0,46
Komfort	0,62	1	0,62	1	0,62
Gütertransport	0,69	1	0,69	4	2,77
Personentransport	0,69	2	1,38	1	0,69
Fahrzeuggröße	0,23	4	0,92	4	0,92
Anschaffungskosten	0,69	4	2,77	4	2,77
Ergebnis		19	9,62	21	11,00
Technische Wertigkeit		0,68	0,64	0,75	0,73

Tabelle 57: Analytische Fahrzeugbewertung Kleinkrafträder – Erwerbstätige Personen Wien

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien

Für aus dem Wiener Umland nach Wien pendelnde Personen eignen sich Kleinkrafträder nur bedingt. Neben dem fehlenden Witterungsschutz kommt hier die geringe Geschwindigkeit als Einschränkung hinzu. Kleinkrafträder mit Transportbox schneiden in der Bewertung (siehe Tabelle 58) besser ab als Modelle ohne.

	Gewichtung	Kleinkrafträder		Kleinkraftrad-Transporter	
Reichweite	0,77	3	2,31	3	2,31
Geschwindigkeit	0,54	1	0,54	1	0,54
Komfort	0,62	1	0,62	1	0,62
Gütertransport	0,54	1	0,54	4	2,15
Personentransport	0,54	2	1,08	1	0,54
Fahrzeuggröße	0,31	4	1,23	4	1,23
Anschaffungskosten	0,46	4	1,85	4	1,85
Ergebnis		16,0	8,15	18,0	9,23
Technische Wertigkeit		0,57	0,54	0,64	0,61

Tabelle 58: Analytische Fahrzeugbewertung Kleinkrafträder – Erwerbstätige Personen Wiener Umland

Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien

Für im Haushalt tätige Personen erreichen Kleinkraftrad-Transporter durchaus gute Ergebnisse in der Fahrzeugbewertung (siehe Tabelle 59). Die begrenzte Möglichkeit Personen und besonders Kinder transportieren zu können stellt jedoch einen wesentlichen Schwachpunkt für diese Nutzergruppe dar. Für das gute Bewertungsergebnis sind vor allem die ausreichende Reichweite und Geschwindigkeit, sowie die geringen Anschaffungskosten und die kompakte Fahrzeuggröße verantwortlich.

	Gewichtung	Kleinkrafträder		Kleinkraftrad-Transporter	
Reichweite	0,77	4	3,08	4	3,08
Geschwindigkeit	0,31	3	0,92	3	0,92
Komfort	0,69	1	0,69	1	0,69
Gütertransport	0,54	1	0,54	4	2,15
Personentransport	0,54	2	1,08	1	0,54
Fahrzeuggröße	0,38	4	1,54	4	1,54
Anschaffungskosten	0,54	4	2,15	4	2,15
Ergebnis		19	10,00	21	11,08
Technische Wertigkeit		0,68	0,66	0,75	0,73

Tabelle 59: Analytische Fahrzeugbewertung Kleinkrafträder – Im Haushalt tätige Personen Wien

Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen

Ungeachtet möglicher körperlicher Restriktionen stellen Kleinkrafträder gute Lösungen für das Mobilitätsbedürfnis älterer Personen dar. Die aus dem fehlenden Witterungsschutz resultierende geringe Punktzahl beim Komfort und Einschränkungen bei der Transportfähigkeit stellen die wesentlichen Schwächen in der Fahrzeugbewertung dar (siehe Tabelle 60). Die begrenzte Mitnahmemöglichkeit von Personen wirkt sich für diese Nutzergruppe aufgrund der niedrigen Gewichtung jedoch nicht stark auf das Ergebnis aus.

	Gewichtung	Kleinkrafträder		Kleinkraftrad-Transporter	
Reichweite	0,73	4	2,93	4	2,93
Geschwindigkeit	0,13	3	0,40	3	0,40
Fahrkomfort	0,73	1	0,73	1	0,73
Gütertransport	0,67	3	2,00	4	2,67
Personentransport	0,47	2	0,93	1	0,47
Fahrzeuggröße	0,33	4	1,33	4	1,33
Anschaffungskosten	0,20	4	0,80	4	0,80
Ergebnis		21	9,13	21	9,33
Technische Wertigkeit		0,75	0,70	0,75	0,71

Tabelle 60: Analytische Fahrzeugbewertung Kleinkrafträder – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien

3.3 Krafträder – Zweirädrige Kraftfahrzeuge ohne bzw. mit Beiwagen (L3e bzw. L4e)

Zu dieser Fahrzeugklasse gehören alle zweirädrigen Fahrzeuge (ohne oder mit Beiwagen), die eine bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit von mehr als 45km/h aufweisen (siehe Tabelle 42). Für das Fahren von Krafträdern gelten folgende Bestimmungen bzgl. Lenkberechtigung:¹⁸⁷

- Führerscheinklasse A1:
 - Motorleistung: bis zu 11kW
 - Verhältnis von Leistung/Eigengewicht: maximal 0,1kW/kg
 - Mindestalter: 16 Jahre
- Führerscheinklasse A2
 - Motorleistung: bis zu 35 kW
 - Verhältnis von Leistung/Eigengewicht: maximal 0,2kW/kg (Bsp.: 35kW Motorleistung → mindestens 175kg Fahrzeuggewicht)
 - Mindestalter: 18 Jahre
- Führerscheinklasse A:
 - Alle Motorräder mit oder ohne Beiwagen
 - Mindestalter: 24 Jahre, oder 20 Jahre bei mindestens 2 Jahren Besitz der Klasse A2

¹⁸⁷ Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (o.J. b)

- Die Führerscheinklasse A umfasst die Lenkberechtigungen der Klassen AM, A1 und A2

In Tabelle 55 wird ein Überblick verschiedener Bauformen und Hersteller geboten, welche, abgesehen von den *Johammer* Modellen, ähnliche Bauformen aufweisen und sich lediglich in den Spezifikationen unterscheiden. Die *Johammer* Modelle grenzen sich von den anderen Fahrzeugvarianten dieser Klasse durch ihr optisch sehr extravagantes Design, einige technische Spezifikationen, sowie im Preis ab.

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>EMCO: Novum S5000</p>  <p>(Quelle: http://www.emco-elektroller.de/emco-elektroller-modelle/sport-line/novum-s-5000.html; 06.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 130kg Preis: 5.999€ Akkukapazität: 3.600Wh Motorleistung: 5kW Reichweite: 80km Geschwindigkeit: 82km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 Sitze; max. 180kg Zuladung <p>Fahrzeuggröße: k.A. Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rekuperationsbremse
<p>Johammer: J1.150/ J1.200</p>  <p>(Quelle: http://www.johammer.com/elektromotorrad/; 06.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 159/178kg Preis: 22.900/24.900€ Akkukapazität: 8.300/12.700Wh Motorleistung: 11kW Reichweite: 150/200km Geschwindigkeit: 120km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Sitz, Kein Laderaum <p>Fahrzeuggröße: 220x81,4cm</p>
<p>BMW: C Evolution</p>  <p>(Quelle: http://www.bmw-motorrad.at/de/de/index.html?content=http://www.bmw-motorrad.at/de/de/urban_mobility/c_evolution/cevolution_overview.html&notrack=1; 06.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 265kg Preis: 15.000€ Akkukapazität: 8.000Wh Motorleistung: 11kW Reichweite: 100km Geschwindigkeit: 120km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 Sitze; Max. 180kg Zuladung • 35 Liter Topcase optional <p>Fahrzeuggröße: 219x94,7cm Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rekuperationsbremse
<p>Vetrix: VX-1 Li+</p>  <p>(Quelle: http://www.vetrix.ch/index.php?Produktmodul%2FVX-1_Li%2B_2011.html; 06.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 210kg Preis: ca. 14.000€ Akkukapazität: 5.250Wh Motorleistung: 21kW Reichweite: 120km Geschwindigkeit: 110km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 Sitze • 46 Liter Topcase optional <p>Fahrzeuggröße: k.A. Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rekuperationsbremse

Tabelle 61: Fahrzeugübersicht Krafträder - Zweirädrige Kraftfahrzeuge (L3e bzw. L4e)

Zuverlässigkeit

Mit den oben vorgestellten elektrisch betriebenen Kraftrad-Modellen sind Wegstrecken von 80 bis 200 Kilometer möglich, womit sie für den Großteil der im urbanen Raum anfallenden Wegketten eine ausreichende Zuverlässigkeit bieten.

Wegzeit

Mit Geschwindigkeit von 80-120km/h eignen sich Krafträder hinsichtlich der Wegzeit sowohl für das Stadtgebiet als auch für längere Wegstrecken, wie beispielsweise für Ausflüge in das Wiener Umland, oder für das Einpendeln aus der Umgebung Wiens. Ähnlich wie Kleinkrafträder sind Krafträder gegenüber dem PKW bei der Parkplatzsuche bzw. in Stausituationen im Vorteil.

Kosten

Die Anschaffungskosten von Krafträdern beläuft sich im Bereich von rund 6.000€ bis 15.000€. Eine Ausnahme stellen hier die von der Firma *Johammer* angebotenen Modelle mit 22.900€ bzw. 24.900€ dar, welche besonders durch ihr extravagantes Design auffallen. Der Energieverbrauch der gezeigten Modelle liegt im Bereich zwischen 4,4-8kWh/100km (Durchschnitt: 5,8kWh/100km), womit sich die Energiekosten auf rund 0,9-1,6€/100km (Durchschnitt: 1,2€/100km) belaufen.

In den Punkten **Komfort**, **Transportmöglichkeit** und **Zugänglichkeit** unterscheiden sich Krafträder kaum von Kleinkrafträdern. Die in Kapitel 3.2 angestellten Überlegungen gelten sinngemäß auch hier.

3.3.1 Eignung für Nutzergruppen

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien

Die analytische Bewertung von Krafträdern (siehe Tabelle 62) zeigt, dass diese für erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien etwas schlechter abschneiden als Kleinkrafträder. Der Vorteil der höheren Fahrzeuggeschwindigkeit kommt hier aufgrund der niedrigen Gewichtung nicht zum Tragen, stattdessen wirken sich die höheren Anschaffungskosten negativ auf das Ergebnis der Fahrzeugbewertung aus.

	Gewichtung	Krafräder	
Reichweite	0,69	4	2,77
Geschwindigkeit	0,15	4	0,62
Komfort	0,62	1	0,62
Gütertransport	0,69	2	1,38
Personentransport	0,69	2	1,38
Fahrzeuggröße	0,23	3	0,69
Anschaffungskosten	0,69	2	1,38
Ergebnis		18	8,85
Technische Wertigkeit		0,64	0,59

Tabelle 62: Analytische Fahrzeugbewertung Krafräder – Erwerbstätige Personen Wien

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien

Für aus dem Wiener Umland nach Wien pendelnde Personen sind Krafräder besser geeignet als Kleinkrafräder, da sie eine für die längeren Wegstrecken vorteilhafte, höhere Geschwindigkeit aufweisen. Die Schwächen liegen hier vor allem im fehlenden Witterungsschutz, wodurch die tatsächliche Nutzung stark eingeschränkt wird. Niedrige Bewertungen ergeben sich für Krafräder auch in der Transportfähigkeit und bei den Anschaffungskosten (siehe Tabelle 63).

	Gewichtung	Krafräder	
Reichweite	0,77	4	3,08
Geschwindigkeit	0,54	4	2,15
Komfort	0,62	1	0,62
Gütertransport	0,54	2	1,08
Personentransport	0,54	2	1,08
Fahrzeuggröße	0,31	3	0,92
Anschaffungskosten	0,46	2	0,92
Ergebnis		18	9,85
Technische Wertigkeit		0,64	0,65

Tabelle 63: Analytische Fahrzeugbewertung Krafräder – Erwerbstätige Personen Wiener Umland

Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien

Die Bewertung der Krafträder für im Haushalt tätige Personen zeigt zwar insgesamt ein einigermaßen gutes Ergebnis für diese Nutzergruppe, allerdings liegen Gründe für die Abzüge vor allem in den relativ hoch gewichteten Bereichen Komfort, Transportfähigkeit und Anschaffungskosten. Besonders der Transport von Kindern erscheint mit diesem Fahrzeugtyp als wenig praktikabel, weshalb ein tatsächlicher Einsatz dieses Fahrzeugtyps für diese Nutzergruppe eher unwahrscheinlich erscheint.

	Gewichtung	Krafträder	
Reichweite	0,77	4	3,08
Geschwindigkeit	0,31	4	1,23
Komfort	0,69	1	0,69
Gütertransport	0,54	2	1,08
Personentransport	0,54	2	1,08
Fahrzeuggröße	0,38	3	1,15
Anschaffungskosten	0,54	2	1,08
Ergebnis		18	9,38
Technische Wertigkeit		0,64	0,62

Tabelle 64: Analytische Fahrzeugbewertung Krafträder – Im Haushalt tätige Personen Wien

Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen

Hier gilt ähnlich wie bei den Kleinkrafträdern, dass das gute Ergebnis der analytischen Fahrzeugbewertung ohne direkte Rücksichtnahme auf mögliche körperliche Beeinträchtigungen (Reaktionszeit, Gleichgewichtssinn, etc.) entstanden ist, sondern lediglich durch die starke Gewichtung der Bewertung des Fahrkomforts. Ob sich Krafträder tatsächlich für den Einsatz bei älteren Personen eignen, hängt unter anderem stark von der individuellen körperlichen Verfassung ab.

	Gewichtung	Krafträder	
Reichweite	0,73	4	2,93
Geschwindigkeit	0,13	4	0,53
Fahrkomfort	0,73	1	0,73
Gütertransport	0,67	4	2,67
Personentransport	0,47	2	0,93
Fahrzeuggröße	0,33	3	1,00
Anschaffungskosten	0,20	2	0,40
Ergebnis		20	9,20
Technische Wertigkeit		0,71	0,70

Tabelle 65: Analytische Fahrzeugbewertung Krafträder – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien

3.4 Dreirädrige Kraftfahrzeuge (L2e bzw. L5e)

Die Unterscheidung zwischen dreirädrigen Fahrzeugen der Fahrzeugklassen L2e und L5e erfolgt über eine für die Klasse L2e begrenzte Bauartgeschwindigkeit, welche bei 45km/h liegt. Zudem darf die Nenndauerleistung dieser Klasse 4kW nicht übersteigen. Fahrzeuge der Klasse L5e weisen hingegen Bauartgeschwindigkeiten von über 45km/h auf (siehe Tabelle 42). Bezüglich der Lenkberechtigung für dreirädrige Fahrzeuge gelten dieselben Rahmenbedingungen wie für zweirädrige Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 3.3). Einzige Ausnahme ist hier die max. Motorleistung in der Klasse A1, welche 15kW, anstatt 11kW betragen darf. Zudem berechtigt auch die Führerscheinklasse B zum Lenken dreirädriger Kraftfahrzeuge.¹⁸⁸

Innerhalb der Gruppe der dreirädrigen KFZ konnten im Zuge der Technologierecherche zwei verschiedene Fahrzeugkonzepte identifiziert werden. Zum einen Motorroller mit ähnlichem Aufbau wie (Klein-)Krafträder und zum anderen dreirädrige Fahrzeuge mit Fahrerinnen, welche im weiteren Verlauf als „Kabinenroller“ bezeichnet werden. Tabelle 66 enthält Beispiele für dreirädrige Motorroller. In Tabelle 67 werden relevante Modelle von Kabinenrollern gezeigt.

¹⁸⁸ Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (o.J. b)

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>EVT: Trike</p>  <p>(Quelle: http://www.evt-scooter.de/EVT%20Trike.html; 04.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 145kg Preis: k.A. Akkukapazität: 2.880Wh Motorleistung: 2x1,5kW Reichweite: bis 100km Geschwindigkeit: 45km/h (L2e) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Topcase + 10Liter Laderaum unter Sitz • 2 Sitze <p>Fahrzeuggröße: 178x90cm</p>
<p>Genata: Simple F1500</p>  <p>(Quelle: http://genatamotor.eu/modelle-elektroller/simple-f700-elektro-trike-e-trike/; 04.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 155kg Preis: 6.560€ Akkukapazität: 4.320Wh Motorleistung: 2x1,5kW Reichweite: bis 130km Geschwindigkeit: 100km/h (L5e) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • max. Zuladung 150kg • 2 Sitze <p>Fahrzeuggröße: 199x78cm</p>
<p>Trinity electric vehicles: Senior 800</p>  <p>(Quelle: http://www.trinity-electric-vehicles.de/index.php/produkte/senioren-elektromobile/produkt/51-elektrofahrstuhl/; 04.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 106kg Preis: 1.999€ Akkukapazität: 1.200Wh Motorleistung: 800W Reichweite: 70km Geschwindigkeit: 25km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • max. Zuladung 160kg • 15Liter Stauraum <p>Fahrzeuggröße: 170x60cm Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einstellbarer Sitz • Geschwindigkeit durch Controller individuell einstellbar • Auf Bedürfnisse älterer Personen abgestimmt

Tabelle 66: Fahrzeugübersicht dreirädrige Kraftfahrzeuge – Motorroller

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>SAM: EV II</p>  <p>(Quelle: http://www.friends-of-sam.com/de/sam-de/technische-daten; 06.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 500kg Preis: 19.750€ Akkukapazität: 7.000Wh Motorleistung: 11,6kW Reichweite: 80-100km Geschwindigkeit: 90km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. 220kg Zuladung • 2 Sitze <p>Fahrzeuggröße: 307x158cm Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flügeltüren • PE Karosserie
<p>Piaggio: Ape Calessino Electric Lithium</p>  <p>(Quelle: http://www.de.piaggioveicolocommerciali.com/veicolocommerciali/DE/de/home/modelli/treruote/ape-calessino.html; 06.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 520kg Preis: ca. 24.500€ Akkukapazität: 6.880Wh Motorleistung: 9kW Reichweite: 75km Geschwindigkeit: 45km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. 275kg Zuladung • 4 Sitze <p>Fahrzeuggröße: 294x147cm Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cabriooverdeck
<p>Krabatt: City EL</p>  <p>(Quelle: http://www.cityel.de/; 06.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 230kg Preis: ab 9.999€ Akkukapazität: 2.880-4.800Wh Motorleistung: 4,5kW Reichweite: 60-120km Geschwindigkeit: 45km/h (auch als 63km/h Version erhältlich) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 280Liter Laderaum • 170kg Nutzlast • 1 Sitz (+1 Kindersitz) <p>Fahrzeuggröße: 274x106cm</p>

Tabelle 67: Fahrzeugübersicht dreirädrige Kraftfahrzeuge - Kabinenroller

Eine spezielle Ausführung eines dreirädrigen Kabinenrollers stellt das in Tabelle 68 gezeigte Fahrzeug der Firma *Twike* dar. Es kann sowohl rein elektrisch betrieben werden, aber auch durch in der Fahrerkabine befindliche Pedale mit Muskelkraft unterstützt werden, womit die Reichweite laut Herstellerangabe um 5-10% gesteigert wird.¹⁸⁹

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p><i>Twike: Twike 3</i> (mit unterschiedlicher Anzahl an Akkupaketen: 3,75kWh/Paket)</p>  <p>(Quelle: http://www.twike.com/de_DE/fahrzeuge/twike-3/; 04.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 239-353kg (19kg pro Akkupaket) Preis: ab 26.830€ (+4.450€ pro zusätzlichem Akkupaket) Akkukapazität: 3.750-26.250Wh Motorleistung: 3kW Reichweite: 40-560km (rein elektrischer Betrieb) Geschwindigkeit: 85km/h (L5e) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 250Liter Laderaum • 2 Sitze <p>Fahrzeuggröße: 265x120cm Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusatzantrieb bzw. –leistung durch Pedale möglich (aber nicht erforderlich) • Joysticklenkung mit Tempomat- und Rekuperationstaster • Belüftungssystem

Tabelle 68: Fahrzeugübersicht dreirädrige Kraftfahrzeuge - Twike

Zuverlässigkeit

Die in Tabelle 66 angeführten Motorroller erreichen eine maximale Reichweite von bis zu 130km. Die in Tabelle 67 gezeigten Kabinenroller legen mit einer Batterieladung Distanzen von maximal 120km zurück. Mit dem in Tabelle 68 vorgestellten Spezialfahrzeug *Twike* können bis zu 560km, bei rein elektrischem Antrieb zurückgelegt werden. Die angeführten Reichweiten sind dabei jeweils Herstellerangaben.

Wegzeit

Die Geschwindigkeiten bei den dreirädrigen Motorrollern reichen von 25km/h, für speziell für ältere Personen konzipierte Fahrzeuge, über Modelle der Klasse L2e mit 45km/h Höchstgeschwindigkeit, bis hin zu den schnelleren Fahrzeugen der Klasse L5e, welche rund 100km/h erreichen. In Kombination mit den kompakten

¹⁸⁹ Quelle: http://www.twike.com/fileadmin/twike2015/pdf/akku_info_2015_07_06.pdf (15.10.2015)

Fahrzeuggrößen sind damit Wegzeiten im Stadtverkehr im Bereich von Krafträdern bzw. PKW zu erwarten.

Komfort

Hinsichtlich Komfort weisen besonders die unter der Bezeichnung Kabinenroller angeführten Fahrzeuge Vorteile gegenüber den bisher gezeigten Fahrzeugkonzepten auf. Durch die meist geschlossene Kabine ist der Schutz vor Witterungseinflüssen gegeben. Auch der Sitzkomfort ist gegenüber Elektro-Fahrräder und Klein-/Krafträder stark verbessert. Die vorgestellten Motorroller sind bzgl. Komfort mit (Klein-)Krafträdern vergleichbar.

Transportmöglichkeit

Die meisten dreirädrigen Fahrzeuge eignen sich für den Transport von bis zu zwei Personen. Eine Ausnahme stellt das Fahrzeug *Ape Calessino* von *Piaggio* dar, welches über vier Sitze verfügt (siehe Tabelle 67). Im *Krabatt City EL* findet hingegen nur eine erwachsene Person Platz, der Laderaum kann jedoch auch als Kindersitz verwendet werden. Im Hinblick auf Gütertransport sind Kabinenroller mit Laderäumen bis über 200 Liter gegenüber dreirädrigen Motorroller mit auf rund 30-40 Liter begrenzten Laderäumen klar im Vorteil.

Zugänglichkeit

Die Zugänglichkeit dreirädriger Motorroller lässt sich, aufgrund der ähnlichen Fahrzeugabmessungen, mit jener von Krafträdern vergleichen. Die Fahrzeugabmessungen sind bei den Kabinenrollern (z.B. *Krabatt City EL*: 274x106cm bzw. *SAM EV II*: 307x158cm) im Vergleich mit PKW (z.B. *VW Polo 2014*:¹⁹⁰ 397x168cm) relativ kompakt, wodurch sich eine verbesserte Zugänglichkeit ergibt.

Kosten

Die Anschaffungskosten belaufen sich für Motorroller auf etwa 2.000-7.000€. Für die gezeigten Modelle dreirädriger Kabinenroller sind Preise zwischen 10.000€ und 25.000€ zu bezahlen. Das Fahrzeug *Twike* kostet in der Basisausführung knapp 27.000€ und zusätzliche Akkupakete gibt es für weitere 4.450€.

Je nach Bauartgeschwindigkeit weisen elektrisch betriebene dreirädrige Motorroller einen Energieverbrauch von 1,7-5,1kWh/100km auf. Wobei der untere Wert dem Verbrauch des in Tabelle 66 gezeigten Fahrzeug von „Trinity electric vehicles“ mit 25km/h Höchstgeschwindigkeit entspricht und der obere Wert jenem vom 100km/h schnellen Modell Simple F1500 von Genata. Damit ergeben sich Energiekosten von 0,34-1,01€/100km.

¹⁹⁰ Quelle: <http://de.automobiledimension.com/ahnliche-autos.php> (04.07.2015)

Der Energieverbrauch liegt bei den Kabinenrollern mit Werten zwischen 4,8 und 9,2kWh/100km etwas höher. Entsprechend dem Fahrzeuggewicht ist der untere Wert von 4,8kWh/100km jener des *Krabatt City EL* und der Höchstwert von 9,2kWh/100km jener des *Piaggio Ape Calessino*. Damit ergeben sich für dreirädrige Kabinenroller Energiekosten zwischen 0,96 und 1,83€/100km.

Das *Twike* (siehe Tabelle 68) verbraucht je nach Anzahl der eingesetzten Akkupakete zwischen 4,7 und 9,4kWh/100 Kilometer, womit sich Energiekosten zwischen 0,94 und 1,88€/100km ergeben.

3.4.1 Eignung für Nutzergruppen

Aufgrund der großen Unterschiede bei den Spezifikationen der Fahrzeugmodelle bei den Kabinenrollern werden diese, ebenso wie das in Tabelle 68 vorgestellte Sonderfahrzeug, individuell bewertet. Die offenen Motorroller dieser Fahrzeugklasse werden aufgrund ihrer Ähnlichkeit in der Bewertung zusammengefasst.

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien

Die dreirädrigen Motorroller unterscheiden sich in der Bewertung nur minimal von Kleinkrafträdern und Krafträdern. Gegenüber den Kleinkrafträdern bestehen Vorteile hinsichtlich Geschwindigkeit und Gütertransport und leichte Nachteile bzgl. Fahrzeuggröße. Verglichen mit Krafträdern weisen dreirädrige Motorroller meist geringere Anschaffungskosten auf. Wie auch bei Kleinkrafträdern und Krafträdern liegt der Schwachpunkt von dreirädrigen Motorrollern im fehlenden Witterungsschutz.

	Gewichtung	Motorroller	
Reichweite	0,69	4	2,77
Geschwindigkeit	0,15	4	0,62
Komfort	0,62	1	0,62
Gütertransport	0,69	2	1,38
Personentransport	0,69	2	1,38
Fahrzeuggröße	0,23	3	0,69
Anschaffungskosten	0,69	4	2,77
Ergebnis		20	10,23
Technische Wertigkeit		0,71	0,68

Tabelle 69: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Motorroller) – Erwerbstätige Personen Wien

Bei den dreirädrigen Kabinenrollern schneidet das vorgestellte Modell von *Piaggio* am besten ab. Die Fahrzeuge von *SAM* und *Krabatt* liegen jedoch nur knapp dahinter. Etwas weiter zurück, aber dennoch als gute Lösung anzusehen, liegt das *Twike*. Betrachtet man die Gesamtpunktezahl des Ergebnisses liegen *SAM*, *Piaggio* und *Krabatt* gleichauf und das *Twike* knapp dahinter. Unterschiede ergeben sich erst durch die Gewichtung der Bewertungskriterien. Entscheidend für das gute Abschneiden des Modells von *Piaggio* ist besonders die Höchstpunktzahl beim Personentransport verbunden mit der dort hohen Gewichtung. Bei den Anschaffungskosten schneiden, mit Ausnahme vom etwas preiswerteren *Krabatt*, alle Fahrzeuge schlecht ab.

	Gewichtung	SAM: EV II		Piaggio: Ape Calessino		Krabatt: City EL		Twike: Twike 3	
Reichweite	0,69	4	2,77	4	2,77	4	2,77	4	2,77
Geschwindigkeit	0,15	4	0,62	3	0,46	4	0,62	4	0,62
Komfort	0,62	4	2,46	3	1,85	3	1,85	3	1,85
Gütertransport	0,69	4	2,77	4	2,77	4	2,77	4	2,77
Personentransport	0,69	2	1,38	4	2,77	1	0,69	2	1,38
Fahrzeuggröße	0,23	1	0,23	2	0,46	2	0,46	2	0,46
Anschaffungskosten	0,69	1	0,69	0	0,00	2	1,38	0	0,00
Ergebnis		20	10,92	20	11,08	20	10,54	19	9,85
Technische Wertigkeit		0,71	0,72	0,71	0,73	0,71	0,70	0,68	0,65

Tabelle 70: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Kabinenroller) – Erwerbstätige Personen Wien

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien

Für diese Nutzergruppe liegen die dreirädrigen Motorroller etwa im Bereich der Krafträder und deutlich vor den Kleinkrafträdern. Vorteile sind hier vor allem die Fahrzeuggeschwindigkeit und die relativ geringen Anschaffungskosten. Ansonsten gelten ähnliche Überlegungen wie für erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien.

	Gewichtung	Motorroller	
Reichweite	0,77	4	3,08
Geschwindigkeit	0,54	3	1,62
Komfort	0,62	1	0,62
Gütertransport	0,54	2	1,08
Personentransport	0,54	2	1,08
Fahrzeuggröße	0,31	3	0,92
Anschaffungskosten	0,46	4	1,85
Ergebnis		19	10,23
Technische Wertigkeit		0,68	0,68

Tabelle 71: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Motorroller) – Erwerbstätige Personen Wiener Umland

Für nach Wien pendelnde Personen schneidet das Fahrzeug von *Piaggio* aufgrund der vergleichsweise niedrigen Geschwindigkeit schlechter ab als für in Wien lebende, erwerbstätige Personen. Die Abzüge bei der Geschwindigkeit sind bei den übrigen Modellen mit Höchstwerten zwischen 63 und 90km/h deutlich geringer. Die Fahrzeuge von *SAM*, *Krabatt* und *Twike* sind in etwa gleich auf und mit technischen Wertigkeiten um 0,7 als gute Lösungen für das Mobilitätsbedürfnis dieser Nutzergruppe anzusehen.

	Gewichtung	SAM: EV II		Piaggio: Ape Calessino		Krabatt: City EL		Twike: Twike 3	
Reichweite	0,77	3	2,31	2	1,54	4	3,08	4	3,08
Geschwindigkeit	0,54	3	1,62	1	0,54	3	1,62	3	1,62
Komfort	0,62	4	2,46	3	1,85	3	1,85	3	1,85
Gütertransport	0,54	4	2,15	4	2,15	4	2,15	4	2,15
Personentransport	0,54	2	1,08	4	2,15	1	0,54	2	1,08
Fahrzeuggröße	0,31	1	0,31	2	0,62	2	0,62	2	0,62
Anschaffungskosten	0,46	1	0,46	0	0,00	2	0,92	0	0,00
Ergebnis		18	10,38	16	8,85	19	10,77	18	10,38
Technische Wertigkeit		0,64	0,69	0,57	0,59	0,68	0,71	0,64	0,69

Tabelle 72: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Kabinenroller) – Erwerbstätige Personen Wiener Umland

Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien

Die analytische Fahrzeugbewertung für im Haushalt tätige Personen liefert gute Ergebnisse für dreirädrige Motorroller, wobei die relativ hoch gewichteten Kriterien Komfort (Witterungsschutz) und Transportfähigkeit eher niedrige Bewertungen erhalten. Die Eignung für den Transport von Kindern, Kleinkindern und Babys ist als eher schwierig bzw. nicht praktikabel einzuschätzen.

	Gewichtung	Motorroller	
Reichweite	0,77	4	3,08
Geschwindigkeit	0,31	4	1,23
Komfort	0,69	1	0,69
Gütertransport	0,54	2	1,08
Personentransport	0,54	2	1,08
Fahrzeuggröße	0,38	3	1,15
Anschaffungskosten	0,54	4	2,15
Ergebnis		20	10,46
Technische Wertigkeit		0,71	0,69

Tabelle 73: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Motorroller) – Im Haushalt tätige Personen Wien

Dreirädrige Kabinenroller erreichen in der analytischen Bewertung für im Haushalt tätige Personen mit technischen Wertigkeiten zwischen 0,67 und 0,76 gute Ergebnisse. Hier sorgen besonders die Anschaffungskosten für Punktabzüge in der Bewertung. Gegenüber den kompakteren Fahrzeugkonzepten, wie z.B. Elektrofahrräder oder (Klein-)Krafträder, ist die Zugänglichkeit etwas schlechter einzustufen und somit niedriger zu bewerten.

	Gewichtung	SAM: EV II		Piaggio: Ape Calessino		Krabatt: City EL		Twike: Twike 3	
Reichweite	0,77	4	3,08	4	3,08	4	3,08	4	3,08
Geschwindigkeit	0,31	4	1,23	3	0,92	4	1,23	4	1,23
Komfort	0,69	4	2,77	3	2,08	3	2,08	3	2,08
Gütertransport	0,54	2	1,08	4	2,15	4	2,15	4	2,15
Personentransport	0,54	2	1,08	4	2,15	2	1,08	2	1,08
Fahrzeuggröße	0,38	1	0,38	2	0,77	2	0,77	2	0,77
Anschaffungskosten	0,54	1	0,54	0	0,00	2	1,08	0	0,00
Ergebnis		18	10,15	20	11,15	21	11,46	19	10,38
Technische Wertigkeit		0,64	0,67	0,71	0,74	0,75	0,76	0,68	0,69

Tabelle 74: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Kabinenroller) – Im Haushalt tätige Personen Wien

Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen

Für ältere Personen sind dreirädrige Motorroller gemäß der durchgeführten Bewertung gut geeignet. Vorteile gegenüber den vergleichbaren zweirädrigen Fahrzeugen sind vor allem in der verbesserten Ergonomie zu sehen. In den übrigen Punkten gibt es kaum Unterschiede.

	Gewichtung	Motorroller	
Reichweite	0,73	4	2,93
Geschwindigkeit	0,13	4	0,53
Fahrkomfort	0,73	2	1,47
Gütertransport	0,67	4	2,67
Personentransport	0,47	2	0,93
Fahrzeuggröße	0,33	3	1,00
Anschaffungskosten	0,20	4	0,80
Ergebnis		23	10,33
Technische Wertigkeit		0,82	0,79

Tabelle 75: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Motorroller) – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien

Mit technischen Wertigkeiten zwischen 0,76 und 0,82 stellen dreirädrige Kabinenroller durchaus sehr gute Lösungen für das Mobilitätsverhalten älterer Personen dar. Dies ist auf die, verglichen mit den anderen Nutzergruppen, geringe Gewichtung der niedrig bewerteten Kriterien Fahrzeuggröße und Anschaffungskosten zurückzuführen. Die übrigen Anforderungen werden von den Fahrzeugen durchwegs gut erfüllt.

	Gewichtung	SAM: EV II		Piaggio: Ape Calessino		Krabatt: City EL		Twike: Twike 3	
Reichweite	0,73	4	2,93	4	2,93	4	2,93	4	2,93
Geschwindigkeit	0,13	4	0,53	3	0,40	4	0,53	4	0,53
Fahrkomfort	0,73	4	2,93	3	2,20	3	2,20	3	2,20
Gütertransport	0,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67
Personentransport	0,47	2	0,93	4	1,87	1	0,47	2	0,93
Fahrzeuggröße	0,33	1	0,33	2	0,67	2	0,67	2	0,67
Anschaffungskosten	0,20	1	0,20	0	0,00	2	0,40	0	0,00
Ergebnis		20	10,53	20	10,73	20	9,87	19	9,93
Technische Wertigkeit		0,71	0,81	0,71	0,82	0,71	0,76	0,68	0,76

Tabelle 76: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Kabinenroller) – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien

3.5 Vierrädrige (Leicht-)Kraftfahrzeuge (L6e bzw. L7e)

Diese Kategorie umfasst vierrädrige (Leicht-)Kraftfahrzeuge. Fahrzeuge mit einem Leergewicht unter 350kg (ohne Batterie) zählen, sofern die Motorleistung 4kW oder die Bauartgeschwindigkeit 45km/h nicht übersteigt, zu den vierrädrigen Leichtkraftfahrzeugen (L6e). Diese können mit einer Lenkberechtigung der Klasse AM bereits ab einem Mindestalter von 15 Jahren gefahren werden. Übersteigt die Bauartgeschwindigkeit die 45km/h Grenze, wird von vierrädrigen Kraftfahrzeugen, die nicht unter L6e fallen, gesprochen. Die Nutzleistung ist hier mit 15kW begrenzt und die Leermasse (ohne Batterie) darf maximal 400kg, bzw. 550kg für Fahrzeuge die zur Güterbeförderung bestimmt sind, betragen (siehe Tabelle 42). Für Fahrzeuge der Kategorie L7e ist eine Lenkberechtigung der Klasse B erforderlich (Mindestalter: 18 Jahre bzw. 17 Jahre mit L17).¹⁹¹ Es gibt unterschiedliche Fahrzeugkonzepte, die in die Klasse der vierrädrigen (Leicht-)Kraftfahrzeuge einzuordnen sind. Zunächst werden in Tabelle 77 Fahrzeuge unter der Bezeichnung Kleinst-PKW vorgestellt, die

¹⁹¹ Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (o.J. b)

aufgrund ihrer äußeren Form an konventionelle PKW erinnern. Hier gibt es sowohl Modelle, die in die Kategorie L7e fallen und eine Lenkberechtigung der Klasse B erfordern, als auch solche die mit einer Lenkberechtigung der Klasse AM schon ab 15 Jahren gefahren werden können (L6e).

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p>Aixam: Coupé e/City e</p>  <p>(Quelle: http://www.mon-aixam-electrique.com/en/e-aixam-choices; 13.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 460/470kg Preis: 17.708/14.999€ (Netto) Akkukapazität: 6.100Wh Motorleistung: 4kW Reichweite: 75km Geschwindigkeit: 45km/h (L6e) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 800/700Liter Laderaum • 250/240kg Zuladung • 2 Sitze <p>Fahrzeuggröße:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 304x150cm bzw. 276x150cm <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viele Ausstattungsoptionen
<p>Kamoo: Smile</p>  <p>(Quelle: http://www.kamoo.ch/fahrzeuge/kamoo-smile; 13.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 450kg Preis: ab ca. 27.600€ (zzgl. 230€/Monat Batteriemiete) Akkukapazität: 8.400Wh Motorleistung: 15kW Reichweite: 100km Geschwindigkeit: 110km/h (L7e) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 200kg Nutzlast • 2 Sitze <p>Fahrzeuggröße: 250x140cm Anmerkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit optionaler Batterieerweiterung bis zu 200km Reichweite möglich
<p>Tazzari: Zero EM1</p>  <p>(Quelle: http://www.tazzari-zero.com/index.html; 13.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 542kg Preis: 24.800€ (Netto) Akkukapazität: 16.000Wh Motorleistung: 15kW Reichweite: 170km (Test im Stadtzyklus) Geschwindigkeit: 100km/h (L7e) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 180Liter Laderaum • 150kg Nutzlast • 2 Sitze <p>Fahrzeuggröße: 288x156cm</p>

Tabelle 77: Fahrzeugübersicht vierrädrige Leicht-KFZ (L6e, L7e) – Kleinst-PKW

Ein weiteres Fahrzeugkonzept der Kategorie der vierrädrigen (Leicht-)Kraftfahrzeuge sind die in Tabelle 78 als Kabinenroller vorgestellten Fahrzeuge. Die meisten dieser Modelle sind in die Kategorie L6e einzuordnen, wobei auch leistungsstarke Varianten mit Geschwindigkeiten bis 80km/h existieren (Bsp.: *Renault Twizy*).

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p><i>Renault: Twizy Life/Cargo</i></p>  <p>(Quelle: http://www.renault.at/neuwagen/zelektrofahrzeuge/twizy/twizy-ph2/#highlights; 13.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 562kg Preis: ab 7.150€ (zzgl. 50€/Monat Batteriemiete) Akkukapazität: 6.100Wh Motorleistung: 8kW Reichweite: 100km Geschwindigkeit: 80km/h (L7e) (auch als 45km/h Variante erhältlich) Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 180 Liter Laderaum (Cargo) • 75kg Nutzlast • Life: 2 Sitze; Cargo: 1 Sitz <p>Fahrzeuggröße: 234x140cm Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viele Ausstattungsoptionen
<p><i>Ducati: FreeDUck Basic/Van</i></p>  <p>(Quelle: http://www.freeduck.it/en/page/freeduck4; 25.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 220kg Preis: 7.199/7.499€ Akkukapazität: 4.032Wh Motorleistung: 4kW Reichweite: 45km Geschwindigkeit: 45km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 180/300 Liter Laderaum • 200kg Nutzlast • 2 Sitze <p>Fahrzeuggröße: 176x100cm</p>
<p><i>Estrima: Biro Standard</i></p>  <p>(Quelle: http://www.estrime.com/de/biro/#section_biro-free-to-move; 25.08.2015)</p>	<p>Gewicht: 370kg Preis: 8.990€ Akkukapazität: 4.800Wh Motorleistung: 4kW Reichweite: 50km Geschwindigkeit: 45km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 84 Liter Laderaum (+90 Liter optional) • 2 Sitze <p>Fahrzeuggröße: 174x103cm Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterie als Trolley entnehmbar • Breitere Reifen optional

Tabelle 78: Fahrzeugübersicht vierrädrige Leicht-KFZ (L6e, L7e) – Kabinenroller

Ein weiteres Fahrzeugkonzept, dass in die Kategorie der vierrädrigen Leichtkraftfahrzeuge einzuordnen ist, stellen die in Tabelle 79 gezeigten, als „Golfcarts“ bezeichneten Fahrzeuge dar. Sie unterscheiden sich von den Kabinenrollern vor allem durch die etwas größeren Dimensionen und die in den Standardausführungen meist seitlich offenen Fahrerinnenkabinen.

Hersteller/Modell	Eigenschaften
<p><i>Italcar</i>: Verschiedene Modelle (L7e): ATTIVA NEV: C2C.4 - 2P+BOX L4C.4 - 4P+BOX L6S.4 - 6P</p>  <p>(Quelle: http://www.italcar.com/; 01.09.2015)</p>	<p>Gewicht: k.A. Preis: ca. 12.000€ Akkukapazität: 11.040Wh Motorleistung: 5kW Reichweite: 80km Geschwindigkeit: 45km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Box: ca. 250Liter • 2-6 Sitze <p>Fahrzeuggröße:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 285x120cm (C2C.4 - 2P+BOX) • 363x120cm (L4C.4 - 4P+BOX; L6S.4 - 6P) <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seitlicher Regenschutz optional
<p><i>GEM</i>: eS/e4</p>  <p>(Quelle: http://www.gemelectriccars.co.uk/electric-cars.php; 10.09.2015)</p>	<p>Gewicht: 355/395kg Preis: ca. 13.000/15.000€ Akkukapazität: k.A. Motorleistung: k.A. Reichweite: 48km Geschwindigkeit: 48km/h Transportmöglichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 800Liter (eS - optional) • 298/275kg Nutzlast • 2/4 Sitze <p>Fahrzeuggröße:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 282x140cm (eS) • 325x140cm (e4) <p>Besonderheiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Großer Laderaum (eS) • Türen optional erhältlich <p>Anmerkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Weitere Modelle und Aufbauten erhältlich

Tabelle 79: Fahrzeugübersicht vierrädrige Leicht-KFZ (L6e, L7e) - Golfcarts

Zuverlässigkeit

Mit den unter Kleinst-PKW vorgestellten Fahrzeugen aus Tabelle 77 können Distanzen von 75 bis 170km zurückgelegt werden. Die in Tabelle 78 angeführten Kabinenroller schaffen Entfernungen von 45 bis 100km und Golfcarts weisen Reichweiten von bis zu 80km auf (siehe Tabelle 79).

Wegzeit

Die reine Fahrtzeit dürfte für die gezeigten vierrädrigen (Leicht-)Kraftfahrzeuge im Stadtverkehr aufgrund der für eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 18,2km/h im motorisierten Individualverkehr ausreichenden Geschwindigkeit von 45km/h (Klasse L6e) bzw. 80-110km/h (Klasse L7e) in etwa im Bereich konventioneller PKW liegen. Für längere Distanzen sind die Fahrzeuge der Klasse L7e mit höheren Geschwindigkeiten hinsichtlich Wegzeit im Vorteil gegenüber den auf 45km/h begrenzten Modellen der Klasse L6e. Inwiefern sich die Wegzeit aufgrund kürzeren Zu- und Abgangszeiten, durch die kompakten Fahrzeugdimensionen, verringert kann hier nicht abgesehen werden.

Komfort

In Punkto Komfort (Sitzkomfort, Wetterschutz, etc.) sind die gezeigten Fahrzeugkonzepte dieser Kategorie wohl gegenüber den meisten bisher gezeigten Fahrzeugen im Vorteil und durchaus mit konventionellen PKW vergleichbar, auch wenn die Fülle an Ausstattungsoptionen wohl etwas geringer ausfällt.

Transportmöglichkeit

In Sachen Gütertransport können sowohl Kleinst-PKW, wie auch Golfcarts mit Laderäume von bis zu 800 Liter aufzeigen. Bei den Kabinenrollern beläuft sich der Stauraum auf etwa 80 bis 300 Liter. Kleinst-PKW und Kabinenroller sind meist mit zwei Sitzen ausgestattet, wohingegen in Golfcarts bis zu sechs Personen Platz finden.

Zugänglichkeit

Hinsichtlich Zugänglichkeit haben Kabinenroller mit ihren kompakten Abmessungen einen Vorteil gegenüber den anderen Fahrzeugen dieser Kategorie und auch gegenüber konventionellen PKW. Sie sind nur geringfügig größer als einspurige Motorroller und passen somit auch in kleine Parklücken. Aber auch die vorgestellten Kleinst-PKW aus Tabelle 77 sind mit Fahrzeuglängen von 250 bis 304cm und Breiten von 140 bis 156cm kleiner als herkömmlichen Kleinfahrzeuge (z.B. *VW Polo* 2014:¹⁹² 397cm x 168cm). Golfcarts können vor allem mit geringer Breite (120-140cm)

¹⁹² Quelle: <http://de.automobiledimension.com/ahnliche-autos.php> (04.07.2015)

punkten. Die Fahrzeuglängen liegen je nach Modell und abhängig von der Anzahl der Sitze zwischen 282 und 363cm.

Kosten

Die Anschaffungskosten für elektrisch betriebene Kleinst-PKW belaufen sich für die in Tabelle 77 gezeigten Fahrzeuge im Bereich von rund 15.000€ bis 18.000€ (L6e) bzw. zwischen 25.000€ und 28.000€ (L7e). Kabinenroller sind für rund 7.000€ bis 9.000€ erhältlich und die in Tabelle 79 vorgestellten Golfcarts bewegen sich preislich zwischen 12.000€ und 15.000€.

Die Energiekosten betragen für Kleinst-PKW mit einem Energieverbrauch von 8,1-9,4kWh/100km etwa 1,63-1,88€/100km. Gegenüber konventionellen PKW lassen sich somit rund 7,10-7,35€/100km (ggü. Diesel-PKW) bzw. 8,94-9,19€/100km (ggü. Benzin-PKW) einsparen. Bei Kabinenrollern mit Energieverbräuchen von 6,1-9,6kWh/100km ergeben sich Energiekosten von 1,22-1,92€/100km und dadurch Einsparungen von 7,06-7,76€/100km (ggü. Diesel-PKW) bzw. 8,90-9,60€/100km (ggü. Benzin-PKW). Aufgrund fehlender Informationen bzgl. Energieverbrauch und Akkukapazitäten können für die gezeigten Golfcarts keine Aussagen über deren Energiekosten gemacht werden.

3.5.1 Eignung für Nutzergruppen

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien

Alle in diesem Abschnitt vorgestellten Fahrzeugkonzepte stellen sich in der Bewertung als gute Lösungen für das Mobilitätsbedürfnis erwerbstätiger Personen in Wien heraus. Besonders hervorzuheben sind hier Kabinenroller, welche mit einer technischen Wertigkeit von über 0,8 sogar als sehr gute Lösungen zu betrachten sind. Diese sind, sofern sie der Klasse L6e angehören, bereits für Personen ab 15 Jahren geeignet. Wie auch schon bei den dreirädrigen Fahrzeugen ist auch hier der Anschaffungspreis das Bewertungskriterium mit dem niedrigsten Wert (Ausnahme Kabinenroller).

	Gewichtung	Kleinst-PKW (L6e)		Kleinst-PKW (L7e)		Kabinenroller		Golfcart	
Reichweite	0,69	4	2,77	4	2,77	4	2,77	4	2,77
Geschwindigkeit	0,15	3	0,46	4	0,62	4	0,62	3	0,46
Komfort	0,62	4	2,46	4	2,46	3	1,85	2	1,23
Gütertransport	0,69	4	2,77	4	2,77	4	2,77	4	2,77
Personentransport	0,69	2	1,38	2	1,38	2	1,38	4	2,77
Fahrzeuggröße	0,23	2	0,46	1	0,23	3	0,69	1	0,23
Anschaffungskosten	0,69	1	0,69	0	0,00	3	2,08	1	0,69
Ergebnis		20	11,00	19	10,23	23	12,15	19	10,92
Technische Wertigkeit		0,71	0,73	0,68	0,68	0,82	0,81	0,68	0,72

Tabelle 80: Analytische Fahrzeugbewertung vierrädrige Leicht-KFZ – Erwerbstätige Personen Wien

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien

Für erwerbstätige Personen die aus dem Wiener Umland nach Wien pendeln fällt das Ergebnis der Bewertung der Kabinenroller aufgrund der geringen Geschwindigkeit etwas schlechter aus als bei den in Wien lebenden Erwerbstätigen. Hier erweisen sich Kleinst-PKW der Klasse L7e als vorteilhaft, da sie eine für die längeren Distanzen erforderliche höhere Geschwindigkeit aufweisen. Die gezeigten Kleinst-PKW der Klasse L6e stellen hingegen, ebenso wie Golfcarts, weniger gute Lösungen für das Mobilitätsbedürfnis dieser Nutzergruppe dar.

	Gewichtung	Kleinst-PKW (L6e)		Kleinst-PKW (L7e)		Kabinenroller		Golfcart	
Reichweite	0,77	2	1,54	4	3,08	3	2,31	2	1,54
Geschwindigkeit	0,54	1	0,54	4	2,15	2	1,08	1	0,54
Komfort	0,62	4	2,46	4	2,46	3	1,85	2	1,23
Gütertransport	0,54	4	2,15	4	2,15	4	2,15	4	2,15
Personentransport	0,54	2	1,08	2	1,08	2	1,08	4	2,15
Fahrzeuggröße	0,31	2	0,62	1	0,31	3	0,92	1	0,31
Anschaffungskosten	0,46	1	0,46	0	0,00	3	1,38	1	0,46
Ergebnis		16	8,85	19	11,23	20	10,77	15	8,38
Technische Wertigkeit		0,57	0,59	0,68	0,74	0,71	0,71	0,54	0,56

Tabelle 81: Analytische Fahrzeugbewertung vierrädrige Leicht-KFZ – Erwerbstätige Personen Wiener Umland

Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien

Bei den im Haushalt tätigen Personen erzielen Kabinenroller das beste Ergebnis in der analytischen Fahrzeugbewertung dieser Fahrzeugklasse und erweisen sich mit einer technischen Wertigkeit von 0,82 als sehr gute Lösung für die Anforderungen dieser Nutzergruppe. Aber auch die anderen Fahrzeugtypen stellen durchwegs gute Lösungen für das Mobilitätsbedürfnis dieser Nutzergruppe dar. Als einziges Fahrzeugkonzept können Golfcarts die Höchstpunktezahl in der relativ hoch gewichteten Kategorie Personentransport erreichen.

	Gewichtung	Kleinst-PKW (L6e)		Kleinst-PKW (L7e)		Kabinenroller		Golfcart	
Reichweite	0,77	4	3,08	4	3,08	4	3,08	4	3,08
Geschwindigkeit	0,31	3	0,92	4	1,23	4	1,23	3	0,92
Komfort	0,69	4	2,77	4	2,77	3	2,08	2	2,08
Gütertransport	0,54	4	2,15	4	2,15	4	2,15	4	2,15
Personentransport	0,54	2	1,08	2	1,08	2	1,08	4	2,15
Fahrzeuggröße	0,38	2	0,77	1	0,38	3	1,15	1	0,38
Anschaffungskosten	0,54	1	0,54	0	0,00	3	1,62	1	0,54
Ergebnis		20	11,31	19	10,69	23	12,38	19	10,62
Technische Wertigkeit		0,71	0,75	0,68	0,71	0,82	0,82	0,68	0,70

Tabelle 82: Analytische Fahrzeugbewertung vierrädrige Leicht-KFZ – Im Haushalt tätige Personen Wien

Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen

Für das aus dem Mobilitätsbedürfnis abgeleitete Anforderungsprofil von älteren Personen erweisen sich die gezeigten Fahrzeugkonzepte dieser Kategorie als gute bis sehr gute Lösungen. Dabei erzielen Kabinenroller das beste Ergebnis, gefolgt von Kleinst-PKW und Golfcarts.

	Gewichtung	Kleinst-PKW (L6e)		Kleinst-PKW (L7e)		Kabinenroller		Golfcart	
Reichweite	0,73	4	2,93	4	2,93	4	2,93	4	2,93
Geschwindigkeit	0,13	3	0,40	4	0,53	4	0,53	3	0,40
Komfort	0,73	4	2,93	4	2,93	3	2,20	2	1,47
Gütertransport	0,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67
Personentransport	0,47	2	0,93	2	0,93	2	0,93	4	1,87
Fahrzeuggröße	0,33	2	0,67	1	0,33	3	1,00	1	0,33
Anschaffungskosten	0,20	1	0,20	0	0,00	3	0,60	1	0,20
Ergebnis		20	10,73	19	10,33	23	10,87	19	9,87
Technische Wertigkeit		0,71	0,82	0,68	0,79	0,82	0,83	0,68	0,76

Tabelle 83: Analytische Fahrzeugbewertung vierrädrige Leicht-KFZ – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien

3.6 Übersicht der Fahrzeugbewertung

Im folgenden Abschnitt wird das Ergebnis der analytischen Fahrzeugbewertung aller Fahrzeugkategorien für die verschiedenen Nutzergruppen noch einmal zusammengefasst und die Fahrzeugkonzepte entsprechend der erreichten technischen Wertigkeit gereiht.

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien

Für erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien erweisen sich vierrädrige Kabinenroller als am besten geeignet, um das Mobilitätsbedürfnis zu befriedigen. Mit einer technischen Wertigkeit von 0,81 stellen sie sehr gute Lösungen für die Anforderungen dieser Nutzergruppe dar. Mit einer technischen Wertigkeit von 0,73 folgen Velomobile, dreirädrige Kabinenroller (*Piaggio*), Kleinkraftrad Transporter und Kleinst-PKW (Klasse L6e). Auch die übrigen vorgestellten Fahrzeugtypen erweisen sich als gut für erwerbstätige Personen in Wien geeignet. Einzig die am Ende der Fahrzeugbewertung liegenden E-Bikes, Pedelecs und fahrradähnlichen Fahrzeuge, sind mit technischen Wertigkeiten unter 0,6 weniger gut geeignet (siehe Tabelle 84).

Fahrzeugtyp bzw. -klasse	Technische Wertigkeit
Vierrädrige Kabinenroller	0,81
Velomobile	0,73
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Piaggio</i>	0,73
Kleinkraftrad Transporter	0,73
Kleinst-PKW (L6e)	0,73
Dreirädrige Kabinenroller - <i>SAM</i>	0,72
Golfcarts	0,72
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Krabatt</i>	0,70
Dreirädrige Motorroller	0,68
Kleinst-PKW (L7e)	0,68
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Twike</i>	0,65
Kleinkrafträder	0,64
E-Lastenräder	0,62
Krafträder	0,59
E-Bikes	0,58
Pedelecs	0,54
Fahrradähnliche Fahrzeuge	0,54

Tabelle 84: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Erwerbstätige Personen Wien

Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien

Bei den erwerbstätigen Personen, die aus dem Wiener Umland nach Wien pendeln, liegen die Kleinst-PKW (Klasse L7e) an der Spitze der Reihung, mit vierrädrigen Kabinenrollern auf Platz zwei, gefolgt von den dreirädrigen Kabinenrollern von *Krabatt*, *SAM* und *Twike*. Auch hier liegen Elektro-Fahrräder, mit Ausnahme von Velomobilen, am unteren Ende der Fahrzeugbewertung. Insgesamt ergibt die Fahrzeugbewertung im Vergleich zu den in Wien wohnhaften Erwerbstätigen für aus dem Wiener Umland einpendelnde Erwerbstätige etwas niedrigere Werte (siehe Tabelle 85).

Fahrzeugtyp bzw. -klasse	Technische Wertigkeit
Kleinst-PKW (L7e)	0,74
Vierrädrige Kabinenroller	0,71
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Krabatt</i>	0,71
Dreirädrige Kabinenroller - <i>SAM</i>	0,69
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Twike</i>	0,69
Dreirädrige Motorroller	0,68
Krafträder	0,65
Velomobile	0,63
Kleinkraftrad Transporter	0,61
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Piaggio</i>	0,59
Kleinst-PKW (L6e)	0,59
Golfcarts	0,56
Kleinkrafträder	0,54
E-Bikes	0,49
Pedelecs	0,45
E-Lastenräder	0,42
Fahrradähnliche Fahrzeuge	0,39

Tabelle 85: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Erwerbstätige Personen Wiener Umland

Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien

Für im Haushalt tätige Personen in Wien erweisen sich vierrädrige Kabinenroller, der dreirädrige Kabinenroller von *Krabatt*, sowie Kleinst-PKW (Klasse L6e) als am besten geeignet, wobei einzig die vierrädrigen Kabinenroller eine technische Wertigkeit über 0,8 erreichen und somit als sehr gute Lösungen anzusehen sind. Die anderen in dieser Arbeit vorgestellten Fahrzeugkonzepte, mit Ausnahme der fahrradähnlichen Fahrzeuge, erweisen sich, mit technischen Wertigkeiten über 0,6 als gute Lösungen für das Mobilitätsbedürfnis dieser Nutzergruppe (siehe Tabelle 86).

Fahrzeugtyp bzw. –klasse	Technische Wertigkeit
Vierrädrige Kabinenroller	0,82
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Krabatt</i>	0,76
Kleinst-PKW (L6e)	0,75
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Piaggio</i>	0,74
Kleinkraftrad Transporter	0,73
Kleinst-PKW (L7e)	0,71
Golfcarts	0,70
Velomobile	0,69
Dreirädrige Motorroller	0,69
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Twike</i>	0,69
E-Lastenräder	0,68
E-Bikes	0,68
Dreirädrige Kabinenroller - <i>SAM</i>	0,67
Kleinkrafträder	0,66
Pedelecs	0,63
Krafträder	0,62
Fahrradähnliche Fahrzeuge	0,59

Tabelle 86: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Im Haushalt tätige Personen Wien

Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen

Für im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen erweisen sich, gemäß der durchgeführten analytischen Fahrzeugbewertung, alle vorgestellten Fahrzeugkonzepte als geeignet, um die aus dem Mobilitätsszenario abgeleiteten Anforderungen zu befriedigen. Am besten geeignet sind mit technischen Wertigkeiten über bzw. um 0,8 vierrädrige und dreirädrige Kabinenroller, sowie Kleinst-PKW der Klasse L6e (siehe Tabelle 87).

Fahrzeugtyp bzw. –klasse	Technische Wertigkeit
Vierrädrige Kabinenroller	0,83
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Piaggio</i>	0,82
Kleinst-PKW (L6e)	0,82
Dreirädrige Kabinenroller - <i>SAM</i>	0,81
Dreirädrige Motorroller	0,79
Kleinst-PKW (L7e)	0,79
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Twike</i>	0,76
Golfcarts	0,76
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Krabatt</i>	0,76
Kleinkraftrad Transporter	0,71
E-Bikes	0,70
Fahrradähnliche Fahrzeuge	0,70
Krafträder	0,70
Kleinkrafträder	0,70
E-Lastenräder	0,65
Pedelecs	0,65
Velomobile	0,61

Tabelle 87: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien

4 Einsparungspotenzial Treibhausgas (THG) – Emissionen

Ein wesentlicher Vorteil, den elektrisch betriebene Fahrzeuge gegenüber konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor aufweisen, liegt in der lokalen Emissionsfreiheit hinsichtlich klimawirksamer Treibhausgase. Der Nutzungsphase vorgelagert fallen jedoch Emissionen bei der Produktion, der Rohstoffgewinnung und der Energiebereitstellung an. Für einen Vergleich der Fahrzeugkonzepte müssen auch diese Phasen im Produktlebenszyklus berücksichtigt werden. Aus diesem Grund werden in den folgenden Kapiteln die gesamten THG-Emissionen von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen abgeschätzt und mit jenen von konventionellen Antriebssystemen verglichen.

In der Analyse klimarelevanter Emissionen werden Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffoxid (N_2O), Hydrierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC, HFCKW), Perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF_6) als Treibhausgase (THG) bezeichnet und entsprechend ihrer Wirkung in der Atmosphäre gewichtet und unter dem Begriff CO_2 -Äquivalente ($\text{CO}_{2\text{-eq}}$) summiert.

Um Aussagen über die Umweltauswirkungen eines Fahrzeugs treffen zu können, muss dessen gesamter Produktlebenszyklus betrachtet werden. Dieser umfasst die Phasen Rohstoffgewinnung, Fahrzeugherstellung, Produktnutzung und Entsorgung bzw. Nachnutzung. In der Produktnutzungsphase ist zudem die erforderliche Energiebereitstellung (Kraftstoff bzw. Strom) zu berücksichtigen. Zwischen den einzelnen Phasen fallen jeweils mit Emissionen verbundene Transportwege an. Abbildung 30 zeigt schematisch den Produktlebenszyklus von Fahrzeugen und die darin enthaltenen Phasen.

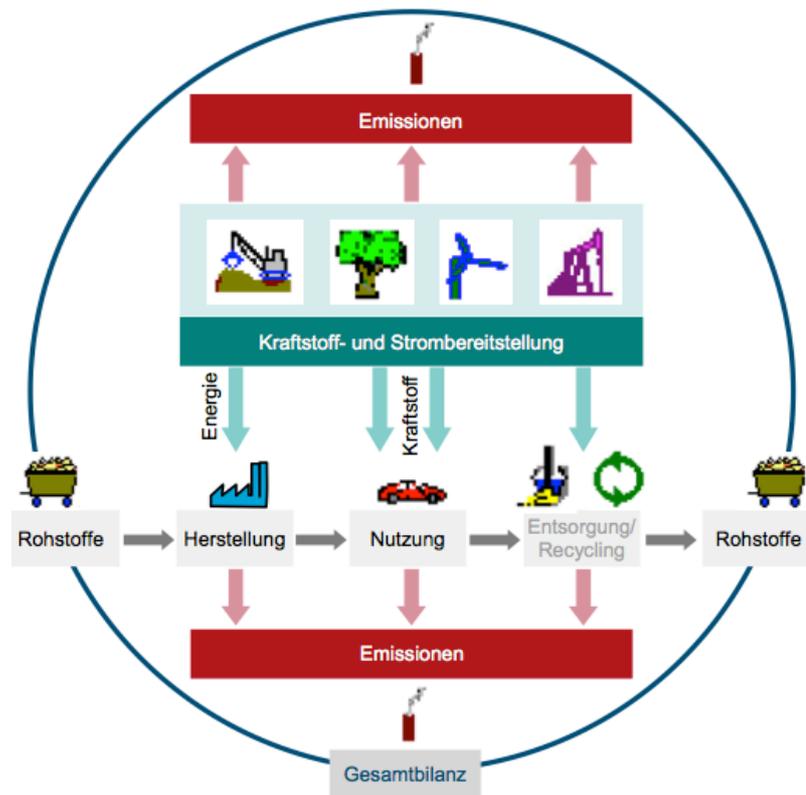


Abbildung 30: Produktlebenszyklus für Kraftfahrzeuge¹⁹³

4.1 Lebenszyklusanalyse – Referenzfahrzeuge

Da die Erstellung einer detaillierten Lebenszyklusanalyse für alle in den vorigen Kapiteln gezeigten Fahrzeugkonzepte den Rahmen dieser Arbeit überschreiten würde, wird hier, für die Abschätzung der Treibhausgas-Emissionen von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen, auf bestehende Studien zurückgegriffen. Dabei wird besonders auf gleiche Systemgrenzen und Rahmenbedingungen geachtet, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Als Hauptquelle wird auf die Studie „Ökobilanz alternativer Antriebe – Elektrofahrzeuge im Vergleich“¹⁹⁴ des Umweltbundesamts zurückgegriffen, welche vereinzelt durch Daten aus anderen Quellen ergänzt wird. Die Ergebnisse der herangezogenen Studien dienen als Basis für Aussagen über die Umweltauswirkung elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge.

In der Lebenszyklusanalyse werden die Phasen Fahrzeugherstellung, sowie der damit verbundene Materialeinsatz, die Produktnutzung und die Energiebereitstellung (Kraftstoff und Strom) berücksichtigt. Aufgrund fehlender Daten- und Informationsgrundlage zu Recycling- und Entsorgungsverfahren von Akkumulatoren wird dieser Bereich des Lebenszyklus nicht betrachtet. Eine mögliche verlängerte Nutzung der Fahrzeuge, welche sich positiv auf das Ergebnis auswirken würde, liegt ebenfalls außerhalb der Betrachtungsgrenzen.

¹⁹³ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

¹⁹⁴ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

4.1.1 Fahrzeugherstellung

Durch die grundlegenden Unterschiede der Antriebsart werden einige Komponenten, die für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor erforderlich sind, bei Elektrofahrzeugen obsolet, bzw. müssen stark modifiziert oder durch andere ersetzt werden. Tabelle 88 gibt einen Überblick über die geänderte Fahrzeugzusammensetzung von Elektrofahrzeugen gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.

obsolete Komponenten	stark modifiziert	neue Komponenten
Verbrennungsmotor	Getriebe	Elektromotor
Tanksystem	Radaufhängung	Leistungselektronik
Einspritzanlage	Kraftübertragung	Batteriesystem
Kupplung	Klimaanlage/Heizung	
Abgasanlage	Kühlwasserpumpe	
Nebenaggregate (Ölpumpe, Turbolader, etc.)	Wärmedämmung	

Tabelle 88: Veränderte Komponenten Elektrofahrzeug vs. Verbrennungsmotor¹⁹⁵

Einen wesentlichen, und aufgrund des direkten Einflusses auf die Reichweite mit erfolgsentscheidenden Bestandteil von Elektrofahrzeugen stellt der Energiespeicher bzw. die Batterie dar. Die Batteriezellen können aus einer Vielzahl von Materialkombinationen aufgebaut werden. Das größte Potenzial für den Einsatz als Energieträger in der Elektromobilität wird Lithiumbatterien zugeschrieben. Unterschieden wird in Lithium-Metall-Batterien und Lithium-Ionen-Batterien. Aufgrund von Sicherheitsproblemen bei Lithium-Metall-Batterien wird aktuell überwiegend die Lithium-Ionen-Technologie in Fahrzeugen eingesetzt, welche sich vor allem durch eine, im Vergleich zu anderen Batterietypen (z.B.: Blei-Säure, Ni-MH), hohe Energiedichte (120 – 200 Wh/kg), eine hohe Lebensdauer (1.500 – 5.000 äquivalente Vollzyklen) und gute Ladeigenschaften auszeichnet.¹⁹⁶ Für die folgenden Analysen und Berechnungen wird der Einsatz dieser Batterieart vorausgesetzt.

Die für die Fahrzeugherstellung konventioneller PKW anfallenden CO₂-Emissionen sind abhängig von der Fahrzeuggröße und der Antriebsart. Dabei zeigt sich zwischen dem Gesamtgewicht der Fahrzeuge, und den in der Produktion verursachten CO₂-Emissionen, ein annähernd linearer Zusammenhang (siehe Abbildung 31).

¹⁹⁵ Quelle: Kampker et. al. (2013), S. 46

¹⁹⁶ vgl. Kampker et. al. (2013), S. 298 ff.

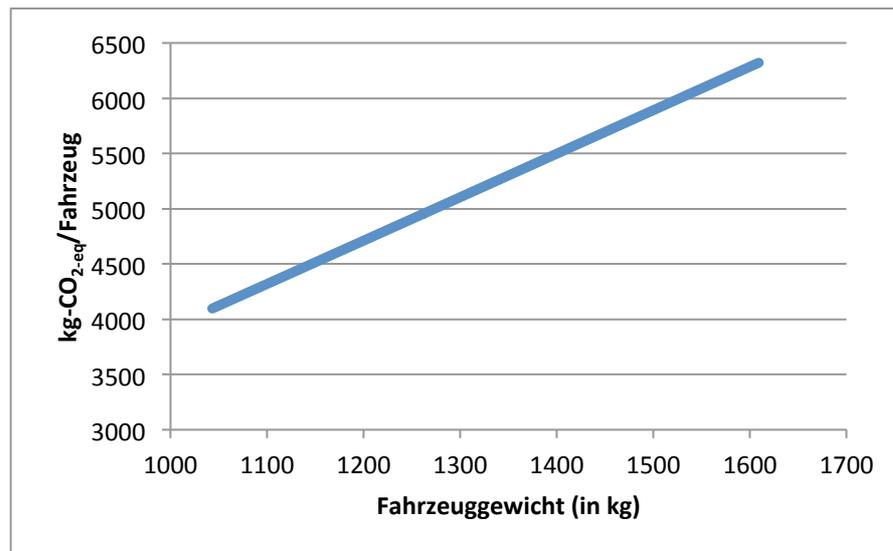


Abbildung 31: THG-Emissionen Fahrzeugherstellung (Benzin-PKW)¹⁹⁷

Die Lebenszyklusanalyse des Umweltbundesamts wurde mit konventionellen Fahrzeugen der Mittelklasse (1,4 – 2 Liter Hubraum), mit 1.413kg Fahrzeugmasse erstellt, welche der Abgasnorm EURO 5 entsprechen und eine Lebensdauer von 10 Jahren bzw. 150.000km aufweisen. Für die herstellungsbedingten THG-Emissionen pro Fahrzeugkilometer (Fkm) werden folgende Werte angegeben:¹⁹⁸

- Diesel-PKW: 37,76g-CO₂-eq/Fkm
- Benzin-PKW: 37,17g-CO₂-eq/Fkm

Das Referenz-Elektroauto weist ein Fahrzeuggewicht von 1.140kg auf, wovon 201kg auf die Batterie entfallen (Batteriekapazität 20-25kWh). Die herstellungsbedingten THG-Emissionen werden, ebenfalls für eine Lebensdauer von 10 Jahren bzw. 150.000km, mit 28,7g-CO₂-eq/Fkm angegeben. Die niedrigeren Werte sind dabei unter anderem auf das geringere Fahrzeuggewicht des betrachteten Referenz-Elektroautos zurückzuführen.¹⁹⁹

Gemäß Umweltbundesamt verursacht ein benzinbetriebenes Moped mit einem Fahrzeuggewicht von 111kg in der Fahrzeugherstellung THG-Emissionen von 2,97g-CO₂-eq/Fkm. Demgegenüber wird eine elektrisch betriebene Variante mit einem Fahrzeuggewicht von 133kg (davon 20,2kg Batteriegewicht) betrachtet, welches herstellungsbedingte THG-Emissionen von 3,85g-CO₂-eq/Fkm aufweist.²⁰⁰

¹⁹⁷ Quelle: Grießhammer et. al. (2010)

¹⁹⁸ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

¹⁹⁹ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

²⁰⁰ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

4.1.2 Energiebereitstellung

In diesen Bereich der Lebenszyklusanalyse werden sämtliche Emissionen berücksichtigt, die im Zuge der Energiebereitstellung anfallen. Für fossile Energieträger umfasst dies die Rohstoffförderung, die Verarbeitung (Raffinerie) und den Transport bzw. die Bereitstellung an der Zapfsäule. Für die Bereitstellung elektrischer Energie ist besonders die genutzte Energieform (fossile Energieträger, regenerative Energie, nukleare Energie), sowie die eingesetzte Technologie entscheidend für das Ausmaß der vorgelagerten THG-Emissionen.

In der herangezogenen Referenz-Lebenszyklusanalyse wird für die Bereitstellung elektrischer Energie der Strommix des österreichischen Kraftwerkspark zugrunde gelegt. Dieser setzt sich aus 67,4% Strom aus erneuerbarer Energie, 17,6% fossile Energieträger, 14,7% Strom unbekannter Herkunft und etwa 0,4% sonstige Energieträger zusammen. Die in der Strombereitstellung anfallenden THG-Emissionen werden gemäß GEMIS-Österreich²⁰¹ mit 253g-CO_{2-eq}/kWh angegeben, wobei Stromimporte²⁰² bzw. –exporte nicht berücksichtigt werden. Mit einem Energieverbrauch von 0,2kWh/Fkm ergeben sich damit für das Referenz-Elektroauto auf einen Fahrzeugkilometer bezogene THG-Emissionen von 50,6g-CO_{2-eq}/Fkm. Für das elektrisch betriebene Moped mit einem Energieverbrauch von rund 0,05kWh/Fkm werden die THG-Emissionen in diesem Bereich mit 11,79g-CO_{2-eq}/Fkm beziffert.²⁰³

Die in der Kraftstoffbereitstellung (Rohstoffförderung, Verarbeitung, Transport und Bereitstellung an der Zapfsäule) anfallenden THG-Emissionen werden für Benzin-PKW mit 43,37g-CO_{2-eq}/Fkm und für Diesel-PKW mit 17,61g-CO_{2-eq}/Fkm angegeben. Für das benzinbetriebene Moped werden die THG-Emissionen in diesem Bereich mit 22,11g-CO_{2-eq}/Fkm quantifiziert.²⁰⁴

4.1.3 Produktnutzung – Direkte Emissionen

Elektrisch betriebene Fahrzeuge verursachen im Fahrzeugbetrieb keine direkten Schadstoff- und THG-Emissionen. Konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor hingegen schon. Die in der herangezogenen Studie betrachteten Referenz-Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (Hubraumklasse: 1,4-2Liter; Abgasnorm: EURO 5) verursachen in der Nutzungsphase 176,27g-CO_{2-eq}/Fkm (Benzin-PKW) bzw. 144,26g-CO_{2-eq}/Fkm (Diesel-PKW). Wobei für beide Antriebstypen am Flottendurchschnitt orientierte Eigenschaften gelten. Für das

²⁰¹ GEMIS: Globales Emissions-Modell integrierter Systeme

²⁰² Anmerkung: Inlandsstromverbrauch 2010: 64.318GWh; Produzierte Strommenge: 61.932GWh

²⁰³ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

²⁰⁴ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

benzinbetriebene Moped, mit einem Fahrzeuggewicht von 111kg, belaufen sich die direkten THG-Emissionen im Betrieb auf 76,89g-CO_{2-eq}/Fkm.²⁰⁵

4.1.4 Gesamtergebnis

Das Gesamtergebnis der Lebenszyklusanalyse wird in Abbildung 32 graphisch dargestellt und soll das Potenzial von Elektromobilität gegenüber konventionell betriebenen Fahrzeugen verdeutlichen. Die gesamten THG-Emissionen betragen demnach bei dem betrachteten Referenz-Elektroauto (79,3g-CO_{2-eq}/Fkm) nur etwa 40% eines Mittelklasse Diesel-PKW (199,63g-CO_{2-eq}/Fkm) bzw. 31% eines Benzin-PKW (256,81 g-CO_{2-eq}/Fkm). Inwiefern sich die Leichtbauweise auf das Ergebnis der Bilanz auswirkt, wird im folgenden Abschnitt ermittelt.

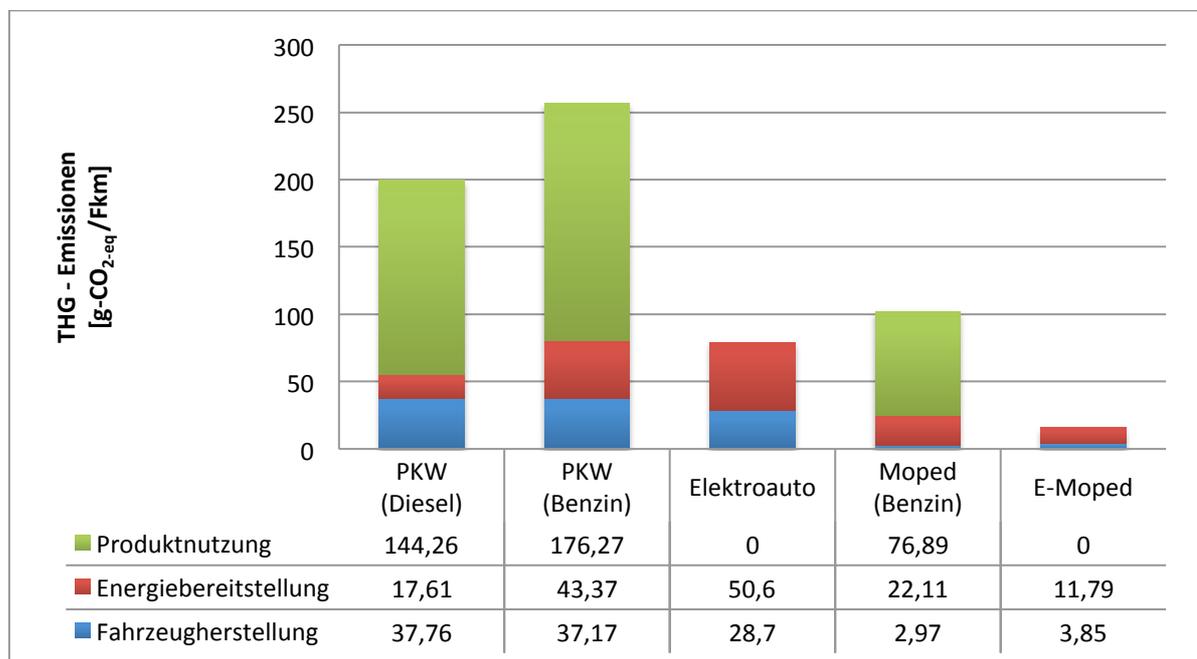


Abbildung 32: THG-Emissionen konventioneller und elektrisch betriebener Fahrzeuge²⁰⁶

4.2 Abschätzung Ultraleichtfahrzeuge

Mit den in den vorigen Kapiteln gesammelten Informationen der Lebenszyklusanalyse von Elektrofahrzeugen erfolgt nun eine Abschätzung der THG-Emissionen von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen. Dazu wird ein linearer Zusammenhang zwischen Fahrzeuggewicht und herstellungsbedingter THG-Emissionen zugrunde gelegt (siehe Tabelle 89). Die Emissionen der Energiebereitstellung werden über die jeweiligen Verbrauchswerte berechnet. Bei den Verbrauchswerten handelt es sich um Herstellerangaben in den Ladeverluste (Anm.: Nicht die gesamte zugeführte Energie wird in der Batterie gespeichert) nicht

²⁰⁵ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

²⁰⁶ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

berücksichtigt werden. Dies wird in der Berechnung durch eine Erhöhung des Energieverbrauchs um 15%²⁰⁷ berücksichtigt. Andere den Energieverbrauch beeinflussende Faktoren, wie etwa Fahr-, Geschwindigkeits- bzw. Streckenprofile und Zusatzaggregate (Heizung, Klimaanlage, etc.), werden aufgrund fehlender Datengrundlage und hoher Komplexität nicht berücksichtigt.

Tabelle 89 zeigt die Vorgehensweise bei der Berechnung der Emissionswerte der betrachteten Fahrzeugklassen von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen. Die Werte der Referenzfahrzeuge (Index: Ref.-KFZ) können Abbildung 32 entnommen werden. Die spezifischen Fahrzeugdaten (Index: KFZ) entstammen der Technologierecherche (Kapitel 3).

Lebenszyklusphase	Berechnung THG-Emissionen
Fahrzeugherstellung (FH)	$THG_Emissionen_{KFZ_FH} =$ $\frac{Gewicht_{KFZ}}{Gewicht_{Ref.-KFZ}} \cdot THG_Emissionen_{Ref.-KFZ_FH}$
Energiebereitstellung (EB)	$THG_Emissionen_{KFZ_EB} =$ $\frac{Energieverbrauch_{KFZ}}{Energieverbrauch_{Ref.-KFZ}} \cdot THG_Emissionen_{Ref.-KFZ_EB}$ <p>mit:</p> $Energieverbrauch_{KFZ} = \frac{Akkukapazität_{KFZ}}{Reichweite_{KFZ}} \cdot 1,15$
Produktnutzung (PN)	$THG_Emissionen_{KFZ_PN} = 0$ <p>(für elektrisch betriebene Fahrzeuge)</p>
Gesamt	$THG_Emissionen_{KFZ_Gesamt} =$ $THG_Emissionen_{KFZ_FH} + THG_Emissionen_{KFZ_EB}$

Tabelle 89: Vorgehensweise zur Berechnung der THG-Emissionen elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge

Die Emissionswerte werden für jedes Fahrzeug einzeln gebildet und summiert, wodurch die ermittelte Bandbreite (Unter- bzw. Obergrenzen) der Gesamtemissionen der Fahrzeugklassen, von der Summe der einzelnen Lebenszyklusphasen abweichen können. Das Ergebnis dieser Berechnung stellt eine größenordnungsmäßige Abschätzung der THG-Emissionen, der in dieser Arbeit vorgestellten Fahrzeugkonzepte dar. Für präzise Aussagen müssten die einzelnen

²⁰⁷ Quelle: Wellbrock et. al. (2011)

Fahrzeuge und ihre individuellen Materialzusammensetzungen, sowie Verbrauchswerte detailliert betrachtet werden. Dies ist im Zuge dieser Arbeit aufgrund der zu hohen Komplexität jedoch nicht möglich.

Für Kleinkrafträder, Krafträder, sowie dreirädrige Motorroller wird das zuvor beschriebene „E-Moped“ als Referenzfahrzeug für die Abschätzung der Emissionswerte herangezogen. Für vierrädrige (Leicht-)Krafffahrzeuge und dreirädrige Kabinenroller dient das in Abbildung 32 als Elektroauto bezeichnete Fahrzeug als Referenz. Die THG-Emissionen elektrisch betriebener Kleinkrafträder, Krafträder und dreirädriger Motorroller werden im Folgenden mit jenen eines benzinbetriebenen Mopeds verglichen.

Referenzfahrzeug ²⁰⁸	Emissionswerte in g-CO _{2-eq} /Fkm			
	Fahrzeugherstellung	Energiebereitstellung	Produktnutzung	Gesamt
Moped (Benzin)	2,97	22,11	76,89	101,97
E-Moped	3,85	11,79	0	15,64
Fahrzeugklasse gemäß Kapitel 3	Fahrzeugherstellung	Energiebereitstellung	Produktnutzung	Unter. – Obergrenze
Kleinkrafträder	1,4 – 4,1	6,3 – 12,2	0	7,7 – 14,9
Krafträder	3,8 – 7,7	11,9 – 21,7	0	16,0 – 29,4
Dreirädrige Motorroller	3,1 – 4,5	4,7 – 13,7	0	7,7 – 18,2

Tabelle 90: THG-Emissionen (Klein-)Krafträder und dreirädrige Motorroller

Tabelle 90 zeigt die Ergebnisse der Berechnung der Emissionswerte für Kleinkrafträder, Krafträder und für dreirädrige Motorroller. Für die in Kapitel 3.2 gezeigten Kleinkrafträder, die ein Fahrzeuggewicht von 47-140kg und einen Energieverbrauch von 0,027-0,052kWh/km aufweisen, wurden, entsprechend der in Tabelle 89 gezeigten Methodik, THG-Emissionswerte von 7,7-14,9g-CO_{2-eq}/Fkm berechnet. Die in Kapitel 3.3 gezeigten Krafträder, mit einem Fahrzeuggewicht von 130-265kg und einem Energieverbrauch von 0,050-0,092kWh/km, verursachen etwa 16,0-29,4g-CO_{2-eq}/Fkm. Dreirädrige Motorroller (siehe Kapitel 3.4) mit einem Fahrzeuggewicht von 106-155kg und einem Energieverbrauch von 0,020-0,058kWh/km erreichen Emissionswerte von 7,7-18,2g-CO_{2-eq}/Fkm.

²⁰⁸ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

Referenzfahrzeug ²⁰⁹	Emissionswerte in g-CO _{2-eq} /Fkm			
	Fahrzeugherstellung	Energiebereitstellung	Produkt-nutzung	Gesamt
Diesel-PKW	37,76	17,61	144,26	199,63
Benzin-PKW	37,17	43,37	176,27	256,81
Elektroauto	28,7	50,6	0	79,3
Fahrzeugklasse gemäß Kapitel 3	Fahrzeugherstellung	Energiebereitstellung	Produkt-nutzung	Unter. – Obergrenze
Dreirädrige Kabinenroller	5,8 – 13,1	14,0 – 26,7	0	19,8 – 39,8
Vierrädrige Kabinenroller	5,5 – 14,2	17,8 – 27,9	0	31,6 – 37,3
Kleinst-PKW (L6e, L7e)	11,3 – 13,7	23,7 – 27,4	0	35,5 – 41,0

Tabelle 91: THG-Emissionen Leicht-KFZ

In Tabelle 91 werden die Ergebnisse der Abschätzung der THG-Emissionswerte (gemäß Tabelle 89) für die Fahrzeugklassen der drei- und vierrädrigen Kabinenroller, sowie der Kleinst-PKW dargestellt. Die in Kapitel 3.4 gezeigten dreirädrigen Kabinenroller weisen einen relativ breiten Gewichtsbereich von 230-520kg auf. Auch der Energieverbrauch (0,055-0,105kWh/km) variiert zwischen den einzelnen Modellen stark. Die berechneten THG-Emissionswerte liegen damit zwischen 19,8 und 39,8g-CO_{2-eq}/Fkm. Vierrädrige Kabinenroller (siehe Kapitel 3.5) weisen einen Energieverbrauch von 0,070-0,110kWh/km, bei einem Fahrzeuggewicht von 220-562kg auf. Sie erreichen damit berechnete THG-Emissionswerte von 31,6-37,3g-CO_{2-eq}/Fkm. Die THG-Emissionswerte von Kleinst-PKW (siehe Kapitel 3.5), deren Energieverbrauch 0,094-0,108kWh/km beträgt, liegen, mit einem Fahrzeuggewicht zwischen 450kg und 542kg, bei 35,5-41,0g-CO_{2-eq}/Fkm.

Elektrofahrräder

Für die verursachten THG-Emissionen von Pedelecs und E-Bikes konnten keine detaillierten Lebenszyklus-Analysen gefunden werden. Der Verkehrsclub Österreich (VCÖ) gibt für Material, Produktion und Nutzung abgeschätzte Emissionswerte von 8,4g-CO_{2-eq}/Fkm an. Für die Produktnutzung wird hier ein Energieverbrauch von 0,01kWh/km zugrunde gelegt. Dieser Wert ist unter anderem abhängig von Topographie der Strecke, Unterstützungsgrad des Motors und Gesamtgewicht. Damit verursachen Pedelecs nur etwa 4% bzw. 3% der THG-Emissionen eines Mittelklasse Diesel- bzw. Benzin-PKW.

²⁰⁹ Quelle: Pötscher et. al. (2014)

Einsparungspotenzial für Mobilitätsszenarien

Die zuvor berechneten Emissionswerte werden nun, mit den Fahrleistungen der in Kapitel 2.4 erstellten Mobilitätsszenarien, der verschiedenen Nutzergruppen hochgerechnet. Dazu wird der Mittelwert der Weglängen der jeweiligen Aktivitätenketten gebildet und daraus die jährliche Fahrleistung bestimmt. Multipliziert mit den spezifischen Emissionswerten der verschiedenen Fahrzeuge ergeben sich die jährlich verursachten THG-Emissionen (in kg-CO₂-eq/Jahr). Die Ergebnisse werden jeweils für die vier Fahrzeugkonzepte mit den besten Ergebnissen in der analytischen Fahrzeugbewertung dargestellt und mit konventionell betriebenen PKW verglichen. Weiters erfolgt eine grobe Abschätzung des gesamten THG-Einsparungspotenzials der einzelnen Nutzergruppen. Dazu wird die Gesamtanzahl der Personen einer Gruppe, die ihre Wege mittels Fahrzeuge des motorisierten Individualverkehrs bewältigen, bestimmt und mit den durchschnittlichen Einsparungswerten multipliziert.

4.2.1 Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien

Die aus dem Mobilitätsszenario abgeleitete durchschnittliche Tagesweglänge beträgt für erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien 27,4km/Tag. Damit ergibt sich eine jährliche Fahrleistung von 10.011km/Jahr für diese Nutzergruppe. Die vier Fahrzeugtypen mit dem besten Ergebnis in der analytischen Fahrzeugbewertung sind für diese Nutzergruppe vierrädrige Kabinenroller, der dreirädrige Kabinenroller von *Piaggio*, Kleinkraftrad Transporter und Kleinst-PKW der Klasse L6e (siehe Tabelle 84). Auch Velomobile sind als gute Lösungen für die Anforderungen dieser Nutzergruppe anzusehen, jedoch liegen für diesen Fahrzeugtyp keine spezifischen Emissionswerte vor, wodurch sie in dieser Analyse nicht berücksichtigt werden können. In Tabelle 92 werden die jährlichen THG-Emissionen der betrachteten Fahrzeuge über die entsprechende Fahrleistung ermittelt. Im Vergleich dazu sind auch jene von Diesel-PKW, Benzin-PKW und Moped angeführt.

Fahrzeugtyp bzw. –klasse	Emissionswerte	
	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
Vierrädrige Kabinenroller	31,6 – 37,3	316 – 373
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Piaggio</i>	39,8	398
Kleinkraftrad Transporter	9,9 – 11,5	99 – 115
Kleinst-PKW (L6e)	35,5	355
Referenzfahrzeug	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
Diesel-PKW	199,63	1.999
Benzin-PKW	256,81	2.571
Moped (Benzin)	101,97	1.021

Tabelle 92: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Erwerbstätige Personen Wien

Damit ergibt sich ein mit den unteren Emissionswerten berechnetes maximales Einsparungspotenzial beim Umstieg von Diesel-PKW auf eines der vier Fahrzeugtypen von rund 1.600-1.900kg-CO_{2-eq}/Jahr. Gegenüber Benzin-PKW sind es sogar etwa 2.170-2.470kg-CO_{2-eq}/Jahr und auch gegenüber benzinbetriebenen Mopeds können 620-920kg-CO_{2-eq}/Jahr eingespart werden (siehe Abbildung 33).

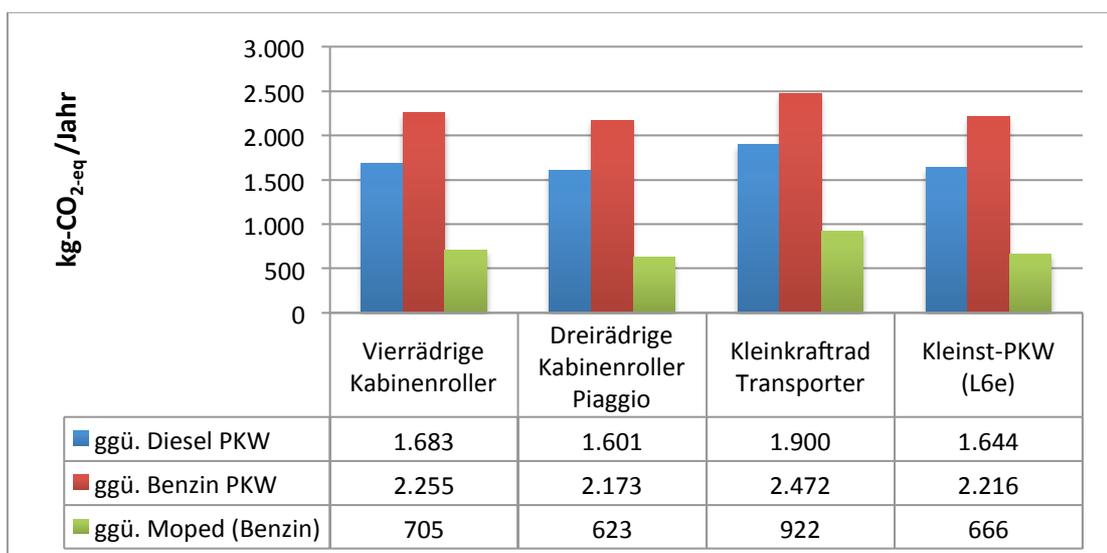


Abbildung 33: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Erwerbstätige Personen Wien

Gesamtpotenzial

Von den insgesamt 630.000 enthaltenen Personen in dieser Nutzergruppe (siehe Tabelle 8), bewältigen 32,8% ihren Arbeitsweg mittels Fahrzeugen des motorisierten Individualverkehrs (siehe Abbildung 8). Wird ein Fahrzeugbesetzungsgrad von 1,2 zugrunde gelegt, so ergibt dies eine gesamte Fahrzeuganzahl von 172.200. Laut Statistik Austria werden rund 43% der in Österreich zugelassenen Fahrzeuge mit

Benzinmotoren angetrieben und 57% verfügen über einen Dieselmotor.²¹⁰ Aufgrund des geringen Anteils an benzinbetriebenen Mopeds am Fahrzeugbestand werden diese für die grobe Abschätzung des Gesamtpotenzials außer acht gelassen. Damit ergibt sich für die in Abbildung 33 gezeigten Fahrzeuge, mit einer durchschnittlichen Einsparung an THG-Emissionen gegenüber Benzin-PKW von 2.279kg-CO_{2-eq}/Jahr und 1.707kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Diesel-PKW, ein gesamtes Einsparungspotenzial von rund 336.300.000kg-CO_{2-eq}/Jahr für diese Nutzergruppe.

4.2.2 Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien

Für erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien beträgt die durchschnittliche werktägliche Tagesweglänge gemäß erstelltem Szenario 74km/Tag. Um die wegfallenden langen Arbeitswege zu berücksichtigen, wird für Wochenenden und Urlaubstage eine Tagesweglänge von 29,7km/Tag angesetzt (durchschnittliche Entfernung im MIV (12,9km) x Anzahl der Wege (2,3) – siehe Tabelle 17 bzw. Tabelle 18). Damit ergibt sich eine jährliche Fahrleistung von rund 20.750km/Jahr für diese Nutzergruppe. Die vier Fahrzeugtypen mit dem besten Ergebnis in der analytischer Fahrzeugbewertung sind Kleinst-PKW (Klasse L7e), vierrädrige Kabinenroller und die beiden dreirädrigen Kabinenroller von *Krabatt* bzw. *SAM* (siehe Tabelle 85). Die berechneten jährlichen THG-Emissionen dieser Fahrzeuge werden in Tabelle 93 dargestellt und mit den Werten konventioneller PKW verglichen. Auf den Vergleich mit Mopeds wird hier aufgrund der geringen Bedeutung für diese Nutzergruppe verzichtet.

Fahrzeugtyp bzw. –klasse	Emissionswerte	
	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
Kleinst-PKW (L7e)	35,8 – 41,0	742 – 851
Vierrädrige Kabinenroller	31,6 – 37,3	656 – 773
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Krabatt</i>	19,8	410
Dreirädrige Kabinenroller - <i>SAM</i>	38,1	789
Referenzfahrzeug	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
Diesel-PKW	199,63	4.142
Benzin-PKW	256,81	5.329

Tabelle 93: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Erwerbstätige Personen Wiener Umland

Das maximale Einsparungspotenzial gegenüber Diesel-PKW beträgt für die betrachteten Fahrzeuge damit rund 3.350-3.730kg-CO_{2-eq}/Jahr, bzw. 4.540-4.920kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Benzin-PKW (siehe Abbildung 34).

²¹⁰ Quelle: Statistik Austria, Kfz-Statistik, erstellt am 19.11.2015

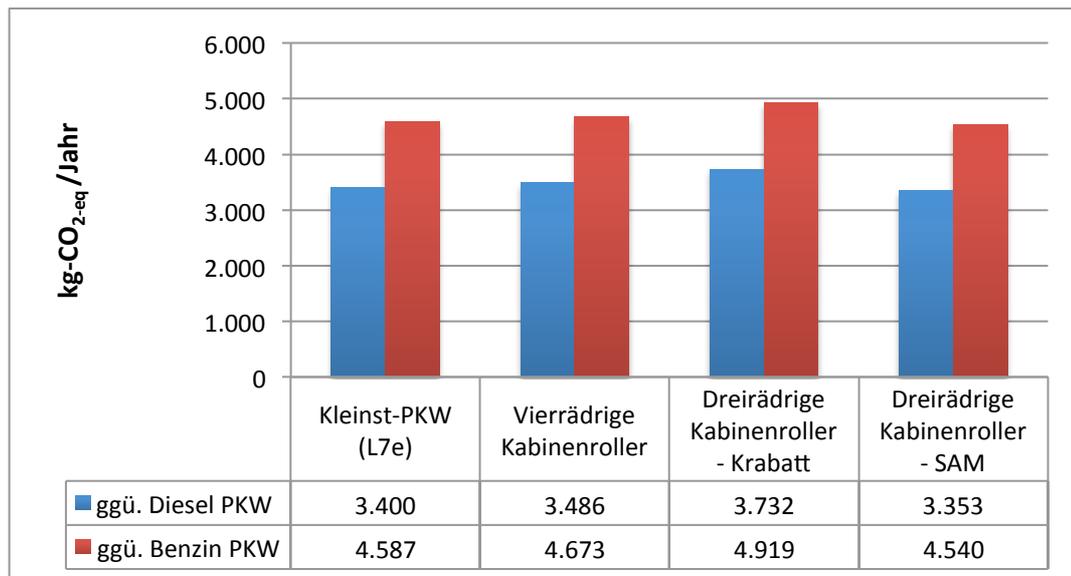


Abbildung 34: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Erwerbstätige Personen Wiener Umland

Gesamtpotenzial

Die über eine Fahrleistung von 20.750km/Jahr berechnete Einsparung an THG-Emissionen beträgt, für die in Abbildung 34 gezeigten Fahrzeuge, im Durchschnitt 4.680kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Benzin-PKW und 3.493kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Diesel-PKW. Unter der Annahme das 43%, der insgesamt 107.000 PKW dieser Nutzergruppe (siehe Kapitel 2.4.3), mit Benzinmotoren angetrieben werden und 57% davon einen Dieselmotor besitzen,²¹¹ lässt sich ein gesamtes Einsparungspotenzial von rund 428.365.000kg-CO_{2-eq}/Jahr für diese Nutzergruppe errechnen.

4.2.3 Im Haushalt tätige Personen mit Hauptwohnsitz in Wien

Aus dem Mobilitätsszenario wurde eine durchschnittliche Tagesweglänge für im Haushalt tätige Personen von 25km/Tag abgeleitet. Die Jahresfahrleistung beträgt damit für diese Nutzergruppe 9.125km/Jahr. In der analytischen Fahrzeugbewertung haben vierrädrige Kabinenroller, der dreirädrige Kabinenroller von *Krabatt* bzw. *Piaggio*, sowie Kleinst-PKW der Klasse L6e am besten abgeschnitten (siehe Tabelle 86). Tabelle 92 zeigt die jährlichen, über die Fahrleistung berechneten THG-Emissionen dieser Fahrzeuge. Im Vergleich dazu sind auch jene von konventionellen PKW und Mopeds aufgeführt.

²¹¹ Quelle: Statistik Austria, Kfz-Statistik, erstellt am 19.11.2015

Fahrzeugtyp bzw. –klasse	Emissionswerte	
	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
Vierrädrige Kabinenroller	31,6 – 37,3	288 – 340
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Krabatt</i>	19,8	180
Kleinst-PKW (L6e)	35,5	324
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Piaggio</i>	39,8	363
Referenzfahrzeug	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
Diesel-PKW	199,63	1.822
Benzin-PKW	256,81	2.343
Moped (Benzin)	101,97	930

Tabelle 94: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Im Haushalt tätige Personen Wien

Bei einem Umstieg von einem Diesel-PKW auf eines der vier Fahrzeuge aus Tabelle 94 beträgt das maximale THG-Einsparungspotenzial rund 1.460-1.640kg-CO_{2-eq}/Jahr. Gegenüber einem Benzin-PKW können maximal 1.980-2.160kg-CO_{2-eq}/Jahr eingespart werden und gegenüber einem benzinbetriebenen Moped können rund 570-750kg-CO_{2-eq}/Jahr eingespart werden (siehe Abbildung 35).

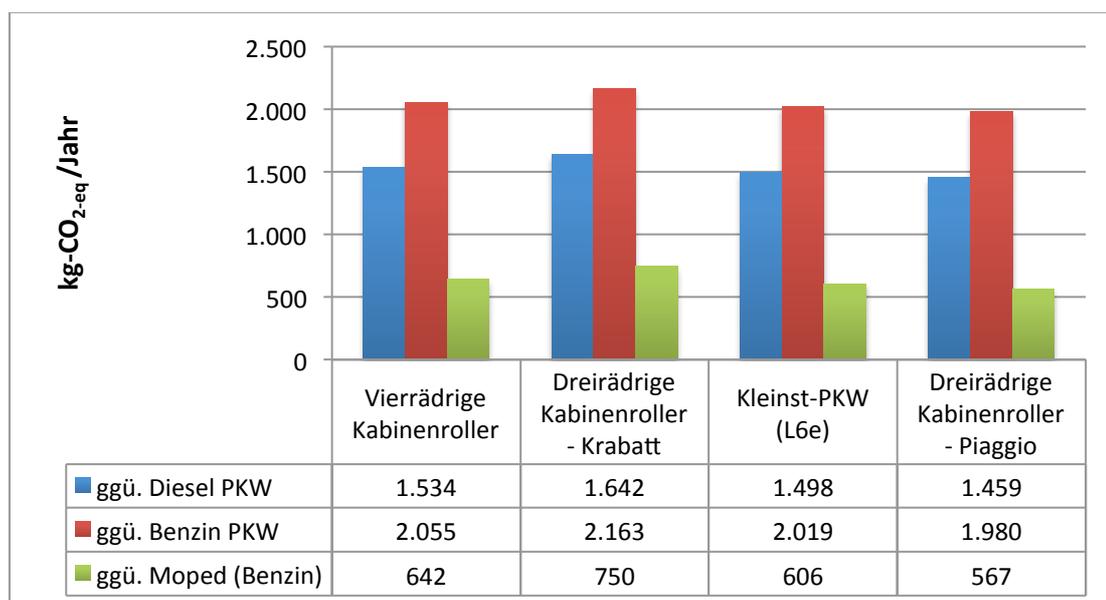


Abbildung 35: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Im Haushalt tätige Personen Wien

Gesamtpotenzial

Das Gesamtpotenzial ist für diese Nutzergruppe schwierig abzuschätzen. Für die Ermittlung der Anzahl an Personen und die zur Verfügung stehenden PKW sind einige Annahmen erforderlich, wodurch einige Unsicherheiten in das Ergebnis einfließen.

In Wien gibt es etwa 158.300 Familien in denen betreuungspflichtige Kinder unter 15 Jahren leben (siehe Tabelle 5). 31.900 davon sind sogenannte Ein-Eltern Familien und 126.400 davon bestehen aus dem Elternpaar das gemeinsam mit dem Kind die Familie bildet. Es wird angenommen, dass in dieser Gruppe ein Elternteil mit der Haushaltsführung bzw. der Kinderbetreuung betraut ist. Gemäß Fahrzeugverfügbarkeit (siehe Kapitel 2.2.1) sind in 9% aller Haushalte zwei oder mehr PKW vorhanden. Das ergibt für gemeinsam lebende Elternpaare mit Kindern unter 15 Jahren rund 11.400 Zweit-PKW. Für Ein-Eltern Familien wird angenommen, dass 59% aller Haushalte im Besitz eines PKW sind, womit rund 18.800 PKW hinzukommen. Insgesamt ergibt sich so eine Anzahl von etwa 30.200 PKW, die im Haushalt tätigen Personen zur Verfügung stehen. Weiters wird ein Anteil von rund 43% Benzin-PKW und 57% Diesel-PKW zugrunde gelegt.²¹² Benzinbetriebene Mopeds werden für die grobe Abschätzung des Gesamtpotenzials dieser Nutzergruppe nicht berücksichtigt. Für die in Abbildung 35 gezeigten Fahrzeuge, mit einem durchschnittlichen THG-Einsparungspotenzial von 2.054kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Benzin-PKW und 1.533kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Diesel-PKW, ergibt sich ein gesamtes Einsparungspotenzial von rund 53.062.000kg-CO_{2-eq}/Jahr für diese Nutzergruppe.

4.2.4 Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen

Die mit einer täglich zurückgelegten Strecke von 22km berechneten Jahresfahrleistung beträgt für diese Nutzergruppe 8.030km/Jahr. Die besten Ergebnisse in der analytischen Fahrzeugbewertung für ältere Personen erreichten vierrädrige Kabinenroller, die dreirädrigen Kabinenroller von *Piaggio* bzw. *SAM* und Kleinst-PKW der Klasse L6e (siehe Tabelle 87). Die über die Jahresfahrleistung berechneten jährlichen THG-Emissionen dieser Fahrzeuge sind in Tabelle 95 zu sehen.

Fahrzeugtyp bzw. –klasse	Emissionswerte	
	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
Vierrädrige Kabinenroller	31,6 – 37,3	254 – 299
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Piaggio</i>	39,8	319
Kleinst-PKW (L6e)	35,5	285
Dreirädrige Kabinenroller - <i>SAM</i>	38,1	306
Referenzfahrzeug	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
Diesel-PKW	199,63	1.603
Benzin-PKW	256,81	2.062
Moped (Benzin)	101,97	819

Tabelle 95: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Ältere Personen Wien

²¹² Quelle: Statistik Austria, Kfz-Statistik, erstellt am 19.11.2015

Das Potenzial hinsichtlich Reduktion von THG-Emissionen beträgt für die vier betrachteten Fahrzeugtypen rund 1.280-1.350kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Diesel-PKW und rund 1.740-1.810kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Benzin-PKW. Im Vergleich zu benzinbetriebenen Mopeds können 500-565kg-CO_{2-eq}/Jahr eingespart werden (siehe Abbildung 36).

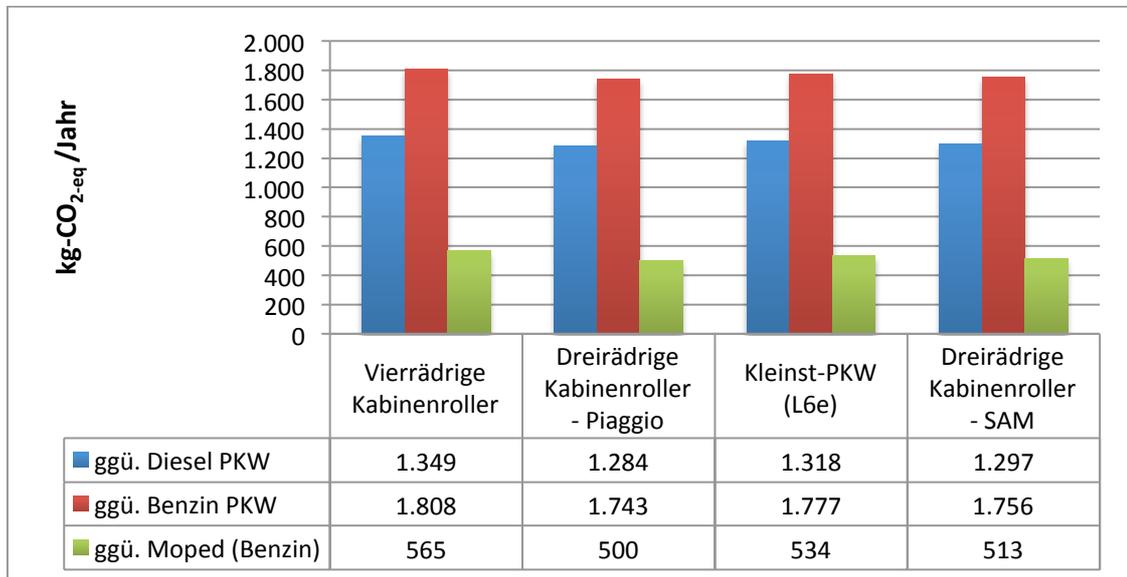


Abbildung 36: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Ältere Personen Wien

Gesamtpotenzial

In Wien leben rund 389.000 Personen über 60 Jahren (siehe Tabelle 3). Mit einem durchschnittlichen Anteil des motorisierten Individualverkehrs von rund 24% (Mittelwert aus Abbildung 26), ergeben sich 93.360 Personen, die mit dem PKW mobil sind. Entsprechend der KFZ-Statistik wird angenommen, dass davon 43% mit Benzin-PKW und 57% mit Diesel-PKW unterwegs sind.²¹³ Mopeds werden aufgrund des geringen Anteils für diese grobe Abschätzung des THG-Einsparungspotenzials nicht berücksichtigt. Mit einer durchschnittlichen Einsparung an THG-Emissionen für die in Abbildung 36 gezeigten Fahrzeuge von 1.771kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Benzin-PKW und 1.312kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber Diesel-PKW, ergibt sich ein gesamtes Einsparungspotenzial von rund 140.915.000kg-CO_{2-eq}/Jahr für diese Nutzergruppe.

4.2.5 Gesamtergebnis – THG-Einsparungspotenzial

Zusammenfassend wird in Tabelle 96 das Gesamtergebnis des THG-Einsparungspotenzials durch elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge für die zuvor betrachteten Nutzergruppen dargestellt. Dazu wird das, über die Jahresfahrleistung ermittelte, durchschnittliche Einsparungspotenzial der jeweils am besten geeigneten

²¹³ Quelle: Statistik Austria, Kfz-Statistik, erstellt am 19.11.2015

Fahrzeugtypen herangezogen, welches multipliziert mit der Anzahl der PKW das Gesamteinsparungspotenzial ergibt. Dabei wird eine Verteilung von 57% Diesel-PKW und 43% Benzin-PKW zugrunde gelegt.

Nutzergruppe	Fahrleistung [km/Jahr]	Maximales THG- Einsparungspotenzial [kg-CO _{2-eq} /Jahr]		PKW- Anzahl	Gesamtpotenzial [kg-CO _{2-eq} /Jahr]
		ggü. Diesel- PKW	ggü. Benzin- PKW		
Erwerbstätige Personen (Wien)	10.011	1.707	2.279	172.200	336.300.000
Erwerbstätige Personen (Wiener Umland)	20.750	3.493	4.680	107.000	428.365.000
Im Haushalt tätige Personen	9.125	1.533	2.054	30.200	53.062.000
Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen	8.030	1.312	1.771	93.360	140.915.000
Summe					958.642.000

Tabelle 96: Gesamtergebnis – Maximales THG-Einsparungspotenzial Ultraleichtfahrzeuge

Die Summe der THG-Einsparungspotenziale der einzelnen Nutzergruppen ergibt ein gesamtes Einsparungspotenzial von 958.642.000kg-CO_{2-eq}/Jahr (siehe Tabelle 96). Im Vergleich dazu steht die vom Straßenverkehr in Wien verursachte Gesamtmenge an THG-Emissionen von 3.400.000.000kg-CO_{2-eq}/Jahr.²¹⁴ Weil jedoch nicht die gesamten Treibhausgasemissionen der nach Wien einpendelnden, erwerbstätigen Personen des Wiener Umlandes, dem Bundesland Wien zugewiesen werden können (ein Teil der Fahrleistung erfolgt mit Sicherheit in Niederösterreich), wird auch die Summe der THG-Einsparungspotenziale der in Wien wohnhaften Nutzergruppen (Erwerbstätige Personen (Wien), Im Haushalt tätige Personen und im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen) gebildet. Diese beträgt, mit den in Tabelle 96 ersichtlichen Werten, 530.277.000kg-CO_{2-eq}/Jahr. Es könnten somit, durch einen Einsatz von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen, von diesen Nutzergruppen, bis zu maximal 15,6% der THG-Emissionen des Verkehrssektors in Wien eingespart werden.

Vergleich mit Referenz Elektroauto

Um das THG-Einsparungspotenzial in Relation zu setzen, wird im folgenden Abschnitt das THG-Einsparungspotenzial berechnet, welches das Elektroauto der Referenz-Lebenszyklusanalyse gegenüber den betrachteten konventionellen PKW aufweist. Die Berechnung des Einsparungspotenzials erfolgt dabei analog zur

²¹⁴ Quelle: Anderl et. al. (2015)

Vorgehensweise bei den elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen (siehe Tabelle 96). Das Referenz Elektroauto aus Kapitel 4.1 weist Treibhausgasemissionen von 79,3g-CO_{2-eq}/Fkm auf. Damit werden bei einer Substitution von Diesel-PKW (199,63g-CO_{2-eq}/Fkm) 120,33g-CO_{2-eq}/Fkm eingespart, gegenüber Benzin-PKW (256,81g-CO_{2-eq}/Fkm) werden 177,51g-CO_{2-eq}/Fkm eingespart. Daraus wird über die Jährlichen Fahrleistungen der Nutzergruppen das jährliche THG-Einsparungspotenzial pro PKW errechnet. Mit der Gesamtzahl der PKW einer Nutzergruppe und einem Anteil von 57% Diesel-PKW bzw. 43% Benzin-PKW ergibt sich das Gesamtpotenzial zur Einsparung von Treibhausgasemissionen durch das Referenz Elektroauto. Tabelle 97 zeigt das Ergebnis dieser Berechnung.

Nutzergruppe	Fahrleistung [km/Jahr]	Maximales THG- Einsparungspotenzial [kg-CO _{2-eq} /Jahr]		PKW- Anzahl	Gesamtpotenzial [kg-CO _{2-eq} /Jahr]
		ggü. Diesel- PKW	ggü. Benzin- PKW		
Erwerbstätige Personen (Wien)	10.011	1.205	1.777	172.200	249.833.000
Erwerbstätige Personen (Wiener Umland)	20.750	2.497	3.683	107.000	321.739.000
Im Haushalt tätige Personen	9.125	1.098	1.620	30.200	39.936.000
Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen	8.030	966	1.425	93.360	108.642.000
Summe					720.150.000

Tabelle 97: Gesamtergebnis – Maximales THG-Einsparungspotenzial Referenz Elektroauto

Abbildung 37 zeigt die direkte Gegenüberstellung der THG-Einsparungspotenziale der einzelnen Nutzergruppen von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen und dem Referenz Elektroauto. Erwartungsgemäß ist die Einsparung an Treibhausgasemissionen mit elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen höher als mit Elektroautos einer herkömmlichen Fahrzeugklasse. Für die betrachteten Nutzergruppen und die hinterlegten Mobilitätsszenarien ist das THG-Einsparungspotenzial der Ultraleichtfahrzeuge um den Faktor 1,30-1,35 höher als für das herangezogene Referenz Elektroauto.

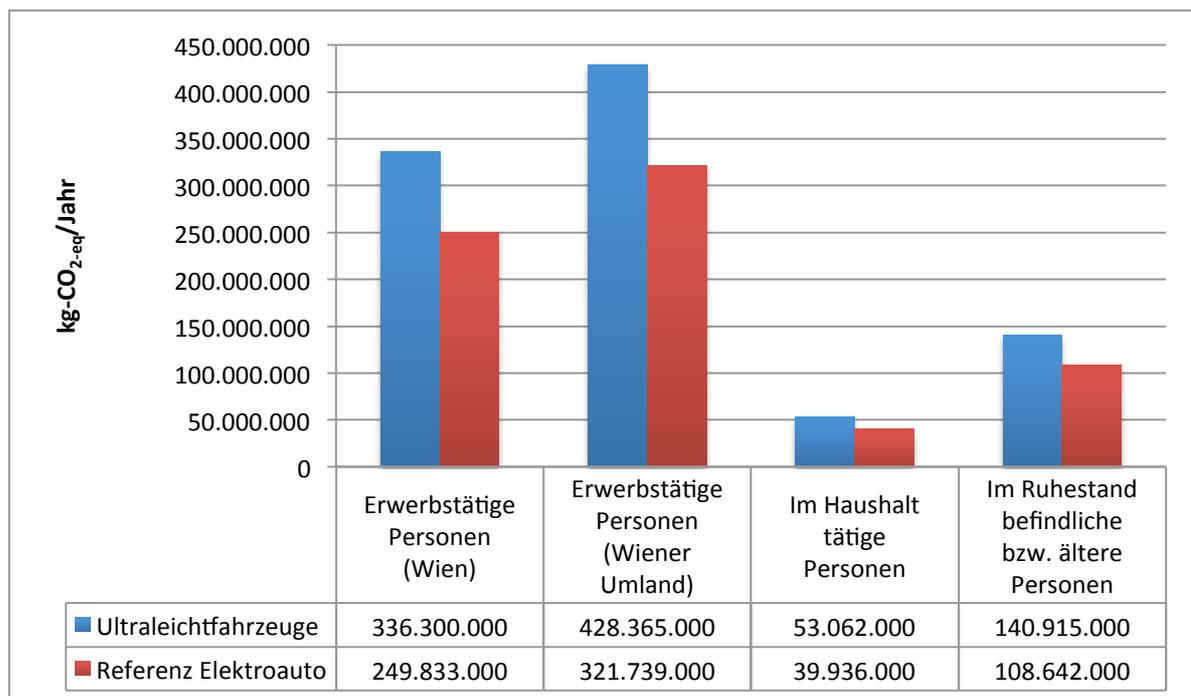


Abbildung 37: Gegenüberstellung THG-Einsparungspotenzial Ultraleichtfahrzeuge – Referenz Elektroauto

5 Anwendungsbeispiel – Wiener Start-up

Um zu zeigen, dass die in dieser Arbeit erstellte Bewertungsmethodik auch für spezielle Nutzergruppen bzw. für einzelne Personen oder Unternehmen angewandt werden kann, wird in diesem Kapitel ein Praxisbeispiel erstellt. Dazu wird ein produzierendes Wiener Unternehmen bzw. Start-up herangezogen. Das Unternehmen ist im 20. Wiener Gemeindebezirk angesiedelt, produziert Lebensmittel für die Wiener Gastronomie und legt großen Wert auf Umweltaspekte und Nachhaltigkeit. Das Mobilitätsszenario und die spezifische Anforderungen des Unternehmens wurden mittels Befragungen erhoben.

5.1 Mobilitätsszenario

Dreimal pro Woche erfolgen Besorgungs- und Lieferfahrten in einem Umkreis von 10km zum Unternehmensstandort. Die gesamte an einem Tag zurückgelegte Wegstrecke beträgt maximal 35km. Bei den Besorgungsfahrten werden für die Produktion erforderliche Betriebsmittel transportiert. Die Zuladung beträgt dabei maximal 100kg und ein Ladevolumen von 280 Liter ist dafür ausreichend. Die Auslieferung der produzierten Güter erfolgt in Kisten (Abmessungen: 60x40x25cm – 60Liter/Kiste). Es werden pro Tag maximal 6 Kisten zu je 5kg ausgeliefert (ergibt max. 360 Liter bzw. 35kg). Die Kunden befinden sich hauptsächlich im Stadtzentrum und sind zum Teil nicht mit dem PKW direkt zu erreichen. Fahrzeuge der Fahrradkategorie sind dadurch im Vorteil. Sämtliche Fahrten erfolgen alleine und es müssen keine weiteren Personen befördert werden.

5.2 Anforderungen

Die Anforderungen werden direkt aus dem beschriebenen Mobilitätsszenario abgeleitet oder durch zusätzliche Angaben des Unternehmens ergänzt (siehe Tabelle 98). Die Reichweitenanforderung wurde, wie auch für die anderen Nutzergruppen, über die maximale Weglänge unter Berücksichtigung einer maximalen Entladetiefe der Batterie von 90% bestimmt. Für die Anforderung an eine geringe Wegzeit, die sich aus Geschwindigkeit und den Zu- und Abgangszeiten zusammensetzt, wird in der Bewertungskategorie Geschwindigkeit berücksichtigt, dass manche Kunden nur mit dem Fahrrad direkt zu erreichen sind. Die maximale Punkteanzahl wird hier deshalb auch für Fahrzeuge der Fahrradkategorie vergeben. Der Personentransport ist für diese Nutzergruppe nicht relevant und fällt daher aus der Bewertung heraus. Stattdessen wurden die Umweltauswirkungen als zusätzliche Anforderung berücksichtigt, die über den Energieverbrauch bewertet wird. Dabei wurden die Verbrauchswerte der vorgestellten Fahrzeuge, zur Bildung der

Wertebereiche herangezogen. In Tabelle 98 sind die zur Fahrzeugbewertung herangezogenen Kriterien und die dazugehörigen Wertebereiche dargestellt.

Bewertungskriterien	Wertebereiche				
	0	1	2	3	4
Reichweite	≤20km	>20km ≤26km	>26km ≤32km	>32km ≤38km	>38km
Geschwindigkeit	≤10km/h	>10km/h ≤20km/h	>20km/h ≤30km/h	>30km/h ≤45km/h	>45km/h oder Fahrrad ≥25km/h
Komfort	Körperliche Betätigung erforderlich	Antrieb Bewegungs- unabhängig	Gute Ergonomie und hoher Sitzkomfort	Wetterschutz	Ausstattung vergleichbar mit PKW Standard
Gütertransport	≤120 Liter	>120 Liter ≤200 Liter	>200 Liter ≤280 Liter	>280 Liter ≤360 Liter	>360 Liter
Energieverbrauch	>12 kWh/100km	>9 bis ≤12 kWh/100km	>6 bis ≤9 kWh/100km	>3 bis ≤6 kWh/100km	≤3 kWh/100km
Fahrzeuggröße (Breite x Länge)	>1,7 x 4m	>1,5m x 3m ≤1,7m x 4m	>1,2m 2,5m ≤1,5m x 3m	>0,8m x 2m ≤1,2m x2,5m	≤0,8m x 2m
Anschaffungs- kosten	>20.000€	>15.000€ ≤20.000€	>10.000€ ≤15.000€	>5.000€ ≤10.000€	≤5.000€

Tabelle 98: Wertebereiche Bewertungskriterien Wiener Start-up

Die Gewichtung der Bewertungskriterien wurde anhand eines paarweisen Vergleichs ermittelt (siehe Tabelle 99). Besonders wichtig sind demnach die Kriterien Gütertransport, Reichweite, Energieverbrauch, sowie Anschaffungskosten. Geschwindigkeit und Fahrzeuggröße sind von untergeordneter Bedeutung und der Komfort ist für das betrachtete Unternehmen nicht relevant.

	Reichweite	Geschwindigkeit	Komfort	Gütertransport	Energieverbrauch	Fahrzeuggröße	Anschaffungskosten	Summe absolut	Summe normiert
Reichweite	1	2	2	1	1	2	1	10	0,67
Geschwindigkeit	0	1	2	0	1	1	0	5	0,33
Komfort	0	0	1	0	0	0	0	1	0,07
Gütertransport	1	2	2	1	1	2	2	11	0,73
Energieverbrauch	1	1	2	1	1	2	1	9	0,60
Fahrzeuggröße	0	1	2	0	0	1	0	4	0,27
Anschaffungskosten	1	2	2	0	1	2	1	9	0,60

Tabelle 99: Gewichtung Bewertungskriterien Wiener Start-up

5.3 Fahrzeugbewertung

Die Fahrzeugbewertung wird im folgenden Abschnitt nicht für alle in Kapitel 3 vorgestellten Fahrzeuge durchgeführt. Einige davon wurden bereits vorab, durch nicht erreichen von gemeinsam mit dem Unternehmen definierten Mindestanforderungen, an Transportfähigkeit bzw. Praxistauglichkeit ausgeschlossen. Dazu zählen etwa Pedelecs, E-Bikes, fahrradähnliche Fahrzeuge, Kleinkrafträder, Krafträder, sowie die dreirädrige Kabinenroller von *SAM* bzw. *Krabatt*. Aus der relativ umfangreichen Gruppe der E-Lastenräder wurden, für die analytische Bewertung jene Modelle herangezogen, die für das Anwendungsgebiet des Unternehmens besonders gut geeignet sind. Die detaillierte Fahrzeugbewertung für die in Frage kommenden Fahrzeuge ist in Tabelle 100 und Tabelle 101 zu sehen.

	Gewichtung	E-Lastenräder		Kleinkraftrad- Transporter		Dreirädriger Kabinenroller Piaggio		Dreirädriger Kabinenroller – Twike: Twike 3	
Reichweite	0,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67
Geschwindigkeit	0,33	4	1,33	3	1,00	3	1,00	4	1,33
Fahrkomfort	0,07	0	0,00	1	0,07	3	0,20	3	0,20
Gütertransport	0,73	4	2,93	2	1,47	4	2,93	2	1,47
Energieverbrauch	0,60	4	2,40	4	2,40	1	0,60	2	1,20
Fahrzeuggröße	0,27	3	0,80	4	1,07	2	0,53	2	0,53
Anschaffungskosten	0,60	4	2,40	4	2,40	0	0,00	0	0,00
Ergebnis		23	12,53	22	11,07	17	7,93	17	7,40
Technische Wertigkeit		0,82	0,96	0,79	0,85	0,61	0,61	0,61	0,57

Tabelle 100: Analytische Fahrzeugbewertung – Wiener Start-up (1)

	Gewichtung	Kleinst-PKW (L6e)		Kleinst-PKW (L7e)		Kabinenroller		Golfcart	
Reichweite	0,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67	4	2,67
Geschwindigkeit	0,33	3	1,00	4	1,33	4	1,33	3	1,00
Fahrkomfort	0,07	4	0,27	4	0,27	3	0,20	2	0,13
Gütertransport	0,73	4	2,93	1	0,73	3	2,20	4	2,93
Energieverbrauch	0,60	2	1,20	2	1,20	2	1,20	4	2,40
Fahrzeuggröße	0,27	2	0,53	1	0,27	3	0,80	1	0,27
Anschaffungskosten	0,60	1	0,60	0	0,00	3	1,80	1	0,60
Ergebnis		20	9,20	16	6,47	22	10,20	19	10,00
Technische Wertigkeit		0,71	0,70	0,57	0,49	0,79	0,78	0,68	0,77

Tabelle 101: Analytische Fahrzeugbewertung – Wiener Start-up (2)

Die Fahrzeugbewertung ergibt für das betrachtete Wiener Start-up Unternehmen eine besonders gute Eignung von E-Lastenrädern mit einer technischen Wertigkeit von 0,96. Ebenfalls sehr gut geeignet sind Kleinkraftrad Transporter. Die restlichen betrachteten Fahrzeuge stellen, mit Ausnahme des dreirädrigen Kabinenroller *Twike* und Kleinst-PKW der Klasse L7e, gute Lösungen für die Anforderungen des betrachteten Wiener Unternehmens dar. Die Ergebnisse der analytischen Fahrzeugbewertung werden in Tabelle 102 zusammengefasst dargestellt.

Fahrzeugtyp bzw. –klasse	Technische Wertigkeit
E-Lastenräder	0,96
Kleinkraftrad Transporter	0,85
Vierrädrige Kabinenroller	0,78
Golfcarts	0,77
Kleinst-PKW (L6e)	0,70
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Piaggio</i>	0,61
Dreirädrige Kabinenroller - <i>Twike</i>	0,57
Kleinst-PKW (L7e)	0,49

Tabelle 102: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Wiener Start-up

5.4 THG-Emissionen

Für die drei Fahrzeugtypen mit der höchsten technischen Wertigkeit wird nun die mögliche Einsparung an Treibhausgasen gegenüber konventionellen Mittelklasse-PKW abgeschätzt. Dazu werden die jährliche Fahrleistung des Unternehmens, sowie die spezifischen, auf einen Fahrzeugkilometer bezogenen Emissionswerte herangezogen und damit die jährlich verursachten THG-Emissionen berechnet. Die Fahrleistung beträgt gemäß Mobilitätsszenario (dreimal wöchentlich 35km) 5.460km/Jahr. Die spezifischen Emissionswerte entsprechen den in Kapitel 4.2 ermittelten Werten. Tabelle 103 zeigt das Ergebnis der Abschätzung der jährlichen THG-Emissionen der betrachteten Fahrzeuge.

Fahrzeugtyp bzw. –klasse	Emissionswerte	
	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
E-Lastenräder	8,4	46
Kleinkraftrad Transporter	9,9 – 11,5	54 – 63
Vierrädrige Kabinenroller	31,6 – 37,3	173 – 203
Referenzfahrzeug	g-CO _{2-eq} /Fkm	kg-CO _{2-eq} /Jahr
Diesel-PKW	199,63	1.090
Benzin-PKW	256,81	1.402

Tabelle 103: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Wiener Start-up

Das Einsparungspotenzial von E-Lastenrädern, Kleinkraftrad Transportern und vierrädrigen Kabinenrollern gegenüber Mittelklasse Diesel- bzw. Benzin-PKW wird in Abbildung 38 dargestellt. Das Wiener Start-up kann demnach, bei einem Einsatz eines E-Lastenrades 1.044kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber einem Diesel-PKW und 1.356kg-CO_{2-eq}/Jahr gegenüber einem Benzin-PKW einsparen. Auch bei den Kleinkraftrad Transportern und den vierrädrigen Kabinenrollern liegt das THG-Einsparungspotenzial in dieser Größenordnung.

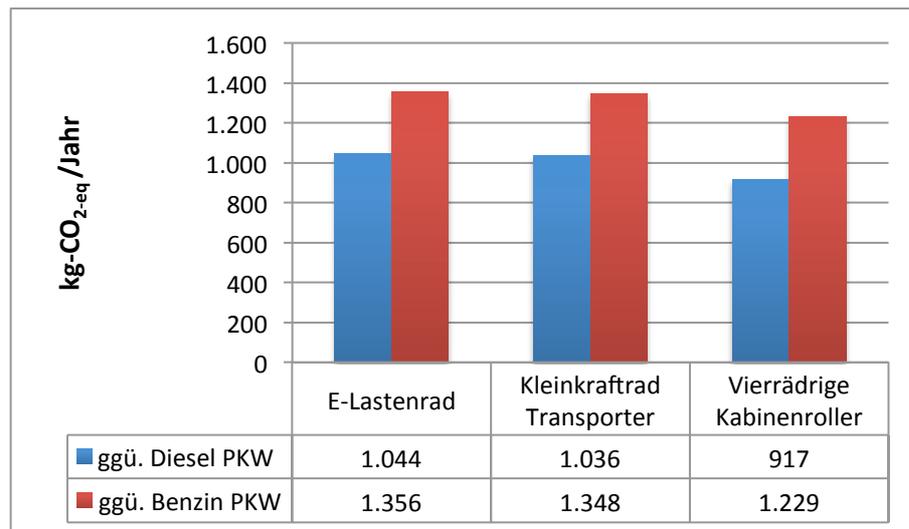


Abbildung 38: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Wiener Start-up

6 Resümee

Anhand der aus den Mobilitätsdaten abgeleiteten Mobilitätszenarien ist festzustellen, dass die Weglängen für die definierten Nutzergruppen im urbanen Raum Wien relativ kurz sind. Erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz und Arbeitsplatz in Wien, im Haushalt tätige Personen, sowie im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen legen demnach durchschnittlich weniger als 40km pro Tag zurück. Für erwerbstätige Personen mit Hauptwohnsitz im Wiener Umland und Arbeitsplatz in Wien beträgt die maximale Weglänge unter 100km pro Tag. Die Mobilitätsszenarien wurden dabei durch die wichtigsten Aktivitäten bzw. Wegzwecke, Arbeit, Freizeit Einkauf und Holen/Bringen gebildet.

Es ist anzumerken, dass für die Erstellung der Mobilitätsszenarien durchschnittliche Mobilitätsdaten für alltäglich zurückgelegte Wege herangezogen wurden. Es bleibt dabei offen inwiefern Menschen, die es gewohnt sind, für seltene Fälle (z.B. Urlaubsfahrten, Ausflüge, etc.) auf die dafür erforderliche größere Reichweite von konventionellen Krafffahrzeugen zu verzichten, und stattdessen andere Mobilitätsformen zu verwenden. Gleichmaßen ist der nur selten erforderliche größere Laderaum von herkömmlichen Fahrzeugklassen ein mögliches Hindernis für den Einsatz von Ultraleichtfahrzeugen.

Anhand der durchgeführten analytischen Fahrzeugbewertung ist festzustellen, dass für jede der definierten Nutzergruppen geeignete Ultraleichtfahrzeuge existieren, welche dem, aus den Mobilitätsdaten abgeleiteten Anforderungsprofil gerecht werden. Auch die Reichweitenanforderung, eine der Hauptargumente gegen die Akzeptanz von Elektromobilität, kann für die Alltagsmobilität, im urbanen Raum Wien lebender Nutzergruppen, von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen erfüllt werden. Die Technologierecherche zeigt, dass im Bereich der Elektrofahrzeuge und auch im Segment der Ultraleichtfahrzeuge, mittlerweile eine große Anzahl an Herstellern und Fahrzeugkonzepten existiert. Die in dieser Arbeit vorgestellten Fahrzeuge stellen dabei nur einen Auszug des am Markt erhältlichen Spektrums elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeugen dar. Die einzelnen Fahrzeugklassen können durch weitere Modelle vervollständigt und laufend durch neu entwickelte Fahrzeuge ergänzt werden.

Die Berechnung der THG-Emissionen von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen anhand der durchgeführten, vereinfachten Lebenszyklusanalyse ist zwar mit einer gewissen Ungenauigkeit verbunden, liefert jedoch eine größenordnungsmäßige Abschätzung des THG-Einsparungspotenzials. Ausgehend von den betrachteten Referenzfahrzeugen konnten die auf einen Fahrzeugkilometer bezogenen THG-Emissionen der einzelnen Fahrzeugklassen berechnet werden. Auf der Grundlage von vorhandenen Emissionswerten eines

elektrisch betriebenen mopeds, welches $15,64\text{g-CO}_2\text{-eq/Fkm}$ verursacht, wurden die Emissionswerte von Kleinkrafträdern, Krafträdern und dreirädrigen Motorrollern bestimmt. Diese belaufen sich, abhängig von Fahrzeuggewicht und Energieverbrauch, auf $7,7\text{-}29,4\text{g-CO}_2\text{-eq/Fkm}$. Für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge der Klassen Kleinst-PKW und drei- bzw. vierrädrigen Kabinenroller, wurden die THG-Emissionen anhand eines Referenz-Elektroautos mit $79,3\text{g-CO}_2\text{-eq/Fkm}$ bestimmt. Diese belaufen sich auf $19,8\text{-}41,0\text{g-CO}_2\text{-eq/Fkm}$. Im Vergleich mit konventionell betriebenen Fahrzeugen, mit THG-Emissionen von $199,63\text{g-CO}_2\text{-eq/Fkm}$ für Diesel-PKW, $256,81\text{g-CO}_2\text{-eq/Fkm}$ für Benzin-PKW und $101,97\text{g-CO}_2\text{-eq/Fkm}$ für ein benzinbetriebenes Moped, wurde das maximale jährliche THG-Einsparungspotenzial, durch elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge, für die einzelnen Nutzergruppen bestimmt. Die dazu herangezogenen Jahresfahrleistungen wurden aus den erstellten Mobilitätsszenarien abgeleitet. Über die in den Nutzergruppen vorhandene Anzahl an PKW wurde das Gesamtpotenzial zur Einsparung von THG-Emissionen bestimmt, welches sich auf rund $0,956\text{Mt-CO}_2\text{-eq/Jahr}$ beläuft und damit eine beträchtliche Dimension aufweist. Weiters wurde festgestellt, dass die betrachteten Ultraleichtfahrzeuge, gegenüber dem zur Berechnung herangezogenen Elektroauto einer herkömmlichen Fahrzeugklasse (Fahrzeuggewicht 1.140kg), deutlich im Vorteil sind. Das THG-Einsparungspotenzial ist demnach für elektrisch betriebene Ultraleichtfahrzeuge um den Faktor $1,30\text{-}1,35$ höher als für das Referenz-Elektroauto. Bei der Diskussion eines Umstiegs von fossilen Kraftstoffen hin zu Elektromobilität ist also in jedem Fall auch die Fahrzeugklasse bzw. -größe in Betracht zu ziehen.

Neben dem detailliert betrachteten Einsparungspotenzial von THG-Emissionen, sind durch einen Einsatz elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge, als Ersatz zu herkömmlichen Diesel- bzw. Benzin-PKW, für den urbanen Raum Wien auch Verbesserungen bei den lokalen Schadstoff- und Lärmemissionen, sowie im Flächenbedarf zu erwarten.

Besonders für die Stadt Wien, die sich mit dem Projekt Smart City das Ziel gesetzt hat, die beste Lebensqualität zu garantieren und dabei Ressourcen durch umfassende Innovationen zu schonen,²¹⁵ erscheint der Einsatz bzw. die Förderung elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge als eine sinnvolle Strategie. Dies könnte etwa durch die Entwicklung von Maßnahmen erfolgen, welche die Rahmenbedingungen bzw. Umgebungsfaktoren der Verkehrsmittelwahl (siehe Kapitel 2.1.1) für einen Einsatz elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge verbessern. Ohne die genaue Wirkung näher zu beleuchten sind beispielsweise finanzielle Anreize (z.B.: Steuererleichterungen, niedrigere Parkgebühren, o.ä.), spezielle Car-Sharing Angebote, oder Einfahrtserlaubnisse in autofreie Zonen,

²¹⁵ Quelle: <https://smartcity.wien.gv.at/site/> (07.05.2016)

mögliche Gestaltungsmaßnahmen, die den Einsatz von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen, als Ersatz zu konventionellen PKW, begünstigen würden.

Das Anwendungsbeispiel zeigt, dass die angewandte methodische Vorgehensweise auch für spezielle Nutzer- bzw. Personengruppen geeignet ist. Anhand der analytischen Fahrzeugbewertung können die am besten geeigneten Fahrzeugtypen gefunden werden und unter Berücksichtigung des Mobilitätsszenarios die Umweltauswirkungen abgeschätzt werden. Es ist durchaus denkbar, dass der Einsatz der analytischen Fahrzeugbewertung dazu herangezogen werden kann, um etwaigen Bedenken (z.B.: hinsichtlich Reichweite) vor dem Kauf eines elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugs entgegen zu wirken. Durch das Aufzeigen der positiven Umweltauswirkungen könnten außerdem umweltbewusste Personen zu einem Umstieg vom Diesel- bzw. Benzin-PKW zu einem Ultraleichtfahrzeug ermutigt werden.

Abschließend ist anzumerken, dass einige Fragen bzw. Voraussetzungen, die für einen möglichen Erfolg von Elektromobilität relevant sind, im Zuge dieser Arbeit nicht behandelt wurden. Beispielsweise die persönliche Einstellung zum Autofahren und die damit verbundenen Emotionen, welche einen möglichen Wechsel von konventionellen Fahrzeugen hin zur Elektromobilität beeinflussen. Auch auf die erforderliche Ladeinfrastruktur wurde in dieser Arbeit nicht vertiefend eingegangen. Inwiefern ein möglicher Einsatz von elektrisch betriebenen Ultraleichtfahrzeugen als Zweitfahrzeug, neben konventionellen PKW, zu einer Verbesserung der Umweltauswirkungen beitragen kann, bleibt ebenfalls offen. Für diese Frage- bzw. Problemstellungen bedarf es weiterführenden Untersuchungen.

7 Quellenverzeichnis

- Anderl, Michael; Bednar, Wolfgang; Gössl, Michael; Haider, Simone; Heller, Christian; Jobstmann, Heide; et. al. (2014): Klimaschutzbericht 2014, Umweltbundesamt GmbH, Wien 2014, URL: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0491.pdf>, (09.01.2016).
- Anderl, Michael; Gangl, Marion; Haider, Simone; Ibesich, Nikolaus; Moosmann, Lorenz; Pazdernik, Katja, et. al. (2015): Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990-2013, Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2015), Umweltbundesamt GmbH, Wien 2015, URL: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0553.pdf>, (09.01.2016).
- Arndt, Wulf-Holger (2010): Optimierungspotenziale im Wirtschaftsverkehr durch bestellerseitige Kooperation: Untersuchung des Ansatzes einer Beschaffungs-, Bestellerkooperation als ein Instrument für eine effiziente und stadtverträgliche Gestaltung des Wirtschaftsverkehrs, Technische Universität Berlin (Dissertation), Berlin 2010, URL: <http://d-nb.info/100732029X/34>, (30.03.2015).
- Asamer, Eva-Maria; Bauer, Adelheid; Bettel, Irene; Blauensteiner, Sophie; Haunold, Gabriele; Klapfer, Karin et. al. (2013): Wien Ergebnisse zur Bevölkerung aus der Registerzählung, Statistik Austria, Wien 2013.
- Blöbaum, Anke (2001): Umweltschonendes Mobilitätsverhalten: zur Bedeutung von Wohnumgebung und ökologischer Norm, 1. Aufl, Dt. Univ. Verlag, Wiesbaden 2001.
- BMFWF (o.J.): Treibstoffpreismonitor - Archiv Treibstoffpreise Euro/Liter, Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, URL: <http://www.bmfwf.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiepreise/Seiten/MonitorTreibstoff.aspx?Report=9>, (05.09.2015).
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (o.J. a): Erwerb der Klasse AM („Mopedführerschein“). URL: <https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/4/Seite.040600.html>, (01.09.2015).

- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (o.J. b):
Führerscheinklassen (Klassen der Lenkberechtigung), URL:
<https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/4/Seite.040150.html>,
(22.09.2015).
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (o.J. c):
Höchstgeschwindigkeiten, URL:
<https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/6/Seite.063300.html>,
(19.02.2016).
- Bundesverband deutscher Banken (o.J.): Wieviel haben Sie für Ihren PKW
ausgegeben?, In Statista - Das Statistik-Portal,
URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/28250/umfrage/pkw-anschaffungskosten-fuer-neu--gebrauchtwagen-2008/>, (16.07.2015).
- Clausen, Uwe; Thaller, Carina (Hrsg.) (2013): Wirtschaftsverkehr 2013, Springer
Verlag, Berlin, Heidelberg 2013.
- Dittrich, Dominik; Klementsitz, Roman; Sammer, Gerd; Stark, Juliane; Stöglehner,
Gernot; Weber, Gerlind (2005): IN-STELLA, Instrumente zur Steuerung des
Stellplatzangebotes für den Zielverkehr, Teil 2: Befragung der
Verkehrsteilnehmer und Betreiber sowie Maßnahmenempfehlungen, Bericht
Nr. 01.2/2005, Universität für Bodenkultur Wien, Department für Raum,
Landschaft und Infrastruktur, Wien 2005, URL:
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008057.pdf>,
(01.08.2014).
- E-Control Austria (o.J.): Was kostet eine kWh Strom?, URL: <https://www.e-control.at/konsumenten/strom/strompreis/was-kostet-eine-kwh>, (01.09.2015).
- ExtraEnergy (2014): ExtraEnergy - Pedelec & E-Bike Magazin, Heft März 2014,
ExtraEnergy Test Gmbh, Tanna 2014.
- ExtraEnergy (2015): ExtraEnergy - Pedelec & E-Bike Magazin, Heft März 2015,
ExtraEnergy Test Gmbh, Tanna 2015.
- Friedrich, Markus; Ritz, Charlotte (2014): Was bringt wie viel? Alte und neue
Verkehrs- und Mobilitätskonzepte für Städte, FGSV Verlag, Köln 2014, URL:
http://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/publication/downloads/201404_fr_cr_jeureka_was_bringt_wie_viel.pdf, (12.06.2015).
- Fuchs, Regina; Marik-Lebeck, Stephan (2014): Familie und Erwerbstätigkeit 2013, in:
Statistische Nachrichten 9/2014, Statistik Austria, Wien 2014.

- Gansterer, Markus (2015): Umweltfreundlich zum Einkaufen - Factsheet: 2015-05 VCÖ, Wien 2015, URL: <http://www.vcoe.at/de/publikationen/vcoe-factsheets/details/items/umweltfreundlich-zum-einkaufen>, (18.05.2015).
- Grett, Peter; Neupert, Hannes; Köstle, Werner (2011): E-Bikes und Pedelecs: Technik - Typen - Kaufberatung von Elektrofahrrädern, Bruckmann-Verlag, München 2011.
- Grießhammer, Rainer; Brommer, Eva; Gattermann, Marah; Grether, Stefanie; Krüger, Malte; Teufel, Jenny; Zimmer, Wiebke (2010): CO2-Einsparpotenziale für Verbraucher, Öko-Institut eV, Freiburg 2010, URL: <http://www.oeko.de/oekodoc/1029/2010-081-de.pdf> (24.11. 2015).
- Günther, Elmar (2009): Klimawandel und Resilience-Management: interdisziplinäre Konzeption eines entscheidungsorientierten Ansatzes, Gabler-Verlag, Wiesbaden 2009.
- Hanappi, Tibor; Müllbacher, Sandra; Schuh, Ulrich; Reitzinger, Stefanie; Lichtblau, Günther; Pötscher, Friedrich; et. al. (2012): Elektromobilität in Österreich - Determinanten für die Kaufentscheidung von alternativ betriebenen Fahrzeugen: Ein diskretes Entscheidungsexperiment, Umweltbundesamt GmbH, Wien 2012.
- Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger (2015): Die österreichische Sozialversicherung in Zahlen, 35. Ausgabe August 2015, Wien 2015.
- Herry, Max; Russ, Martin; Schuster, Markus; Tomschy, Rupert (2003): Schriftenreihe Niederösterreichisches Landesverkehrskonzept, Heft 21: Mobilität in NÖ - Ergebnisse der landesweiten Mobilitätsbefragung 2003, Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung für Gesamtverkehrsangelegenheiten NÖ Landesakademie, Umwelt und Energie, Herry Consult GmbH, Wien 2003.
- Herry, Max; Sedlacek, Norbert; Steinacher, Irene (2012): Verkehr in Zahlen - Österreich Ausgabe 2011, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Herry Consult GmbH, Wien 2012.
- Hiess, Helmut (2013): Masterplan Verkehr Wien 2003 Evaluierung 2013, Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, Rosinak & Partner ZT GmbH, Wien 2013.
- Himpele, Klemens (2014): Wien wächst..., Bevölkerungsentwicklung in Wien und den 23 Gemeinde- und 250 Zählbezirken, Magistratsabteilung 23 - Wirtschaft, Arbeit und Statistik, Wien 2014.

- Jellinek, Reinhard; Hildebrandt, Bernd; Pfaffenbichler, Paul; Lemmerer, Helmut (2013): Verkehrssicherheit von E-Fahrrädern, Auswirkungen der Entwicklung des Marktes für E-Fahrräder auf Risiken, Konflikte und Unfälle auf Radinfrastrukturen (MERKUR), Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency, Wien 2013.
- Kammer für Arbeiter und Angestellte für Oberösterreich (Hrsg.) (2013): Der lange Weg zur Arbeit - Pendler/-innen investieren viel, Arbeitsklimaindex - AKI, Ausgabe 1/2013; März, Linz 2013, URL: http://media.arbeiterkammer.at/ooe/publikationen/arbeitsklimaindex/AKI_2013_1_Maerz.pdf, (14.01.2015).
- Kampker, Achim; Vallée, Dirk; Schnettler, Armin (Hrsg.) (2013): Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2013.
- Kunert, Uwe; Radke, Sabine (2012): Personenverkehr in Deutschland: Mobil bei hohen Kosten, in: DIW-Wochenbericht Nr.24/2012, S. 3-12, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V., Berlin Offenburg 2012, URL: <http://www.econstor.eu/handle/10419/61200>, (24.09.2015).
- Lichtenegger, Michael (2012): in: Elektromobilität 2012: Erfolgreiche Lösungen für Smart Companies und Smart Cities, Echomedia-Verlag, Wien 2012.
- MA 46 (o.J): Stadtverkehr Wien - Tempo-50-Zonen in Wien, URL: <https://www.wien.gv.at/verkehr/stadtverkehr/individualverkehr/tempo50.html#abschnitt03>, (15.03.2015).
- Molitor, Romain; Niegl, Martin; Brezina, Tadej; Lemmerer, Helmuth; Ibesich, Nikolaus (2011): Su:b:city - Suburbia bike city - Endbericht 2011, Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG), Wien 2011.
- Monheim, Heiner; Arndt, Wulf-Holger; Ritt, Thomas; Wittrich, Judith; Bröthaler, Johann; Grüblinger, Gerald; et. al. (2015): WIEN WÄCHST – VERKEHR, Ostregion zwischen Konkurrenz und Kooperation, Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien, Wien 2015, URL: <https://media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/studien/Stadtpunkte17.pdf>, (26.01.2016).
- ÖAMTC (2013): Pedelec-Test 2013, URL: <http://www.oeamtc.at/portal/pedelec-test-2013+2500+1442085>, (19.04.2016).
- ÖIEB (2004): Motivation und Zufriedenheit von Zuzüglern ins Wiener Umland - Gesamtbericht, Österreichisches Institut für Erwachsenenbildung – ÖIEB, St. Pölten 2004.

- Omnitrend (2014): Marktforschung für die Wiener Linien, Mobilitätsverhalten 2013, i.A. der Wiener Linien, Bericht vom 31.3.2014, Wien 2014. (Zur Verfügung gestellt von DI Werner Ablinger).
- Planungsgemeinschaft Ost (Hrsg.) (2011): stadregion+ Zwischenbericht, Planungskoooperation zur räumlichen Entwicklung der Stadtregion Wien Niederösterreich Burgenland, Wien 2011, URL: http://planungsgemeinschaft-ost.at/pdf/stadregion_download_internet_print.pdf, (23.02.2016).
- Plötz, Patrick; Gnann, Till; Kühn, André; Wietschel, Martin (2013): Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge (Langfassung), Fraunhofer ISI, Karlsruhe 2013, URL: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/Fraunhofer-ISI-Markthochlaufszszenarien-Elektrofahrzeuge-Langfassung.pdf>, (15.03.2015).
- Pötscher, Friedrich; Winter, Ralf; Pölz, Werner; Lichtblau, Günther; Kutschera, Ute; Schreiber, Hanna (2014): ÖKOBILANZ ALTERNATIVER ANTRIEBE – ELEKTROFAHRZEUGE IM VERGLEICH, Umweltbundesamt GmbH, Wien 2014, URL: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0440.pdf>, (11.12.2015).
- Pressl, Robert; Braun, Margit; Kargl, Michaela (2013): Mobilität im Alter. Ein Handbuch für PlanerInnen, EntscheidungsträgerInnen und InteressensvertreterInnen, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2013, URL: http://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/gesamtverkehr/download/s/mobilitaetalter_lang.pdf, (04.04.2015).
- Pripfl, Jürgen; Aigner-Breuss Eva; Fördös; Alexander; Wiesauer, Leonhard (2010): Verkehrsmittelwahl und Verkehrsinformation - Emotionale und Kognitive Mobilitätsbarrieren und deren Beseitigung mittels multimodalen Verkehrsinformationssystemen - EKoM Endbericht, Kuratorium für Verkehrssicherheit, Wien 2010.
- Reiter, Karl; Pressl, Robert; Carvalho, Marta (2009): Mobilitäts- und Marketingkonzept für den Pedelec Einsatz in der Energieregion Weiz-Gleisdorf, Forschungsgesellschaft Mobilität – FGM, Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH, Weiz 2009, URL: http://www.fgm.at/docs/E_pedelec_broshure_web.pdf, (25.06.2015).

- Reiter, Karl; Wrighton, Susanne (2014): CycleLogistics – Moving Europe Foreward. Potential to shift goods transport from cars to bicycles in European cities, FGM-AMOR, URL: http://cyclelogistics.eu/docs/111/CycleLogistics_Baseline_Study_external.pdf, (06.10.2015).
- Rittler, Christian (2011): Kordonenerhebung Wien in den Jahren 2008 bis 2010, Planungsgemeinschaft Ost, Wien 2011.
- Rittler, Christian (2013): EinpendlerInnen nach Wien - Achsenbezogene Untersuchung der Park & Ride Potenziale, Schlussbericht, Planungsgemeinschaft Ost im Auftrag der Länder Wien, Niederösterreich und Burgenland, Wien 2013.
- Rudolph, Frederic (2014): Klimafreundliche Mobilität durch Förderung von Pedelecs - Lokale Langfristszenarien über die Wirkung von Instrumenten und Maßnahmen am Beispiel der Stadt Wuppertal, Dissertation Universität Wuppertal, Wuppertal 2014. URL: <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fbd/bauingenieurwesen/diss2014/rudolph/dd1404.pdf>, (06.05.2015).
- Sammer, Gerd / Röschel, Gerald (o.J.): Mobilität älterer Menschen in der Steiermark, Uni-Graz, URL: <http://www.uni-graz.at/senioren/same.htm>, (26.04.2015).
- Schleinitz, Katja; Franke-Bartholdt, Luise; Petzoldt, Tibor; Schwanitz, Stefan; Kühn, Matthias; Gehlert, Tina (2014): Pedelec-Naturalistic Cycling Study, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Unfallforschung der Versicherer, Forschungsbericht Nr. 27, Berlin 2014, URL: http://www.udv.de/sites/default/files/tx_udvpublications/fb_27_pedelec_4.pdf, (12.06.2015).
- Schmitt, Fabian; Hartmann, Bastian; Eckstein, Lutz (2010): Leichtbau bei Elektrofahrzeugen, in: ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift, Heft 11/2010, S. 788–795, Wiesbaden 2010, URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF03222207>, (03.07.2015).
- Schremmer, Christof; Mollay, Ursula; Novak, Stephanie; Tordy, Joanne (2013): Smart City & Region – Pilotstudie (Endbericht), Österreichisches Institut für Raumplanung - ÖIR GmbH, Wien 2013.
- Socialdata (2006): Auswertung aus der KONTIV Wien und der KONTIV VOR 2004 zur Unterstützung der Verkehrsmodellierung, Auftraggeber: Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung Stadt Wien, Wien 2006. (Zur Verfügung gestellt von DI Roman Riedel).

Socialdata (2009): Fahrrad-Mobilität in Wien. Fahrradnutzung in Wien 2009, Radverkehrsspezifische Ergebnisse der Haushaltsbefragung Wien 2009, Auftraggeber: Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung Stadt Wien Wien 2009.

Statistik Austria – Verschiedene Daten, abgerufen über: <http://www.statistik.at/>

- Bevölkerungsprognose 2014, erstellt am 20.11.2014
- Kfz-Bestand am 31.12.2013
- Kfz-Statistik, erstellt am 19.11.2015
- Konsumerhebung 2009/10, erstellt am 07.10.2011
- Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung 2012, erstellt am 24.03.2014
- Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung 2013, erstellt am 24.03.2014
- Pendlerstatistik 2013
- Registerzählung 2011. Abgestimmte Erwerbsstatistik 2009, 2010, 2012 (Stichtag 31.10.), erstellt am 29.09.2014
- Statistik des Bevölkerungsstandes (Bevölkerung am 01.01.2014), erstellt am 28.05.2014

Steigenberger, Karin; Feßl, Thomas (2013): Demografie und Verkehr in Österreich, Dossier Wirtschaftspolitik 2013/4, Wirtschaftskammer Österreich, Stabsabteilung Wirtschaftspolitik, Wien 2013.

VCÖ (2015): VCÖ – Presseaussendung, Wien, April 2015, URL: <http://www.vcoe.at/de/presse/aussendungen-archiv/details/items/vcoe-bereits-mehr-als-200000-elektro-fahrraeder-in-oesterreich-im-einsatz>, (09.05.2015).

Wachotsch, Ulrike; Kolodziej, Andrea; Specht, Bernhard; Kohlmeyer, Regina; Petrikowski, Falk (2014): E-Rad macht mobil, Potenziale von Pedelecs und deren Umweltwirkung, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2014, URL: <http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/2014/23927/>, (25.06.2015).

Wellbrock, Philipp; Fette, Max; Gabriel, Jürgen; Janßen, Karen (2011): Bewertung der CO₂-Emissionen von Elektrofahrzeugen - Stand der wissenschaftlichen Debatte, Bericht im Rahmen der Begleitforschung zur Modellregion Elektromobilität Bremen/Oldenburg, Bremer Energie Institut, Bremen 2011, URL: http://www.bremer-energie-institut.de/download/publications/BEI100-118_0397_Bericht.pdf, (19.12.2015).

Wietschel, Martin; Dütschke, Elisabeth; Funke, Simon; Peters, Anja; Plötz, Patrick; Schneider, Uta (2012): Kaufpotenzial für Elektrofahrzeuge bei sogenannten „Early Adoptern“, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe 2012.

Zimmer, Wiebke; Hülsmann, Friederike; Havers, Kirsten (2014): Stadt der Zukunft Lebenswerte Innenstädte durch emissionsfreien Verkehr, Working Paper 4/2014, Öko-Institut e.V., URL: <http://www.oeko.de/oekodoc/2197/2014-743-de.pdf>, (04.06.2015).

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Leichtbauspирale bei Elektrofahrzeugen	9
Abbildung 2: Erwerbsbeteiligung Mütter mit Kinder unter 15 Jahren nach Alter des jüngsten Kindes	18
Abbildung 3: Verkehrsmittelwahl (Modal Split) Wien Gesamt	20
Abbildung 4: Einteilung Wien nach Bezirksgruppen	21
Abbildung 5: Modal Split Wien nach Bezirksgruppen	21
Abbildung 6: Wegzweck Gesamt und nach Altersklassen	23
Abbildung 7: Hauptsächlicher Zweck von PKW-Fahrten	23
Abbildung 8: Modal Split Wien 2013 – Arbeit	25
Abbildung 9: Wegdistanzen zur Arbeit Wien	25
Abbildung 10: Anzahl der PKW-Insassen bei Arbeits- und Ausbildungswegen	26
Abbildung 11: Modal Split Wien 2013 - Schule/Ausbildung	28
Abbildung 12: Modal Split Wien 2013 - Versorgung/Einkauf	28
Abbildung 13: Modal Split Wien 2013 - Freizeit	30
Abbildung 14: Modal Split Wien 2013 - Holen/Bringen	31
Abbildung 15: Stadtregion+ Teil der Region Wien – Niederösterreich – Burgenland	35
Abbildung 16: Verkehrsmittelwahl (Modal Split) Wiener Umland Gesamt	40
Abbildung 17: Anteil der Wege nach Wegzweck Wiener Umland	40
Abbildung 18: Modal Split Verkehr stadteinwärts nach Korridoren	42
Abbildung 19: ÖV-Anteil nach Entfernung zur Kernstadt	43
Abbildung 20: Anteil der Wege des MIV nach Wegzweck im Gesamtkordon Wien stadteinwärts	44
Abbildung 21: Weglänge zur Arbeit Österreichweit	45
Abbildung 22: MIV-Einpendler nach Bezirken	46
Abbildung 23: Verkehrsmittelwahl Freizeit, Einkauf, Private Erledigungen Wiener Umland bzw. Niederösterreich	48
Abbildung 24: Beispiel Fahrprofil und Batterieladestand	55
Abbildung 25: Wegzweck nach Erwerbsform (Haushalt, Karenz)	66
Abbildung 26: Verkehrsmittelwahl älterer Personen Österreich 2008	70
Abbildung 27: Aktionsradius/Energieverbrauch Fahrrad (links) bzw. Pedelec (rechts)	83
Abbildung 28: Durch Fahrrad und Lastenrad substituierbare Fahrten des motorisierten Verkehrs	91
Abbildung 29: Einzugsgebiet ÖV-Haltestelle	101
Abbildung 30: Produktlebenszyklus für Kraftfahrzeuge	140
Abbildung 31: THG-Emissionen Fahrzeugherstellung (Benzin-PKW)	142
Abbildung 32: THG-Emissionen konventioneller und elektrisch betriebener Fahrzeuge	144

Abbildung 33: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Erwerbstätige Personen Wien	149
Abbildung 34: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Erwerbstätige Personen Wiener Umland	151
Abbildung 35: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Im Haushalt tätige Personen Wien	152
Abbildung 36: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Ältere Personen Wien	154
Abbildung 37: Gegenüberstellung THG-Einsparungspotenzial Ultraleichtfahrzeuge – Referenz Elektroauto	157
Abbildung 38: Maximales Einsparungspotenzial jährliche THG-Emissionen – Wiener Start-up	163

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Treibhauspotenzial (global warming potential - GWP)	5
Tabelle 2: Entscheidungsfaktoren der Verkehrsmittelwahl.....	13
Tabelle 3: Bevölkerungsstand Wien	15
Tabelle 4: Haushalte Wien	16
Tabelle 5: Familien Wien	17
Tabelle 6: Wege, Ausgänge und Außer-Haus-Anteil Wien	19
Tabelle 7: Durchschnittliche Weglänge, Wegdauer und Geschwindigkeit Wien	19
Tabelle 8: Erwerbstätige Personen Wien nach Entfernungskategorie	24
Tabelle 9: Weglänge SchülerInnen und Studierende Wien.....	27
Tabelle 10: Weglänge (in km) Freizeitwege Wien.....	30
Tabelle 11: Weglänge (in km) Holen/Bringen bzw. Begleiten Wien	32
Tabelle 12: Aktivitätenketten Wien	33
Tabelle 13: Bevölkerungsstand Wiener Umland	36
Tabelle 14: Haushalte in Niederösterreich und Burgenland 2013	36
Tabelle 15: Familien Niederösterreich und Burgenland 2013	37
Tabelle 16: Fahrzeugverfügbarkeit Niederösterreich und Burgenland	37
Tabelle 17: Wege, Ausgänge und Außer-Haus-Anteil Wiener Umland.....	39
Tabelle 18: Durchschnittliche Weglänge, Wegdauer und Geschwindigkeit Wiener Umland	39
Tabelle 19: Fahrzeuge des Individualverkehrs Stadteinwärts (0-24 Uhr).....	41
Tabelle 20: Zugangsverkehrsmittel zu ÖV	43
Tabelle 21: Verkehrsmittelwahl ErwerbsspendlerInnen stadteinwärts	44
Tabelle 22: Verkehrsmittelwahl AusbildungsspendlerInnen stadteinwärts.....	47
Tabelle 23: Weglänge Freizeit- und Einkaufswege nach Personengruppen Wiener Umland	48
Tabelle 24: Weglänge (in km) Holen/Bringen bzw. Begleiten Wiener Umland.....	49
Tabelle 25: Anforderung an Sitzzahl nach Wegzweck	54
Tabelle 26: Bewertungskriterien Fahrzeugkonzepte	56
Tabelle 27: Werk tägliche Weglängen nach Wegzweck erwerbstätige Personen Wien	57
Tabelle 28: Anforderung Reichweite erwerbstätige Personen Wien	59
Tabelle 29: Wertebereiche Bewertungskriterien erwerbstätige Personen Wien	60
Tabelle 30: Gewichtung Bewertungskriterien erwerbstätige Personen Wien.....	61
Tabelle 31: Werk tägliche Weglängen nach Wegzweck erwerbstätige Personen Wiener Umland	63
Tabelle 32: Anforderung Reichweite erwerbstätige Personen Wiener Umland.....	63
Tabelle 33: Wertebereiche Bewertungskriterien erwerbstätige Personen Wiener Umland	64

Tabelle 34: Gewichtung Bewertungskriterien erwerbstätige Personen Wiener Umland	65
Tabelle 35: Weglängen nach Wegzweck im Haushalt tätige Personen	67
Tabelle 36: Anforderung Reichweite im Haushalt tätige Personen	67
Tabelle 37: Wertebereiche Bewertungskriterien im Haushalt tätige Personen	68
Tabelle 38: Gewichtung Bewertungskriterien im Haushalt tätige Personen.....	69
Tabelle 39: Mobilitätsstile älterer Personen.....	71
Tabelle 40: Wertebereiche Bewertungskriterien ältere Personen	72
Tabelle 41: Gewichtung Bewertungskriterien ältere Personen.....	73
Tabelle 42: Einteilung Fahrzeugklassen nach EU-Richtlinie 2002/24/EG.....	75
Tabelle 43: Fahrzeugübersicht Pedelecs	79
Tabelle 44: Fahrzeugübersicht Pedelec-Sonderformen	80
Tabelle 45: Fahrzeugübersicht E-Bikes.....	82
Tabelle 46: Fahrzeugübersicht einspurige E-Lastenräder.....	87
Tabelle 47: Fahrzeugübersicht mehrspurige E-Lastenräder	88
Tabelle 48: Fahrzeugübersicht Velomobile	93
Tabelle 49: Fahrzeugübersicht E-Scooter	96
Tabelle 50: Fahrzeugübersicht fahrradähnliche Fahrzeuge	97
Tabelle 51: Analytische Fahrzeugbewertung Elektro-Fahrräder – Erwerbstätige Personen Wien	100
Tabelle 52: Analytische Fahrzeugbewertung Elektro-Fahrräder – Erwerbstätige Personen Wiener Umland	102
Tabelle 53: Analytische Fahrzeugbewertung Elektro-Fahrräder – Im Haushalt tätige Personen Wien	103
Tabelle 54: Analytische Fahrzeugbewertung Elektro-Fahrräder – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien	104
Tabelle 55: Fahrzeugübersicht Kleinkrafträder (L1e)	105
Tabelle 56: Fahrzeugübersicht Kleinkrafträder (L1e) - Transporter	106
Tabelle 57: Analytische Fahrzeugbewertung Kleinkrafträder – Erwerbstätige Personen Wien	108
Tabelle 58: Analytische Fahrzeugbewertung Kleinkrafträder – Erwerbstätige Personen Wiener Umland	108
Tabelle 59: Analytische Fahrzeugbewertung Kleinkrafträder – Im Haushalt tätige Personen Wien	109
Tabelle 60: Analytische Fahrzeugbewertung Kleinkrafträder – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien	110
Tabelle 61: Fahrzeugübersicht Krafträder - Zweirädrige Kraftfahrzeuge (L3e bzw. L4e)	112
Tabelle 62: Analytische Fahrzeugbewertung Krafträder – Erwerbstätige Personen Wien	114

Tabelle 63: Analytische Fahrzeugbewertung Krafträder – Erwerbstätige Personen Wiener Umland	114
Tabelle 64: Analytische Fahrzeugbewertung Krafträder – Im Haushalt tätige Personen Wien	115
Tabelle 65: Analytische Fahrzeugbewertung Krafträder – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien.....	116
Tabelle 66: Fahrzeugübersicht dreirädrige Kraftfahrzeuge – Motorroller	117
Tabelle 67: Fahrzeugübersicht dreirädrige Kraftfahrzeuge - Kabinenroller	118
Tabelle 68: Fahrzeugübersicht dreirädrige Kraftfahrzeuge - Twike.....	119
Tabelle 69: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Motorroller) – Erwerbstätige Personen Wien	121
Tabelle 70: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Kabinenroller) – Erwerbstätige Personen Wien	122
Tabelle 71: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Motorroller) – Erwerbstätige Personen Wiener Umland	123
Tabelle 72: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Kabinenroller) – Erwerbstätige Personen Wiener Umland	123
Tabelle 73: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Motorroller) – Im Haushalt tätige Personen Wien	124
Tabelle 74: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Kabinenroller) – Im Haushalt tätige Personen Wien	125
Tabelle 75: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Motorroller) – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien	125
Tabelle 76: Analytische Fahrzeugbewertung dreirädrige KFZ (Kabinenroller) – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien	126
Tabelle 77: Fahrzeugübersicht vierrädrige Leicht-KFZ (L6e, L7e) – Kleinst-PKW..	127
Tabelle 78: Fahrzeugübersicht vierrädrige Leicht-KFZ (L6e, L7e) – Kabinenroller.	128
Tabelle 79: Fahrzeugübersicht vierrädrige Leicht-KFZ (L6e, L7e) - Golfcarts	129
Tabelle 80: Analytische Fahrzeugbewertung vierrädrige Leicht-KFZ – Erwerbstätige Personen Wien	132
Tabelle 81: Analytische Fahrzeugbewertung vierrädrige Leicht-KFZ – Erwerbstätige Personen Wiener Umland	133
Tabelle 82: Analytische Fahrzeugbewertung vierrädrige Leicht-KFZ – Im Haushalt tätige Personen Wien	134
Tabelle 83: Analytische Fahrzeugbewertung vierrädrige Leicht-KFZ – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien	134
Tabelle 84: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Erwerbstätige Personen Wien	135
Tabelle 85: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Erwerbstätige Personen Wiener Umland	136

Tabelle 86: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Im Haushalt tätige Personen Wien	137
Tabelle 87: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Im Ruhestand befindliche bzw. ältere Personen Wien	138
Tabelle 88: Veränderte Komponenten Elektrofahrzeug vs. Verbrennungsmotor	141
Tabelle 89: Vorgehensweise zur Berechnung der THG-Emissionen elektrisch betriebener Ultraleichtfahrzeuge	145
Tabelle 90: THG-Emissionen (Klein-)Krafträder und dreirädrige Motorroller	146
Tabelle 91: THG-Emissionen Leicht-KFZ.....	147
Tabelle 92: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Erwerbstätige Personen Wien	149
Tabelle 93: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Erwerbstätige Personen Wiener Umland.....	150
Tabelle 94: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Im Haushalt tätige Personen Wien	152
Tabelle 95: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Ältere Personen Wien	153
Tabelle 96: Gesamtergebnis – Maximales THG-Einsparungspotenzial Ultraleichtfahrzeuge.....	155
Tabelle 97: Gesamtergebnis – Maximales THG-Einsparungspotenzial Referenz Elektroauto	156
Tabelle 98: Wertebereiche Bewertungskriterien Wiener Start-up	159
Tabelle 99: Gewichtung Bewertungskriterien Wiener Start-up.....	160
Tabelle 100: Analytische Fahrzeugbewertung – Wiener Start-up (1).....	161
Tabelle 101: Analytische Fahrzeugbewertung – Wiener Start-up (2).....	161
Tabelle 102: Ergebnisübersicht Fahrzeugbewertung – Wiener Start-up.....	162
Tabelle 103: Jährliche THG-Emissionen nach Fahrzeugtyp – Wiener Start-up	162

10 Abkürzungsverzeichnis

Begriffe	
Abs.	Absatz
Akku	Akkumulator
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ -eq	Kohlendioxid-Äquivalent
DoD	Depth of Discharge (Entladetiefe)
d.h.	das heißt
E-	Elektro-
EB	Energiebereitstellung
erf.	erforderliche
etc.	et cetera
et. al.	et alia (und andere)
exkl.	exklusive
Fkm	Fahrzeugkilometer
FKW	Vollfluorierte Kohlenwasserstoffe
Fr	Freitag
FSG	Führerscheingesezt
F-Gase	Fluorierte-Gase
FH	Fahrzeugherstellung
ggü.	gegenüber
GWP	global warming potential (Treibhauspotenzial)
HFKW	Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe
Hrsg.	HerausgeberIn
i.d.R.	in der Regel
inkl.	Inklusive
k.A.	keine Angabe
KFG	Kraftfahrgesezt
KFZ	Kraftfahrzeug
LCA	Life Cycle Assessment (Lebenszyklusanalyse)
MA	Magistratsabteilung
MIV	Motorisierte Individualverkehr
Mo	Montag

MWSt.	Mehrwertsteuer
NMV	Nichtmotorisierter Verkehr
N ₂ O	Distickstoffoxid (Lachgas)
o.ä.	oder ähnlichem
o.J.	ohne Jahresangabe
ÖV	Öffentlicher Verkehr bzw. öffentliche Verkehrsmittel
PKW	Personenkraftwagen
PN	Produktnutzung
Ref.	Referenz
Sa	Samstag
SF ₆	Schwefelhexafluorid
So	Sonntag
StVO	Straßenverkehrsordnung
TCO	Total cost of ownership
THG	Treibhausgas
VCÖ	Verkehrsclub Österreich
vgl.	vergleiche
VOR	Verkehrsbund Ost-Region
z.B.	zum Beispiel
zzgl.	Zuzüglich

Einheiten	
€	Euro
g	Gramm
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
Mt	1 Megatonne (Mt) = 10 ⁶ Tonnen (t) = 10 ⁹ Kilogramm (kg)
min	Minute
W, kW	Watt, Kilowatt
Wh, kWh	Wattstunde, Kilowattstunde