

Statistische Auswertung zum e-Carsharing-Projekt „will e-fahren“

Thomas WIELAND⁽¹⁾, Ernst SCHMAUTZER⁽¹⁾, Carina SCHLINTL^{(1)(*)},
Elisabeth IMREK^{(1)(*)}, Iris ABSENGER-HELMLI⁽²⁾, Nicole SCHUSTER⁽²⁾,
Christian HÜTTER⁽²⁾, Lothar FICKERT⁽¹⁾

⁽¹⁾Institut für Elektrische Anlagen, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 18, 8010 Graz,
Tel.: +43 (0)316 873 7564, Fax: +43 (0)316 873 7553, t.wieland@tugraz.at,
www.ifea.tugraz.at

⁽²⁾ Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH, Franz-Pichler-Straße 32, 8160 Weiz,
Iris.absenger-helmli@energieregion.at, www.energieregion.at

(*) Jungautorin

Kurzfassung: Im Rahmen des Teilprojekts (will e-fahren) werden Mobilitätsbedürfnisse verschiedener Kundengruppen erhoben, sowie die Auswirkungen eines e-Carsharing Systems im ländlichen Bereich auf die verschiedenen Komponenten des elektrischen Stromnetzes untersucht. Als Grundlage dieser Untersuchung dienen fundierte wissenschaftliche mehrteilige Fragebögen sowie Fahrtenbücher von TeilnehmerInnen unterschiedlicher Altersklassen des Teilprojektes „will e-fahren“. Die durch statistische Auswertungsverfahren gewonnenen Erkenntnisse sollen in weiterer Folge der Entwicklung eines zielgruppenorientierten e-Carsharing Geschäftsmodells dienen.

Keywords: e-Carsharing, Elektromobilität, Fragebögen, statistische Auswertung, Geschäftsmodell

1 Einleitung

Da der Verkehrssektor einen wesentlichen Teil zu den Treibhausgasemissionen in Österreich beiträgt, ist es das ausgesprochene umweltpolitische Ziel, bis zum Jahr 2020 eine Elektrofahrzeuganzahl (inklusive Hybridantrieb) von 210.000 Fahrzeugen in Österreich auf die Straßen zu bringen [1]. Da Personenkraftwagen außerordentlich viel knappen und teuren öffentlichen Raum beanspruchen, führen neue Denkansätze weg von Fahrzeugen, die nur einer Person gehören und nur von dieser Person oder nur von einem engen Personenkreis genutzt werden, hin zu Konzepten, in denen einzelne Fahrzeuge von mehreren Personen gemeinsam genutzt werden. Damit kommt es zu einer besseren Auslastung der Fahrzeuge, zu einem reduzierten Platzbedarf und auch zu niedrigeren Betriebs- bzw. Gesamtkosten. Zu diesen Konzepten gehören Carsharing und unter Berücksichtigung des Umweltschutzgedankens insbesondere e-Carsharing.

In einigen städtischen Ballungsgebieten gibt es bereits e-Carsharing-Projekte, in denen aber die spezifischen Gegebenheiten, wie sie in ländlichen Regionen und Bezirksstädten auftreten, kaum berücksichtigt wurden. Das Teilprojekt „will e-fahren“ des vom Klima- und

Energiefonds geförderten Projektes iENERGY 2.0¹ [2] in der Smart Region Weiz-Gleisdorf, schließt diese Lücke.

Im Rahmen dieses Projekts sollen die Mobilitätsbedürfnisse verschiedener Kundengruppen erhoben, sowie die Auswirkungen eines e-Carsharing Systems im ländlichen Bereich auf die verschiedenen Komponenten des elektrischen Stromnetzes untersucht werden. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten in weiterer Folge der Entwicklung eines zielgruppenorientierten e-Carsharing Geschäftsmodells dienen.

2 Methode

Um die entscheidenden Einflussfaktoren hinsichtlich der Nutzung von e-Carsharing Fahrzeugen und deren Auswirkungen auf mögliche Geschäftsmodelle zu untersuchen, werden in diesem Projekt mehrere Elektrofahrzeuge an verschiedene Kundengruppen (junge Erwachsene, Erwachsene, ältere Personen) über einen bestimmten Zeitraum kostenlos zur Verfügung gestellt. Die TeilnehmerInnen in diesem Projekt müssen wissenschaftlich fundierte mehrteilige Fragebögen ausfüllen und ein detailliertes Fahrtenbuch führen. Diese Fragebögen werden verwendet, um die relevanten Einflussfaktoren (z.B. sozio-demographische, ökonomische, technologische Faktoren) sowie das Mobilitätsverhalten und die Bedürfnisse zur Beladung des Elektrofahrzeugs hinsichtlich der unterschiedlichen Kundengruppeninteressen und -gewohnheiten zu erfassen. Wichtige Parameter wie Nutzerverhalten, Ladeenergiebedarf, Ladezeitpunkte, die Möglichkeit der zeitlichen Verschiebung von Fahrten und die Zahlungsbereitschaft pro Fahrt werden erhoben, um einerseits die persönliche Einstellung zur Mobilität und zu den Bedürfnissen zur Beladung des Elektrofahrzeugs zu erfassen und andererseits Aussagen hinsichtlich der Belastung bzw. Auslastung des Verteilernetzes sowie möglicher ökonomischer Geschäftsmodelle zu analysieren.

2.1 Kurzbeschreibung der angewandten statistischen Verfahren

Mit Hilfe von inferenzstatistischen Verfahren kann von einem Stichprobenergebnis auf die Population geschlossen werden und es können somit Wahrscheinlichkeitsaussagen über Populationswerte getroffen werden. Eine wichtige charakteristische Kenngröße ist dabei die Wahrscheinlichkeit p , mit der ein Stichprobenergebnis zufällig aus einer Population gezogen wird. Anhand von inferenzstatistischen Verfahren können Unterschieds- und Zusammenhangshypothesen überprüft werden, wobei stets von der sogenannten Nullhypothese ausgegangen wird: „*Es besteht kein Unterschied bzw. kein Zusammenhang in der Population*“. Ein Ergebnis der statistischen Auswertungen ist dann *signifikant*, d.h. es besteht ein Unterschied bzw. ein Zusammenhang, wenn die Wahrscheinlichkeit die Nullhypothese zu verwerfen $p < 5\%$ ist, obwohl sie in der Population gilt. Beim Verwerfen der Nullhypothese wird dann eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % akzeptiert [3], [4], [5]. Zur Auswertung der Daten und Beantwortung der Fragestellungen wurden unter Berücksichtigung der

¹ Energie Steiermark (Konsortialführer), Energieregion Weiz-Gleisdorf GmbH, TU Graz, Weizer Energie- Innovations- Zentrum GmbH, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, BM Leitner Planung & Bauaufsicht Gesellschaft mbH (alle Projektpartner)

entsprechenden Voraussetzungen folgende Verfahren angewendet: t-Tests, Varianzanalysen, Kruskal-Wallis Test, Mann-Whitney U Test und χ^2 -Verfahren.

3 Wissenschaftliche Datenerhebung

In dem Teilprojekt „will e-fahren“ haben in Summe 216 Personen teilgenommen, die sich auf 24 Gruppen verteilten. Den einzelnen TeilnehmerInnen wurden zwei Elektrofahrzeuge (Renault ZOE, SMART fortwo electric drive) mit der Auflage ein detailliertes Fahrtenbuch sowie die mehrteiligen Fragebögen zur weiteren wissenschaftlichen Auswertung auszufüllen, zur Verfügung gestellt. Die Koordination, Einschulung und Betreuung der einzelnen Gruppen übernahm vor Ort die „Energierregion Weiz-Gleisdorf“. Die Begleitforschung für dieses Teilprojekt übernahm das Institut für Elektrische Anlagen der TU Graz.

Für die Auswertung in diesem Projekt wurden die TeilnehmerInnen einer von drei Altersgruppen (junge Erwachsene, Erwachsene und ältere Personen) zugeordnet. Die folgende Tabelle 1 zeigt die Anzahl der TeilnehmerInnen pro Altersbereich sowie die in den Fahrtenbüchern aufgezeichneten Fahrten pro Altersgruppe. Da ein/e TeilnehmerIn kein Alter angegeben hat, konnte diese Person in den Auswertungen der Altersgruppen nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Altersstruktur der verschiedenen Gruppen (1 bis 3) inkl. der Anzahl an TeilnehmerInnen sowie den getätigten Fahrten

Gruppe	Name	Altersbereich	Anzahl TeilnehmerInnen	Anzahl der Fahrten
Gruppe 1	Junge Erwachsene	17 – 30 Jahre	69	156
Gruppe 2	Erwachsene	31 – 50 Jahre	99	268
Gruppe 3	Ältere Personen	51 – 80 Jahre	47	96

Fragebögen

Die mehrteiligen wissenschaftlichen Fragebögen wurden in Zusammenarbeit mit der „Energierregion Weiz-Gleisdorf“ und durch Unterstützung des Institutes für Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung der Karl-Franzens-Universität Graz entworfen. Mit Hilfe des ersten Fragebogens, der von den ProjektteilnehmerInnen vor ihrer ersten Testfahrt mit einem zur Verfügung gestellten Elektrofahrzeug ausgefüllt wurde, wurden demographische Daten, Einstellungen zur Elektromobilität, Mobilitätsverhalten und Ladebedürfnisse erhoben. Um mögliche Veränderungen in den Einstellungen zur Elektromobilität und zu den Ladebedürfnissen, sowie zur Zufriedenheit im Rahmen des Projekts zu erfassen, wurde den TeilnehmerInnen nach ihrer letzten Fahrt ein weiterer Fragebogen vorgegeben. Anhand der Daten, die aus den Fragebögen gewonnenen wurden, kann u.a. das Mobilitätsverhalten, die Einstellungen zu einem e-Carsharing System, das Verhalten im Zusammenhang mit der Nutzung eines e-Carsharing Systems sowie die z.B. Wünsche hinsichtlich Ladeinfrastruktur der unterschiedlichen Altersgruppen erhoben werden.

Fahrtenbuch

In dem von dem Institut für Elektrische Anlagen der TU Graz und der „Energierregion Weiz-Gleisdorf“ entworfenen Fahrtenbuch wurden von den TeilnehmerInnen folgende Daten bei der Nutzung des Elektrofahrzeugs handschriftlich protokolliert:

- Uhrzeit Fahrtbeginn/Fahrtende
- Gefahrene Kilometer
- Anzahl der Personen im Fahrzeug
- Wegzweck (zur Arbeit/von der Arbeit bzw. Arbeitsstätte, beruflich, Privat/Freizeit)
- Art der Strecke (Stadt, Land, Berg)
- Durchschnittlicher Energiebedarf in kWh/100 km
- Akkustand vor/nach der Fahrt
- Uhrzeit Ladebeginn / Ladeende
- Akkustand vor/nach der Beladung
- Nachgeladene Energie (gemessen mittels Energiezähler – Schukozwischenstecker)
- Zeitliche Verschiebmöglichkeit der aktuellen Fahrt nach vor/nach hinten
- Ladeort (öffentlich/Arbeitsplatz/privat), Ladeleistung (3,7 / 11 / 22 kW)
- Zahlungsbereitschaft für eine Fahrt.

Da zu erwarten war, dass den TeilnehmerInnen ein detailliertes Kostenbewusstsein hinsichtlich der tatsächlich auftretenden Kosten für ein Fahrzeug (Investitionskosten, Energiekosten, Kosten für Versicherung, Wertverlust, Service- und Reparaturkosten, ...) fehlen würde, wurde ein Beiblatt zur Darstellung der monatlichen Kosten eines durchschnittlichen PKWs den TeilnehmerInnen zur Verfügung gestellt. Das Ziel dabei war es, unrealistische Kostenvorstellungen und Kostenangaben zu vermeiden. In dem entworfenen Beiblatt werden die relevanten Kostentreiber gemäß ÖAMTC [6] aufgelistet. Ist nun die monatliche Kilometerleistung bekannt, können die Kosten pro Kilometer berechnet werden. Die folgende Tabelle 2 zeigt einen Auszug aus dem Beiblatt, mit dem die Gesamtkosten pro Kilometer sowie die Gesamtkosten pro Monat abgeschätzt werden können.

Tabelle 2: Gesamtkosten pro Monat bzw. pro Kilometer abhängig von der Kilometerleistung

Kilometerleistung	monatliche Teilkosten ²⁾	Treibstoffkosten ^{3), 4)}	Gesamtkosten	Gesamtkosten
km/Monat	Kosten / Monat	Kosten / Monat	Kosten / Monat	Kosten / Kilometer
10 km/Monat	€ 383	€ 1	€ 384	€ 38,4
500 km/Monat	€ 383	€ 38	€ 421	€ 0,84
1000 km/Monat	€ 383	€ 77	€ 460	€ 0,46
2000 km/Monat	€ 383	€ 153	€ 536	€ 0,27

²⁾ Die monatlichen Teilkosten ergeben sich aus den Durchschnittskosten der 25 meistverkauften Autos [7]

³⁾ Der Treibstoffverbrauch wird mit 6,5 Liter/100 km angenommen

⁴⁾ Treibstoffkosten 1,18 €/Liter (Preisauskunft März 2015)

Wie aus der Tabelle 2 ersichtlich ist, sinken die Kosten je Kilometer mit steigender Kilometerleistung. Für Personen, welche im Monat nur wenige Kilometer zurücklegen (500 km/Monat), können durchaus Carsharing bzw. in weiterer Folge e-Carsharing Modelle aus ökonomischen Gründen eine Alternative zur aktuellen Situation (Eigenbesitz PKW) darstellen. Dieses Beiblatt dient den einzelnen TeilnehmerInnen als Information, um die monatlichen Kosten der Mobilität darzustellen. Zusätzlich sollte es genutzt werden, um die eigenen monatlichen Kosten in diesem Beiblatt auszurechnen und um den einzelnen TeilnehmerInnen einen transparenten Kostenvergleich zu ermöglichen.

Das Ziel des Fahrtenbuches ist es, das charakteristische Verhalten der unterschiedlichen Altersgruppen hinsichtlich der Abfahrts- und Ankunftszeiten sowie des Energiebedarfs pro Fahrt zu ermitteln. Zusätzlich werden die charakteristischen Kenngrößen wie z.B. die Zahlungsbereitschaft oder der Wegzweck von den einzelnen TeilnehmerInnen abgefragt.

Geschäftsmodelle für e-Carsharing

Die grundlegende Aufgabe bei der Entwicklung eines Geschäftsmodells besteht darin, herauszufinden, welchen Nutzen Kunden oder andere Partner⁵ des e-Carsharing Anbieters aus der Geschäftsbeziehung ziehen können oder genauer gesagt, welche Art von Nutzen für Kunden so interessant ist, dass sie zu einem e-Carsharing Fahrzeug greifen. Der Nutzen für Kunden kann zum Beispiel in einem besseren Image, hoher Bequemlichkeit, mangelnder Liquidität, Freude am Elektrofahrzeug oder in einem Kostenvorteil liegen. In den Fragebögen werden den TeilnehmerInnen zu dieser Thematik eine Reihe von Fragen vor und nach der Teilnahme am Projekt gestellt und später statistisch ausgewertet. Auch Fragen zum Interesse an alternativen Mobilitätskonzepten werden in den Fragebögen behandelt und im Rahmen der Auswertung berücksichtigt. Die Fragen, welche Kundengruppen besonderes Interesse an e-Carsharing haben, wie und wann sie das Fahrzeug benutzen würden, wie viele Kilometer pro Tag und wann fahren würden, welchen Weg sie akzeptieren würden um zu einem Stellplatz zu kommen usw. gestatten es eine Architektur der Wertschöpfung aufzustellen und die verschiedenen wirtschaftlichen Agenten und ihre Rollen zu bestimmen. Damit kann die Frage beantwortet werden, wie die wirtschaftlich nutzbaren Leistungen in welchen Konfigurationen erstellt werden können. Da grundsätzlich die Kostenfaktoren für einen e-Carsharing Anbieter bekannt sind (Kosten für Investitionen, Energie, Leistung, Versicherungen, Service, Kredite, Werbung, Standplätze, Ladestationen, ...) kann daraus nach Berücksichtigung des Gewinnaufschlages der Preis für e-Carsharing in €/Zeiteinheit oder in €/gefahrte Strecke festgelegt werden und mit den Antworten aus den Fragebögen hinsichtlich der Zahlungsbereitschaft verglichen werden. Daraus ergibt sich eine wichtige Information hinsichtlich Wirtschaftlichkeit der angedachten Geschäftsmodelle. Zusätzlich zu den direkten Kosten für e-Carsharing muss aber beachtet werden, dass Ladestationen abhängig von ihrer Anschlussleistung unter Umständen Auswirkungen auf die Stromversorgung, insbesondere auf das Verteilernetz haben, zum Beispiel Investitionen in das Verteilernetz und in die Ladestationen notwendig werden. Betroffen sind dabei insbesondere notwendige Schaltanlagen, Trafostationen, Leitungsverstärkungen, Aufwand

⁵⁾ das können z.B. Verteilernetzbetreiber, Betreiber von Ladestationen, wie z.B. Kaufhäuser oder andere Geschäftspartner sein, die aus dem Vorhandensein der Ladestation einen Zusatznutzen ziehen können

für Grabungsarbeiten und gegebenenfalls erhöhter Platzbedarf. Kann durch die Ladestationen ein erhöhter Stromumsatz generiert werden, der sich langfristig über die Netzgebühren für den Verteilernetzbetreiber rechnet, können Investitionen in das Netz erfolgen. Ebenso können sich Ladestationen und die gegebenenfalls notwendigen Investitionen in das Netz durch Umwegnutzen, wie z.B. durch erhöhte oder verlängerte und damit umsatzträchtigere Anwesenheit in Geschäften, rechnen – dies sind Faktoren, die bei einer detaillierten Entwicklung eines Geschäftsmodells untersucht und bewertet werden müssen. Dabei kommt erschwerend hinzu, dass Ladestationen in einem liberalisierten Markt von einem Verteilernetzbetreiber bewilligt werden müssen und dann entweder vom Verteilernetzbetreiber, einem Dienstleister oder von einem Grundeigentümer betrieben werden können.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Analyse der ausgefüllten Fragebogen einen wichtigen Beitrag zur Gewichtung der einzelnen Kosten- und Ertragskomponenten des Systems e-Carsharing (Fahrzeug, Netz) liefert. Auf diese Art und Weise können zuverlässige Informationen für die Entwicklung des Geschäftsmodells gewonnen werden.

4 Ergebnisse

Auswertung der Fragebögen

Im Folgenden werden Antworten zum Mobilitätsverhalten, zu den Einstellungen bezüglich eines e-Carsharing Systems, zum Verhalten im Zusammenhang mit der Nutzung eines e-Carsharing Systems sowie zu den Ladebedürfnissen der unterschiedlichen Altersgruppen anhand der Fragebögen ausgewertet.

1. Mobilitätsverhalten der unterschiedlichen Kundengruppen:

a. Gibt es einen Unterschied zwischen den untersuchten Kundengruppen in der Wegstrecke, die sie pro Jahr zurücklegen?

Wie in Abbildung 1 ersichtlich, gibt es laut Kruskal-Wallis Test einen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen (junge Erwachsene, Erwachsene, ältere Personen) in der zurückgelegten Wegstrecke pro Jahr ($\chi^2(2) = 9.499, p < .05$).

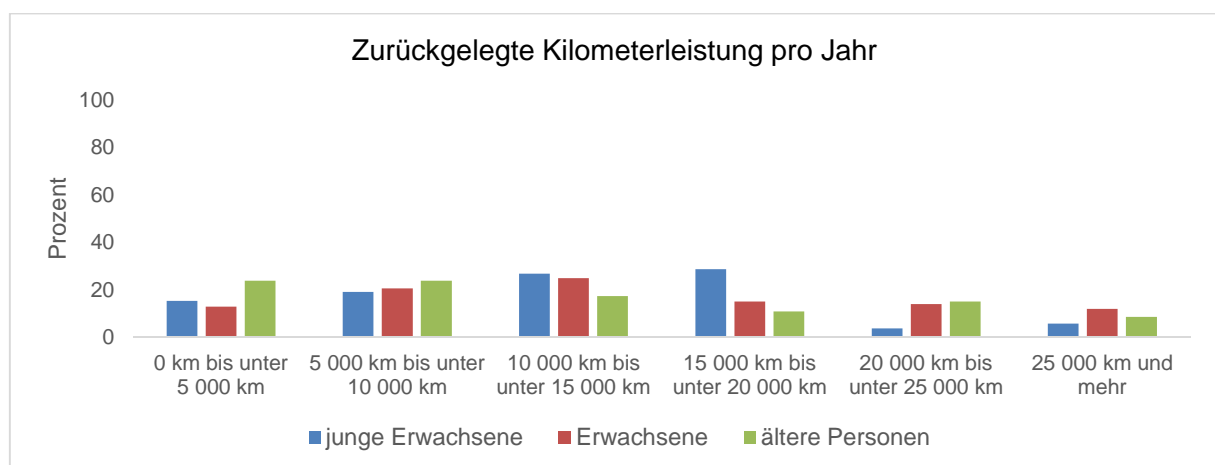


Abbildung 1: Prozentanteil der Personen pro Altersgruppe in Abhängigkeit der zurückgelegten Kilometer/Jahr

Mann-Whitney U Tests haben gezeigt, dass junge Erwachsene (M = 50.23) und ältere Personen (M = 47.64) weniger Kilometer pro Jahr zurücklegen als Erwachsene (M = 76.22). Zwischen jungen Erwachsenen und älteren Personen gibt es keinen Unterschied in den zurückgelegten Kilometern (nicht signifikant n.s.).

b. Wie viele PKWs pro Haushalt bzw. welche PKW Kategorien besitzen die unterschiedlichen Kundengruppen?

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt, dass kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der PKWs pro Haushalt in Abhängigkeit vom Alter besteht ($F(2) = 2.811$, n.s.). Unabhängig von der Altersgruppe sind in einem Haushalt durchschnittlich 2 PKWs vorhanden.

In Abbildung 2 ist der Prozentanteil der Personen pro Altersgruppe in Abhängigkeit von der PKW Kategorie ersichtlich.

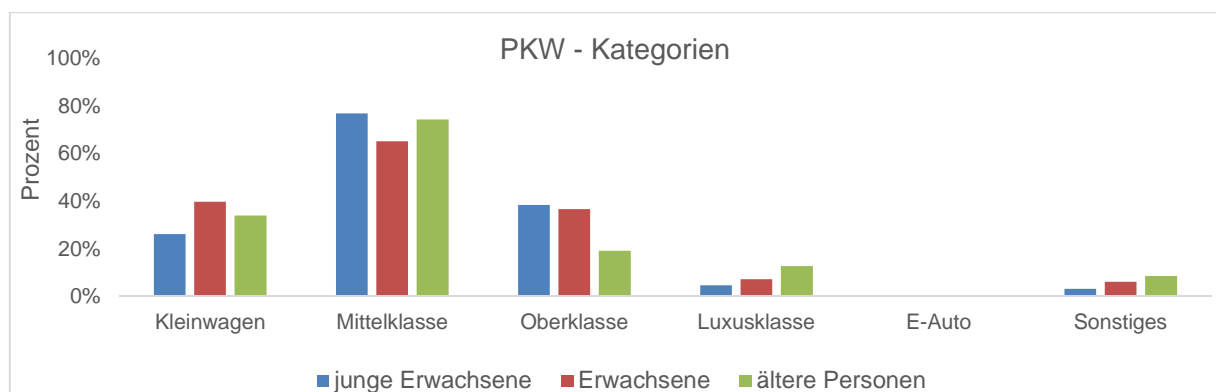


Abbildung 2: Prozentanteil der Personen pro Altersgruppe in Abhängigkeit von der PKW Kategorie

Aus der Abbildung 2 ist ersichtlich, dass unabhängig vom Alter der größte Prozentanteil Mittelklassefahrzeuge besitzt. Von keinem der Teilnehmenden wurde angegeben ein Elektrofahrzeug zu besitzen.

c. Welche Fahrzeugtypen werden von den unterschiedlichen Kundengruppen zu welchen Zwecken genutzt?

In Abbildung 3 ist der Prozentanteil der Personen pro Altersgruppe in Abhängigkeit vom Fahrzeugtyp, den sie zum Arbeitsplatz/zur Ausbildungsstätte verwenden, ersichtlich.

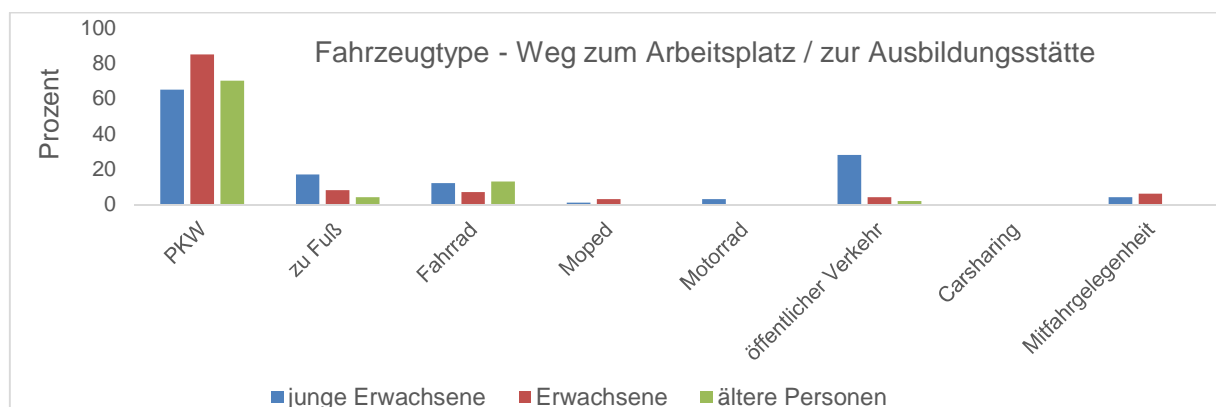


Abbildung 3 Prozentanteil der Personen pro Altersgruppe in Abhängigkeit vom Fahrzeugtyp, den sie zum Arbeitsplatz bzw. zur Ausbildungsstätte verwenden

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt keinen signifikanten Unterschied in der Kilometerleistung, die pro Tag zur Arbeit/Ausbildungsstätte gefahren werden in Abhängigkeit vom Alter ($F(2) = 2.097$, n.s.). Unabhängig vom Fahrzeugtyp fahren die Personen im Untersuchungsgebiet durchschnittlich 26.98 km pro Tag zur Arbeit/Ausbildungsstätte.

In Abbildung 4 sieht man die durchschnittliche Kilometerleistung pro Tag in der Freizeit in Abhängigkeit von der Altersgruppe und dem Fahrzeugtyp.

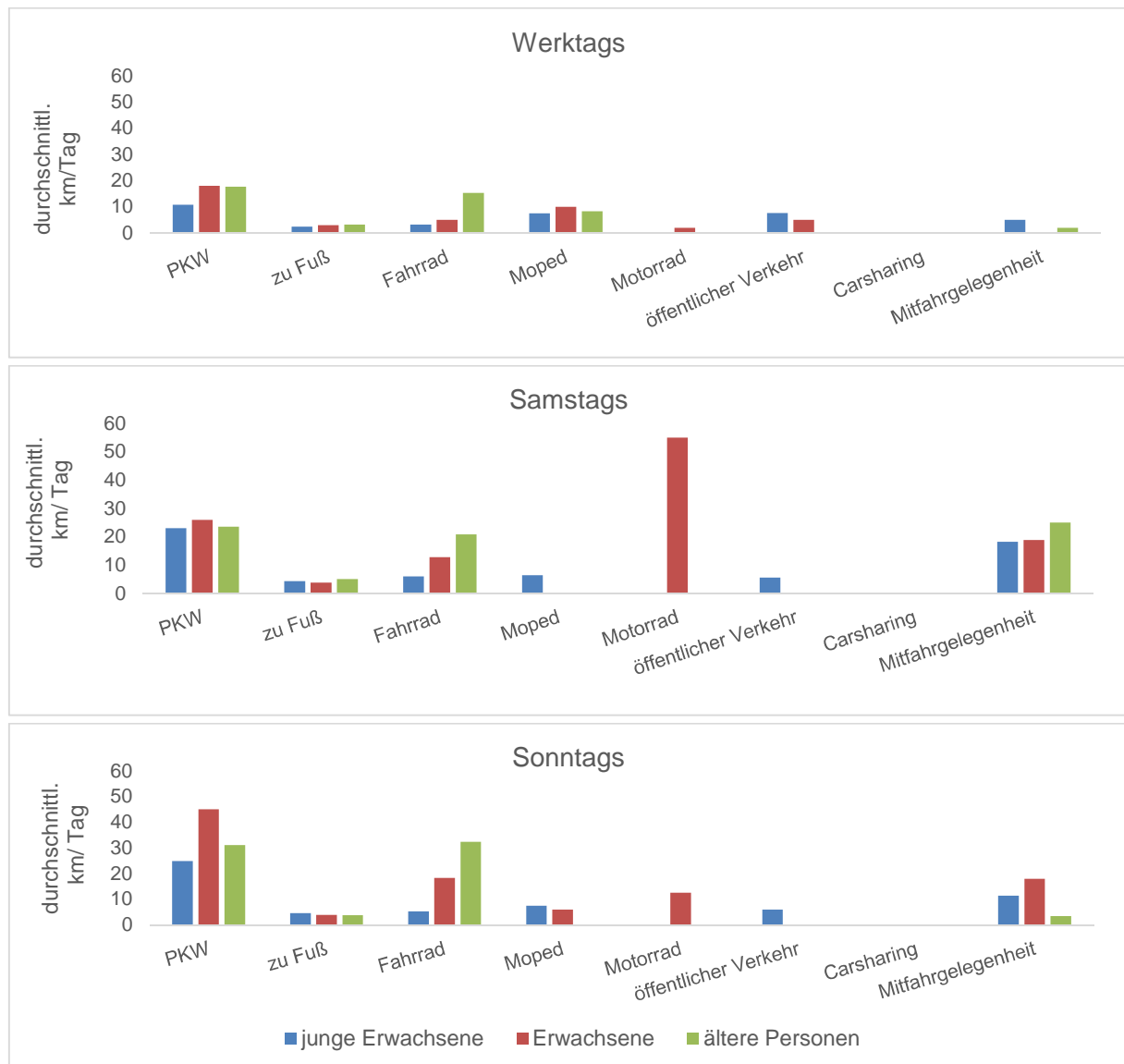


Abbildung 4: Durchschnittliche Kilometer pro Tag in der Freizeit in Abhängigkeit von der Altersgruppe und vom Fahrzeugtyp – werktags, samstags und sonntags

Aus Abbildung 4 sind die durchschnittlichen Kilometer pro Tag in der Freizeit in Abhängigkeit von der Altersgruppe und vom Fahrzeugtyp werktags, samstags und sonntags ersichtlich. In dieser Stichprobe, werden die meisten Kilometer pro Tag in der Freizeit mit dem PKW zurückgelegt. Samstags und sonntags werden viele Kilometer per Mitfahrgelegenheit zurückgelegt. Der öffentliche Verkehr wird in dieser Stichprobe in der Freizeit fast ausschließlich von jungen Erwachsenen genutzt.

d. Gibt es einen Unterschied zwischen Kundengruppen in der Zufriedenheit mit der Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz?

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt einen signifikanten Haupteffekt Alter ($F(2) = 14.312$, $p < .05$, $\eta^2 = .12$). Tukey Posttests zeigen, dass junge Erwachsene zufriedener mit der Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz sind als Erwachsene und ältere Personen. Auf einer Skala von 1 bis 5 (1 = *gar nicht*, 2 = *kaum*, 3 = *mittelmäßig*, 4 = *ziemlich*, 5 = *außerordentlich*) haben junge Erwachsene durchschnittlich einen Wert von 3.4 ($s = 1.13$), Erwachsene und ältere Personen haben einen Wert von 2.5 ($s_2 = 1.08$, $s_3 = 1.15$).

2. Ermittlung der Einstellungen der unterschiedlichen Kundengruppen zu einem e-Carsharing System:

a. Unterscheiden sich die Kundengruppen in der Bereitschaft ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen und gibt es einen Unterschied in Abhängigkeit vom Wohnort?

Auf einer Skala von 1 bis 5 (1 = *keinesfalls*, 2 = *wahrscheinlich nicht*, 3 = *vielleicht*, 4 = *ziemlich wahrscheinlich*, 5 = *ganz sicher*) bewerteten die Personen ihre Bereitschaft ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen. Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigt einen signifikanten Haupteffekt Alter ($F(2) = 4.984$, $p < .05$, $\eta^2 = .05$). Tukey Posttests zeigen, dass junge Erwachsene ($MW = 3$, $s = .98$) eine größere Bereitschaft haben ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen als ältere Personen ($MW = 2$, $s = .90$). Es gibt keinen Unterschied in der Bereitschaft ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen zwischen jungen Erwachsenen und Erwachsenen ($MW = 2$, $s = .94$) sowie zwischen Erwachsenen und älteren Personen (n.s.).

Zusätzlich wurde der Wohnort der Personen erhoben, um zu untersuchen, ob es einen Unterschied in der Bereitschaft ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen zwischen Personen, die in einer Stadt, einer Vorstadt oder einem Dorf wohnen, gibt. Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt keinen signifikanten Haupteffekt Wohnort ($F(2) = 1.966$, n.s.). Es gibt keinen Unterschied in der Bereitschaft ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen in Abhängigkeit vom Wohnort ($MW = 2$ *wahrscheinlich nicht*, $s = .97$).

b. Aus welchen Gründen würden die unterschiedlichen Kundengruppen ein e-Carsharing Fahrzeug verwenden bzw. nicht verwenden?

Abbildung 5 zeigt die durchschnittliche Zustimmung (1 = *trifft zu* bis 5 = *trifft nicht zu*) zu den Gründen ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen in Abhängigkeit von der Altersgruppe. Eine multivariate Varianzanalyse ergibt einen signifikanten Unterschied in der Zustimmung zu den Gründen ein e-Carsharing Fahrzeug zu benutzen ($F(7,137) = 31.303$, $p < .05$, Pillai-Spur = .615, $\eta^2 = .62$) und keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen in der Zustimmung zu den Gründen ein e-Carsharing Fahrzeug zu benutzen ($F(14,276) = 1.231$, Pillai-Spur = .118, n.s.).

Posttests zeigen, dass dem Grund „umweltfreundlich“ ($MW = 1.74$, $s = 1.16$) mehr zugestimmt wird als allen anderen Gründen bis auf den Grund „weil keine Anschaffungskosten anfallen“ ($MW = 2.12$, $s = 1.25$). Dem Grund „modern“ ($MW = 3.62$, $s = 1.26$) wird weniger zugestimmt als allen anderen Gründen. Dem Grund „keine Anschaffungskosten“ wird mehr zugestimmt als den Gründen „leise“ ($MW = 2.70$, $s = 1.43$),

„Fahrleistung“ (MW = 2.74, s = 1.26), „praktisch“ (MW = 3.10, s = 2.02). Dem Grund „praktisch“ wird weniger zugestimmt als den Gründen „kostengünstig“, „keine Anschaffungskosten“ und „keine laufenden Kosten“ (MW = 2.20, s = 1.23). Es besteht kein Unterschied in der Zustimmung zu den Gründen „kostengünstig“ (MW = 2.45, s = 1.15), „keine Anschaffungskosten“ und „keine laufenden Kosten“.

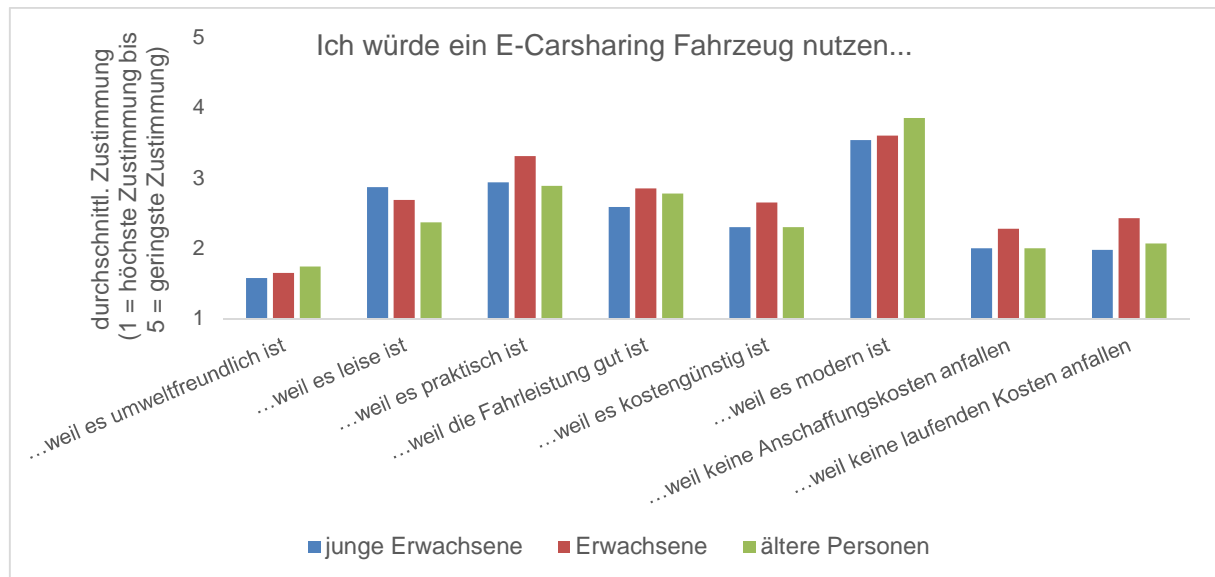


Abbildung 5: Durchschnittliche Zustimmung (1 = trifft zu bis 5 = trifft nicht zu) zu den Gründen ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen in Abhängigkeit von der Altersgruppe

Abbildung 6 zeigt die durchschnittliche Zustimmung (1 = trifft zu bis 5 = trifft nicht zu) zu den Gründen kein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen in Abhängigkeit von der Altersgruppe. Eine multivariate Varianzanalyse ergibt einen signifikanten Unterschied in der Zustimmung zu den Gründen kein e-Carsharing Fahrzeug zu benutzen ($F(5,154) = 28.891$, $p < .05$, Pillai-Spur = .484, $\eta^2 = .48$) und einen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen in der Zustimmung zu den Gründen kein e-Carsharing Fahrzeug zu benutzen ($F(10,310) = 2.664$, $p < .05$, Pillai-Spur = .158, $p < .05$, $\eta^2 = .08$). Posttests zeigen, dass es in der Zustimmung zu den Gründen „teuer“ (MW1 = 2.75, s1 = 1.30, MW2 = 2.93, s2 = 1.26, MW3 = 2.58, s3 = 1.39), „wenig Ladestationen“ (MW1 = 2.46, s1 = 1.07, MW2 = 2.27, s2 = 1.26, MW3 = 2.70, s3 = 1.47), „lange Ladezeiten“ (MW1 = 2.21, s1 = 1.05, MW2 = 2.38, s2 = 1.27, MW3 = 2.58, s3 = 1.39), „unpraktisch“ (MW1 = 2.74, s1 = 1.33, MW2 = 2.32, s2 = 1.13, MW3 = 2.24, s3 = 1.35) und „kein ausreichendes Platzangebot“ (MW1 = 3.86, s1 = 1.22, MW2 = 3.46, s2 = 1.37, MW3 = 3.64, s3 = 1.45) keinen Unterschied zwischen den Altersgruppen gibt.

Dem Grund „geringe Reichweite“ stimmen junge Erwachsene mehr zu als ältere Personen. Zwischen Erwachsenen und älteren Personen sowie zwischen jungen Erwachsenen und Erwachsenen gibt es in diesem Grund keinen Unterschied (MW1 = 2.11, s1 = 1.11, MW2 = 2.24, s2 = 1.36, MW3 = 2.85, s3 = 1.50).

Wenn man die Zustimmung zu den Gründen innerhalb einer Altersgruppe miteinander vergleicht, zeigen Posttests, dass junge Erwachsene den Gründen „teuer“ und „wenig

Ladestationen“ weniger zustimmen als dem Grund „geringe Reichweite. Sie stimmen dem Grund „wenig Ladestationen“, „geringe Reichweite“, „lange Ladezeiten“, „unpraktisch“ und „teuer“ mehr zu als dem Grund „kein ausreichendes Platzangebot“.

Erwachsene stimmen dem Grund „teuer“ weniger zu als den Gründen „wenig Ladestationen“, „geringe Reichweite“, „lange Ladezeiten“ und „unpraktisch“. Sie stimmen dem Grund „kein ausreichendes Platzangebot“ weniger zu als den Gründen „wenig Ladestationen“, „geringe Reichweite“ und „unpraktisch“. Ältere Personen stimmen dem Grund „kein ausreichendes Platzangebot“ weniger zu als den Gründen „teuer“, „wenig Ladestationen“, „geringe Reichweite“, „lange Ladezeiten“ und „unpraktisch“.

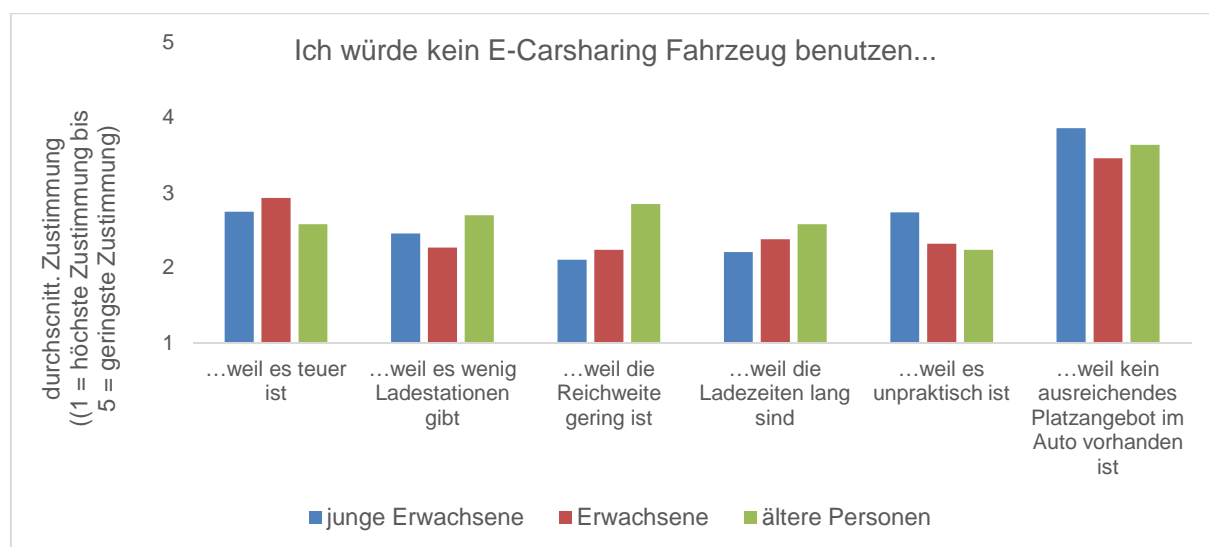


Abbildung 6: Durchschnittliche Zustimmung (1 = trifft zu bis 5 = trifft nicht zu) zu den Gründen kein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen in Abhängigkeit von der Altersgruppe

c. Unterscheiden sich die Kundengruppen in der gewünschten Reichweite eines Elektroautos?

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen in der gewünschten Reichweite eines Elektrofahrzeugs ($F(2) = .6.350$, $p < .05$, $\eta^2 = .06$). Tukey Posttests zeigen, dass junge Erwachsene ($MW = 358$ km, $s = 190$ km) und Erwachsene ($MW = 320$ km, $s = 189$ km) sich eine größere Reichweite des Elektrofahrzeugs wünschen als ältere Personen ($MW = 235$ km, $s = 129$ km). Zwischen jungen Erwachsenen und Erwachsenen besteht kein Unterschied in der gewünschten Reichweite.

d. Unterscheiden sich die Kundengruppen im maximalen Weg, den Sie zu einem e-Carsharing Parkplatz zurücklegen würden?

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen im durchschnittlichen Weg, den sie maximal zu einem e-Carsharing Parkplatz zurücklegen würden ($F(2) = .32$, n.s.). Die Personen geben an, dass sie im Durchschnitt 3.05 km ($s = 4.67$) zu einem e-Carsharing Parkplatz zurücklegen würden.

e. Unterscheiden sich die Kundengruppen in ihrer Ausgabebereitschaft für ein e-Carsharing Fahrzeug?

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen in der durchschnittlichen Ausgabebereitschaft pro Monat für ein e-Carsharing Fahrzeug ($F(2) = .70$, n.s.). Die Personen geben an, dass sie durchschnittlich 56.51 € ($s = 78.90$) pro Monat für ein e-Carsharing Fahrzeug ausgeben würden.

f. Gibt es Veränderungen in der Bereitschaft ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen, in der Ausgabebereitschaft sowie in der gewünschten Reichweite nachdem die Kundengruppen im Rahmen des Projekts ein e-Carsharing Fahrzeug getestet haben?

Zweifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung ergeben keine signifikanten Unterschiede im Vorher-/Nachhervergleich in der Bereitschaft ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen (Haupteffekt Messzeitpunkt ($F(1) = .114$, n.s.; Wechselwirkung Altersgruppe x Messzeitpunkt ($F(2) = .113$, n.s.)), in der monatlichen Ausgabebereitschaft für ein e-Carsharing Fahrzeug (Haupteffekt Messzeitpunkt ($F(1) = .250$, n.s.; Wechselwirkung Altersgruppe x Messzeitpunkt ($F(2) = .541$, n.s.)) sowie in der gewünschten Reichweite eines Elektrofahrzeugs (Haupteffekt Messzeitpunkt ($F(1) = 1.548$, n.s.; Wechselwirkung Altersgruppe x Messzeitpunkt ($F(2) = .515$, n.s.)).

3. Ermittlung des Verhaltens der unterschiedlichen Kundengruppen im Zusammenhang mit der Nutzung eines e-Carsharing Systems:

a. Unterscheiden sich die Kundengruppen in den Kilometern, die sie mit dem e-Carsharing Fahrzeug durchschnittlich fahren würden?

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen in der Kilometerleistung die sie mit einem e-Carsharing Fahrzeug pro Jahr durchschnittlich fahren ($F(2) = 1.43$, n.s.). Die Personen geben an, dass sie durchschnittlich 4316.41 km ($s = 6955.43$) pro Jahr mit einem e-Carsharing Fahrzeug fahren würden.

b. Unterscheiden sich die Kundengruppen in der Häufigkeit der zurückgelegten Wegstrecken mit dem e-Carsharing Fahrzeug (Stadt, Land, Berg) und des Nutzungszwecks (Arbeit, beruflich, Privat)?

Abbildung 7 zeigt wie häufig (1 = *nie*, 2 = *selten*, 3 = *gelegentlich*, 4 = *oft*, 5 = *immer*) die Altersgruppen in der ebenen Stadt, am ebenen Land oder bergauf⁶ fahren würden. Statistisch wurde das über eine multivariate Varianzanalyse überprüft. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied in der Wegstrecke, die sie mit einem e-Carsharing Fahrzeug zurücklegen würden ($F(2,148) = 34.969$, $p < .05$, Pillai-Spur = .321, $\eta^2 = .32$) und keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen in der Wegstrecke, die sie mit einem e-Carsharing Fahrzeug zurücklegen würden ($F(4,298) = 1.672$, Pillai-Spur = .044, n.s.). Posttests zeigen, dass man unabhängig von der Altersgruppe weniger häufig bergauf (MW = 2.30, $s = 1.24$) als in der Stadt (MW = 3.22, $s = 1.31$) und am Land (MW = 2.90, $s = 1.24$) fahren würde. Zwischen Stadt und Land gibt es keinen Unterschied.

⁶) Bergauffahrt bedeutet eine Steigung länger als 1 min oder mehr als 1 km

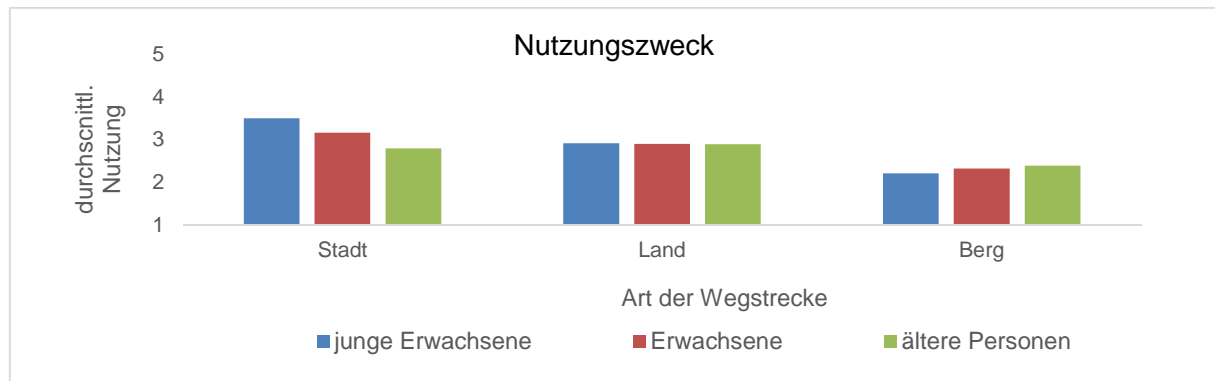


Abbildung 7: Durchschnittliche Nutzung (1 = nie bis 5 = immer) der Wegstrecken in Abhängigkeit von der Altersgruppe

Weiters wurde mit Hilfe einer multivariaten Varianzanalyse überprüft, ob es einen Unterschied zwischen den Altersgruppen in den durchschnittlichen Kilometerangaben pro Jahr für die Nutzungszwecke (zum Arbeitsplatz/zur Ausbildungsstätte, für berufliche Erledigungen, für private Erledigungen oder in der Freizeit) des e-Carsharing Fahrzeugs gibt. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied im Nutzungszweck des e-Carsharing Fahrzeugs ($F(3,129) = 3.221$, $p < .05$, Pillai-Spur = .070, $\eta^2 = .07$) und keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen im Nutzungszweck des e-Carsharing Fahrzeugs ($F(6,260) = 1.852$, Pillai-Spur = .082, n.s.). Unabhängig von der Altersgruppe, geben die Personen an, dass sie ein e-Carsharing Fahrzeug mehr für Fahrten zum Arbeitsplatz (MW = 1874 km/Jahr, $s = 3615$) als für berufliche Erledigungen (MW = 654 km/Jahr, $s = 3583$) und private Erledigungen (MW = 723 km/Jahr, $s = 1640$) verwenden würden. Es gibt keinen Unterschied zwischen den Fahrten für berufliche Erledigungen, private Erledigungen und Freizeit (MW = 725 km/Jahr, $s = 1837$) sowie zwischen Fahrten zum Arbeitsplatz und Fahrten in der Freizeit.

4. Ermittlung der Ladebedürfnisse der verschiedenen Kundengruppen:

a. Unterscheiden sich die Kundengruppen darin welches elektrische Beladungssystem sie für das e-Carsharing Fahrzeug verwenden und wo sie am liebsten laden würden?

Abbildung 8 zeigt welches elektrische Beladungssystem⁷ die TeilnehmerInnen für das e-Carsharing Fahrzeug zu Hause verwenden würden. Ein mehrdimensionales χ^2 ergibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen darin, welches elektrische Beladungssystem sie für ihr zu Hause wählen würden ($\chi^2(6) = 6.76$, n.s.). Ein eindimensionales χ^2 ergibt unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit der Wahl des Beladungssystems für zu Hause ($\chi^2(3) = 103.846$

⁷ Beladungssystem: Ladeleistung 3,5 kW (Ladezeit 8 h) | Ladeleistung 11 kW (Ladezeit 4 h) | Ladeleistung 22 kW (Ladezeit 2 h), Ladeleistung 50 kW (Ladezeit 0,5 h)

Kosten: Ladeleistung 3,5 kW 80 € – 500 € | Ladeleistung 11 kW 400 € – 2.500€ | Ladeleistung 22 kW 6.000 € – 12.000 €. Die Kosten für eine 50 kW Ladestation hängen von der Netzstruktur ab und können daher in der Größenordnung von 22 kW Ladestationen liegen oder bei notwendigen Investitionen in das Stromnetz deutlich höher liegen

$p < .05$). Personen würden zu Hause häufiger 3,5 kW (73) und kein (54) Ladesystem verwenden als 11 kW (39) und 22 kW (19).

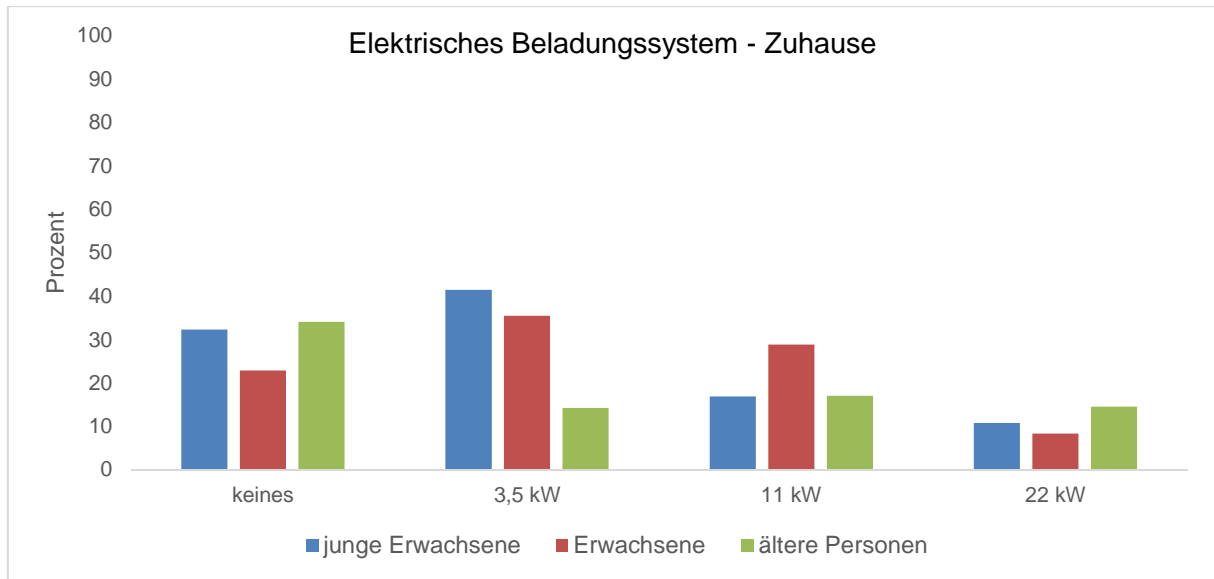


Abbildung 8: Prozentanteil der Personen pro Altersgruppe in Abhängigkeit vom elektrischen Beladungssystem, das sie für ihr Zuhause wählen würden

Abbildung 9 zeigt welches elektrische Beladungssystem die Personen für das e-Carsharing Fahrzeug bei öffentlichen Ladestationen bevorzugen würden. Ein mehrdimensionales χ^2 ergibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen darin, welches elektrische Beladungssystem sie öffentlich wählen würden ($\chi^2(6) = 4.89$, n.s.). Ein eindimensionales χ^2 ergibt unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit der Wahl des Beladungssystems öffentlich ($\chi^2(3)=103.846$ $p < .05$). Personen würden bei öffentlichen Ladestationen im Gegensatz zu Ladestationen zu Hause häufiger ein 50 kW (129) Ladesystem verwenden als 3.5 kW (3), 11 kW (10) und 22 kW (34).

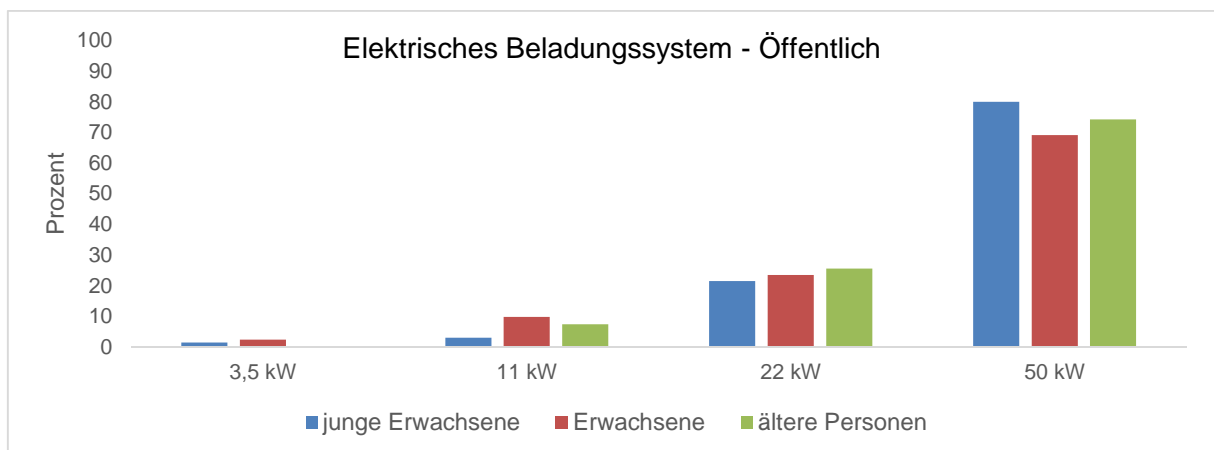


Abbildung 9: Prozentanteil der Personen pro Altersgruppe in Abhängigkeit vom elektrischen Beladungssystem, das sie bei öffentlichen Ladestationen wählen würden

In Abbildung 10 sieht man den Prozentanteil der Altersgruppen in Abhängigkeit vom Ladeort an dem sie das e-Carsharing Fahrzeug aufladen würden.

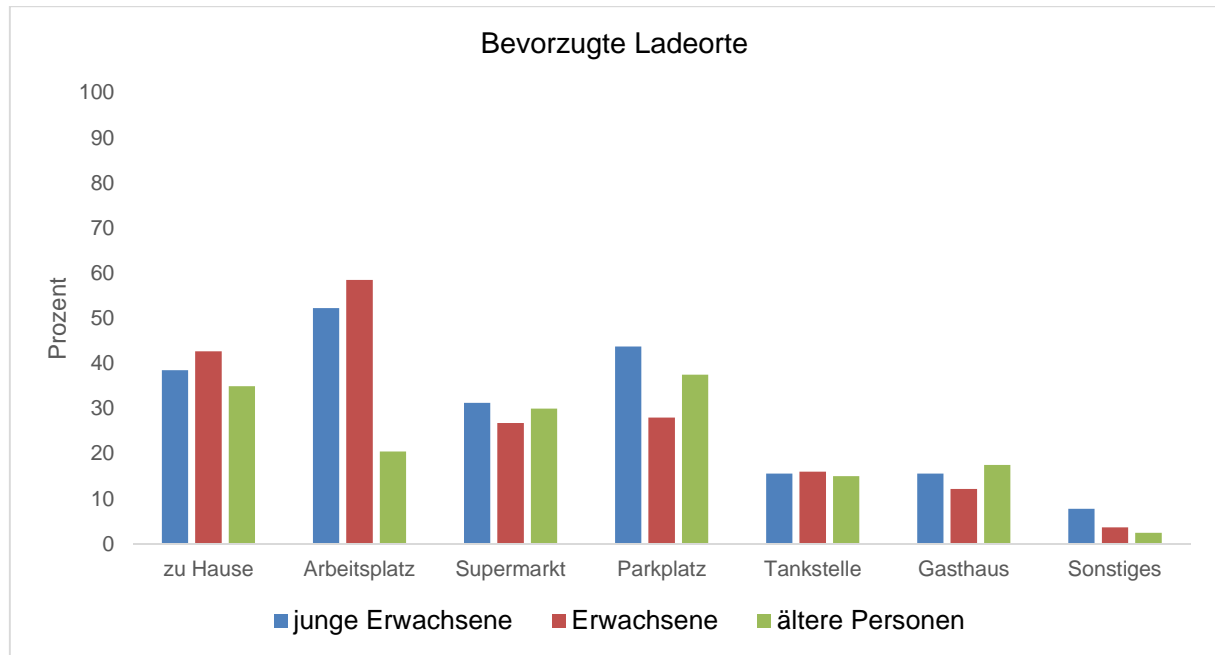


Abbildung 10: Prozentanteil der Personen pro Altersgruppe, die an folgenden Ladeorten ein e-Carsharing Fahrzeug laden würden

Wie in Abbildung 10 dargestellt, gibt in dieser Stichprobe ein großer Prozentteil der Personen an, ein e-Carsharing Fahrzeug zu Hause oder an einem Parkplatz aufladen zu wollen. In den Gruppen der jungen Erwachsenen und Erwachsenen wird von einem großen Prozentteil auch der Arbeitsplatz als bevorzugter Ladeort genannt.

Auswertung der Fahrtenbücher

Die einzelnen TeilnehmerInnen haben in dem Fahrtenbuch vor der Beladung des Elektrofahrzeuges den aktuellen Ladezustand des Akkumulators SOC_{Start} (SOC – **State Of Charge**) sowie nach der Beladung erneut den aktuellen Ladezustand SOC_{Ende} lt. der Fahrzeuganzeige im Cockpit festgehalten. Der Energiebedarf E_{SOC} errechnet sich, wie in Gleichung (1) angegeben, aus der Differenz des Ladezustandes SOC am Ende und am Anfang der Ladung multipliziert mit der bekannten Nennkapazität des Akkumulators C_N .

$$E_{SOC} = (SOC_{Ende} - SOC_{Start}) \cdot C_N \quad (1)$$

Die Nennkapazität C_N des Renault ZOE beträgt 22 kWh [8] bzw. jene des SMART fortwo electric drive 17,6 kWh [9]. Im Vergleich dazu haben die einzelnen TeilnehmerInnen bei der langsamen Beladung (max. Beladeleistung 3,7 kW) des Elektroautos den Schuko-zwischenstecker (Energy Control Fa. TFA Dostmann [10]) verwendet, um den Energiebedarf pro Ladung E_{Schuko} zu erfassen. Aus den berechneten bzw. gemessenen Energien E_{SOC} bzw. E_{Schuko} ist es möglich, die Differenz inkl. dem verlustbehafteten Anteil der Beladung des Elektroautos zu ermitteln.

In dem von Renault vorhandenen Onlineportal (MY Z.E. Online [11]) wird der Ladezustand des Akkumulators vor und nach der Beladung elektronisch von dem Elektrofahrzeug an dieses Portal übermittelt. Diese Daten werden als Kontrolle verwendet, um die einzelnen Fahrtenbücher zu verifizieren bzw. deren Genauigkeit zu prüfen.

Die Abbildung 11 zeigt einen Auszug der geladenen Energien für den Renault ZOE lt. dem Onlineportal (MY Z.E. Online), lt. dem Akkuzustand vor bzw. nach der Beladung (Fahrtenbuch) und lt. dem Energiezähler (Schukozwischenstecker).

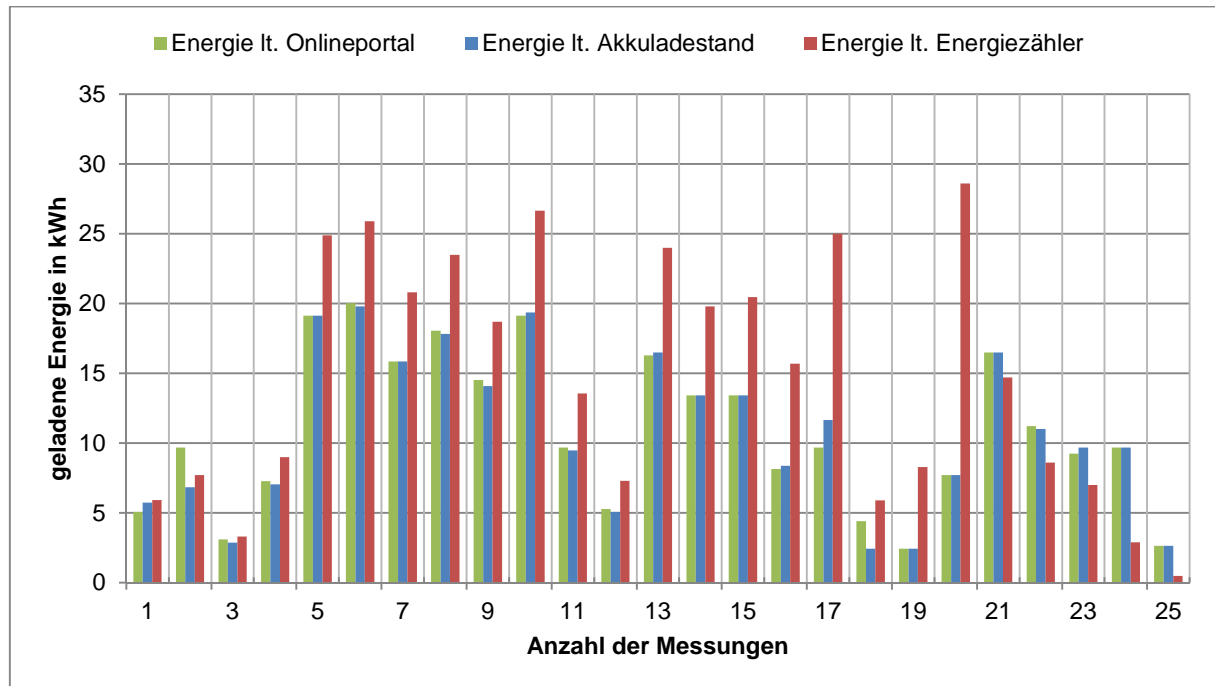


Abbildung 11: Auszug aus den messtechnisch aufgezeichneten bzw. berechneten nachgeladenen Energien unterschiedlicher Quellen (Onlineportal, Fahrtenbuch, Energiezähler)

Onlineportal (MY Z.E. Online) vs. Akkuladestand (Fahrtenbuch)

Wie in der Abbildung 11 gezeigt, ergibt sich für die Daten bestehend aus der Differenz des Akkuladestands und den Daten lt. dem Onlineportal bei den 25 aufgezeichneten Beladungen ein Mittelwert der prozentuellen Abweichungen von -2,2 % bezogen auf die Daten des Onlineportals. Der Median der prozentuellen Abweichung liegt bei 0,0 %.

Durch diese Überprüfung wird gezeigt, dass die aufgezeichneten Daten der einzelnen TeilnehmerInnen korrekt dokumentiert wurden. Leider hat sich während des Betriebes ein technischer Defekt im Kommunikationssystem des Elektrofahrzeuges ergeben, dadurch konnten nicht alle aufgezeichneten Beladungen geprüft werden. Für den SMART fortwo electric drive konnte ein Onlineportal bzw. ein ähnliches System wie für den Renault ZOE aufgrund erheblicher Zusatzkosten leider nicht installiert bzw. genutzt werden.

Akkuladestand (Fahrtenbuch) vs. Energiezähler

Die folgende Tabelle 3 zeigt die berechneten statistischen Parameter (Mittelwert, Median, Minimum, Maximum) bestehend aus der Differenz des Akkuladestands E_{SOC} und der geladenen Energie E_{Schuko} bezogen auf die geladene Energie E_{Schuko} .

Tabelle 3: Ausgewertete Parameter (Mittelwert, Median, Minimum, Maximum) der Messabweichung zwischen der Differenz des Akkustandes und der tatsächlich geladenen Energie E_{Schuko}

Elektrofahrzeug	Anzahl Messungen	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
Renault ZOE	41	-23 %	-24 %	-73 %	38 %
SMART fortwo electric drive	56	-14 %	-11 %	-81 %	67 %

Wie aus der Tabelle 3 ersichtlich ist, zeigt sich ein Mittelwert der prozentuellen Abweichung von -23 % für den Renault ZOE bzw. für den Medianwert von -24 % bezogen auf die geladene Energie (Schukozwischenstecker). Im Vergleich dazu zeigen die Ergebnisse für den SMART fortwo electric drive eine prozentuelle Abweichung für den Mittelwert von -14 % bzw. für den Median von -11 %. Da sich die beiden Mittelwerte und Medianwerte in der statistischen Auswertung relativ gering voneinander unterscheiden, kann somit von einer symmetrischen Verteilung der prozentuellen Abweichung ausgegangen werden. Das Ergebnis dieser Auswertung überrascht insofern, da eine genaue Messung der geladenen Energie nicht mit der im Fahrzeug angegebenen Energie übereinstimmt, der angegebene Energieverbrauch in den Fahrzeugen fällt deutlich geringer aus als der tatsächliche Verbrauch - ein Umstand der in weiteren Messungen noch überprüft werden müsste, auf was sich die Anzeige in den Fahrzeugen wirklich bezieht.

5. Ermittlung der charakteristischen Parameter (Energiebedarf, Ankunftszeit, Zahlungsbereitschaft,...) aus dem Fahrtenbuches des e-Carsharing Systems
a. Unterscheiden sich die unterschiedlichen Altersgruppen in dem Energiebedarf der einzelnen Fahrten?

In der Abbildung 12 sind die sortierten Dauerlinien des Energiebedarfs einzelner Fahrten der unterschiedlichen Altersgruppen dargestellt.

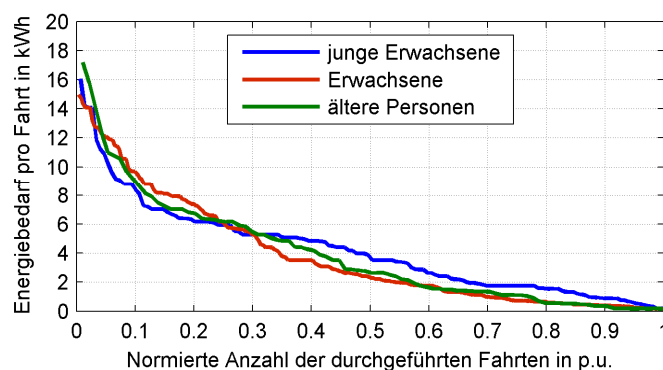


Abbildung 12: Geordnete Dauerlinie des Energiebedarfs einzelner Fahrten der Altersgruppen

Wie aus der Abbildung 12 ersichtlich ist, zeigen die geordneten Verläufe des Energiebedarfs der einzelnen Fahrten der Altersgruppen einen sehr ähnlichen Verlauf.

Aus der Literatur [12] ist bekannt, dass die gefahrene Kilometerleistung mit einer Log-Normalverteilung beschrieben werden kann. In diesem Fall wird der Zusammenhang zwischen Kilometerleistung und Energiebedarf pro Fahrt genutzt, um die geladene Energie mit einer Log-Normalverteilung zu beschreiben [12], [13], [14], [15]. In MATLAB werden die

beiden Parameter μ (Skalenparameter) und σ (Formparameter) der Log-Normalverteilung mittels der Maximum-Likelihood-Methode für die Altersgruppen bestimmt [16].

Die Abbildung 13 zeigt das Histogramm der geladenen Energie sowie die mittels der Likelihood Methode angepassten Parameter (μ Lageparameter und σ Formparameter) der Log-Normalverteilung.

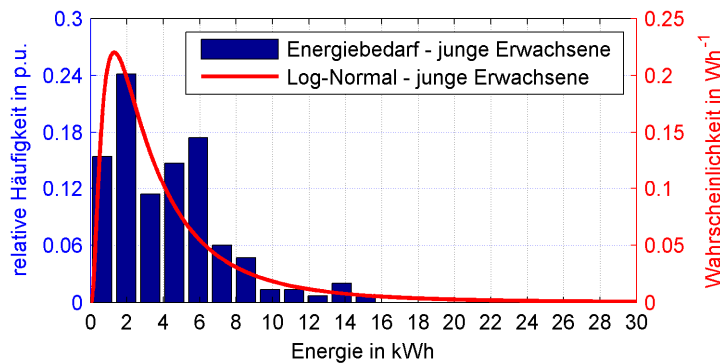


Abbildung 13: Histogramm des Energiebedarfs sowie angepasste Verteilungsfunktion der Log-Normalverteilung Gruppe 1 – junge Erwachsene

Wie aus der Abbildung 13 ersichtlich ist, passt die Log-Normalverteilung optisch gut zu den einzelnen Werten im dargestellten Histogramm.

In der folgenden Tabelle 4 sind die Median- sowie die Mittelwerte aus den geordneten Dauerlinien (siehe Abbildung 13) des Energiebedarfs der einzelnen Fahrten sowie der Erwartungswert EW aus der angepassten Log-Normalverteilung der Altersgruppen dargestellt.

Tabelle 4: Berechnete Median- und Mittelwerte der gemessenen Daten aus dem Fahrtenbuch sowie der Erwartungswert der Log-Normalverteilung einzelner Altersgruppen

Altersgruppen	Energiebedarf		Log-Normalverteilung
	Median	Mittelwert	Erwartungswert EW
junge Erwachsene	3,70 kWh	4,21 kWh	4,21 kWh
Erwachsene	2,29 kWh	3,80 kWh	3,80 kWh
Ältere Personen	2,64 kWh	3,88 kWh	3,88 kWh

Der Median (50 % Quantil) zeigt die zentrale Lage des gemessenen Energiebedarfs der einzelnen Fahrten an. Im Vergleich dazu wird der Mittelwert aus der Summe des Energiebedarfs sowie der Anzahl der durchgeführten Fahrten berechnet. Der berechnete Mittelwert der einzelnen Fahrten zeigt einen höheren Energiebedarf als im Vergleich der berechnete Medianwert. Dies deutet auf eine rechtsschiefe Verteilung des Energiebedarfs pro Fahrt hin [16]. Der Erwartungswert EW der Log-Normalverteilung entspricht bei einer unbegrenzten Anzahl an Wiederholungen dem Durchschnitt der erhaltenen Ergebnisse. Dies bedeutet, dass bei einer steigenden Anzahl an Zufallsexperimenten der Wert der Ergebnisse gegen den Erwartungswert konvergiert [16].

b. Unterscheiden sich die unterschiedlichen Altersgruppen in den Ankunftszeiten (Lademuster) voneinander innerhalb eines Tages?

Ein großes Ziel eines e-Carsharing Systems ist es, eine hohe zeitliche Auslastung der Elektrofahrzeuge zu erreichen. Um den Anforderungen hinsichtlich der Fragen zum Lastmanagement Genüge zu tragen, werden die festgehaltenen Ankunftszeiten nach Beendigung der Fahrt lt. dem Fahrtenbuch ausgewertet, um in weiterer Folge das Elektroauto möglichst rasch wieder aufzuladen und dadurch eine relativ hohe Verfügbarkeit zu erreichen. Die ausgewerteten Ankunftszeiten werden für die einzelnen Altersgruppen verwendet, um daraus ein Lademuster zu generieren ohne Unterscheidung zwischen Werktag, Samstag bzw. Sonntag. In der Abbildung 14 befinden sich die ausgewerteten relativen Häufigkeiten der Ankunftszeiten (Lademuster) der untersuchten Altersgruppen.

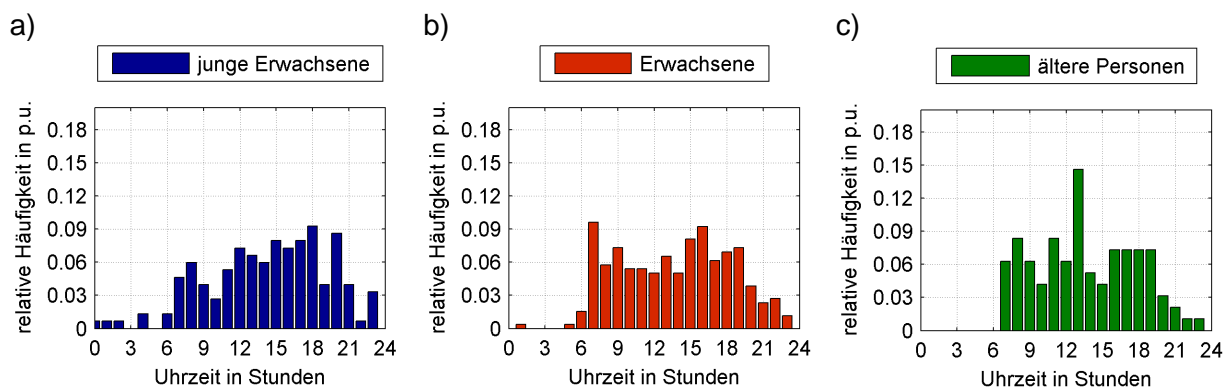


Abbildung 14: Ankunftszeiten (Lademuster) der Altersgruppen generiert aus den Fahrtenbüchern
 a) junge Erwachsene b) Erwachsene c) ältere Personen

Die relativen Häufigkeiten ergeben sich aus der Anzahl der stündlichen Ankunftszeiten bezogen auf die gesamt aufgetretenen Ankunftszeiten innerhalb eines Tages pro Altersgruppe. Wie aus der Abbildung 14 a) ersichtlich ist, finden in der Gruppe der jungen Erwachsenen Ankunftszeiten vor 06:00 Uhr statt. Generell ist eine höhere Tendenz der Ankunftszeiten in den Abendstunden gegeben. Im Vergleich dazu zeigt die Abbildung 14 b) der Gruppe der Erwachsenen eine hohe Anzahl an Ankunftszeiten in den frühen Morgenstunden (07:00 Uhr) sowie in den späten Nachmittagsstunden (16:00 Uhr). Um die Mittagsstunden (11:00 bis 13:00 Uhr) sind relativ geringere Ankunftszeiten ersichtlich. In der Abbildung 14 c) der Gruppe der älteren Personen sind keine Ankunftszeiten vor 06:00 Uhr ersichtlich. Auffällig ist die große Anzahl an Ankunftszeiten um die Mittagszeit (13:00 Uhr). Generell zeigen sich für diese Gruppe relativ gleichmäßige Ankunftszeiten beginnend von 07:00 Uhr bis 19:00 Uhr. In den Abendstunden nehmen diese tendenziell ab.

c. Kann durch die Miteinbeziehung der unterschiedlichen Altersgruppen eine Vergleichmäßigung der Ankunftszeiten innerhalb eines Tages erreicht werden?

Die folgende Abbildung 15 zeigt unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung zwischen den Altersgruppen die relative Häufigkeit der Ankunftszeiten innerhalb eines Tages. Dies entspricht einer Überlagerung der Häufigkeiten der Ankunftszeiten.

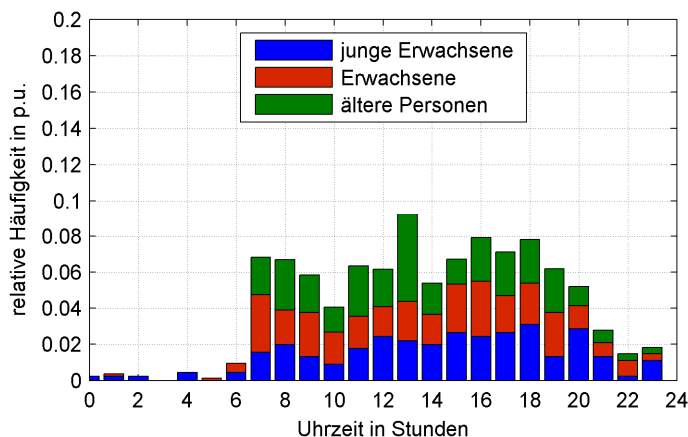


Abbildung 15: Ankunftszeiten (Lademuster) aller Altersgruppen bei Annahme einer gleichen Verteilung

Wie aus Abbildung 15 ersichtlich ist, entsteht bis auf die Mittagszeit (13:00 Uhr) eine Vergleichmäßigung der Ankunftszeiten beginnend von 07:00 Uhr bis 18:00 Uhr. In den Abendstunden ist eine tendenzielle Abnahme der Ankunftszeiten ersichtlich.

Um den Effekt der Vergleichmäßigung darzustellen, wird ein zeitlicher Auslastungsfaktor bei einer im Anschluss stattfindenden elektrischen Beladung des Elektroautos am Beispiel der Ankunftszeiten bestimmt. Dieser zeitliche Auslastungsfaktor T , wie in Gleichung (2) dargestellt, wird aus der mittleren Auslastung T_m sowie aus dem Spitzenwert der zeitlichen Auslastung \hat{T} bestimmt [17], [18].

$$T = \frac{T_m}{\hat{T}} \tag{2}$$

In der Tabelle 5 sind die einzelnen mittleren Auslastungen T_M , der aufgetretenen Spitzenwerte \hat{T} innerhalb des Tages (0 – 24 Uhr) sowie die berechneten zeitlichen Auslastungen T dargestellt. Da es sich in der Abbildung 14 und der Abbildung 15 um relative Häufigkeiten handelt, ergibt sich die mittlere Auslastung T_M in allen Gruppen zu 0,0417 p.u. Bei einer gleichmäßigen Auslastung über den Tag (0 – 24 Uhr) wäre der zeitliche Auslastungsfaktor $T = 1$.

Tabelle 5: Berechnung des zeitlichen Auslastungsfaktors T aus den mittleren Auslastungen T_M und den Spitzenwerten \hat{T}

Altersgruppen	Mittlere Auslastung	Spitzenwert	Auslastungsfaktor
	T_M	\hat{T}	T
	p.u.	p.u.	p.u.
junge Erwachsene	0,0417	0,0927	0,4498
Erwachsene	0,0417	0,0962	0,4335
Ältere Personen	0,0417	0,1458	0,2860
Zusammengefasst (Gruppe 1 bis 3)	0,0417	0,0925	0,4508

Wie in Tabelle 5 ersichtlich ist, ergibt sich bei der Zusammenfassung der Altersgruppen ein höherer Auslastungsfaktor und somit eine gleichmäßigere Verteilung der Ankunftszeiten (Lademuster).

Auswirkung der Ankunftszeiten auf den Auslastungsfaktor

Aufgrund des tageszeitlichen Arbeits- und Freizeitverhaltens ergibt sich ein möglicher beispielhafter Auslastungsfaktor von 0,54. Dies wird dadurch erreicht, wenn in den Abendstunden nach 20:00 Uhr bis in den Morgenstunden 07:00 Uhr keine Ankunftszeiten angenommen werden.

d. Unterscheiden sich die Altersgruppen in der Art der Beladung sowie in dem Ort der Beladung voneinander?

In der folgenden Abbildung 16 sind die verwendeten Beladungsarten (langsame Beladung bzw. beschleunigte Beladung) zur Beladung des Elektrofahrzeuges der unterschiedlichen Altersgruppen dargestellt. Zusätzlich sind in der Abbildung 17 die Orte der durchgeführten Beladung mit der Unterscheidung zwischen Privat / Arbeitsplatz / Öffentlich dargestellt.

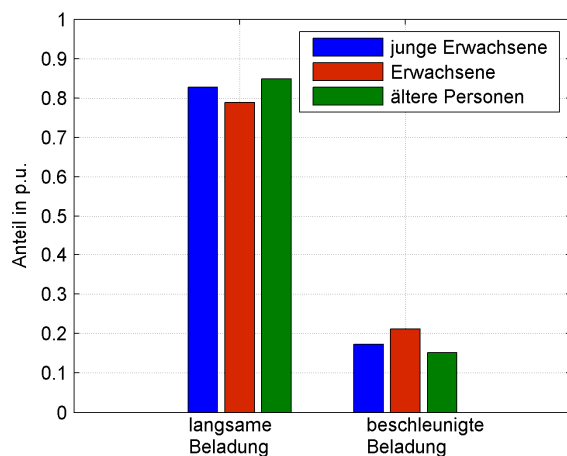


Abbildung 16: Art der verwendeten Beladungsart (langsame bzw. beschleunigte Beladung)

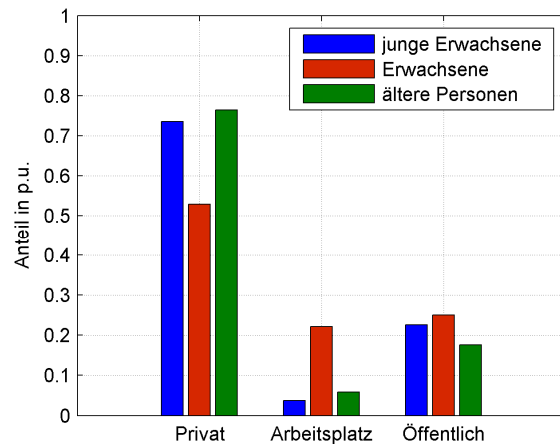


Abbildung 17: Ort der durchgeführten Beladung (Privat / Arbeitsplatz / Öffentlich)

Wie aus der Abbildung 16 ersichtlich ist, haben die unterschiedlichen TeilnehmerInnen in den Gruppen vermehrt die langsame Beladung durchgeführt. Dies liegt daran, dass die beschleunigte Beladung in der umliegenden Umgebung aktuell nicht flächendeckend ausgebaut ist.

Die Abbildung 17 zeigt, dass die Beladung im privaten Bereich in den unterschiedlichen Gruppen bevorzugt wurde. In der Gruppe der Erwachsenen wurde die Beladung vermehrt am Arbeitsplatz sowie an öffentlichen Ladestationen durchgeführt. Die Gruppe der älteren Personen bevorzugt nach der Beladung im privaten Bereich die öffentliche Beladung des Elektroautos.

e. Unterscheiden sich die Altersgruppen in dem Wegzweck der durchgeführten Fahrten voneinander?

Die Abbildung 18 zeigt den unterschiedlichen Wegzweck mit der Unterscheidung zwischen der Fahrt zum bzw. vom Arbeitsplatz / berufliche Fahrt / private Fahrt für die unterschiedlichen Altersgruppen.

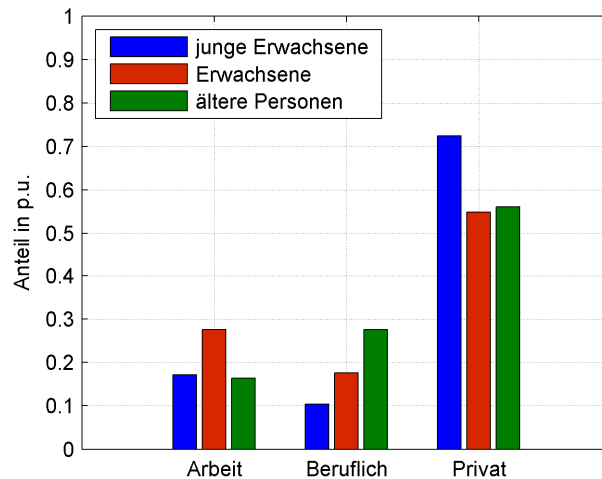


Abbildung 18: Art des Wegzwecks (Fahrt zum bzw. vom Arbeitsplatz / berufliche Fahrt / private Fahrt) unterschiedlichen Altersgruppen

Der Wegzweck der unterschiedlichen Altersgruppen, in der Abbildung 18 dargestellt, ist vermehrt der private Wegzweck. Die durchgeführten Fahrten der Gruppe der jungen Erwachsenen und der Gruppe der Erwachsenen sind am zweithäufigsten der Weg zum und vom Arbeitsplatz. Interessant ist, dass die Gruppe der älteren Personen sehr häufig den beruflichen Wegzweck angegeben hat.

f. Unterscheiden sich die Altersgruppen in der Zahlungsbereitschaft der durchgeführten Fahrten voneinander?

Die Abbildung 19 zeigt die sortierte Dauerlinie der Zahlungsbereitschaft der durchgeführten Fahrten für die unterschiedlichen Altersgruppen.

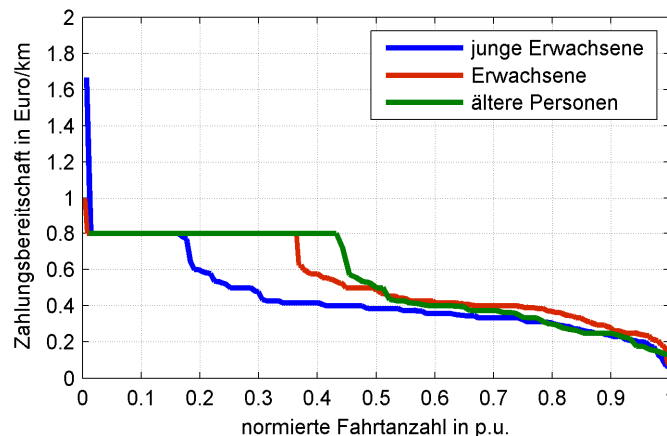


Abbildung 19: Zahlungsbereitschaft in €/km der durchgeführten Fahrten der unterschiedlichen Altersgruppen

In der Abbildung 19 zeigt sich, dass bei zwei Fahrten die Zahlungsbereitschaft höher ist als die angegebenen 0,8 €/km. Generell zeigt sich bei der Zahlungsbereitschaft, dass für 16 % der durchgeführten Fahrten die TeilnehmerInnen der Gruppe der jungen Erwachsenen die angesetzten 0,8 €/km bezahlen würden. In der Gruppe der Erwachsenen sind es 36 % und in der Gruppe älteren Personen liegt diese Zahlungsbereitschaft bei 43 %. Der Mittelwert der jungen Erwachsenen beträgt 0,44 €/km, jener der Erwachsenen und der älteren Personen liegt bei 0,54 €/km.

g. Unterscheiden sich die Altersgruppen in der zeitlichen Verschiebbarkeit der Fahrt nach vor bzw. nach hinten voneinander?

In der Abbildung 20 ist a) die zeitliche Verschiebbarkeit der Abfahrtszeit nach vor bzw. in b) die zeitliche Verschiebbarkeit der Abfahrtszeit nach hinten dargestellt.

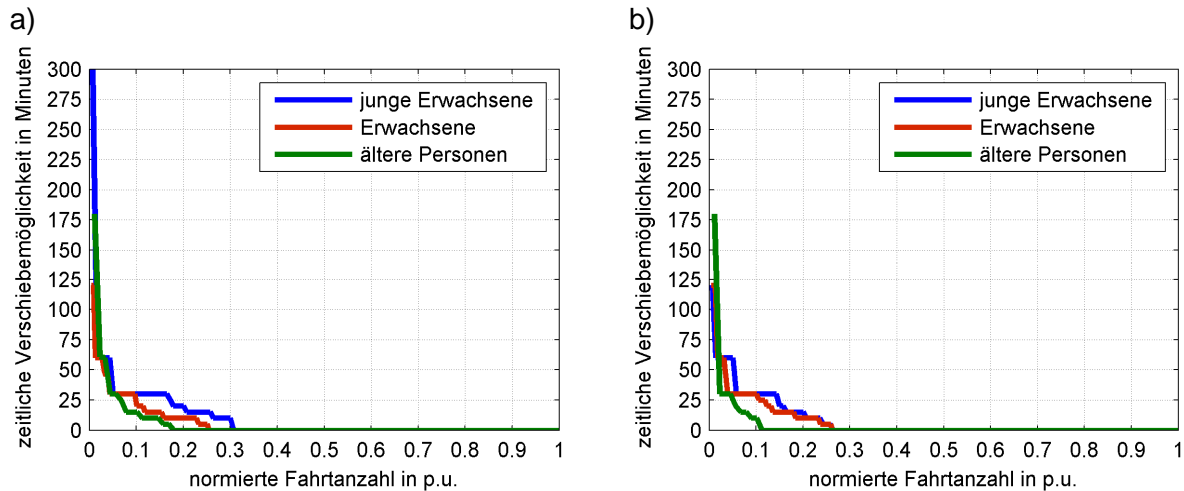


Abbildung 20: Sortierte Dauerlinie der zeitlichen Verschiebbarkeit der Fahrt

- a) Zeitliche Verschiebbarkeit der Fahrt nach vor
- b) Zeitliche Verschiebbarkeit der Fahrt nach hinten

Wie aus der Abbildung 20 ersichtlich ist, ergibt sich der Medianwert der zeitlichen Verschiebung der Abfahrtszeit nach vor bzw. nach hinten für alle Altersgruppen von 0 Minuten.

Der Mittelwert der zeitlichen Verschiebbarkeit der Abfahrtszeit nach vor beträgt für die jungen Erwachsenen 10,4 Minuten, für die Gruppe der Erwachsenen liegt dieser bei 6,2 Minuten bzw. für die Gruppe der älteren Personen bei 5,4 Minuten. Bei der zeitlichen Verschiebbarkeit der Abfahrtszeit nach hinten ergibt sich für die Gruppe der jungen Erwachsenen ein Mittelwert von 7,6 Minuten, für die Gruppe der Erwachsenen von 6,9 Minuten bzw. für die Gruppe der älteren Personen von 3,8 Minuten.

Dies bedeutet, dass die Gruppe der jungen Erwachsenen hinsichtlich der Verschiebung der zeitlichen Abfahrtszeit nach vor bzw. nach hinten flexibler als die Gruppe der älteren Personen ist.

5 Zusammenfassung

Fagebögen

Anhand der Daten aus den Fragebögen konnten die Fragestellungen zum Mobilitätsverhalten, zu den Einstellungen zu einem e-Carsharing System, zum Verhalten im Zusammenhang mit der Nutzung eines e-Carsharing Systems und zur Ermittlung der Ladebedürfnisse der unterschiedlichen Altersgruppen beantwortet werden.

Bezüglich des generellen Mobilitätsverhaltens konnte gezeigt werden, dass pro Haushalt durchschnittlich 2 PKWs vorhanden sind und die PKW Kategorie „Mittelklasse“ vorwiegend genutzt wird. Für die Wegstrecke zum Arbeitsplatz wird von den meisten Personen der eigene PKW verwendet. Durchschnittlich fahren die Personen 27 km (hin und zurück) zur Arbeit. Bezüglich der Zufriedenheit mit der Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz

konnte gezeigt werden, dass junge Erwachsene zufriedener sind als Erwachsene und ältere Personen.

Bei der Ermittlung der Einstellungen zu einem e-Carsharing System wird ersichtlich, dass unabhängig von ihrem Wohnort junge Erwachsene eine größere Bereitschaft aufweisen ein e-Carsharing Fahrzeug zu nutzen als Erwachsene und ältere Personen. Bei der Zustimmung zu den Gründen ein e-Carsharing System zu verwenden wird dem Grund „umweltfreundlich“ am meisten und dem Grund „modern“ am wenigsten zugestimmt. Die Reichweite betreffend, wünschen sich junge Erwachsene und Erwachsene eine größere Reichweite des Elektrofahrzeugs als ältere Personen. Junge Erwachsene geben eine durchschnittliche Wunschreichweite von 358 km, Erwachsene von 320 km und ältere Personen von 235 km, an. Kein Unterschied zwischen den Altersgruppen wurde im maximalen Weg, den sie zu einem e-Carsharing Parkplatz zurücklegen würden und in der Ausgabebereitschaft für ein E-Carsharing Fahrzeug pro Monat gefunden. Alle Altersgruppen würden durchschnittlich 3,05 km zu einem e-Carsharing Parkplatz zurücklegen und durchschnittlich 57 € pro Monat für ein e-Carsharing Fahrzeug ausgeben.

Es zeigten sich keine Veränderungen in den Einstellungen zu einem e-Carsharing System nach der kostenlosen Nutzung des Elektrofahrzeugs im Rahmen des Projekts.

Bei den Fragestellungen bezüglich des Verhaltens im Zusammenhang mit der Nutzung eines e-Carsharing Systems zeigt sich, dass die Personen durchschnittlich 4316 km pro Jahr mit einem e-Carsharing Fahrzeug fahren würden. Bezüglich der Wegstrecken geben die Personen an häufiger in der ebenen Stadt und am ebenen Land zu fahren als bergauf. Personen geben zusätzlich an, ein e-Carsharing Fahrzeug mehr für Fahrten zum Arbeitsplatz als für berufliche und private Erledigungen zu verwenden.

Im Zusammenhang mit der Erfassung der Ladebedürfnisse konnte bezüglich der Wahl des elektrischen Beladungssystems für Zuhause kein Unterschied zwischen den Altersgruppen festgestellt werden. Personen geben häufiger an, dass sie das e-Carsharing Fahrzeug zu Hause entweder gar nicht oder mit einem 3,5 kW Ladesystem laden würden, als mit einem 11 kW oder 22 kW Ladesystem. Bezüglich der Wahl des elektrischen Beladungssystems bei einer öffentlichen Ladestation, geben die meisten TeilnehmerInnen unabhängig von der Altersgruppe an, das e-Carsharing Fahrzeug mit einem 50 kW Ladesystem laden zu wollen. Diesem Ergebnis könnte die einfache Annahme der TeilnehmerInnen zugrunde liegen, dass schneller gleich besser ist. Etwaige höhere Kosten und Nachteile z.B. für die Ladeelektronik waren den TeilnehmerInnen möglicherweise nicht bewusst.

Vergleichsmessung

Die durchgeführten Vergleichsmessungen bei einer Beladung der beiden Elektrofahrzeuge im Projekt mittels eines hochpräzisen mehrkanaligen Messgeräts (Dewetron) zeigen sehr geringe Abweichungen hinsichtlich der geladenen Energien im Vergleich zu den verwendeten Energiezählern (Schukozwischenstecker). Somit konnten die von den TeilnehmerInnen gemessenen nachgeladenen Energien verifiziert werden.

Bei dieser Vergleichsmessung zeigt sich, dass der Renault ZOE mit einem relativ geringen Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0,82$ die Beladung des Elektroautos durchführt. Dies wurde ebenfalls bereits bei einer durchgeführten Recherche beobachtet [19].

Im Vergleich zu dieser Messung zeigt sich bei der Beladung des SMART fortwo electric drive ein höherer Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0,99$. Das Ziel wäre es, einen hohen Leistungsfaktor

bei der Beladung zu erreichen, um einerseits die Verluste gering zu halten, die Leitungen wenig zu belasten und andererseits eine schnelle Beladung des Akkumulators zu ermöglichen.

Der Vergleich zwischen der gemessenen geladenen Energie (Schukozwischenstecker) und der aus der Differenz des angezeigten Ladezustands vor bzw. nach der Beladung zeigen im Mittel eine prozentuelle Abweichung von -23 % für den Renault ZOE bzw. für den SMART fortwo electric drive von -14 % bezogen auf die gemessene Energie (Schukozwischenstecker). Dies lässt sich auf die nicht im Detail bekannte Brutto-Akkumulatorkapazität des Elektroautos zurückführen.

Eine größere Akkulatorkapazität (Brutto-Akkumulatorkapazität) kann beispielsweise verwendet werden, um z.B. bei einer schnellen Degeneration die angegebene Laufzeit der Akkulatorkapazität lt. Hersteller zu erreichen. Da die Nutzkapazität geringer ist als die Brutto-Akkumulatorkapazität, um einer Tiefentladung sowie Überladungen vorzubeugen [20], kann es zu einer Überbewertung der Anzeige sowie des elektrischen Energiebedarfs der Fahrt kommen.

Um die bei der Beladung auftretenden Verluste im Detail bestimmen zu können, ist es notwendig, den tatsächlichen Beladestrom der von der Stromtankstelle aufgenommen wird sowie den Ladestrom in dem Akkumulator zu messen.

Fahrtenbuch

Der Energiebedarf pro Fahrt der Altersgruppen unterscheidet sich nicht wesentlich voneinander (3,8 – 4,20 kWh/Fahrt). Der Mittelwert des Energiebedarfs pro Fahrt der Gruppe der Erwachsenen bzw. der Gruppe der älteren Personen unterscheidet sich weniger als 10 % bezogen auf die Gruppe der jungen Erwachsenen. Die Medianwerte besitzen eine höhere Abweichung, diese liegen im Bereich 28 % bis 38 % bezogen auf den Medianwert der Gruppe der jungen Erwachsenen.

Aufgrund des Arbeits- und Freizeitverhaltens der unterschiedlichen Altersgruppen ergeben sich unterschiedliche Ankunftszeiten und in weiterer Folge ebenfalls unterschiedliche Lademuster. Die Ankunftszeiten der Gruppe der älteren Personen weisen den geringsten Auslastungsfaktor auf. Der Auslastungsfaktor steigt bei Zusammenfassung aller Gruppen, dies lässt sich durch die ausgleichenden Effekte aufgrund des unterschiedlichen Arbeits- und Freizeitverhaltens erklären.

Aufgrund der relativ gering ausgebauten öffentlichen bzw. halböffentlichen Ladeinfrastruktur in der Region Weiz-Gleisdorf wurden über 80 % der Beladungen des Elektroautos mit der langsamen Beladung (max. 3,7 kW Ladeleistung) von den einzelnen Gruppen durchgeführt. Die Gruppe der Erwachsenen hat vermehrt privat sowie beim Arbeitsplatz geladen. Der Prozentsatz der durchgeführten öffentlichen Ladungen liegt unter 20 %. Es kann vermutet werden, dass die Mehrheit der Ladungen mit einer Ladeleistung von 3,7 kW das Auslangen findet und nur wenige Schnellladestationen in Zukunft notwendig sind.

Als vermehrter Wegzweck der einzelnen Gruppen wurde der private Wegzweck angegeben. Die Gruppe der Erwachsenen hatte ebenfalls vermehrt den Weg zum Arbeitsplatz angegeben. Die Gruppe der älteren Personen hat zusätzlich zu dem privaten Wegzweck statt dem Weg zum Arbeitsplatz vermehrt den beruflichen Wegzweck angegeben.

Der Prozentsatz der Bereitschaft zur Bezahlung des Kilometerbetrages von 0,8 €/km ist bei der Gruppe der älteren Personen höher als bei der Gruppe der Erwachsenen bzw. den jungen Erwachsenen. Im Mittel würden die Gruppe der älteren Erwachsenen sowie der Erwachsenen 0,54 €/km bezahlen, die Gruppe der jungen Erwachsenen will hingegen nur 0,44 €/km bezahlen. Dieses Ergebnis stellt sich bei der Realisierung von Geschäftsmodellen als besonderes Problem dar und es muss erwartet werden, dass e-Carsharing Modelle nur dann wirtschaftlich realisiert werden können, wenn es gelingt die tatsächlichen Kosten von Fahrzeugen, egal mit welchem Energieträger angetrieben, im Bewusstsein der Bevölkerung zu verankern.

Vergleicht man die Zahlungsbereitschaft (€ 57 pro Monat, € 0,8 / € 0,54 / € 0,44 pro Kilometer bei einer gewünschten Jahreskilometerleistung von 4316 km pro Jahr) so stellt man fest, dass aufgrund dieser genannten Zahlungsbereitschaft und der bekannten Kosten für ein e-Carsharing System ein ökonomisch erfolgreiches Geschäftsmodell nur dann realisiert werden kann, wenn es gelingt die Zahlungsbereitschaft der TeilnehmerInnen durch interessante Mehrnutzen (Komfort, Parkplatzangebot, Kombination mit öffentlichen Verkehrsmitteln, ...) anzuheben.

Im Mittel besitzt die Gruppe der jungen Erwachsenen das größte Potential zur Verschiebung der Fahrt; diese beträgt 10 Minuten (nach vor) bzw. 8 Minuten (nach hinten). Die Erwachsenen besitzen eine Möglichkeit der Verschiebung der Abfahrtszeit von ca. 7 Minuten. Das geringste Potential besitzt die Gruppe der älteren Erwachsenen, dieses liegt lediglich bei 5 Minuten (nach vor) bzw. 4 Minuten (nach hinten). Daraus kann geschlossen werden, dass e-Carsharing für Last-Management-Zwecke eher ungeeignet ist.

6 Quellen

- [1] Umweltbundesamt: „Elektromobilität in Österreich – Szenario 2020 und 2050“, Report, Wien, Österreich, 2010
- [2] iENERGY Weiz-Gleisdorf 2.0 – the power of a vision!, Smart Energy Demo – fit4set – 2nd Call, FFG Projektnummer 836099
- [3] M. Bühner, M. Ziegler: „Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler“, Hallbermoos: Pearson, München, Deutschland, 2009
- [4] J. Bortz, C. Schuster: „Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler“, Springer, Heidelberg Berlin, Deutschland, 2010
- [5] A. Field: „Discovering Statistics Using IBM SPSS Statitics“, SAGE, Los Angeles, Vereinigte Staaten von Amerika, 2013
- [6] ÖAMTC: „Auto-Info macht echte Autokosten transparent (Teil 2)“, Presseaussendung OTS0068, Wien, Österreich, 2015
- [7] ÖAMTC: „AUTO-INFO“, www.oeamtc.at/ai-webapp/, zuletzt besucht am: 22.09.2015
- [8] Renault Österreich GmbH: „Technisches Datenblatt – Renault ZOE“, Wien, Österreich, 2014
- [9] SMART: „Technisches Datenblatt Smart fortwo & smart BRABUS – electric drive“, Daimler AG, Stuttgart, Deutschland, 2014
- [10] TFA Dostmann GmbH & Co KG: „Energiesmessgerät Energy Control“, Wertheim-Reicholzheim, Deutschland, 2013
- [11] Renault: „Z.E. Services – My ZE Online“, www.services.renault-ze.com, zuletzt besucht am: 25.01.2016

- [12] H. Häberlin: „Langzeitverhalten von Photovoltaik-Anlagen über bis zu 18 Jahren“, Berner Fachhochschule, Energie-Apéros 2011, Burgdorf, Schweiz, 2011
- [13] T. Wieland, M. Reiter, E. Schmutzger, L. Fickert, J. Fabian, R. Schmied: „Probabilistische Methode zur Modellierung des Ladeverhaltens von Elektroautos anhand gemessener Daten elektrischer Ladestationen – Auslastungsanalysen von Ladestationen unter Berücksichtigung des Standorts zur Planung von elektrischen Stromnetzen“, e&i Elektrotechnik und Informationstechnik, Springer-Verlag, Wien, Österreich, 2015
- [14] J. Fabian, T. Wieland, E. Schmutzger, L. Fickert, W. Slupetzky, R. Schmied: „Forschungserkenntnisse zum technischen Monitoring und Mobilitätsverhalten anhand der Modellregion für Elektromobilität im Großraum Graz“, 9. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, Wien, Österreich, 2015
- [15] J. Fabian, T. Wieland, M. Ernst, E. Schmutzger, L. Fickert, W. Slupetzky, R. Schmied: „Ergebnisse und Schlussfolgerungen zur Begleitforschung der Modellregion Elektromobilität Großraum Graz, 14. Symposium Energieinnovation, Graz, Österreich, 2016
- [16] C. Dormann: „Parametrische Statistik - Verteilungen, Maximum likelihood und GLM in R“, Springer Spektrum, Heidelberg, Deutschland, 2013
- [17] G. Oberdorfer: „Lexikon der Elektrotechnik“, Springer Verlag, Wien, Österreich, 1951
- [18] J. D. Pinske: „Elektrische Energieerzeugung“, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Deutschland, 1993.
- [19] Goingelectric: „Blindleistung beim Laden des ZOE“, zuletzt besucht am: 22.01.2016
- [20] e-auto.tv: „Verbrauch, Ladeverlust und Wirkungsgrad im E-Auto“, Elfamo UG, Bochum, Deutschland, 2014

7 Anhang

In der folgenden Tabelle 6 befindet sich die Liste der Abkürzungen.

Tabelle 6: List der Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung
MW	Mittelwert
s	Standardabweichung (durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert)
M	Mittlerer Rang
p	Wahrscheinlichkeit $p < .05$ = signifikantes Ergebnis
n.s.	nicht signifikantes Ergebnis
partiell η^2	Effektstärke nach Cohen: $< .1$ = kleiner Effekt $< .3$ = mittlerer Effekt $< .5$ = größer Effekt
F()	Ergebniswert einer Varianzanalyse (Freiheitsgrade)
t()	Ergebniswert eines t-Tests (Freiheitsgrade)
χ^2	Ergebniswert eines χ^2 Tests
U	Ergebniswert eines Mann-Whitney U Tests