

Dies ist die Version der Autoren eines Werkes, das in der folgenden Quelle veröffentlicht wurde:

Ensslen, A.; Wohlfarth, K.; Jochem, P.; Schücking, M.; Fichtner, W. (2018)

[Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall.](#)

Umweltpsychologie, 22(1), 30–54.

URL: https://www.wiso-net.de/document/UMPS_74B68A317CFB0D892D95AC2DC3BC6DA4

Bitte beachten Sie: Das Copyright liegt bei den Autoren und / oder dem Herausgeber. Die kommerzielle Nutzung dieser Kopie ist nicht gestattet.

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall¹

Axel Ensslen, Katharina Wohlfarth, Patrick Jochem, Maximilian Schücking und Wolf Fichtner

Kontakt:

Axel Ensslen

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU), Lehrstuhl für Energiewirtschaft,

Hertzstraße 16, Gebäude 06.33, D-76187 Karlsruhe, Deutschland

Tel.: +49 721 608-44578, Fax: +49 721 608-44682,

E-mail: axel.ensslen@kit.edu



Axel Ensslen, Dipl. Wi.-Ing., ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutsch-Französischen Institut für Umweltforschung und Mitglied der Gruppe Transport und Energie des Lehrstuhls für Energiewirtschaft am KIT. Seine Forschungsinteressen fokussieren sich auf ökonomische, ökologische und sozialwissenschaftliche Aspekte der Elektromobilität.



Katharina Wohlfarth, Dipl. Psych., ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI mit Schwerpunkten in den Bereichen neuer Energieprodukte und Dienstleistungen, Effizienzstudien und intelligenter Energiemessung.



Patrick Jochem, PD Dr. rer. pol., leitet die Forschungsgruppe Transport und Energie am Lehrstuhl für Energiewirtschaft des KIT. Seit 2012 ist er zudem als Gruppenleiter am Karlsruhe Service Research Institute aktiv. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich der Elektromobilität und der Umweltökonomie.



Maximilian Schücking, Wi.-Ing. M.Sc., ist externer Doktorand in der Gruppe Transport und Energie am Lehrstuhl für Energiewirtschaft am KIT. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich der techno-ökonomischen Bewertung gewerblicher Elektromobilitätslösungen.



Wolf Fichtner, Prof. Dr. rer. pol., ist Institutsleiter des Instituts für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion sowie des Deutsch-Französischen Instituts für Umweltforschung des KIT und leitet den Lehrstuhl für Energiewirtschaft.

Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall

Zusammenfassung:

Die dreijährige sozialwissenschaftliche Begleitforschung eines Feldtests untersucht an sechs Pendlergruppen Treiber und Barrieren der Nutzung von E-Pkw zum Berufspendeln. Es wird analysiert, inwieweit die Nutzung von E-Pkw im Rahmen eines Feldtests (Intervention: organisierte Fahrgemeinschaft, Kostenreduktion, Verfügbarkeitsgarantie) die Akzeptanz von E-Pkw steigern kann und inwiefern diese mit der Nutzungshäufigkeit zusammenhängt sowie ob das Umweltbewusstsein der TeilnehmerInnen einen positiven Effekt auf die Akzeptanz hat. Zur Identifikation der Treiber und Barrieren sowie zur Bewertung der Intervention wurden qualitative Fokusgruppen-Interviews zu Beginn und gegen Ende des Feldtests durchgeführt. Zur Analyse der Korrelation zwischen Akzeptanz und Nutzungshäufigkeit sowie zwischen Akzeptanz und Umweltbewusstsein wurde auf Basis quantitativer Onlinebefragungen ein Querschnittsvergleich mit E-Pkw-NutzerInnen anderer Feldtests durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer hohen Nutzungsfrequenz die Akzeptanz von E-Pkw nachhaltig steigen kann. Die begleitenden Maßnahmen des Feldtests ermöglichten, dass elektrofahrzeugspezifische Barrieren überwunden werden konnten. Trotz regelmäßiger technischer Probleme wurden die E-Pkw im Pendelbetrieb akzeptiert. Es konnte ein deutlicher Zusammenhang zwischen Umwelteinstellungen und der Akzeptanz der E-Pkw festgestellt werden.

Schlüsselworte: Soziale Normen, Umwelteinstellungen, Elektromobilität, Feldforschung, Akzeptanz

User Acceptance of Electric Vehicles: Use Case of Carpooling Commuters

Abstract:

This three-year social-scientific accompanying research of six carpooling groups investigates the driving factors and barriers of using electric vehicles (EV) for commuting purposes. It analyzes to what extent the usage of EV in a field test (intervention: organized carpooling groups, cost reductions, guaranty of availability) increases user-acceptance and to what extent acceptance is correlated with frequency of use and if the participants' environmental awareness has a positive effect on acceptance. To identify the driving factors and barriers as well as to assess the intervention, qualitative interviews with the participants at the beginning and at the end of the field test were conducted. To analyze potential correlations between acceptance and frequency of use as well as between acceptance and environmental awareness, a cross-sectional quantitative comparison based on empirical online survey data from EV users of other field-tests was carried out. The results demonstrate that a high usage frequency can result in a sustainable increase of EV acceptance. The accompanying intervention measures were able to overcome EV specific barriers. Despite facing frequent technical deficiencies acceptance of the EV commuter service was observed. According to our results, there is a strong correlation between environmental awareness and the acceptance of EV.

Key words: Social Norms, Environmental Attitudes, Electric Mobility, Field Research, Acceptance

1. Umwelt- und wirtschaftspolitische Bedeutung von Elektromobilität

Insbesondere aus umwelt- und wirtschaftspolitischen Interessen hat sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität zu machen.

Elektrofahrzeuge (E-Pkw) bieten das Potential die Treibhausgasemissionen des Transportsektors deutlich zu reduzieren (Creutzig et al., 2015; Jochem, Babrowski & Fichtner, 2015). Beschlüssen der Regierung im Jahr 2011 zufolge sollen bis 2030 sechs Millionen E-Pkw in Deutschland registriert sein (Bundesregierung, 2011). Die öffentliche Hand Deutschlands förderte während der letzten Jahre zahlreiche Elektromobilitätsprojekte, darunter auch vier Schaufensterregionen (Dudenhöffer et al., 2014). Eines der Schaufensterprojekte ist RheinMobil. Im Rahmen dieses Projekts wurde ein dreijähriger Feldtest mit E-Pkw durchgeführt, um den Nachweis zu erbringen, dass eine wirtschaftliche Elektrifizierung von Fahrzeugen mit geeigneten Nutzungsprofilen, d. h. einer hohen, regelmäßigen Fahrleistung, bereits heute möglich ist. Die vergleichsweise geringen variablen Kosten des E-Pkw Betriebs (z. B. die Energie- und Wartungskosten) wirken bei hohen jährlichen Laufleistungen den hohen Ausgaben bei der Anschaffung entgegen (Gnann, Plötz, Kühn & Wietschel, 2015). Bei RheinMobil wurde neben fahrzeugbezogenen Wirtschaftlichkeitsberechnungen, physikalisch-technischen Analysen und einer ökologischen Bewertung, die E-Pkw Nutzung sozialwissenschaftlich begleitet. Dabei wurden Treiber, Anreize und Barrieren sowie die Akzeptanz der E-Pkw als Pendelfahrzeuge und das Umweltbewusstsein der Teilnehmenden untersucht (Stella et al., 2015).

1.1 Akzeptanz von Produktinnovationen und Umweltbewusstsein

Dethloff (2004) versteht Akzeptanz in Bezug auf technische Produktinnovationen als positive Annahme oder Übernahme einer Idee oder eines Produkts im Sinne aktiver Bereitwilligkeit und nicht nur im Sinne reaktiver Duldung. Akzeptanz zeichnet sich nicht nur durch das Merkmal der positiven Wertschätzung (Einstellungsebene), sondern auch durch das Kriterium der aktiven Handlungsbereitschaft (Verhaltensebene) aus (Dethloff, 2004; Lucke, 1995; Schweizer-Ries, Rau & Zoellner, 2008). Nach Dethloff (2004) ist ein wesentlicher Faktor für Technik-Akzeptanz die Produktnutzung: Erst wenn der Konsument auch Erfahrungen in der Produktnutzung gesammelt hat, kann ein (vorläufiges) Urteil über den Grad an Akzeptanz gegenüber technischen Produktinnovationen gefällt werden. Innerhalb der Nutzungsphase können Kriterien des tatsächlichen Nutzungsverhaltens, wie beispielsweise die Nutzungshäufigkeit, die Akzeptanzgenese positiv beeinflussen (Kollmann, 1998).

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Alltagssprachlich versteht man unter Umweltbewusstsein Befürchtungen, Unzufriedenheit und Betroffenheit angesichts der in den letzten Jahrzehnten zunehmenden Umweltproblematik (Spada 1990). Das Umweltbewusstsein der Deutschen speist sich in einem nicht unerheblichen Maße aus Sorgen und Ängsten (Kuckartz, Rädiker & Rheingans-Heintze, 2006), vor allem um die Nachkommenschaft (Kuckartz, 1998). Bekannt ist, dass sobald der technische Fortschritt als riskant oder subjektiv nachteilig empfunden wird, die Zustimmung sinkt. Dies gilt insbesondere für großtechnische Anlagen (Grunwald, 2005). Umweltbewusstsein kann sich jedoch als Motor für Innovationen erweisen, vorausgesetzt Innovationen vollziehen sich in Feldern, die nicht als riskant wahrgenommen werden (Kuckartz, 1998). Die Frage wie umweltbewusste Verhaltensweisen entstehen, kann über den Norm-Activation-Ansatz von Schwartz (1977) erklärt werden. In dieser Theorie entsteht Umweltbewusstsein in einem sozialpsychologischen Prozess, in welchem grundlegende moralische Normen, wie beispielsweise die menschliche Unversehrtheit, aktiviert werden. Eine Aktivierung dieser Normen tritt unter zwei Bedingungen ein. Einerseits muss eine Person eine Norm als gefährdet ansehen (beispielsweise durch die Wahrnehmung von Umweltverschmutzung). Darüber hinaus muss die Person sich selbst als verantwortlich für die Bedrohung wahrnehmen. Dies kann dazu führen, dass diese Person erkennt, dass sie selbst durch ihr Verhalten zu der Situation beiträgt (Rippl, 2005). Insbesondere in Gruppen kann die Entstehung von sozialen Normen zur Bildung von Umweltbewusstsein bzw. -einstellungen beitragen. Bereits in Experimenten von Sherif (1936) wurde beobachtet, dass Personen dazu neigen, sich in ihren Urteilen der Gruppenmehrheit anzuschließen. In den Arbeiten von Ajzen und Fishbein (1980) wird der Einfluss sozialer Normen auf Einstellungen zu geplantem Verhalten dargelegt. Verhaltensänderungen können über umweltpsychologische Interventionen unterstützt werden. Unter den Interventionsformen ist die Selbstverpflichtung die effizienteste, wenn es darum geht, das gewünschte Verhalten auch nach der Intervention zu festigen (Mosler & Gutscher, 1998).

Die Akzeptanz technischer Entwicklungen ist eng mit dem Vertrauen einer Gesellschaft verknüpft die Kapazität zu besitzen Lebenswelt und Technik miteinander in Einklang zu bringen und die soziale, wirtschaftliche und natürliche Umwelt für zukünftige Generationen funktionsfähig zu halten (Renn, 2005). Insbesondere akzeptanzsubjektbezogene Faktoren wie Einstellungen, Normen, Wertvorstellungen und Emotionen, beispielsweise das Umweltbewusstsein, beeinflussen die Technikakzeptanz. Diese bilden in psychologisch orientierten Ansätzen und Modellen der technikorientierten Akzeptanzforschung vielfach den

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

zentralen Ausgangs- oder Bezugspunkt (Schäfer & Keppler, 2013). Der direkte Zusammenhang zwischen Umweltbewusstsein und Umweltverhalten ist nur schwach ausgeprägt (Kuckartz, 1998; Bamberg, 2003). Das Umweltbewusstsein beeinflusst vielmehr, wie eine Person eine Situation definiert (akzeptanzsubjekt- und -kontextbezogen), d.h. wie sie situationsbedingte Verhaltensalternativen und damit verbundene Konsequenzen bewertet (Bamberg, 2003). Umweltgerechtes Verhalten gibt es auch ohne ausgeprägtes Umweltbewusstsein (Kuckartz, 1998). Dennoch ist davon auszugehen, dass die Erwartung, durch umweltgerechtes Handeln positive Konsequenzen zu erzielen, die Wahrscheinlichkeit oder jedenfalls die Einstellung zu diesem Verhalten positiv verändern (Ajzen und Fishbein, 1980). Kontextfaktoren wie das soziale bzw. organisatorische Umfeld, kulturelle, soziale und wirtschaftliche Rahmenbedingungen, der gesamtgesellschaftliche Kontext sowie die Art und Weise wie eine Innovation eingeführt wird, beeinflussen die Akzeptanzgenese bei technischen Innovationen (Schäfer & Keppler, 2013). Insbesondere die Zuschreibung von umweltfreundlichen Eigenschaften und Selbstverpflichtung bzw. sozialen Normen könnten dadurch die Akzeptanz von E-Pkw erhöhen. Obwohl das Umweltbewusstsein Ende des 20. Jahrhunderts einen Bedeutungswandel vollzog, indem es sich von Technikfeindlichkeit zu entkoppeln vermochte und eine nachhaltige Gestaltung dauerhafter Konsumgüter in vielen Bereichen nach sich zog, bestand weiterhin Skepsis darüber, ob diese Entwicklung auch für den Mobilitätssektor gelten würde (Kuckartz, 1998).

1.2 Stand der Forschung zu Feldtests zur Förderung der Akzeptanz von E-Pkw

Neben zahlreichen Gründen, die für die Nutzung von E-Pkw sprechen, gibt es verschiedene Barrieren. Die Befürchtung von Einschränkungen durch die begrenzte Reichweite ist neben der hohen Investition eine zentrale Nutzungsbarriere (Globisch, Schneider & Dütschke, 2013), die mit entsprechenden Nutzungserfahrungen über einen längeren Zeitraum abnimmt (Franke & Krems, 2013). Darüber hinaus diskutieren Studien häufig einen Mangel an Ladeinfrastruktur für E-Pkw (Gnann & Plötz, 2015) oder Probleme beim Laden von E-Pkw (Vogt & Bongard, 2015).

Eine Möglichkeit die Diffusion nachhaltiger Produkte zu unterstützen ist unter anderem die Durchführung von Feldtests, bei welchen verschiedene AkteurInnen Informationen, Wissen und Erfahrungen unter besonders geschützten Rahmenbedingungen untereinander austauschen können (Ceschin, 2013).

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Positive Veränderungen affektiver Bewertungen sowie positivere Bewertungen zur wahrgenommenen Leichtigkeit der Nutzung nach ersten gesammelten Erfahrungen zeigen, dass Einstellungen zu E-Pkw sich mit Erfahrungen, die NutzerInnen machen, verändern (Schneider, Dütschke & Peters, 2014). Insbesondere die fahrdynamischen Eigenschaften von E-Pkw werden nach ersten Erfahrungen positiver bewertet (Ensslen, Paetz, Babrowski, Jochem & Fichtner, 2016a). Zudem konnten positive Auswirkungen von Testfahrten auf die Akzeptanz von E-Pkw festgestellt werden (z. B. Bühler, Cocron, Neumann, Franke & Krems, 2014; Dudenhöffer, 2013).

Die Akzeptanz von E-Pkw in Privathaushalten unterscheidet sich von der Akzeptanz in beruflichen Anwendungsprofilen. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass E-Pkw NutzerInnen nicht zwingend an deren Beschaffungsentscheidungen beteiligt sind (Dütschke et al., 2015). Sie müssen sich daher nicht mit Kostenaspekten der E-Pkw Nutzung befassen. Darüber hinaus ist der Anschaffungszweck ein anderer und es werden andere Bewertungskriterien bei der Beschaffungsentscheidung angelegt (Ensslen, Rometsch, Jochem & Fichtner, 2016b). In beruflichen Anwendungsprofilen sind die Fahrzeuge im Verantwortungsbereich der Organisationen. Die Fahrzeuge können jedoch auch für Privatfahrten, wie z.B. das Berufspendeln, genutzt werden.

Tabelle 1 bietet eine Übersicht zu E-Pkw Akzeptanzstudien in beruflichen Anwendungsprofilen. Diese fokussierten hauptsächlich auf die Nutzung von E-Pkw als Poolfahrzeuge, die überwiegend rein gewerblich genutzt wurden und keiner täglichen Nutzung unterlagen (z. B. Carroll & Walsh, 2010; Deffner, Birzle-Harder, Hefter, Götz, 2012; Dudenhöffer, 2013; Ensslen et al. 2016a; Globisch et al., 2013; Plötz et al., 2014), auf kurze Nutzungsphasen der E-Pkw als Dienstwagen (z. B. Deffner et al., 2012) oder als Nutzfahrzeuge von Paketdienstleistern (z. B. Ehrler & Hebes, 2012).

Viele aktuelle Studien, die sich mit der Adoption von E-Pkw im privaten Kontext befassen, deuten darauf hin, dass Umweltmotive die E-Pkw Adoptionsbereitschaft beeinflussen (Peters & Dütschke, 2014; Rezvani, Jansson & Bodin, 2015).

Tabelle 1: E-Pkw-Akzeptanzstudien in beruflichen Anwendungsfällen

Autoren	Regionaler Fokus	Charakterisierung der Stichprobe	Erfahrungen mit E-Pkw zum Zeitpunkt der Befragung	Ergebnisse
Carroll und Walsh (2010)	England	Befragung von gewerblichen E-Pkw-NutzerInnen, Fuhrparkverantwortlichen sowie einem öffentlichen Publikum bei Probefahrten vor und nach Testfahrten	Befragung vor und nach einer ersten Testfahrt	Die hohe Investition und die beschränkte Reichweite sind die wesentlichen Hindernisse E-Pkw in Fuhrparks zu integrieren. Wichtig für deren Akzeptanz sind Testmöglichkeiten elektrischer Fahrzeuge in Unternehmen. Die fahrdynamischen Eigenschaften der E-Pkw übertreffen die Erwartungen von den TestnutzerInnen.
Deffner et al. (2012)	SAP Standorte in Deutschland	Gewerbliche E-Pkw-NutzerInnen; Dienstwagen- und Poolfahrzeugnutzung	Befragung vor und direkt nach der ersten Nutzung und nach mehrmaliger Nutzung (Poolfahrzeug) sowie während einer Testwoche (Dienstwagen)	Personen, die die E-Pkw als Poolfahrzeuge genutzt haben, bewerteten das Fahren mit den E-Pkw durchweg etwas negativer als Personen, denen E-Pkw für eine ganze Woche auch für private Fahrten zur Verfügung gestellt wurden. Lediglich die Reichweite wurde von den PoolfahrzeugnutzerInnen etwas besser bewertet.
Dudenhöffer (2013)	China und Deutschland	AutofahrerInnen ohne Vorerfahrungen mit E-Pkw	Personen wurden vor und nach einer Probefahrt befragt	Persönliche Erfahrungen mit E-Pkw sind essentiell für deren Diffusion, da sich durch Probefahrten die Akzeptanzstrukturen positiv ändern. Testfahrten könnten das Marktpotential für E-Pkw erhöhen. Bisherige Regierungsprogramme waren nicht zielführend, da weder ein Angebots- noch ein Nachfrageproblem besteht, sondern ein Verständnisproblem.
Ehrler und Hebes (2012)	Berlin, Deutschland	Befragung von FahrerInnen, SchichtmanagerInnen, KundInnen und NachbarInnen von zwei Logistikunternehmen	Bevor die Fahrzeuge ausgeliefert wurden und nach mindestens sieben Wochen Nutzung	Obwohl das Wissen über E-Pkw vor Beginn des Feldtests begrenzt war, urteilten die Fahrer sehr enthusiastisch über die E-Pkw nach ersten Erfahrungen, die sie sammeln konnten. Die AutorInnen schließen daraus auf eine hohe Akzeptanz des Einsatzes von E-Pkw bei urbanen Zustellungsdiensten.
Ensslen et al. (2016)	Französisch-Deutsche Oberrheinregion	Gewerbliche E-Pkw-NutzerInnen und NichtnutzerInnen	Befragung direkt nach Projektintegration der Organisationen. Untergliederung nach keinerlei Erfahrungen mit E-Pkw und ersten gesammelten Erfahrungen	E-Pkw-NutzerInnen mit einem vergleichsweise höheren Einkommen, mit zwei oder mehr Fahrzeugen im Haushalt und einer Tagesfahrleistung von mehr als 50 Kilometern, die bereits erste Erfahrungen bei Testfahrten mit E-Pkw sammeln konnten, könnten sich eher vorstellen in den nächsten Jahren einen E-Pkw anzuschaffen. BefragungsteilnehmerInnen, die bereits erste Testfahrten mit E-Pkw gemacht hatten, bewerteten insbesondere die fahrdynamischen Eigenschaften der E-Pkw besser als Befragte, die noch keinerlei Erfahrungen mit E-Pkw hatten.
Globisch et al. (2013)	Deutschland	Gewerbliche und private E-Pkw-NutzerInnen	Nach mehr als 3 Monaten Nutzungserfahrung. 47 % nutzten die E-Pkw täglich, 35 % an 1-3 Tagen pro Woche, 18 % an 1-3 Tagen pro Monat.	Die eingeschränkte Reichweite von E-Pkw und deren hohe Kosten werden als wesentliche Barrieren der Nutzerakzeptanz von E-Pkw identifiziert. Beim Vergleich kommerzieller und privater E-Pkw-NutzerInnen konnte ein stabiler Trend erkannt werden, dass Eigenschaften von E-Pkw von privaten NutzerInnen tendenziell besser bewertet werden. Als Begründung hierfür wird aufgeführt, dass private NutzerInnen ausschließlich freiwillig an der Studie teilnahmen, wohingegen die Entscheidung an der Studie teilzunehmen bei den gewerblichen E-Pkw-NutzerInnen von den Organisationen getroffen wurde.
Plötz et al. (2014)	Deutschland	Gewerbliche und private E-Pkw-NutzerInnen sowie Fuhrparkverantwortliche	Personen, die im Rahmen von Feldtests bereits Erfahrungen mit E-Pkw in gewerblichen Anwendungen gesammelt hatten.	Mangelnde Wirtschaftlichkeit von E-Pkw stellt das Haupthemmnis für deren Beschaffung in Unternehmen dar. Zudem wird die geringe Reichweite als nachteilig wahrgenommen. Die meisten NutzerInnen haben Spaß beim Fahren und keine Probleme bei der Nutzung von E-Pkw.
Schneider et al. (2014)	Deutschland	Private Nutzung der E-Pkw als auch Nutzung als Poolfahrzeuge in gewerblichen Anwendungen sowie im Rahmen von Car Sharing Angeboten	Unterscheidung zwischen Erwartungen von NutzerInnen (T0), einigen Wochen an Nutzungserfahrungen (T1) und einigen Monaten an Erfahrungen (T2)	Die zu den Zeitpunkten T0 und T1 erhobene Zustimmung zur Aussage E-Pkw seien im Alltag nützlich sowie E-Pkw seien umweltfreundlich unterscheiden sich nicht. Die affektive Bewertung der E-Pkw sowie Aussagen zur Leichtigkeit der Nutzung entwickelt sich über den Testzeitraum von einigen Wochen jedoch positiv.

1.3 Forschungsbedarf und Forschungsfragen

Diese Anwendungsfälle reichen jedoch aus unserer Sicht nicht aus, um die E-Pkw-Nutzerakzeptanz in Berufspendleranwendungen zu bewerten. Insbesondere ist zu erwähnen, dass E-Pkw-NutzerInnen der untersuchten Anwendungsbeispiele die Fahrzeuge nur unregelmäßig bzw. über einen vergleichsweise kurzen Zeitraum nutzten. Eine unregelmäßige Nutzung von Poolfahrzeugen oder deren Nutzung im Rahmen von Testfahrten sind nicht ausreichend, um die Gesamtakzeptanz von E-Pkw zu bewerten. Hierfür ist ein positiver Durchlauf durch die Akzeptanzphasen notwendig, da der Akzeptanzprozess auf den Zwischenstufen der Akzeptanzbildung durchaus unterbrochen werden kann (Kollmann, 1998). Eine sporadische Nutzung von E-Pkw als Poolfahrzeuge, um erste Erfahrungen mit diesen Fahrzeugen sammeln zu können, kann daher einer anderen Akzeptanzphase zugeordnet werden als die eines intensiveren Anwendungsfalls im Rahmen von Berufspendelaktivitäten.

Darüber hinaus repräsentieren die Anwendungsbeispiele der Poolfahrzeug- und Dienstwagennutzung nur einen kleinen Teil der Pkw-Nutzung. Um einen großen Anteil der täglichen Pkw-Fahrten abzubilden, sollten Berufspendelaktivitäten berücksichtigt werden. Nach Wingerter (2014) pendeln 66% aller deutschen Berufstätigen mit dem Auto. ArbeitgeberInnen haben in der Regel nur einen begrenzten Einfluss auf Entscheidungen im Kontext von Berufspendelaktivitäten ihrer MitarbeiterInnen. Zumeist werden die Kosten des Pendelns durch die ArbeitnehmerInnen selbst getragen.

Keines der bekannten E-Pkw-Projekte fokussierte sich bislang auf die Bewertung der Nutzerakzeptanz von E-Pkw, die von Fahrgemeinschaften genutzt werden, um täglich vor und nach der Arbeit größere Strecken, d.h. bis zu 80 Kilometern (Stella et al., 2015), zwischen Wohnort und Arbeitsplatz zu pendeln. Darüber hinaus ist uns kein Projekt bekannt, bei welchem von E-Pkw-NutzerInnen eine finanzielle Beteiligung erwartet wurde und sich die Nutzungsentscheidung auf einen Zeitraum von ca. zwei Jahren bezog.

Aus der identifizierten Erkenntnislücke leiten sich die folgenden zwei explorativen Forschungsfragen und eine hypothesenprüfende Forschungsfrage mit zwei Hypothesen ab:

Forschungsfragen:

Frage 1 (F1): Welche Treiber bzw. Anreize und welche Barrieren werden von den Teilnehmenden eines Feldtests für die Akzeptanz von E-Pkw im Rahmen von Berufspendelaktivitäten gesehen?

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Frage 2 (F2): Inwieweit förderte der Feldtest mit seinen Begleitmaßnahmen die Akzeptanz von E-Pkw bei den Teilnehmenden?

Frage 3 (F3): Inwieweit hängt die Akzeptanz mit der Nutzungshäufigkeit und dem Umweltbewusstsein zusammen?

Hypothese 1 (H1): Es gibt einen positiven Zusammenhang zwischen der Akzeptanz von E-Pkw und deren Nutzungshäufigkeit.

Hypothese 2 (H2): Es gibt einen positiven Zusammenhang zwischen dem Umweltbewusstsein von E-Pkw-NutzerInnen und der Akzeptanz von E-Pkw.

2. Methodik und Daten

2.1 Forschungsdesign

Die E-Pkw-Nutzerakzeptanz wurde im Rahmen eines möglichst realitätsnahen Feldtests untersucht, der insbesondere auf den hohen Anteil an Pendelfahrten fokussieren sollte.

Um die ersten beiden Forschungsfragen zur Nutzerakzeptanz der E-Pkw zu beantworten (F1 und F2), wurden zwei qualitative Erhebungen mit teilweiser Messwiederholung durchgeführt. Eine vor der ersten Nutzung (Pretest) und eine zum Ende des Projekts (Follow-up). Bei der Stichprobe des Pre-Tests handelt es sich um eine Teilstichprobe der Follow-up Stichprobe. Da keine Einzelinterviews mit Mitgliedern der Interventionsgruppe zur Beantwortung der explorativen Forschungsfragen (F1 und F2) geführt wurden, sondern Fokusgruppen-Interviews mit den Berufspendlerfahrgemeinschaften, ist eine Längsschnittuntersuchung von einzeln befragten Individuen nicht möglich.

Um zu untersuchen inwieweit die Akzeptanz mit der E-Pkw Nutzungshäufigkeit und dem Umweltbewusstsein der Teilnehmenden zusammenhängt (H1 und H2), wurden im Rahmen einer querschnittlich quantitativen Untersuchung neben den Pendlergruppen des Feldtests weitere E-Pkw NutzerInnen anderer Projekte als Vergleichsgruppen befragt.

2.2 Beschreibung der Intervention: Feldtest mit begleitenden Maßnahmen

Die verschiedenen Aspekte des Feldtests im Rahmen des Projekts RheinMobil werden im Folgenden entsprechend Schäfer & Keppler (2013) nach akzeptanzobjekt-, akzeptanzsubjekt- und akzeptanzkontextbezogenen Aspekten unterschieden. **Akzeptanzobjektbezogene Aspekte** beziehen sich auf die im Rahmen des Feldtests verwendeten e-Wolf Delta 2, vollwertige elektrische Kleinbusse für bis zu 7 Personen (Schücking, Jochem, Fichtner,

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Wollersheim & Stella, 2017). Es handelt sich um rein elektrisch betriebene E-Pkw, die in Kleinstserien gefertigt wurden und einen eher prototypischen Charakter haben. Ein externer Dienstleister gewährleistete die Funktionsfähigkeit des Pendelbetriebs durch eine Mobilitätsgarantie. Die Projektteilnehmer hatten damit, anders als bei ihren eigenen, konventionellen Fahrzeugen, kein technologische Risiko zu tragen.

Akzeptanzsubjektbezogene Aspekte des Feldtests beziehen sich insbesondere auf verschiedene Informations- und Kommunikationsmaßnahmen, um die Handlungsbereitschaft der Akzeptanzsubjekte zu erhöhen. Soziale Normvorgaben bestanden in zweierlei Hinsicht. Einerseits verdeutlichte der Arbeitgeber gegenüber seinen MitarbeiterInnen, dass eine Teilnahme erwünscht sei. Zudem wurde durch die Teilnahme einzelner Kollegen ein zunehmender Gruppendruck erzeugt Fahrgemeinschaften zu bilden. Eine Selbstverpflichtung der Teilnehmer ergab sich einerseits aus der Verpflichtung gegenüber dem Arbeitgeber, das Fahrzeug über die Projektdauer zu nutzen, andererseits auch gegenüber den Kollegen, um die Fahrgemeinschaft zu erhalten. **Akzeptanzkontextbezogene Aspekte** des Feldtests bezogen sich auf organisatorische Maßnahmen zur Gewährleistung des Pendelbetriebs, u.a. eine Mobilitätsgarantie. Darüber hinaus wurde gegenüber den potentiellen ProjektteilnehmerInnen ein transparentes und günstiges Angebot gemacht, das für die meisten Pendlergruppen bedeutete ca. 70% günstiger pendeln zu können als mit einem vergleichbaren Verbrennungsfahrzeug. Als weiterer Anreiz wurden, wie bereits für konventionelle Fahrgemeinschaften in Kleinbussen üblich, am Werk zusätzlich privilegierte Parkplätze reserviert. Für die E-Pkw wurden Parkplätze inklusive der Ladeinfrastruktur direkt neben dem Unternehmenseingang ausgewiesen.

2.3 Ablauf der Untersuchung, Erhebungsmethoden und Stichproben

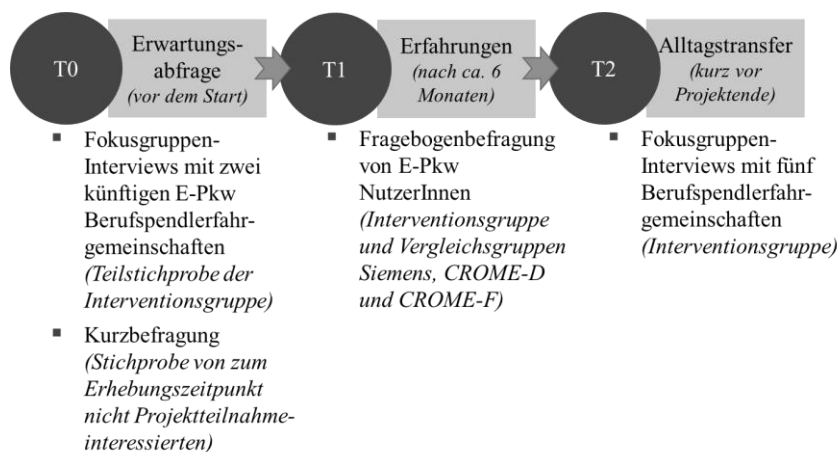


Abbildung 1: Vorgehen im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung zur Wirkungsevaluation der Interventionsmaßnahme

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Insgesamt wurden die Pendler der Firma Michelin am Standort Karlsruhe (Interventionsgruppe) über die Projektlaufzeit von drei Jahren begleitet. Die Untersuchung beinhaltete drei Befragungszeitpunkte: Vor der ersten E-Pkw-Nutzung (T0, Ende April 2013), etwa nach einem halben Jahr (T1, Oktober 2013 bis Dezember 2014) sowie gegen Ende des Projekts (T2, Juni 2015, vgl. Abbildung 1). Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der Inhalte und Methoden der Erhebungsabschnitte.

Tabelle 2: Übersicht der Erhebungsabschnitte und Methoden

	T0: Pretest bei (potentieller) Interventionsgruppe		T1: Test nach einer ersten längeren Nutzungsphase bei Interventionsgruppe und Vergleichsgruppen	T2: Follow-up bei Interventionsgruppe
Michelin (Interventionsgruppe: Berufspendlerfahrgemeinschaften)	11 zukünftige Nutzer der ersten beiden Pendlergruppen Erhebungszeitraum: April 2013	Befragung von 63 Berufspendlern. Angaben von 47 Personen, die bereits vom Projekt gehört hatten, gingen in die Statistik ein. Erhebungszeitraum: April 2013	32 Nutzer der ersten beiden Pendlergruppen Erhebungszeitraum: Oktober 2013 bis Dezember 2014	5 Fahrgemeinschaften mit jeweils 5-7 Nutzern. Davon wurden 11 auch in T0 befragt Erhebungszeitraum: Juni 2015
CROME-F (Vergleichsgruppe: Einzelpersonen / Freie Nutzung)	-	-	87 NutzerInnen; Erhebungszeitraum: September 2012 bis Mai 2013	-
CROME-D (Vergleichsgruppe: Einzelpersonen / Freie Nutzung)	-	-	74 NutzerInnen; Erhebungszeitraum: September 2012 bis Mai 2013	-
Siemens (Vergleichsgruppe: Einzel-Poolpendler)	-	-	29 Nutzer; Erhebungszeitraum: Februar bis März 2014	-
Zentrale Inhalte	Erwartungen, Vorerfahrungen, Gründe der Teilnahme	Bedenken, Gründe der Nicht-Teilnahme	Erste Erfahrungen mit E-Pkw, Einstellungen zur Nutzung von E-Pkw	Erfahrungen, Verbesserungsvorschläge, Transfer
Methode	Interviews	Standardisierte Kurzbefragung	Quantitative Online-Befragung	Teilstandardisierte Gruppeninterviews
Auswertung	Qualitative Analysen	Deskription	Deskription, Lineare Regression	Qualitative Analysen

Es wurde darauf geachtet, dass keiner der Projektteilnehmer vor Projektbeginn einen E-Pkw im Arbeitsalltag genutzt hatte. Die Stichproben unterschieden sich zwischen T0 und T2 aus den folgenden Gründen: Zu T0 wurden zum einen zwei Fahrgemeinschaften, die sich zum damaligen Zeitpunkt bereits für eine Projektteilnahme entschieden hatten (11 zukünftige E-

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Pkw-Nutzer von zwei Fahrgemeinschaften), mittels leitfadengestützter Fokusgruppen-Interviews zu ihren Erwartungen und Treibern der Teilnahme befragt (Tabelle 2). Darüber hinaus wurden zum Zeitpunkt T0 47 Personen, die sich (noch) nicht für eine Teilnahme entschieden hatten, im Rahmen von Kurzinterviews nach Gründen befragt, weshalb sie nicht am Projekt teilnahmen.

Abschließend wurden Fokusgruppen-Interviews (T2) mit aktiven Berufspendlern aus fünf Pendlergruppen mit jeweils fünf bis sieben Personen zur Klärung von konkreten Erfahrungen im alltäglichen Pendelbetrieb und zur Abschätzungen von Transfermöglichkeiten über den Projektrahmen hinaus durchgeführt. Möglich ist, dass die Nichtnutzer bei der Erhebung zu T0 sich teilweise nach den Kurzinterviews doch noch zu einer Teilnahme entschieden, da sich zum Zeitpunkt T0 erst zwei von sechs elektromobilen Berufspendlerfahrgemeinschaften des Feldtests konstituiert hatten.

Für die Analyse der Hypothesen (H1 und H2) zur Fragestellung 3 wurde zum Zeitpunkt T1 eine quantitative Onlineerhebung bei der Interventionsgruppe des Feldtests und drei Vergleichsgruppen durchgeführt (Tabelle 3; Ensslen, Jochem & Fichtner, 2013; Stella et al., 2015). Eine Übersicht zur Charakterisierung der Interventions- und Vergleichsgruppen befindet sich in Tabelle 3.

Die Stichprobe der Interventionsgruppe bestand insgesamt aus 32 Personen, die in sechs Berufspendlerfahrgemeinschaften organisiert zur Arbeit pendelten. Die Interventionsgruppe bestand ausschließlich aus im Elsass (Frankreich) wohnenden männlichen Teilnehmern, die täglich zwischen ihren Wohnsitzen und dem Werk in Karlsruhe pendelten. Etwa 90% dieser speziellen E-Pkw-Nutzergruppe gaben an einen Hauptschul- oder Realschulabschluss bzw. einen Berufsausbildungsabschluss oder keinen Abschluss zu haben. Etwa 90% der Befragten gaben an über ein Netto-Haushaltseinkommen von weniger als 3.000 Euro zu verfügen. Durchschnittlich waren die E-Pkw-Nutzer der Interventionsgruppe ca. 40 Jahre alt (SD: 11.5). Sie nutzten alle die in Kleinstserie gefertigten Kleinbusmodelle Delta 2 der Firma e-Wolf. Für einen Querschnittsvergleich wurden zwischen Februar und März 2014 29 männliche Nutzer eines elektrischen Poolfahrzeugs, das zum grenzüberschreitenden Pendeln zwischen zwei Produktionsstandorten von Siemens in der Region Karlsruhe bereitgestellt wurde, befragt (Vergleichsgruppe Siemens). Darüber hinaus wurden die Befragungsergebnisse der Interventionsgruppe mit zwei weiteren Vergleichsgruppen, die E-Pkw im Rahmen des in der

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

gleichen Region durchgeführten CROME Projekts (Ensslen et al., 2013) hauptsächlich als Poolfahrzeuge nutzten (CROME-D und CROME-F, Tabelle 3), verglichen.

Diese Datenerhebung fand zwischen September 2012 und Mai 2013 statt. Die E-Pkw in den Feldtests der Vergleichsgruppen wurden weitestgehend nicht täglich genutzt und hauptsächlich als Poolfahrzeuge verwendet (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Charakterisierung der Interventionsgruppe sowie der Vergleichsgruppen

Stichprobe		Interventionsgruppe Michelin	Vergleichsgruppe Siemens	Vergleichsgruppe CROME-D*	Vergleichsgruppe CROME-F*
Stichprobengröße (N)		$n_M = 32$	$n_S = 29$	$n_{C-D} = 74$	$n_{C-F} = 87$
Erhebungszeitraum		Oktober 2013 bis Dezember 2014	Februar bis März 2014	September 2012 bis Mai 2013	September 2012 bis Mai 2013
Alter		M = 40.03 SD = 11.49	M = 47.58 SD = 7.53	M = 42.76 SD = 14.95	M = 43.16 SD = 10.37
Geschlecht		100 % männlich	100 % männlich	25% weiblich 75% männlich	40 % weiblich 60 % männlich
Haushaltseinkommen	Weniger als 3.000 Euro	53.4 %	14.3 %	25.0 %	39.6 %
	Zwischen 3.000 und 3.999 Euro	20 %	14.3 %	43.8 %	25 %
	Mehr als 4.000 Euro	26.6 %	71.4 %	31.2 %	35.4 %
Akademiker		Keine	88.5 %	56.9 %	70.2 %
E-Pkw-Nutzungshäufigkeit	Täglich oder an Werktagen	100 %	0 %	10.6 %	30.1 %
	An 1-3 Tagen pro Woche	0 %	3.4 %	22.7 %	20 %
	Seltener als 1-3 Tage pro Woche	0 %	96.6 %	66.7 %	49.9 %
Genutzte Fahrzeuge		Sechs e-Wolf Delta 2	Ein Nissan Leaf	Hauptsächlich Smart ED (73 % der NutzerInnen) und Mercedes Benz A-Class E-Cell (25 % der NutzerInnen)	Hauptsächlich Smart ED (56 % der NutzerInnen), Peugeot iOn (11 % der NutzerInnen).
Nutzungsprofil		Pendeln zwischen zu Hause und dem Arbeitsplatz (Pendlerfahrzeug)	Pendeln zwischen zwei Firmenstandorten (Poolfahrzeug)	Nutzung der E-Pkw hauptsächlich als Poolfahrzeuge für geschäftliche Fahrten.	
				Vereinzelte Nutzung der E-Pkw auch...	
				...zum Pendeln (7.5 % der NutzerInnen) und für Privatfahrten (3 % der NutzerInnen).	...zum Pendeln (18.5 % der NutzerInnen) und für Privatfahrten (11.1 % der NutzerInnen).

Anmerkung:

* Weitere Spezifikation zum CROME Feldtest können Schäuble, Jochem & Fichtner (2016) entnommen werden.

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Die Vergleichsgruppen zeichnen sich durch einen hohen Männeranteil, ein vergleichsweise hohes Bildungsniveau sowie ein relativ hohes Netto-Haushaltseinkommen aus, das insbesondere bei den E-Pkw-Nutzern der Siemens-Stichprobe hoch ausfällt. Da die E-Pkw der Vergleichsgruppen weitestgehend als Poolfahrzeuge in den jeweiligen Betrieben eingesetzt wurden, verwendeten die E-Pkw-NutzerInnen diese zumeist nicht täglich. Die meisten der BefragungsteilnehmerInnen nutzten die E-Pkw an ein bis drei Tagen pro Monat oder seltener. Im Gegensatz zu den von der Interventionsgruppe genutzten Kleinstserienfahrzeugen wurden von den Vergleichsgruppen Serienfahrzeuge großer Hersteller genutzt (vgl. Tabelle 3).

2.4 Merkmalsoperationalisierung

Zur Beantwortung von F1 wurden den beiden Fahrgemeinschaften, die sich bereits für eine Teilnahme entschieden hatten, zum Erhebungszeitpunkt T0 u.a. die folgenden Fragen gestellt:

1. Was waren für Sie die Gründe, um an dem Projekt RheinMobil teilzunehmen?
2. Inwiefern haben Kostenüberlegungen bei der Entscheidung eine Rolle gespielt?
3. Haben Sie einen Kostenvergleich mit dem aktuellen Pendeln vorgenommen?
4. Inwiefern haben Ihre Freunde/Kollegen/Familie bei der Entscheidung eine Rolle gespielt?
5. Wenn Sie an die Eigenschaften des E-Pkw denken, welche Erwartungen haben Sie [...] ? Welche Erwartungen haben Ihre Freunde/Kollegen/Familie?
6. Wird sich der Ablauf des Pendelns ändern, wenn Sie mit dem E-Pkw fahren?

Darüber hinaus wurden zur Identifikation E-Pkw spezifischer Barrieren (F1) die in Abschnitt 2.3 beschriebenen Kurzinterviews geführt. Hierzu wurden die folgenden zwei Fragen gestellt:

1. Sind Sie daran interessiert mit E-Pkw von Michelin in Fahrgemeinschaften zur Arbeit zu fahren?
2. Wenn nicht, warum?

Zur Beantwortung von F2 wurden zum Erhebungszeitpunkt T2 u.a. die folgenden Fragen an die Fahrgemeinschaften gerichtet:

1. Würden Sie dieses Projekt gerne fortführen?
2. Wenn ja:
 - Können Sie sich vorstellen, in der Pendlergemeinschaft selbst einen E-Pkw anzuschaffen um damit zu pendeln?
 - Wäre dies für Sie wirtschaftlich?

- Welchen Beitrag sollte Michelin erbringen, so dass Sie weiter einen E-Pkw zum Pendeln benutzen? Wäre dies für Michelin wirtschaftlich?

Tabelle 4: Operationalisierung der Konstrukte

Konstrukt	N	Alpha	M	SD	Item	Quelle der Items	N	M	SD
Akzeptanz- objekt- bezogener Einfluss	186	.81	5.07	.81	Das Elektroauto begeistert mich.	Dütschke et al. (2015)	198	5.01	1.10
					Die Nutzung des Elektroautos ist einfach.	Dütschke et al. (2015)	199	5.58	.65
					Das Elektroauto ist Im Alltag nützlich.	Dütschke et al. (2015)	196	5.34	.84
					Ich fahre lieber mit einem Elektroauto als mit einem konventionellen Auto.	Eigenentwicklung	190	4.34	1.37
Akzeptanz- kontext- bezogener Einfluss	164	.80	5.42	.57	Die Nutzung des Elektroautos ist gut für das Image des Unternehmens.	Dütschke et al. (2015)	196	5.57	.67
					Durch die Nutzung von Elektrofahrzeugen übernimmt unser Unternehmen eine Vorreiterrolle.	Dütschke et al. (2015)	195	5.39	.78
					Unser Unternehmen hat Interesse daran, dass sich Innovationen wie das Elektroauto am Markt etablieren.	Eigenentwicklung	176	5.45	.75
					Die KollegInnen finden es gut, dass wir Elektrofahrzeuge nutzen.	Dütschke et al. (2015)	185	5.12	.92
					Das Elektroauto ist umweltfreundlich.	Dütschke et al. (2015)	194	5.36	.86
Umwelt- bewusstsein	204	.82	5.05	.80	Es beunruhigt mich, wenn ich daran denke unter welchen Umweltverhältnissen unsere Kinder und Enkelkinder wahrscheinlich leben müssen.	Wippermann et al. (2008)	210	5.08	1.02
					Wenn wir so weitermachen wie bisher, steuern wir auf eine Umweltkatastrophe zu.	Wippermann et al. (2008)	207	4.81	.99
					Die Bürgerinnen und Bürger können durch ein umweltbewusstes Alltagsverhalten wesentlich zum Umweltschutz beitragen.	Wippermann et al. (2008)	207	5.231	.78

Anmerkung: Die Items wurden von den BefragungsteilnehmerInnen über die folgende Likert-Skala bewertet: 1 = Trifft überhaupt nicht zu; 2 = Trifft überwiegend nicht zu; 3 = Trifft eher nicht zu; 4 = Trifft eher zu; 5 = Trifft überwiegend zu; 6 = Trifft voll und ganz zu

Zur Überprüfung der empirisch überprüfbaren Hypothesen (H1 und H2) von F3 wurden einstellungsbasierte Konstrukte zur Erklärung der Akzeptanz innerhalb der Interventions- und Vergleichsgruppen erhoben. Die Items stammen aus unterschiedlichen Quellen (vgl. Tabelle 4). Die verwendeten Items wurden weitestgehend (d.h. 7 von 9 Items) an eine Befragung im Rahmen der Modellregionen Elektromobilität angelehnt (vgl. Dütschke et al., 2015). Die

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Bewertung der Nutzerakzeptanz erfolgte dabei in Anlehnung an Kollmann (1998), indem die E-Pkw-NutzerInnen ihre Einstellungen zu den Akzeptanzobjekten (y_i^{AO}), sowie ihre Einstellungen zu den Akzeptanzkontexten, d.h. des jeweiligen Akzeptanzumfelds (y_i^{AK}), zum Ausdruck brachten.

Das Umweltbewusstsein (x_i^1) wurde mit drei Items erhoben (Wippermann et al., 2008). Die Validität der Skala zur Operationalisierung des Umweltbewusstseins sowie der Skalen zur Abbildung der Einstellungen der E-Pkw-NutzerInnen zu den Akzeptanzobjekten und Akzeptanzkontexten wurden im Rahmen einer Faktorenanalyse überprüft (Ensslen et al., 2013). Skalenanalysen ergaben gute Kennzahlen der internen Konsistenz mit guten Werten für Cronbach's Alpha ($\alpha > .80$, Tabelle 4).

Um zu untersuchen inwieweit sich die Interventionsgruppe von den Vergleichsgruppen bei den unabhängigen Variablen des Umweltbewusstseins (x_i^1) und der E-Pkw Nutzungshäufigkeit (x_i^2) unterscheiden, wurden Varianzanalysen durchgeführt. Ergebnisse deuten auf hochsignifikante Unterschiede zwischen den Gruppen hin (x_i^1 : $F[3,200]=10.84$, $p<.001$; x_i^2 : $F[3,199]=48.12$, $p<.001$). Post-Hoc-Tests weisen auf ein signifikant höheres Umweltbewusstsein der Interventionsgruppe gegenüber der Vergleichsgruppe CROME-D hin. Jedoch sind keine signifikanten Unterschiede zu den Vergleichsgruppen CROME-F und Siemens feststellbar. Post-Hoc-Tests zur E-Pkw Nutzungshäufigkeit zeigen, dass die tägliche E-Pkw Nutzung sich signifikant von der meist unregelmäßigen Nutzung der Vergleichsgruppen unterscheidet (vgl. auch Tabelle 3).

2.5 Analysemethoden

Die zur Beantwortung der explorativen Fragestellungen (F1 und F2) durchgeführten Interviews wurden jeweils per Tonband aufgenommen. Die Interviews der beiden Fahrgemeinschaften zum Zeitpunkt T0 wurden transkribiert und per qualitativer Inhaltsanalyse in Anlehnung an Gläser & Laudel (2010) ausgewertet (vgl. Damert, 2013). Die Kurzinterviews der Nichtnutzer zum Zeitpunkt T0 wurden jeweils durch die zwei InterviewerInnen protokolliert. Häufigkeiten der Nennungen verschiedener Gründe für die Nicht-Teilnahme wurden ermittelt und durch Zitate inhaltlich ergänzt. Die Interviews zum Zeitpunkt T2 wurden ergänzend zu den Tonbandaufnahmen direkt protokolliert und jeweils im Anschluss an die Fokusgruppen-Termine, die an vier verschiedenen Tagen stattfanden,

zusammengefasst. Dies war möglich, da zwei der AutorInnen die Interviews im Rahmen von vier Fokusgruppen-Terminen gemeinsam durchführten.

Die empirisch überprüfbareren Hypothesen (H1 und H2) wurden über zwei lineare Regressionen untersucht. Der Zusammenhang der unabhängigen Variablen, d.h. des Umweltbewusstseins, (x_i^1), der E-Pkw-Nutzungshäufigkeit (x_i^2) und dichotomer Binärvariablen zur Kontrolle stichprobenspezifischer Charakteristika (x_i^3 , x_i^4 , x_i^5) mit den abhängigen Variablen zur Abbildung der Nutzerakzeptanz (y_i^{AO} , y_i^{AK}) wurden untersucht, wobei x_i^3 die Binärvariable für die Vergleichsgruppe Siemens darstellt, x_i^4 die Binärvariable für die Vergleichsgruppe CROME-F und x_i^5 die Binärvariable für die Vergleichsgruppe CROME-D. Ausschließlich vollständige Datensätze wurden in den Regressionsanalysen verwendet. Die folgenden Zusammenhänge zur Erklärung der Einstellungen der Akzeptanzsubjekte zu den Akzeptanzobjekten (y_i^{AO}) und Akzeptanzkontexten (y_i^{AK}) werden dabei angenommen:

$$y_i^{AO} = \beta^0 + \beta^1 x_i^1 + \beta^2 x_i^2 + \beta^3 x_i^3 + \beta^4 x_i^4 + \beta^5 x_i^5 + \varepsilon \quad (1)$$

$$y_i^{AK} = \gamma^0 + \gamma^1 x_i^1 + \gamma^2 x_i^2 + \gamma^3 x_i^3 + \gamma^4 x_i^4 + \gamma^5 x_i^5 + \varepsilon \quad (2)$$

3. Ergebnisse

3.1 Analyse der explorativen Forschungsfragen

Welche Treiber und Anreize werden für die Akzeptanz von E-Pkw gesehen (F1)?

Die Interviews zum Zeitpunkt T0 mit den Teilnehmern zeigen, dass Neugierde, die Möglichkeit E-Pkw zu testen, wahrgenommene Kostenvorteile und Umweltaspekte die Hauptgründe für die Teilnahme am Projekt waren. Mehrere Teilnehmer der beiden ersten Berufspendlerfahrgemeinschaften waren interessiert erste Erfahrungen mit E-Pkw zu sammeln. Zu diesem Zeitpunkt waren kaum Vorerfahrungen vorhanden. Die Teilnehmer differenzierten bei ihren Antworten zwischen einer E-Pkw-Nutzung im Rahmen der projektspezifischen, in Fahrgemeinschaften organisierten Berufspendleranwendung und einer projektunabhängigen Nutzung von E-Pkw als Privatfahrzeuge. Beispielsweise wurde die Reichweitenproblematik sowie ladeinfrastrukturspezifischen Herausforderungen im Kontext einer potentiellen, projektunabhängigen, nicht in Fahrgemeinschaften organisierten privaten Nutzung kritischer eingestuft. Die folgenden Gründe für die Projektteilnahme wurden genannt: die Abstimmung der E-Pkw spezifischen Eigenschaft auf die Mobilitätsbedürfnisse

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

der Pendler, die Bereitstellung und Organisation notwendiger Ladeinfrastruktur, die kostenneutrale Verfügbarkeit eines Pannendienstes sowie das Ausbleiben von hohen Investitionen für eine Projektteilnahme.

Tabelle 5: Treiber und Barrieren für die Akzeptanz von E-Pkw

	Treiber für die Akzeptanz	Akzeptanzbarrieren
Projektkontext	<ul style="list-style-type: none"> • Individuelle Neugierde • Generelles Interesse an E-Pkw • Möglichkeit, E-Pkw zu testen • Umweltbewusstsein der Befragten • Potenzielle Umweltvorteile der E-Pkw • Niedrigere Betriebskosten • Theoretische Reichweite geeignet für Mobilitätsbedürfnisse der Pendler • Verfügbarkeit eines Pannendienstes • Flexible Handhabung des Projektvertrages • Fahrkomfort aufgrund von Geräuscharmheit und Automatikgetriebe • Beobachtbarkeit von Projektteilnahme für KollegInnen • Vorhandensein der notwendigen Ladeinfrastruktur • Keine Investition notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> • Reichweite der E-Pkw evtl. nicht ausreichend bei Umleitungen • Wissen über reichweitenverringende Faktoren • Anzahl der Sitze nicht passend für viele Fahrgemeinschaften • Wissen über negative Erfahrungen von E-Pkw BesitzerInnen (z. B. Reichweitenprobleme, Haltbarkeit von elektr. Komponenten) • Widersprüchliche Erfahrungen von E-Pkw BesitzerInnen verursachen Unsicherheiten • Nutzung des E-Pkw teurer für manche Fahrgemeinschaften als bisher • Flexible Arbeitszeiten erlauben keine Organisation in Fahrgemeinschaften
Allgemeiner bzw. privater Kontext	<ul style="list-style-type: none"> • Preissubventionen in Frankreich • Umweltbewusstsein der Befragten • Potenzielle Umweltvorteile von E-Pkw • Geringe Betriebsgeräusche der E-Pkw • Vertrauen in Zuverlässigkeit und Sicherheit • Wissen über positive Erfahrungen von E-Pkw BesitzerInnen (z. B. Geräuscharmheit) • Positive Erfahrungen von Testfahrten • Beobachtbare Ergebnisse der Projektteilnahme für die Öffentlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Anschaffungskosten • Unzureichende Reichweite • Unzureichende Ladeinfrastruktur • Mangelnde Standardisierung von Steckersystemen • Ladedauer zu lang • Geringe Höchstgeschwindigkeit von E-Pkw • Geringe Größe von E-Pkw • Geringes Angebot an verfügbaren E-Pkw • Fehlendes Motorengeräusch (für Autoenthusiasten) • Sicherheitsrisiken für FußgängerInnen aufgrund von fehlendem Motorgeräusch • Unzureichende Werbung für E-Pkw

Anmerkung: Basierend auf Interviews von Damert (2013)

Mehrere Befragte der beiden Pendlerfahrgemeinschaften äußerten die Erwartung, dass das Projekt die Sichtbarkeit der E-Pkw in der Öffentlichkeit erhöhe und betriebsintern noch weitere MitarbeiterInnen für eine Nutzung der Fahrzeuge begeistern könnte. Die ersten Pendlergruppen wurden als Vorreiter wahrgenommen und fungierten dadurch auch als Multiplikatoren zur Rekrutierung weiterer Pendlergruppen. Obgleich sich die Mehrheit der Befragten einer niedrigeren Höchstgeschwindigkeit bewusst war, wurde diese überwiegend nicht als Einschränkung empfunden. Gleichzeitig wurden positive Erwartungen hinsichtlich

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

des Komforts aufgrund von geräuscharmem Fahren und Automatik-Getriebe geäußert. Tabelle 5 fasst alle identifizierten Treiber und Anreize für die Akzeptanz von E-Pkw der beiden untersuchten Pendlergruppen zusammen. Darüber hinaus werden in Tabelle 5 die Kurzbefragungsergebnisse der Nicht-Teilnehmenden zu Hinderungsgründen (Barrieren) dargestellt.

Welche Barrieren werden für die Akzeptanz von E-Pkw gesehen (F1)?

Neben E-Pkw spezifischen Barrieren, die von manchen Personen geäußert wurden, wie beispielsweise deren beschränkte Reichweite und der Mangel an Ladeinfrastruktur, standen vor allem organisatorische Gründe einer Teilnahme im Weg. Dies war besonders dann der Fall, wenn Pendler bereits in Gruppen organisiert waren bzw. bereits eigene Fahrzeuge extra für das Pendeln in Fahrgemeinschaften beschafft hatten oder die siebensitzigen Fahrzeuge zu klein für bestehende Pendlergruppen mit neun Personen waren. Des Weiteren stellte sich heraus, dass zum Zeitpunkt der Befragung noch einige Unklarheiten und Missverständnisse bezüglich der Abrechnungsmodalitäten des Projekts vorherrschten, was mehrere Personen auch als Grund für eine Nicht-Teilnahme angaben. Insbesondere zeigte die Kurzbefragung, dass die angeführten Gründe gegen eine Teilnahme überwiegend nicht mit den speziellen Eigenschaften der E-Pkw zusammenhingen.

Inwieweit förderte der Feldtest die Akzeptanz von E-Pkw (F2)?

Die Rückmeldungen der ca. 25 Berufspendler der Interventionsgruppe in den abschließenden Interviews zum Erhebungszeitpunkt T2 deckten sich in ihren Grundaussagen. Obwohl sich während des Projektverlaufs Schwierigkeiten mit den Fahrzeugen ergaben, zeigten alle Teilnehmer der befragten Pendlergruppen großes Interesse auch nach Projektende weiterhin elektrisch in ihren Fahrgemeinschaften zu pendeln. Eine Gruppe erwähnte, dass sie aufgrund der technischen Schwierigkeiten mit den E-Pkw zeitweise wieder auf ihre Privatfahrzeuge ausweichen musste, da nicht ausreichend Ersatzfahrzeuge für die ausgefallenen E-Pkw vorhanden waren. Zudem gab es regelmäßig Zwischenfälle beim Laden, die durch zusätzliche Zwischenstopps während der Fahrten oder häufigeres Kontrollieren der Ladevorgänge kompensiert wurden. Die Tatsache, dass es sich um E-Pkw handelte, wurde dabei nicht als Ursache der Probleme gesehen, sondern eher, dass es sich um Kleinstserienfahrzeuge handelte. Insbesondere die geringen Kosten und der hervorragende Pannenservice wurden positiv bewertet. Dies waren im Wesentlichen die Gründe, weswegen einige Unannehmlichkeiten in Kauf genommen wurden. Insbesondere wurde der Wunsch nach

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

etwas mehr Komfort deutlich. Teilweise wäre hierfür sogar eine gewisse Mehrzahlungsbereitschaft vorhanden gewesen. Die Teilnehmer gewannen im Laufe des Projekts Routine im Umgang mit den Fahrzeugen und waren zunehmend in der Lage kleinere Probleme selbst zu beheben. Insbesondere wurde zurückgemeldet, dass die Fahrer ein sehr gutes Gefühl für Ladestände bzw. Restreichweiten entwickeln konnten.

3.2 Analyse der Hypothesen zum Zusammenhang der Nutzungshäufigkeit und des Umweltbewusstseins mit der Akzeptanz (H1 und H2)

Das Regressionsmodell zur Erklärung der Einstellungen gegenüber den Akzeptanzobjekten wurde basierend auf Daten von N=177 E-Pkw-NutzerInnen geschätzt. Das Regressionsmodell zur Erklärung des akzeptanzkontextbezogenen Faktors hingegen wurde basierend auf N=160 Datensätze geschätzt. Die beiden Modelle haben mäßige Varianzerklärungsbeiträge ($R^2=.17$) mit mittleren Effektstärken ($f^2=.20$). Die Durbin-Watson-Statistiken, die bei beiden Modellen etwa den Wert 2 annehmen, weisen darauf hin, dass Autokorrelationen ausgeschlossen werden können. Darüber hinaus wurden die beiden Regressionsmodelle durch Varianzanalysen statistisch abgesichert ($F[5,171]=7.21, p<.001$; $F[5,154]=6.23, p<.001$).

Die Regressionsanalysen ergaben die folgenden Zusammenhänge zwischen den fünf erklärenden Variablen und den Einstellungen der Akzeptanzsubjekte zu den Akzeptanzobjekten (Gleichung 3) sowie deren Bewertungen der Akzeptanzkontexte (Gleichung 4):

$$y_i^{AO} = 2.70^{***} + 0.30^{***}x_i^1 + 0.14^{**}x_i^2 + 0.25x_i^3 + 0.42^*x_i^4 + 0.50^*x_i^5 \quad (3)$$

$$y_i^{AK} = 3.64^{***} + 0.27^{***}x_i^1 + 0.07^*x_i^2 + 0.19x_i^3 + 0.04x_i^4 + 0.27x_i^5 \quad (4)$$

Zu erkennen ist, dass sowohl das Umweltbewusstsein der E-Pkw-NutzerInnen (x_i^1) als auch die Nutzungshäufigkeit der E-Pkw (x_i^2) signifikant mit den Bewertungen der Akzeptanzobjekte (y_i^{AO}) und der Akzeptanzkontexte (y_i^{AK}) korrelieren. Darüber hinaus zeigen die eingeführten Binärvariablen zur Kontrolle stichprobenspezifischer Einflüsse, dass weitere Faktoren der beiden Vergleichsgruppen CROME-F und CROME-D die Bewertungen der Akzeptanzobjekte beeinflussten. Bezüglich der Bewertungen der Akzeptanzkontexte hingegen sind zwischen der Interventionsgruppe und den Vergleichsgruppen keine signifikanten Unterschiede erkennbar (vgl. Tabelle 6).

Die Analyse der standardisierten Koeffizienten ergibt, dass das Umweltbewusstsein (x_i^1) den höchsten Varianzerklärungsbeitrag für beide untersuchte Modelle hat, wobei die Varianzerklärungsbeiträge von x_i^2 , x_i^4 und x_i^5 des Modells zur Erklärung der objektbezogenen Akzeptanz y_i^{AO} sich kaum von x_i^1 unterscheiden. Die Varianzerklärungsbeiträge der verbleibenden, unabhängigen Variablen (x_i^2 , x_i^3 , x_i^4 , x_i^5) des Modells zur Erklärung der kontextbezogenen Akzeptanz y_i^{AK} hingegen sind deutlich geringer als die des Umweltbewusstseins (x_i^1). Die Analyse der Kollinearitätsstatistik der beiden Modelle ergibt, dass nicht von Multikollinearität ausgegangen werden muss (Toleranzwerte $> .25$ und VIF < 5.0 , Tabelle 6). Die Analyse der Residuen zeigt, dass diese annähernd normalverteilt sind.

Tabelle 6: Ergebnisse der durchgeführten linearen Regressionen

	Bewertungsdimensionen	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		Signifikanz	Kollinearitätsstatistik	
		B	Std. Error	Beta	T		Toleranz	VIF
(Konstante)	objektbezogen	2.70	.48		5.59	<.001		
	kontextbezogen	3.64	.35		10.30	<.001		
Umweltbewusstsein	objektbezogen	.30	.08	.30	3.81	<.001	.84	1.20
	kontextbezogen	.27	.06	.38	4.81	<.001	.87	1.15
Nutzungshäufigkeit	objektbezogen	.14	.05	.26	2.88	.004	.59	1.71
	kontextbezogen	.07	.04	.19	2.04	.04	.60	1.68
Siemens	objektbezogen	.25	.27	.10	.92	.36	.42	2.39
	kontextbezogen	.19	.20	.11	.93	.35	.43	2.34
CROME-F	objektbezogen	.42	.19	.26	2.27	.03	.38	2.65
	kontextbezogen	.04	.13	.04	.31	.76	.40	2.51
CROME-D	objektbezogen	.50	.21	.29	2.38	.02	.33	3.06
	kontextbezogen	.27	.15	.23	1.83	.07	.35	2.89

4. Diskussion

4.1 Diskussion der methodischen Ansätze

Durch das gewählte Forschungsdesign mit zwei qualitativen Erhebungen in Form von zwei Fokusgruppen-Interviews sowie einer Befragung von Nichtnutzern vor Beginn der E-Pkw-Nutzung (T0), einer quantitativen Erhebung nach einem Nutzungszeitraum von etwa einem halben Jahr (T1) mit einem Querschnittsvergleich zu anderen Feldtests sowie qualitativen Fokusgruppen-Interviews mit fünf Berufspendlerfahrgemeinschaften gegen Ende des Projekts (T2), konnten die Fragestellungen zur Akzeptanz von E-Pkw umfassend untersucht werden. Vor dem Hintergrund genereller Kritik an unzureichender methodisch-prozeduraler Güte bzw.

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Strenge qualitativer sozialwissenschaftlicher Methoden (Breuer, 2003) wird untersuchungsgegenstandsspezifisch die Einhaltung qualitativen Gütekriterien diskutiert. Intersubjektivität gilt unter den qualitativen Gütekriterien üblicherweise als hohes Gut (Breuer, 2003). Daher wurden die Erhebungsdaten jeweils von mindestens zwei Forschenden interpretiert. Die Interviews wurden von den Forschenden gemeinsam geführt und dabei aufgezeichnet. Die Kernaussagen wurden im Nachhinein für jede der befragten Gruppen kategorisiert und gegenübergestellt. Das Verfahren sowie die Bildung und Zuordnung zu den Kategorien wurde jeweils von den Forschenden diskutiert und ein Konsens hergestellt. Die Fokusgruppen-Interviews gegen Ende des Projekts ermöglichten eine gemeinsame Bewertung des Feldtests von den Nutzern und den Forschenden. Da jeweils Fokusgruppen-Interviews mit einzelnen Fahrgemeinschaften unabhängig voneinander durchgeführt wurden, waren hinreichend Möglichkeiten für divergente Ergebnisse bei den Fokusgruppen-Interviews gegeben. Da sich die Befragten untereinander gut kannten, schienen keine Hemmungen zu bestehen auch konträre Meinungen zu äußern. Im Wesentlichen ist somit davon auszugehen, dass ein ausgeglichenes Tiefe-Divergenz-Verhältnis für diesen anwendungsnahen Anwendungskontext (Breuer, 2003) gewährleistet ist.

In der quantitativen Sozialforschung werden Gütekriterien zur Bewertung von Messungen – Objektivität, Reliabilität, Validität –, des Forschungsdesigns und der Ergebnisse statistischer Analysen unterschieden (Krebs & Menold, 2014). Da es sich bei den verwendeten Messinstrumenten um standardisierte Fragebögen handelt, die die gleichen Items zur Abbildung der untersuchten Variablen beinhalten, kann von einer dem Untersuchungsgegenstand angemessenen Durchführungsobjektivität ausgegangen werden. Kritisch reflektiert werden sollte, dass die Fragebögen untersuchungsgruppenspezifisch in deutscher und französischer Sprache bereitgestellt wurden. Auswertungsobjektivität ist gewährleistet. Es ist dokumentiert wie die Daten für die statistischen Analysen modifiziert bzw. umcodiert wurden. Die Regressionsanalysen im Rahmen des Querschnittvergleichs zur Analyse der empirisch überprüfaren Hypothesen (H1 und H2) wurden ausschließlich mit vollständigen Datensätzen durchgeführt, was zu fallweise Ausschlüssen von Eingangsdaten führte. Imputationsmethoden wurden nicht verwendet, da zum einen die Gefahr vermieden werden sollte, mit „zusätzlichem Methodenaufwand eine Genauigkeit zu suggerieren, die in Wahrheit gar nicht existiert“ (Göthlich, 2009, S. 132). Zudem führt die Anwendung konventioneller Imputationsmethoden häufig zu Fehlern (Allison, 2009).

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Die Güte der Reliabilität der Messinstrumente ist angemessen (Werte für Cronbachs Alphas liegen bei ca. 0.8). Inhaltsvalidität wird im Rahmen dieser Studie durch eine möglichst umfassende und intersubjektiv nachvollziehbare Operationalisierung der theoretischen Konstrukte gewährleistet. Darüber hinaus wurden die meisten Items der Literatur entnommen. Eindimensionalität der jeweiligen Konstrukte weist auf Kriteriumsvalidität hin.

Die externe bzw. ökologische Validität betreffend ist anzumerken, dass die Stichproben der Interventions- und Vergleichsgruppen nicht vergleichbar und auch nicht repräsentativ für alle BerufspendlerInnen sind. Bedingt durch das Forschungsdesign wurden die Stichproben nicht vorab definiert. Beispielsweise bestanden die Interventionsgruppe sowie die Vergleichsgruppe Siemens ausschließlich aus männlichen E-Pkw-Nutzern. Die beiden Vergleichsgruppen des CROME Projekts weisen mit 25% (CROME-D) bzw. 40% (CROME-F) hingegen einen vergleichsweise hohen Frauenanteil auf. Die Ergebnisse sind daher stichproben- und projektbedingt nur eingeschränkt generalisierbar, zeigen jedoch explorativ Zusammenhänge der untersuchten Variablen auf. Insbesondere durch ihre Alltagsnähe haben die Ergebnisse dieser Studie im Vergleich zu Laboruntersuchungen mit lediglich vorgestellten E-Pkw Nutzungssituationen eine hohe theoretische Relevanz. Im Kontext der Eindeutigkeit der Ergebnisinterpretation sollte erwähnt werden, dass das Forschungsdesign zur Überprüfung der beiden Hypothesen nur ungerichtete Schlussfolgerungen über die Zusammenhänge zwischen der Nutzungshäufigkeit der E-Pkw, dem Umweltbewusstsein der E-Pkw NutzerInnen und der Akzeptanz der Fahrzeuge erlaubt. Die Zusammenhänge zwischen Nutzungshäufigkeit, Umweltbewusstsein und der Akzeptanz der Fahrzeuge sind trotz verhältnismäßig kleiner Stichprobe signifikant. Mittlere Effektstärken der linearen Regressionsmodelle deuten auf die praktische Relevanz der Ergebnisse hin.

4.2 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Die Analysen der Interviews vor ersten E-Pkw Nutzungserfahrungen (F1: Treiber, Anreize und Barrieren) zeigen, dass insbesondere Gründe wie die Möglichkeit Erfahrungen mit E-Pkw zu sammeln, wahrgenommene Kostenvorteile und Umweltaspekte, für die Nutzung von E-Pkw in Berufspendlerfahrgemeinschaften im Rahmen des Feldtests als Anreize vorgebracht wurden. Darüber hinaus wurden akzeptanzkontextbezogene, projektspezifische Rahmenbedingungen als Treiber für eine Teilnahme gesehen. Positiv hervorgehoben wurden die Abstimmung der E-Pkw spezifischen Eigenschaften auf das Mobilitätsverhalten der

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Pendler, die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur, der Pannendienst sowie die finanzielle Attraktivität der Projektteilnahme.

Die maßgeblichen Barrieren einer Projektteilnahme, die in der Befragung der Nichtnutzer zum Zeitpunkt T0 identifiziert wurden, waren vor allem akzeptanzkontextbezogener und akzeptanzobjektbezogener Natur. Beispielsweise waren die Befragten bereits in Berufspendlerfahrgemeinschaften organisiert und bei vielen bestanden zu diesem Zeitpunkt Unklarheiten zu den finanziellen Aspekten einer Projektteilnahme. Auch akzeptanzobjektbezogene Eigenschaften, wie die Reichweitenbeschränkung oder die Anzahl an Sitzplätzen, wurden als Gründe gegen eine Projektteilnahme genannt. Trotz der akzeptanzschaffenden Maßnahmen konnte nur ein Bruchteil der BerufspendlerInnen (32 von ca. 600) von einer Projektteilnahme überzeugt werden.

Die Analysen der Fokusgruppen-Interviews gegen Ende des Projekts (T2) zeigten, dass der Feldtests bei Michelin sich zur Förderung der Akzeptanz eignete. Insbesondere wurde den E-Pkw-Nutzern vermittelt, dass E-Pkw spezifische Barrieren nicht im Widerspruch zu ihren Mobilitätsbedürfnissen im Alltag standen (F2). Die geplanten, täglichen Pendelstrecken in Kombination mit der Mobilitätsgarantie kompensierten die Reichweitenangst. Die geringeren Kosten des Pendelns waren für die Projektteilnehmer ein überzeugendes Argument bei der Entscheidung am Projekt teilzunehmen. Alle Fahrgemeinschaften befürworteten eine Weiterführung des E-Pkw Pendelverkehrs über den Projekthorizont hinaus. **Einige der Fahrgemeinschaften führten das elektrische Pendeln auch nach Projektende und ohne die damit verbundenen finanziellen Anreize in Eigenregie weiter.** Die Eignung von Angeboten, E-Pkw im Rahmen von Feldtests nutzen zu können, um die Akzeptanz von E-Pkw zu steigern, wird durch andere Studien mit E-Pkw Feldtests im gewerblichen Kontext untermauert (Globisch et al., 2013; Schneider et al., 2014).

Die Querschnittsanalyse (T1) der Onlinebefragungsdaten der Interventionsgruppe und drei Vergleichsgruppen zur Überprüfung der Zusammenhänge von Nutzungshäufigkeit und Umweltbewusstsein mit der Akzeptanz zeigt, dass die Nutzungshäufigkeit von E-Pkw im Feldtests einen signifikant positiven Varianzerklärungsbeitrag für die Akzeptanz von E-Pkw leistet (H1). Diese Erkenntnis ergänzt bisherige Studien, die die positive Wirkung von Nutzungserfahrungen mit E-Pkw über einen vergleichsweise kurzen Zeitraum mit einer

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

geringeren Nutzungshäufigkeit feststellen konnten (Dudenhöffer, 2013; Schneider et al., 2013).

Zudem bestätigen die Ergebnisse der linearen Regression, dass das Umweltbewusstsein von E-Pkw-NutzerInnen positiv mit der Akzeptanz der Fahrzeuge korreliert (H2): das Umweltbewusstsein der Befragten korreliert positiv mit den Bewertungen der Akzeptanzobjekte sowie der Akzeptanzkontexte. Die Ergebnisse zeigen, dass das Umweltbewusstsein der E-Pkw NutzerInnen einen im Vergleich zu den anderen erklärenden Variablen starken Zusammenhang mit den Bewertungen der Akzeptanzkontexte aufweist. Das Umweltbewusstsein der NutzerInnen hängt positiv mit den Wahrnehmungen zur Rolle der E-Pkw in den jeweiligen Organisationen zusammen. Dieses Ergebnis wird zusätzlich gestützt durch Erkenntnisse aus den Fokusgruppen-Interviews. Diese zeigen, dass wahrgenommene Umweltvorteile der E-Pkw mitunter als Grund für die Projektteilnahme genannt wurden. Die Akzeptanzobjekte wurden von E-Pkw-NutzerInnen der Vergleichsgruppen CROME-F und CROME-D, die hauptsächlich Serienfahrzeuge großer Automobilhersteller als Poolfahrzeuge nutzten (Tabelle 3), positiver bewertet als von der Interventionsgruppe. Signifikante gruppenspezifische Unterschiede bezüglich der Einflüsse auf die Bewertungen der Akzeptanzkontexte hingegen konnten nicht festgestellt werden. Durch die Kontrolle stichprobenspezifischer Einflüsse sind Unterschiede in den Bewertungen zur Akzeptanz direkt über die E-Pkw Nutzungshäufigkeit und das Umweltbewusstsein der TeilnehmerInnen erklärbar. Hervorgehoben werden sollte der deutlich positive Varianzerklärungsbeitrag des Umweltbewusstseins für die Nutzerakzeptanz von E-Pkw in gewerblichen Anwendungen, insbesondere vor dem Hintergrund in der Vergangenheit häufig zu beobachtender negativer Zusammenhänge zwischen der Akzeptanz technischer Innovationen und Umweltbewusstsein (Grunwald, 2005; Kuckartz, 1998).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Berufspendlerfahrgemeinschaften durchaus für einen praktikablen Einsatz der E-Pkw geeignet waren. Mögliche Einschränkungen, wie Beschränkungen der Reichweite oder Höchstgeschwindigkeit, Mängel am Komfort und an der Zuverlässigkeit der Fahrzeuge, wurden durch die Gestaltung akzeptanzfördernder Rahmenbedingungen im Rahmen des Feldtests gut abgefangen. Darüber hinaus wirkten die Pendlergruppen durch ihr Verhalten und die Weitergabe ihrer Erfahrungen als Multiplikatoren. Dies könnte eine Diffusion der Maßnahme bewirkt haben, die weitere potentielle NutzerInnen beeinflusste. Die Hemmschwelle bei KollegInnen die E-Pkw zu

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

nutzen könnte durch die Beobachtbarkeit der Vorreiter-Pendlergruppen herabgesetzt worden sein. Obwohl die Zufriedenheit mit den Projektfahrzeugen nicht besonders hoch war, war die Akzeptanz gegenüber dem Pendelbetrieb unter den Personen, die sich für das Pendeln mit E-Pkw entschieden hatten, durchaus gegeben. Verglichen mit der Zurückhaltung der anderen Mitarbeiter, können diese Vorreiter als Early Adopter (Rogers, 1995) innerhalb ihres Kontextes gesehen werden. Abgesehen von nachvollziehbaren, stichprobenspezifischen Unterschieden, lassen sich Unterschiede in den Bewertungen der Akzeptanzkontexte sowie der Akzeptanzobjekte insbesondere durch Unterschiede im Umweltbewusstsein und der E-Pkw Nutzungshäufigkeit erklären. Andererseits ist zu bedenken, dass auch andere, den persönlichen Kontext betreffenden Restriktionen, eine Projektteilnahme teilweise verhindert haben.

5. Fazit und Ausblick

Die Erfahrungen dieses Feldtests zeigen, dass die Akzeptanz gegenüber E-Pkw weniger von deren typischen Eigenschaften als von der Passung der Kontextbedingungen abhängig ist. Es kann festgehalten werden, dass es unter den besonderen Bedingungen des Feldtests kein prinzipielles Akzeptanzproblem gegenüber E-Pkw gab. Vor allem die Anpassung des Akzeptanzkontexts zur Gewährleistung der Mobilitätsbedürfnisse, d.h. die Organisation und Gewährleistung des E-Pkw Pendelbetriebs, unter Beachtung der spezifischen Eigenschaften der E-Pkw, war für deren erfolgreichen Einsatz ausschlaggebend.

Unsere Ergebnisse weisen darauf hin, dass zukünftige Feldtests mit E-Pkw sich stärker auf Anwendungsfälle mit einer hohen E-Pkw-Nutzungsfrequenz fokussieren sollten (d.h. tägliche Nutzung, wie beispielsweise E-Pkw als Pendelfahrzeug oder Dienstwagen), so dass die NutzerInnen die Alltagstauglichkeit der E-Pkw erfahren können. Eine häufige Nutzung wirkt sich zudem positiv auf wirtschaftliche Aspekte aus, da in aller Regel hohe Laufleistungen nötig sind, um die höhere Investition durch geringere Nutzungskosten kompensieren zu können. Darüber hinaus unterstützt der häufige Gebrauch die Bildung entsprechender Gewohnheiten im Umgang mit den Eigenheiten der E-Pkw. Neben Interventionsmaßnahmen zur Senkung von Barrieren organisatorischer Natur, könnten monetäre Anreizmechanismen einer weiteren Elektrifizierung des Pendelbetriebs mit Pkw dienlich sein. Insbesondere im deutsch-französischen Kontext sind die hiermit zusammenhängenden Potentiale zur Reduktion von CO₂ Emissionen erheblich (Ensslen et al., 2017).

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Zukünftige Aktivitäten im Bereich der Interventionsforschung von E-Pkw könnten darauf fokussieren eine Übersicht zu möglichen Interventionsmaßnahmen zur nachhaltigen Steigerung der Nutzerakzeptanz von E-Pkw zu erarbeiten. Darauf aufbauend sollte untersucht werden, welche Kombination von Interventionsmaßnahmen sich für welche Anwendungskontexte und Nutzungsprofile besonders eignen. Zudem sollte der Zusammenhang von Umweltbewusstsein auf Akzeptanz längsschnittlich untersucht werden. Neben einem positiven Einfluss des Umweltbewusstseins auf die Akzeptanz sind auch eine Veränderung des Umweltbewusstseins und der positiven Einstellungen gegenüber E-Pkw durch die Intervention anzunehmen, die im Rahmen dieser Analysen, insbesondere in ihrer Wirkrichtung, nicht genauer untersucht werden konnten.

6. Literatur

- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Allison, P. (2009). Missing Data. In R. E. Millsap & A. Maydeu-Olivares (Eds.), *The SAGE Handbook of Quantitative Methods in Psychology* (pp. 72-89). London: SAGE.
- Bamberg, S. (2003). How does environmental concern influence specific environmentally related behaviors? A new answer to an old question. *Journal of environmental psychology*, 23, 21-32.
- Breuer, F. (2003). Qualitative und quantitative Methoden: Positionen in der Psychologie und deren Wandel. Ein Kommentar zu Texten von Jochen Fahrenberg und Jürgen Rost. *Forum: Qualitative Sozialforschung*, 4, Art. 44.
- Bühler, F., Cocron, P., Neumann, I., Franke, T. & Krems, J. F. (2014). Is EV experience related to EV acceptance? Results from a German field study. *Transportation Research Part F*, 25, 34-49.
- Bundesregierung (2011). *Regierungsprogramm Elektromobilität*. Zugriff am 11.12.2015 <https://www.bundesregierung.de/Content/Infomaterial/BPA/Bestellservice/2011-05-20-regierungsprogramm-elektromobilitaet.pdf>
- Carroll, S. & Walsh, C. (2010). *The Smart move trial. Description and initial results*. Leicestershire: Cenex. Retrieved December 11, 2015, from <http://www.cenex.co.uk/wp-content/uploads/2013/06/2010-03-23-Smart-move-trial-report-v3-Compatibility-mode-11.pdf>
- Ceschin, F. (2013). Critical success factors for implementing and diffusing sustainable product-service systems: insights from innovation studies and companies' experience. *Journal of Cleaner Production*, 45, 74-88.
- Creutzig, F., Jochem, P., Edelenbosch, O., Mattauch, L., van Vuuren, D. P., McCollum, D. et al. (2015). Transport: A roadblock to climate change mitigation?. *Science*, 350, 911-912.
- Damert, M. (2013): *A qualitative analysis of the acceptance of battery electric vehicles in a cross-border commuting scenario – findings from the project RheinMobil*. Unpublished master thesis. University of Leipzig, Institute for Infrastructure and Resources Management.
- Dethloff, C. (2004). *Akzeptanz und Nicht-Akzeptanz von technischen Produktinnovationen*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Deffner, J., Birzle-Harder, B., Hefter, T. & Götz, K. (2012). *Elektrofahrzeuge in betrieblichen Fahrzeugflotten – Akzeptanz, Attraktivität und Nutzungsverhalten, Ergebnisbericht im Rahmen des Projekts Future Fleet*. Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung.

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Dudenhöffer, K. (2013). *Akzeptanz von Elektroautos in Deutschland und China*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen.

Dudenhöffer, K., Arora, R., Diverrez, A., Ensslen, A., Jochem, P. & Tücking, J. (2014). Potentials for Electric Vehicles in France, Germany and India. *Working Paper Series in Production and Energy*, 5, 1-35. Retrieved December 11, 2015, from <http://dx.doi.org/10.5445/IR/1000043679>

Dütschke, E., Wietschel, M., Globisch, J., Schneider, U., Schlosser, C., Sevin, D. et al. (2015). *Elektromobilität in Haushalten und Flotten: Was beeinflusst die Kauf- und Nutzungsbereitschaft?*. Berlin: BMVI.

Ehrler, V. & Hebes, P. (2012). Electromobility for City Logistics–The Solution to Urban Transport Collapse? An Analysis Beyond Theory, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 48, 786–795.

Ensslen, A., Jochem, P. & Fichtner, W. (2013). Experiences of EV Users in the French-German Context. *Proceedings of EVS27 Conference*, Barcelona, Spain.

Ensslen, A., Paetz, A.-G., Babrowski, S., Jochem, P. & Fichtner, W. (2016a). On the road to an electric mobility mass market - How can early adopters be characterized?. In D. Fornahl & M. Hülsmann (Eds.), *Markets and Policy Measures in the Evolution of Electric Mobility*, Lecture Notes in Mobility (pp. 21-51). Heidelberg: Springer International Publishing.

Ensslen, A., Rometsch, M., Jochem, P. & Fichtner, W. (2016b). Adoption of EV in the French-German context. In J. Schäuble, P. Jochem & W. Fichtner. *Cross-border Mobility for Electric Vehicles*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.

Ensslen, A., Schücking, M., Jochem, P., Steffens, H., Fichtner, W., Wollersheim, O. et al. (2017). Empirical carbon dioxide emissions of electric vehicles in a French-German commuter fleet test. *Journal of Cleaner Production*, 142, 263–278.

Franke, T. & Krems, J. F. (2013). What drives range preferences in electric vehicle users?. *Transport Policy*, 30, 56-62.

Gläser, J. & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Globisch, J., Schneider, U. & Dütschke, E. (2013). Acceptance of electric vehicles by commercial users in the electric mobility pilot regions in Germany. *Proceedings of eceee 2013 Summer Study*, Stockholm, Sweden.

Gnann, T. & Plötz, P. (2015). A review of combined models for market diffusion of alternative fuel vehicles and their refueling infrastructure. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 783-793.

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Gnann, T., Plötz, P., Kühn A. & Wietschel, M. (2015). Modelling Market Diffusion of Electric Vehicles with Real World Driving Data – German market and Policy options. *Transportation Research Part A*, 77, 95-112.

Göthlich, (2009). Zum Umgang mit fehlenden Daten in großzahligen empirischen Erhebungen. S. Albers, D. Klapper, U. Konradt, A. Walter & J. Wolf (Hrsg.), *Methodik der empirischen Forschung* (S. 119-135). Wiesbaden: Gabler.

Grunwald, A. (2005). Zur Rolle von Akzeptanz und Akzeptabilität von Technik bei der Bewältigung von Technikkonflikten. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 14, 54-60.

Jochem, P., Babrowski, S. & Fichtner, W. (2015). Assessing CO₂ Emissions of Electric Vehicles in Germany in 2030, *Transportation Research A: Policy and Practice*, 78, 68-83.

Kollmann, T. (1998). *Akzeptanz innovativer Nutzungsgüter und –systeme*. Wiesbaden: Gabler.

Lucke, D. (1995). *Akzeptanz*. Wiesbaden: Springer.

Krebs, D. & Menold, N. (2014). Gütekriterien quantitativer Sozialforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Kuckartz, U. (1998). *Umweltbewußtsein und Umweltverhalten*. Berlin: Springer.

Kuckartz, U., Rädiker, S. & Rheingans-Heintze, A. (2006). *Umweltbewusstsein in Deutschland 2006*. Berlin: BMU.

Mosler, H.-J. & Gutscher, H. (1998). Umweltpsychologische Interventionen für die Praxis. *Umweltpsychologie*, 2, 64-79.

Peters, A. & Dütschke, E. (2014). How do Consumers Perceive Electric Vehicles? A Comparison of German Consumer Groups. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 16, 359-377.

Plötz, P., Gnann, T., Ullrich, S., Haendel, M., Globisch, J., Dütschke, E. et al. (2014). *Elektromobilität in gewerblichen Flotten*. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.

Renn, O. (2005). Technikakzeptanz: Lehren und Rückschlüsse der Akzeptanzforschung für die Bewältigung des technischen Wandels. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 14, 29-38.

Rezvani, Z., Jansson, J. & Bodin, J. (2015). Advances in consumer electric vehicle adoption research: A review and research agenda. *Transportation Research Part D*, 34, 122-136.

Rippl, S. (2005). *Umweltbewusstsein und Umweltverhalten*. Habilitationsschrift, Philosophische Fakultät der Technischen Universität Chemnitz.

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Rogers, E. M. (1995): *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.

Schäfer, M. & Keppler, D. (2013). *Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung* (discussion paper Nr. 34/2013). Berlin: Technische Universität, Zentrum Technik und Gesellschaft.

Schäuble, J., Jochem, P. & Fichtner, W. (2016). *Cross-border Mobility for Electric Vehicles*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.

Schwartz, S. H. (1977). Normative Influences on Altruism. *Advances in Experimental Social Psychology*, 10, 221-279.

Schweizer-Ries, P., Rau, I. & Zoellner, J. (2008). *Akzeptanz Erneuerbarer Energien und sozialwissenschaftliche Fragen*. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität, Institut für Psychologie I, Forschungsgruppe Umweltpsychologie.

Schneider, U., Dütschke, E. & Peters, A. (2014). How Does the Actual Usage of Electric Vehicles Influence Consumer Acceptance?. In M. Hülsmann & D. Fornahl (Eds.), *Evolutionary Paths Towards the Mobility Patterns of the Future*, Lecture Notes in Mobility (pp. 49-66). Berlin: Springer.

Schücking, M., Jochem, P., Fichtner, W., Wollersheim, O. & Stella, K. (2017). Charging strategies for economic operations of electric vehicles in commercial applications. *Transportation Research Part D*, 51, 173-189.

Sherif, M. (1936). *The psychology of social norms*. New York: Harper and Bros.

Spada, H. (1990). Umweltbewusstsein: Einstellung und Verhalten. In L. Kruse, C. F. Graumann & D.-E. Lantermann (Hrsg.), *Ökologische Psychologie*. München: Psychologie-Verlags-Union.

Stella, K., Wollersheim, O., Fichtner, W., Jochem, P., Schücking, M., Nastold, M. et al. (2015). *Über 300.000 Kilometer unter Strom*. Zugriff am 27.07.2017

<http://dx.doi.org/10.5445/IR/1000048691>

Vogt, M. & Bongard, S. (2015). *Treiber und Hemmnisse bei der Anschaffung von Elektroautos*. Frankfurt: Deutsches Dialog Institut GmbH. Zugriff am 10.10.2016

<http://schaufenster->

elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente_der_begleit__und_wirkungsforschung/Ergebnispapier_Nr_10_Treiber_und_Hemmnisse_bei_der_Aanschaffung_von_Elektroautos.pdf.

Wingerter, C. (2014). Berufspendler: Infrastruktur wichtiger als Benzinpreis. *STATmagazin: Arbeitsmarkt*, 5/2014. Zugriff am 5.10.2016

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

https://www.destatis.de/DE/Publikationen/STATmagazin/Arbeitsmarkt/2014_05/2014_05PDF.pdf?__blob=publicationFile

Wippermann, C., Calmbach, M. & Kleinhüchelkotten, S. (2008). *Umweltbewusstsein in Deutschland 2008 – Ergebnis einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage*. Berlin: BMU.

Zugriff am 13.01.2015

<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3678.pdf>

Postprint des Artikels "Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen: Berufspendlerfahrgemeinschaften als Anwendungsfall". *Umweltpsychologie*, 22 (1), 30–54.

Endnote

¹ **Danksagung:** Wir möchten zwei anonymen Gutachtern sowie Herrn Dr. Dirk Scheffler für die umfassende und kritische Begutachtung dieses Artikels danken. Diese Veröffentlichung ist im Rahmen der Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe entstanden, gefördert aus Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst und des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg und als nationales Leistungszentrum aus Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Grundlagen dieser Veröffentlichung wurden in den Projekten RheinMobil [FKZ: 16SBW007A] und CROME [FKZ: 01ME12002] erarbeitet.