

PEDELECTION

Verlagerungs- und Klimaeffekte durch Pedelec-Nutzung im Individualverkehr

Endbericht



Gefördert durch



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

PEDELECTION

Verlagerungs- und Klimaeffekte durch Pedelec-Nutzung im Individualverkehr.
Endbericht

Veröffentlicht im September 2015

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 16EM1042 gefördert.

Autoren

Institut für Transportation Design
(Hochschule für Bildende Künste
Braunschweig)

Institut für Energie- und
Umweltforschung Heidelberg
GmbH

Martina Lienhop
Dirk Thomas
Alexander Brandies

Claudia Kämper
Julius Jöhrens
Hinrich Helms

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abstract	7
Kurzdarstellung und Überblick.....	8
1. Zum Hintergrund der Studie	14
1.1. Pedelec, E-Bike & Co	17
1.2. Pedelegs in der Forschung	21
1.2.1. Bisherige (Begleit-)Forschung im Pedelec-Bereich	21
1.2.1.1. Online- und Telefonumfragen zum Thema Pedelec.....	22
1.2.1.2. Pedelegs in Flottenversuchen.....	23
1.2.2. Wissensstand zu ökonomischen und ökologischen Aspekten	27
1.3. Die vier ausgewählten Projektregionen von Pedelection.....	29
2. Untersuchungsdesign und methodische Überlegungen.....	33
2.1. Studiendesign und -ablauf	34
2.1.1. Vorgeschaltete Händlerbefragung.....	34
2.1.2. Aufbau und Ablauf des Feldversuchs.....	34
2.1.3. Probandenakquise und -auswahl.....	36
2.1.4. Beschreibung der Stichproben.....	39
2.2. Datengrundlage.....	42
2.2.1. Leitfaden zur Händlerbefragung im Überblick.....	42
2.2.2. Anmelde-Fragebogen / Screening-Befragung	43
2.2.3. Wegeprotokolle	45
2.2.4. Online-Befragungen	47
2.2.5. Problemzentrierte Leitfaden-Interviews	52
2.2.6. Systeme zur Datenaufzeichnung	55

2.2.6.1.	Aufzeichnung der Ladeparameter	56
2.2.6.2.	Aufzeichnung der Fahrparameter	58
2.2.7.	Kommunikationstools: Internetpräsenz und Online-Forum.....	60
2.2.8.	Grundlagen der Umweltbewertung.....	61
2.3.	Datenaufbereitung.....	64
2.3.1.	Aufbereitung der Wegeprotokolldaten	65
2.3.2.	Transkription, Kodierung und Inhaltsanalyse der Audio-Daten	68
2.3.3.	Umgang mit Fahr- und Ladedaten	71
3.	Ergebnisse	74
3.1.	Ergebnisse der vorgeschalteten Händlerbefragung	74
3.1.1.	Wichtige Ergebnisse der Händlerbefragung im Überblick.....	75
3.1.1.1.	Angaben zu den Pedelec-Kunden und Nutzungsmotiven	75
3.1.1.2.	Kaufkriterien, Treiber und Hemmnisse	77
3.1.1.3.	Technische Probleme und Aussagen über die Akkulebensdauer	80
3.1.1.4.	Einschätzungen zu Verkehrsmittelwechseleffekten	82
3.1.1.5.	Einschätzungen zur Ökobilanz	83
3.1.1.6.	Trends und Potenziale im Pedelec-Bereich	84
3.2.	Angaben zu Pedelec-Nutzern und zu deren Mobilitätsverhalten	85
3.2.1.	Einteilung in Nutzertypen	85
3.2.2.	Soziodemografische und -ökonomische Charakteristika der Teilnehmer	87
3.2.2.1.	Personenmerkmale.....	87
3.2.2.2.	BMI und Einschränkung der körperlichen Mobilität	90
3.2.2.3.	Haushaltsmerkmale	91
3.2.3.	Angaben zum Mobilitätsverhalten	95
3.2.3.1.	Führerschein	95
3.2.3.2.	Erreichbarkeit der üblichen Ziele vom Wohnort aus	95

3.2.3.3.	Haushaltsfuhrpark und Nutzung durch Teilnehmer	96
3.2.3.4.	Nutzung von Leihfahrzeugen und ÖPNV	99
3.2.3.5.	Gesamtfahrleistung im Jahr 2013.....	100
3.2.3.6.	Allgemeine Einstellung zu Mobilität	107
3.3.	Angaben zum Pedelec und zur Pedelec-Nutzung	110
3.3.1.	Pedelec-Typ, Hersteller, Gewicht und Preisklasse.....	110
3.3.2.	Vor dem Kauf genutzte Informationsquellen und Vorerfahrungen mit Pedelecs	115
3.3.3.	Angaben zu/m Akku/s: Technische Kennwerte und Gewicht	117
3.3.4.	Nutzung des Pedelecs im Gesamthaushalt.....	119
3.3.5.	Weitere Pedelecs im Haushalt	119
3.3.6.	Abstellort zu Hause	120
3.3.7.	Wege für die das Pedelec genutzt wird	121
3.3.8.	Gründe und Motive für den Pedelec-Kauf.....	123
3.3.9.	Positive Erfahrungen und Highlights – „Jede Fahrt ist ein kleiner Urlaub“	125
3.3.10.	Nicht-Nutzungsmotive	127
3.3.11.	Negative Erfahrungen und Lowlights.....	128
3.3.12.	Reparaturen und Wartung des Pedelecs	130
3.3.13.	Erwartete Lebensdauer und Neukauf bei Weiterentwicklungen	131
3.3.14.	Gewünschte Weiterentwicklungen im Pedelec-Bereich	132
3.3.15.	Mit dem Pedelec genutzte Verkehrsinfrastruktur	133
3.4.	Veränderungen von Einstellungen und Nutzungsverhalten im Projektverlauf.....	136
3.4.1.	Veränderung von nutzungsspezifischen Einstellungen	136
3.4.1.1.	Gründe für das Pedelec-Fahren.....	136
3.4.1.2.	Kauf- und Nutzungskriterien.....	140
3.4.1.3.	Bewertung der Alltagstauglichkeit des Pedelecs im Projektverlauf.....	145

3.4.1.4.	Einstellung gegenüber dem eigenen Pedelec im Projektverlauf	147
3.4.2.	Einfluss von Einstellungen auf ökobilanziell relevantes Verhalten	149
3.4.2.1.	Umweltbewusstsein	149
3.4.2.2.	Regressionsanalysen zur Vorhersage von CO ₂ -Einsparung und Schonung der Umwelt	150
3.4.3.	Änderungen der Nutzungsgewohnheiten des Pedelecs.....	153
3.4.3.1.	Nutzungsgewohnheiten und Veränderungen der Interviewten	156
3.4.3.2.	Einfluss von Witterung und Jahreszeit auf Nutzungsgewohnheiten.....	159
3.4.4.	Veränderungen des Haushaltsfuhrparks	174
3.4.5.	Veränderungen des Gesundheitszustands	176
3.5.	Ökobilanzieller Verkehrsmittelvergleich.....	178
3.5.1.	Analyse des Energieverbrauchs von Pedelecs	178
3.5.2.	Umweltbilanz über den Lebensweg.....	180
3.5.3.	Sensitivitäten der Klimabilanz von Pedelecs.....	184
3.5.3.1.	Sensitivität bezüglich des Energieverbrauchs	184
3.5.3.2.	Sensitivität bezüglich der Fahrleistung.....	185
3.5.3.3.	Sensitivität bezüglich der Akkunutzung.....	186
3.5.4.	Exkurs: Herstellung und Recycling von Lithium-Ionen-Batterien	188
3.6.	Auswertung der Wegeprotokoll-, Fahr- und Ladedaten.....	191
3.6.1.	Allgemeine Mobilitätsmuster	191
3.6.1.1.	Wegelänge und Fahrdauer	192
3.6.1.2.	Hauptzweck der Fahrtstrecke.....	193
3.6.1.3.	Verteilung der Fahrtgeschwindigkeiten, Trittfrequenz und positiver Höhenunterschied	196
3.6.2.	Verlagerungspotenziale	199
3.6.2.1.	Verlagerungspotenzial nach Nutzergruppen.....	201

3.6.2.2.	Verlagerungspotenzial nach Wegezweck	205
3.6.2.3.	Verlagerungspotenzial nach Jahreszeit und Wetter	206
3.7.	Räumliche Verhaltensmuster.....	208
3.7.1.	Fallbeispiel StadtpendlerIn	209
3.7.2.	AlltagsnutzerIn im ländlichen Raum	212
3.8.	Treibhausgas-Minderungspotenzial von Pedelecs in Deutschland	214
3.8.1.	Klimabilanz Feldtest	214
3.8.2.	Treibhausgas-Einsparpotenzial durch Pedelec-Flotte in Deutschland	216
3.8.3.	THG-Einsparpotenziale durch Pendlerverkehr in Deutschland	219
4.	Zusammenführung und Reflexion der Ergebnisse	222
4.1.	Methodik und Datengrundlage.....	222
4.1.1.	Zur Stichprobe und Analyse der Pedelec-Nutzer	222
4.1.2.	Zum Aufbau der Wegeprotokolle / Online-Befragungen und zur Qualität der erhobenen Daten	223
4.1.3.	Zur Datenbasis der Umweltbewertung.....	225
4.2.	Pedelec-Nutzer und -Nutzung.....	227
4.2.1.	Analyse von Motiven, Treibern und Hemmnissen.....	227
4.2.1.1.	Treiber der Nutzung.....	227
4.2.1.2.	Veränderungen der Nutzungsmotive	227
4.2.1.3.	Hemmnisse für die Nutzung	229
4.2.2.	Analyse der Pedelec-Nutzung und Verlagerungspotenziale.....	231
4.2.3.	Einfluss des Pedelecs auf den Haushaltsfuhrpark	234
4.3.	Umweltbewertung	234
4.3.1.	Klimawirkung von Pedelecs	235
4.3.2.	Treibhausgas-Minderungspotenzial von Pedelecs	236
5.	Ableitung von Handlungsempfehlungen.....	238

5.1.	Gesetzliche Rahmenbedingungen für Pedelecs überprüfen	238
5.2.	Infrastrukturelle Rahmenbedingungen verbessern.....	241
5.3.	Umgang mit den Pedelec-Akkus optimieren	246
5.4.	Technische Anforderungen und Weiterentwicklungen.....	248
5.5.	Nutzer gezielt ansprechen und neue Segmente erschließen	249
5.6.	Auch Zweirad-Mobilität beginnt im Kopf: Anreize schaffen.....	251
5.7.	Forschung im Pedelec- / Zweiradbereich verstetigen	254
	Abbildungsverzeichnis	258
	Tabellenverzeichnis.....	262
	Literaturverzeichnis.....	264
	Anhang	274

Abstract

Sales rates of electric bicycles have grown rapidly over the last ten years. So far, there are hardly any reliable investigations about everyday usage profiles, shifting effects and potentials as well as use and non-use motives of German pedelec users. An assessment of the significance of pedelecs for achieving climate and energy policy guidelines from the "National Development Plan for Electric Mobility" has not been possible so far. The project "Pedelection" closes this research gap.

Pedelec users who purchased their electric bike on their own were investigated within the project. For this purpose, 70 field test participants were selected in four key regions and equipped with data loggers to record driving and loading data. These driving and loading parameters were recorded by the participants on at least one contiguous week per season. Up to 312 additional pedelec users in Germany took part in the complementary online surveys. The participants' average age is 55.6 years (field test and online participants). The proportion of women is 29.7%. 83.8% are in possession of a pedelec 25. The speed version of the pedelec, which supports pedaling up to 45 km/h is used by 9.7%. All participants documented their mobility behavior with the help of trip protocols (for all trips, not just pedelec) for one week within each season. In addition, they answered questions about attitudes and pedelec usage patterns - the field test participants verbally, the online participants as part of the online surveys. From spring 2013 until summer 2014, the participants documented an overall total of 14,768 routes and 297,335 kilometers - including 6,805 trips and 77,852 km in use of the pedelec. In addition, the database includes 124 hours of audio interviews with the field test participants as well as 1698 driving and 472 charging records.

Only 20% of participants use their pedelec exclusively for leisure and holiday trips, while about 80% use it as a full mean of transport for commuting and other everyday trips. 70% of pedelec trips were completed from April to September, winter use thus was considerably lower. An important focus of the study is the modal shift induced by pedelecs: 41% of the pedelec trips and 45% of the pedelec kilometers replaced car trips, while 38% of the pedelec trips and 32% of the kilometers were completed with a conventional bicycle before buying a pedelec. The participants only marginally substituted other means of transport.

Since participants consumed on average 0.73 kWh/100 km, the manufacturing process of the pedelec makes the largest contribution towards climate impacts associated with pedelec use. The most significant climate advantage arises by shifting from cars to the pedelec; such shift saves almost 150 g greenhouse gas emissions per kilometer. By 2030, a greenhouse gas reduction effect of 1.1 to 1.5 million tons could be achieved by an increasing proportion of up to 35% of pedelecs in the bicycle market.

The minimization of climate relevant emissions through pedelec usage is especially large where frequent or long distance car trips are replaced by using a pedelec. This is the case particularly for the commuter traffic, where up to 80 million passenger-kilometers could be substituted through the usage of pedelecs on distances up to 15 kilometers. Modal shift potentials should be enhanced by creating or improving the conditions for the daily usage of pedelecs. Against the background of the study such improvements of conditions can be achieved particularly in the following areas: modification of legal requirements, improving bicycle infrastructure, optimizing the handling of the batteries, further technical development of pedelecs, creating incentives for specific addressees and further research in the two-wheel area.

Kurzdarstellung und Überblick

Derzeitiger Stand von Wissenschaft und Technik

Eine Begleitforschung an Privatnutzerinnen und -nutzern¹ mit durchgängig selbst und aus Eigenmotivation angeschafften Pedelecs – wie sie im Rahmen von Pedelection durchgeführt wurde – ist in der vorliegenden Tiefe und Breite nach Kenntnis der Autoren bislang einzigartig in Deutschland. Eine umfassende und empirisch gestützte Untersuchung zur Umweltbilanz von Pedelecs über den gesamten Lebensweg im Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln liegt bisher ebenfalls nicht vor. Bisherige Studien aus dem Ausland und aus deutschen Flottenversuchen mit eingeschränktem Nutzerkreis (i. d. R. Arbeitnehmer) zeigen, dass durch die Pedelec-Nutzung in erster Linie Fahrten mit dem Pkw und dem herkömmlichen Fahrrad ersetzt werden. Erste ökobilanzielle Vergleiche belegen, dass bei Pedelecs unter Berücksichtigung der Energievorkette und der direkten Fahrzeugemissionen nur im Vergleich mit konventionellen Fahrrädern zusätzliche Umweltwirkungen anfallen. Im Vergleich mit allen anderen Fahrzeugen (einschließlich ÖPNV) sind die Umweltwirkungen von Pedelecs deutlich geringer.

Begründung/Zielsetzung der Untersuchung

Zielstellung von Pedelection ist die Ermittlung des Status Quo der privaten Pedelec-Nutzung in Deutschland, um auf Basis der systematischen Untersuchung von Alltags-Nutzungsprofilen und den Nutzungsmotiven von Pedelec-Fahrern Anhaltspunkte über die Verlagerungseffekte im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln zu ermitteln. Für die im Projektrahmen erhobenen Nutzungsprofile wird dabei eine Umweltbewertung vorgenommen, bei der die Situationen vor und nach der Anschaffung des Pedelecs verglichen werden. Zusätzlich liefert eine Potenzialanalyse Aussagen zum Treibhausgasminderungspotenzial durch eine weitere Marktdurchdringung von Pedelecs bis zum Jahr 2030. Die Ermittlung von Nutzertypen, spezifischen Nutzungs- und Nicht-Nutzungsmotiven sowie von Treibern und Hemmnissen der alltäglichen Nutzung sollen darüber hinaus Ansatzpunkte zur Steigerung von ökobilanziell besonders günstigen Nutzungsmustern liefern. So wird beispielsweise das Treibhausgasminderungspotenzial durch einen gezielten Ausbau der Pedelec-Nutzung bei

¹ Zugunsten einer besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf die explizite Nennung beider Geschlechtsformen verzichtet. Wenn nicht anders spezifiziert, sind mit „Teilnehmer“ und „Nutzern“ auch Teilnehmerinnen und Nutzerinnen gemeint.

Pendlern untersucht. Die Fragestellungen von Pedelection leiten sich zum einen aus den klima- und energiepolitischen Vorgaben des „Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität“ ab und zum anderen aus dem im „Nationalen Radverkehrsplan 2020“ erklärten Ziel der Bundesregierung, den Radverkehrsanteil in Deutschland bis 2020 auf 15 % zu steigern.

Methode

Basierend auf Literaturrecherchen und Händlerinterviews wurden Fragestellungen entwickelt, die detaillierte Einblicke in die Pedelec-Nutzung im Jahresverlauf ermöglichen. In den vier ausgewählten Projektregionen „Oldenburg / Bremen“, „Hannover / Braunschweig / Wolfsburg“, „Großraum Frankfurt am Main“ und „Großraum München“ wurden 70 Feldtestteilnehmer ausgewählt, die in jeder Jahreszeit mündlich zu ihrem Pedelec-Nutzungsverhalten sowie zum Mobilitätsverhalten allgemein befragt wurden. Außerdem wurden diese Teilnehmer mit Datenloggern zur Aufzeichnung des Fahr- und Ladeverhaltens ausgestattet und zur Datenübermittlung von mindestens einer zusammenhängenden Woche in jeder Jahreszeit verpflichtet. Zusätzlich beteiligten sich deutschlandweit bis zu 312 reine Online-Teilnehmer an Pedelection. Alle Teilnehmenden dokumentierten in jeder Jahreszeit ihr Mobilitätsverhalten für je eine zusammenhängende Woche in Form von Wegeprotokollen. Zusätzlich wurden Interviewfragen so aufbereitet, dass auch die reinen Online-Teilnehmer einstellungs- und nutzungsspezifische Fragen zur Verkehrsmittelwahl und -nutzung beantworten konnten.

Für die Modellierung der verkehrsmittelvergleichenden Umweltbilanzierung wurde für die Abbildung der Herstellungsphase auf die Datenbank Ecoinvent zurückgegriffen. Zur umfassenden Bilanzierung von Pkw mit unterschiedlichen Antriebskonzepten in verschiedenen Szenarien wurde das ifeu-Ökobilanzmodell eLCAr herangezogen, das im aktuellen Projekt um eine Komponente zur Bilanzierung von Zweirädern erweitert wurde. Annahmen zu Emissionen und Kraftstoffverbräuchen von Verbrennungsmotoren beruhen auf dem Transport Emission Model (TREMOM) des ifeu. Der Energieverbrauch von Pedelecs wurde direkt aus den Feldtestdaten der Teilnehmenden abgeleitet.

Ergebnis

Bei den teilnehmenden Pedelec-Nutzern zeigt sich ein differenziertes Nutzungsmuster, das sich deutlich von den aus Literatur und Händlerbefragungen abgeleiteten Vorannahmen

unterscheidet: Nur 20 % der Teilnehmenden nutzen ihr Pedelec ausschließlich für Freizeit- und Urlaubsfahrten. Deutlich größer sind mit je rund 40 % die Anteile derer, die das Pedelec als vollwertiges Verkehrsmittel für Pendel- oder Alltagsfahrten einsetzen. Dabei überwiegt eine Mischnutzung, wobei der Nutzungsschwerpunkt zudem jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt. 70 % der Pedelec-Wege wurden in den Monaten April bis September zurückgelegt. Vor allem im Winter und bei schlechtem Wetter reduzierte sich die Nutzungsintensität deutlich, wobei sich die Motive für die Nicht-Nutzung häufig eher auf subjektive Gründe (z. B. als zu niedrig empfundene Außentemperatur) denn auf objektive Gegebenheiten zurückführen lassen.

Im Jahr 2013 wurden von den Teilnehmenden durchschnittlich 2.500 Kilometer mit dem Pedelec zurückgelegt. Das Pedelec hatte dabei einen Anteil von knapp 20 % an den Jahresgesamtkilometern.

Wie wurden die Pedelec-Kilometer vorher zurückgelegt?

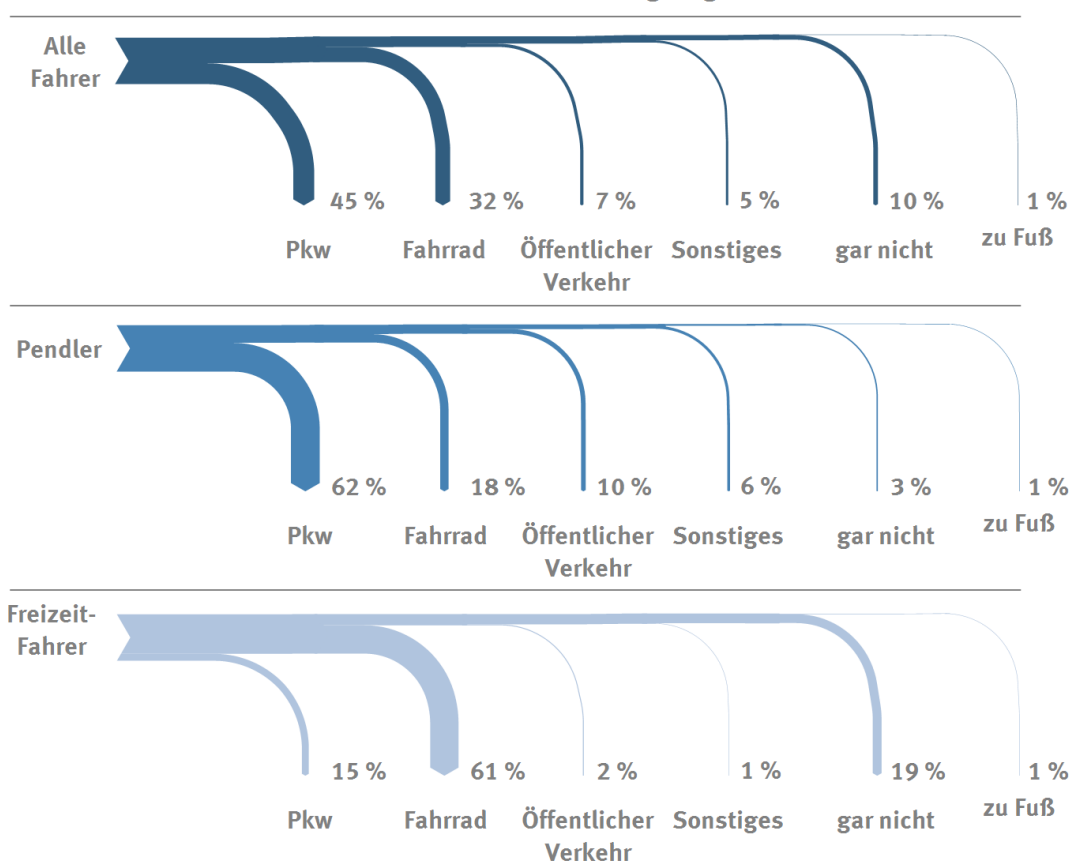


Abbildung 1: Verlagerungseffekte unterschiedlicher Nutzergruppen

Bei den Pedelec-Fahrten ergibt sich eine durchschnittliche Wegelänge von 11,4 km und eine Fahrdauer von 49 min, wobei Wege bis 10 km und einer Dauer bis 30 min am häufigsten sind. 41 % der Pedelec-Wege und 45 % der Pedelec-Kilometer wurden vor dem Pedelec-Kauf mit dem Pkw zurückgelegt. Bei den Berufstätigen war die Verlagerung vom Pkw auf das Pedelec mehr als doppelt so hoch wie bei nicht Erwerbstätigen. Bei Pendlern ersetzte das Pedelec 62 % der Kilometer, die zuvor mit dem Pkw zurückgelegt wurden. Die S-Pedelec-Nutzer ersetzten im Projektverlauf am meisten Pkw-Kilometer: 71 % der S-Pedelec-Kilometer wären vor dem Kauf mit dem Auto zurückgelegt worden.

38 % der Pedelec-Wege und 32 % der Kilometer wären vor dem Pedelec-Kauf mit einem konventionellen Fahrrad unternommen worden. Besonders hoch ist der Anteil an Fahrradsubstitution bei den nicht Erwerbstätigen. Im Vergleich liegt er doppelt so hoch wie bei Berufstätigen. Andere Verkehrsmittel werden von den Teilnehmenden nur marginal substituiert. Nur bei dem Wegezweck „Arbeit“ werden mit 11 % auch nennenswert ÖV-Wege durch das Pedelec ersetzt. Mit rund 6 % ist der Anteil an Wegen, die durch das Pedelec neu generiert werden (Fahren um des Fahrens willen oder verbesserter Zugang zu Mobilität), eher gering.

Die Nutzungsgewohnheiten hinsichtlich Abstellen und Parken, Laden, der Wahl der am häufigsten genutzten Unterstützungsstufe sowie der Nutzung weiterer Verkehrsmittel sind im Studienzeitraum relativ stabil geblieben. Innerhalb der Studie konnte kein signifikanter Einfluss der Pedelec-Nutzung auf die Zusammensetzung des Haushaltsfuhrparks festgestellt werden. Auch wenn die Bereitschaft zum Autoverzicht recht hoch ausgeprägt war, führte diese nicht in nennenswerter Zahl zu einer tatsächlichen Abschaffung von Pkw oder anderen motorisierten Fahrzeugen im Projektverlauf.

Bei den Teilnehmenden lag der durchschnittliche Verbrauch des Pedelecs bei 0,73 kWh/100 km. Bei der Betrachtung des gesamten Lebensweges trägt die Nutzungsphase damit nur in geringem Umfang zur Klimabilanz von Pedelecs bei. Den größten Anteil haben Herstellung und Entsorgung mit knapp 80 % der Treibhausgasemissionen. Ein Akku mit einer Kapazität von 300 Wh trägt etwa 16 % zu den Treibhausgasemissionen bei der Pedelec-Herstellung bei. Die gesamten Herstellungsemissionen eines Pedelecs liegen etwa 35 % über denen eines herkömmlichen Fahrrades. Mit durchschnittlich deutlich unter 20 Gramm pro Personenkilometer fallen die

Klimawirkungen von Pedelecs gegenüber einem konventionellen Motorroller sowie gegenüber der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel trotzdem etwa 5 Mal niedriger aus. Der deutlichste Klimavorteil ergibt sich durch die Verlagerung vom Pkw auf das Pedelec: Mit 150 Gramm CO₂-Äquivalenten pro Personenkilometer (mittlerer Diesel-Pkw und Elektroauto bei heutigem deutschem Strommix) bzw. 170 Gramm (mittlerer Otto-Pkw) liegt die Klimawirkung von Pkw bis zu 11 Mal höher.

Ersetzt das Pedelec einen Pkw-Kilometer, werden bis zu 150 Gramm Treibhausgasemissionen eingespart. Bis zum Jahr 2030 könnte bei einem weiter wachsenden Marktanteil von Pedelecs, auf Grundlage der im Feldtest beobachteten Verlagerungseffekte, ein Treibhausgas-minderungseffekt von 1,1 bis 1,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr erzielt werden. Im theoretischen Fall einer vollständigen Verlagerung von Arbeitswegen auf das Pedelec im Entfernungsbereich bis 15 km pro Pendelweg sind sogar Treibhausgasreduktionen von jährlich bis zu 4,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente möglich.

Schlussfolgerung/Anwendungsmöglichkeiten

Die Klimaentlastung durch Pedelec-Nutzung ist vor allem dort hoch, wo hohe Anteile oder Distanzen an Pkw-Fahrten ersetzt werden. Dies ist insbesondere im Pendelverkehr der Fall. Das deutschlandweite Treibhausgas-Einsparpotenzial der für Pedelec-Nutzung geeigneten Pendelstrecken ist dabei erheblich und sollte verstärkt aktiviert werden. Auch die Potenziale im Alltagseinsatz (z. B. für Versorgungsfahrten) sind groß. Dabei gilt es, die vorhandenen Verlagerungspotenziale zukünftig stärker nutzbar zu machen und Rahmenbedingungen zu schaffen, die die Pedelec-Nutzung befördern. Vor dem Hintergrund der Studie sind solche Optimierungen der Rahmenbedingungen vor allem in den folgenden Bereichen anzudenken:

- **Überprüfung / Modifizierung von gesetzlichen Voraussetzungen** (z. B. Radwegenutzung auch für S-Pedelecs, um eine bessere Integration dieser Fahrzeugklasse in den Straßenverkehr zu fördern)
- **Verbesserung der Zweirad-Infrastruktur** (z. B. Bau von Radschnellstrecken, um die Attraktivität der Pedelec-Nutzung insbesondere für Pendler zu steigern)
- **Optimierung des Umgangs mit den eingesetzten Akkus** (z. B. Neuregelung des Akkuverkaufs getrennt vom Pedelec, um die Lebensdauer des Akkus zu erhöhen)

- **technische Weiterentwicklung von Pedelecs** (z. B. weitere Verbesserung von in Pedelecs verbauten Fahrradkomponenten, um den Verschleiß zu reduzieren und die Zufriedenheit von Pedelec-Nutzern zu erhöhen)
- **Schaffung von adressatenspezifischen Ansprachen und Anreizen** (z. B. Förderung der Pedelec-Nutzung im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements, um Arbeitnehmer zum Umstieg vom Pkw aufs Pedelec zu bewegen)
- **Verstetigung von Forschung im Zweirad- / Pedelec-Bereich** (z. B. Entwicklung von Befragungs- und Messstandards, um Zweiradforschung auch in kleineren, regionalen Vorhaben leichter adressieren zu können)

Die Ergebnisse der Projektpartner (des Instituts für Transportation Design – einer Forschungseinrichtung der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig – und des ifeu-Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH) fließen im vorliegenden Bericht zusammen. Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über die in den einzelnen Kapiteln behandelten inhaltlichen Schwerpunkte:

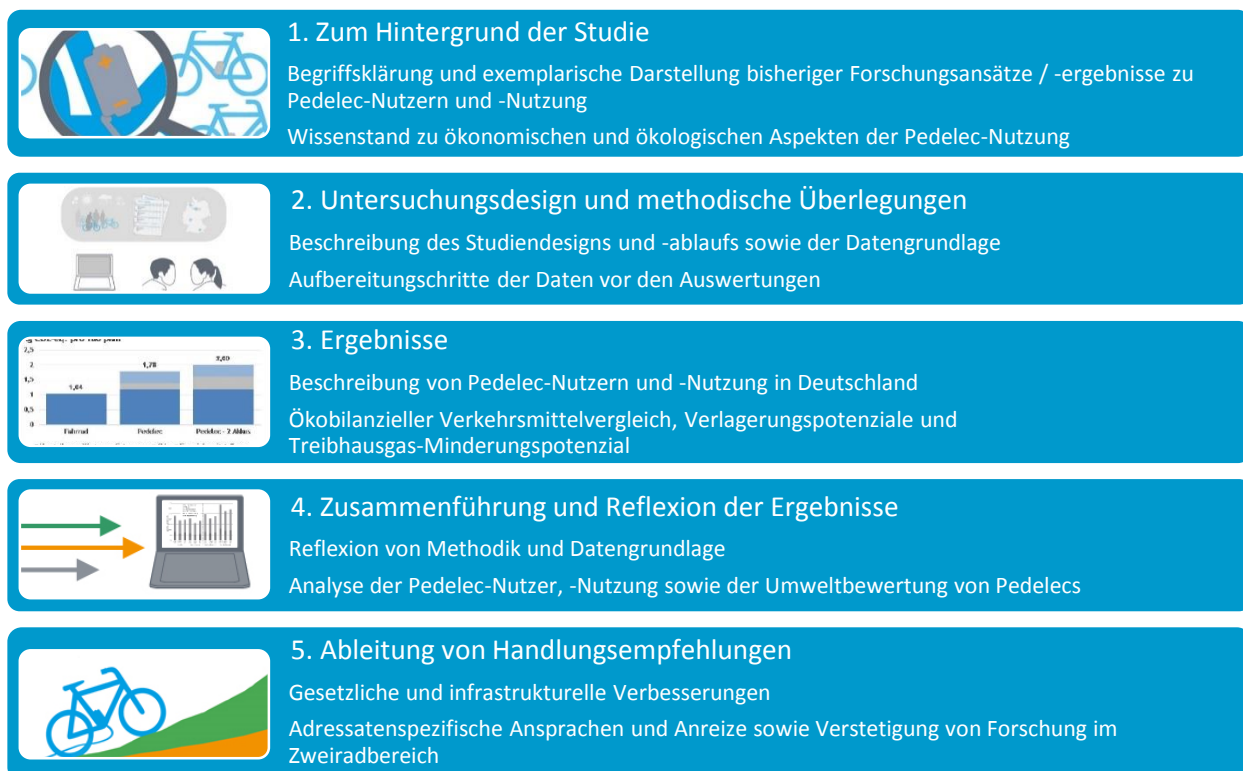


Abbildung 2: Inhaltsübersicht des Berichts

1. Zum Hintergrund der Studie

Im „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ zeigt die Bundesregierung auf, dass die Elektromobilität große Chancen für eine klimagerechte Energie- und Verkehrspolitik in Deutschland bietet (Bundesregierung, 2011, S. 5). Die Elektromobilität unterstützt demnach wesentlich den Übergang von unserer heute überwiegend fossil angetriebenen Industriegesellschaft zu einem ökologisch nachhaltigeren Verkehrssystem. Deutschland soll dabei sowohl als „Leitmarkt Elektromobilität“ auftreten als auch mit innovativen Produkten zu einem Leitanbieter im Marktbereich Elektromobilität werden. Bewusst umfasst das Regierungsprogramm die Einbindung von Elektrofahrzeugen in intermodale Verkehrskonzepte und die Anwendung im Zweirad-Segment zur Entwicklung innovativer Mobilitätslösungen (Bundesregierung, 2011, S. 8). Das hier vorgestellte Vorhaben adressiert die Intensivierung der Elektromobilität in diesem vom „Nationalen Entwicklungsplanes Elektromobilität“ betonten Zweirad-Segment. Ohne signifikante Verlagerungen vom Automobil auf kleinere, energieeffizientere und flexible Mobilitätslösungen werden die klima- und energiepolitischen Ziele für den Sektor Verkehr nicht erreicht. Zusätzlich können Elektroautos im Gegensatz zu Elektrofahrrädern die Platz- und Parkprobleme in den Innenstädten nicht lösen.

Pedelecs sind bereits heute zu einer interessanten Einsatzmöglichkeit für Elektromobilität geworden. Wie das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung feststellt, wird mit dem Pedelec das Einsatzspektrum des Fahrrads deutlich erweitert: „Es werden neue Nutzergruppen erschlossen – und das nicht nur im privaten Bereich. Elektrofahrräder tragen damit nicht zuletzt dazu bei, den Radverkehr insgesamt zu fördern (BMVBS, 2011).“ Insofern kann das Elektrofahrrad potenziell eine bedeutende Teilstrategie bei der Elektrifizierung des Verkehrs und der Unterstützung (teilweise) nicht-motorisierter Verkehrsträger darstellen und damit wichtige Verlagerungseffekte generieren.

Der Radverkehrsanteil lag im Jahr 2014 in Deutschland bei rund 12 %. Im europäischen Vergleich belegt Deutschland damit den siebten Rang. Spitzenreiter sind Dänemark mit 23 % und die Niederlande mit 36 % (European Commission, 2014, S. 14; MOP, 2014). In einzelnen Städten ist dieser Anteil bereits deutlich höher: So liegen Bremen mit 25 % und Kiel mit rund 21 % Radverkehrsanteil deutlich über dem Bundesdurchschnitt (Bracher & Hertel, 2014, S. 11). Der Nationale Radverkehrsplan 2020 definiert neun Handlungsfelder, um die positiven Effekte des

Radverkehrs „auf die Umwelt, das Klima, die Lebensqualität in den Städten und Gemeinden sowie die Gesundheit der Menschen“ weiter zu fördern (BMVBS, 2012, S. 7) und den Radverkehrsanteil an den insgesamt zurückgelegten Wegen bis 2020 auf 15 % zu steigern.

Werden alle 281 Millionen Wege betrachtet, die pro Tag in Deutschland zurückgelegt werden, ist in etwa die Hälfte davon nur bis zu drei Kilometer lang. Knapp ein Viertel aller Wege mit dem Auto ist kürzer als drei Kilometer und die Hälfte ist kürzer als fünf Kilometer. Hier besteht also nach wie vor ein hohes Verlagerungspotenzial (Deffner, 2011, S. 365).

Pedalelektrisch unterstützte Fahrräder – so genannte Pedelecs – erweitern den Bewegungsradius herkömmlicher Fahrräder, sodass sie auch Pkw-Fahrten über fünf Kilometer ersetzen können. Damit können Pedelecs einen wichtigen Baustein zur Verwirklichung der Ziele des Nationalen Radverkehrsplans 2020 darstellen. Die Verkaufszahlen von Pedelecs belegen einen stetigen Anstieg und es ist zu erwarten, dass dieser Trend in den nächsten Jahren fortgesetzt wird. Wurden 2007 erst rund 70.000 E-Bikes und Pedelecs verkauft, waren es sieben Jahre später (2014) bereits ca. 480.000 verkaufte Pedelecs². Damit beträgt der Anteil von Pedelecs und E-Bikes am Gesamtfahrradmarkt bereits Ende 2014 knapp 12 % (Oortwijn, 2015). Prognosen des Zweirad-Industrie-Verbands (ZIV) halten einen mittelfristigen Anteil am Gesamtfahrradmarkt von bis zu 15 % für realistisch (Zweirad-Industrie-Verband e.v., 2013). In den Niederlanden haben die „Elektro-Fietsen“ bereits heute einen Marktanteil im Fahrradsegment von 15 % erreicht. In China resultierte aus dem Nutzungsverbot benzinbetriebener Kleinkrafträder in vielen Städten ein regelrechter Verkaufsboom bei Elektrofahrrädern (Weinert, Ma, & Cherry, 2007; Weinert, 2007).

Die Wirkungen dieses neuen globalen Trends könnten enorm sein. Zum einen weil Elektrofahrräder aufgrund ihrer schnelleren Marktdurchdringung momentan einen bedeutend größeren Transformationshebel in Richtung elektrischer Individualmobilität aufweisen als Elektroautos. Denn der Markt für Elektroautos ist gegenwärtig noch sehr klein. Zwar verdoppelte sich die Zahl der neu zugelassenen Elektro-Pkw 2013 auf 6.051 Einheiten und erreichte zum 01. Januar 2014 eine Zahl von 12.156 Zulassungen im Bestand. Mit einem Neuzulassungsanteil von 0,3 % im Vergleich zu den herkömmlichen Verbrennungsmaschinen bilden sie aber nach wie vor eine Minderheit (Kraftfahrt-Bundesamt, 2014, 2015). Zum anderen

² Für das Jahr 2015 wird mit 520.000 verkauften Pedelecs gerechnet (VSF, 2015).

liegt der Energiebedarf eines Elektrofahrrads deutlich unter dem eines Pkw. Das Verhältnis wird üblicherweise mit 1:30 beziffert (Thiemann-Linden, Thiele, & Van Boeckhout, 2011, S. 2), woraus große Einsparpotenziale bei einem Umstieg vom Automobil auf das Elektrofahrrad erwachsen. Gleichzeitig könnten diese Effekte aber zumindest teilweise kompensiert werden, wenn Wege vorher unmotorisiert oder gar nicht zurückgelegt wurden.

Vor diesem Hintergrund resultiert aus dem technischen Fortschritt und dem darauf basierenden marktseitigen Aufschwung der Elektrofahrräder ein hohes Veränderungspotenzial für das aktuelle Mobilitätsverhalten und die Klimawirkungen des Verkehrs. Von Verkehrsexperten wird jedoch festgestellt, dass das relativ neue Thema Pedelecs in der Mobilitätsforschung bislang nur ansatzweise erforscht wurde (vgl. Thiemann-Linden u. a., 2011). Entsprechend existieren viele offene Fragen hinsichtlich Nutzungsprofilen und Verkehrsmittelwechsel-Effekten.

Dies bedeutet auch, dass die Umweltwirkungen der Nutzung von elektrischen Zweirädern bislang nur unbefriedigend beschrieben und quantifiziert werden können. Sollte sich herausstellen, dass solche Fahrzeuge vor allem die Benutzung konventioneller Pkw substituieren, so wäre, bedingt durch den vergleichsweise geringen Energieverbrauch und den niedrigen durchschnittlichen Auslastungsgrad von Pkw vor allem im Nahverkehr, mit einer deutlichen Umweltentlastung durch die Pedelec-Nutzung zu rechnen. Werden hingegen Wege substituiert, die bisher unmotorisiert zurückgelegt wurden, so wäre neben einer Verschlechterung der Klimabilanz auch ein negativer Einfluss auf die Gesundheit zu erwarten. Neben der Betrachtung möglicher Verlagerungseffekte vom Pkw auf das Pedelec wird innerhalb von Pedelection auch ein Augenmerk darauf gerichtet, inwieweit konventionell betriebene, motorisierte Zweiräder durch die Pedelec-Verwendung substituiert werden. Auch von solchen Verlagerungseffekten lassen sich positive Effekte in Richtung einer Umweltentlastung vermuten.

Die vorliegende Studie „Pedelection. Verlagerungs- und Klimaeffekte durch Pedelec-Nutzung im Individualverkehr“ liefert deshalb auf Basis der systematischen Untersuchung von Alltags-Nutzungsprofilen und den Nutzungsmotiven von Pedelec-Fahrern Anhaltspunkte über die Verlagerungseffekte im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln. Aufbauend auf Fallbeispielen wird eine Umweltbewertung vorgenommen, bei der die Situationen vor und nach der Anschaffung des Pedelecs verglichen werden. Die Umweltbewertung folgt einem

ökobilanziellen Ansatz, berücksichtigt also nicht nur die nutzungsbedingten Umweltwirkungen, sondern auch diejenigen, die durch die Bereitstellung der benutzten Verkehrsmittel entstehen.

Pedelection wurde im Projektzeitraum vom 01.08.2012 bis 28.02.2015 mit insgesamt 456.039 Euro im Rahmen des Förderschwerpunkts „Erneuerbar mobil“ vom Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit gefördert. Projektpartner waren das Institut für Transportation Design (ITD), eine Forschungseinrichtung der Hochschule für Bildende Künste in Braunschweig und das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu). Das ITD war verantwortlich für die Projekt- / Untersuchungsplanung und Durchführung sowie die Auswertung der Interviews und nutzer- bzw. nutzungsspezifische Fragestellungen. Das ifeu übernahm die Auswertung der Fahr- und Ladedaten sowie der Wegeprotokolle und führte anhand dieser Daten die Umweltbewertung durch. Geleitet wurde das Projekt von Martina Lienhop (ITD).

1.1. Pedelec, E-Bike & Co

„Ich finde, es ist die beste Erfindung seit dem Erfinden des Fahrrades.“ (Kommentar eines Online-Teilnehmers, T1-Befragung)

Auch wenn nicht jedem der Begriff „Pedelec“ geläufig ist, so können sich die meisten Deutschen unter der Bezeichnung „E-Bike“ oder „Elektrofahrrad“ mittlerweile etwas vorstellen. Das Kofferwort „Pedelec“ wurde 1999 im Rahmen einer Diplomarbeit entwickelt, um die bereits damals herrschende Begriffsvielfalt im Bereich elektrifizierter Zweiräder zu vereinheitlichen (vgl. Brüsch, 1999). Das Wort steht für „Pedal Electric Cycle“, zu Deutsch etwa „pedalelektrisches Rad“.

Auch wenn der Begriff „Pedelec“ sich im deutschen Sprachgebrauch nicht durchzusetzen scheint und immer häufiger Begriffe wie „E-Rad“ oder „E-Bike“ verwendet werden, wird im Folgenden am Kunstwort Pedelec festgehalten, um eine eindeutige Abgrenzung gegenüber anderen Fahrzeugkonzepten unter dem Obergriff E-Bike zu ermöglichen: Unter diesem werden sowohl Hybridräder aus Muskel- und Motorkraft als auch Elektroräder und -roller mit reinem Motorantrieb zusammengefasst.

Pedelecs sind vom Grundprinzip her Fahrräder, die über eine elektrisch betriebene Tretunterstützung verfügen und über einen mitgeführten bzw. am / im Rad verbauten Akku mit Energie versorgt werden. Seit Anfang der 90er Jahre gab es in Japan von der Firma Yamaha

erstmalig Pedelecs zu kaufen – die Erfindung durch Egon Gelhard lag zu diesem Zeitpunkt bereits zehn Jahre zurück (Budde u. a., 2012).

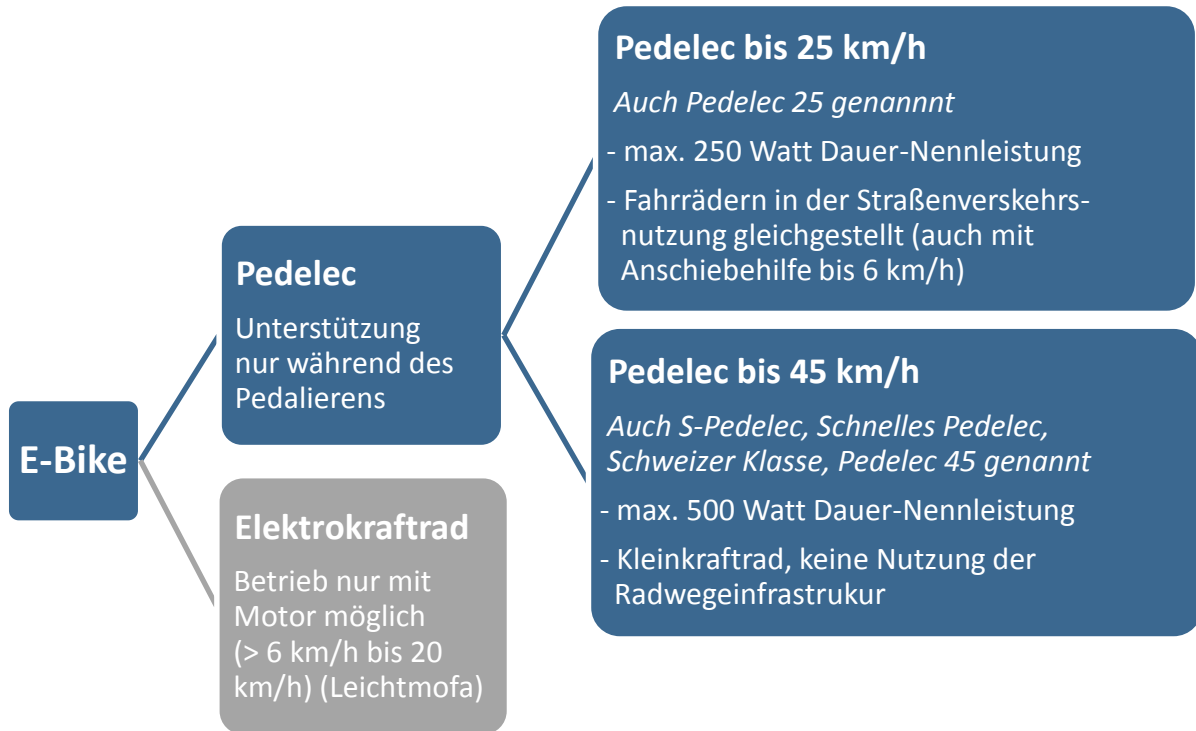


Abbildung 3: E-Bikes und Pedelecs (eigene Darstellung)

Der Motor eines Pedelecs 25 unterstützt den Fahrer mit einer Leistung von maximal 250 Watt Nenn-Dauerleistung und zwar ausschließlich dann, wenn auch tatsächlich getreten wird. Jedes Pedelec verfügt im Vergleich zu einem normalen Fahrrad zusätzlich über einen Elektromotor und einen Akku – heute meistens ein Lithium-Ionen-Akku, der den Motor und ggf. weitere Komponenten mit Strom versorgt. In der Regel verfügen Pedelecs über verschiedene, wählbare Unterstützungsmodi. Bei maximal 25 km/h wird die Motorunterstützung abgeriegelt, sodass höhere Geschwindigkeiten nur über reine Muskelleistung zu erreichen sind. Die jeweilige Höhe der Motorleistung, die pro Tritt durch den Motor zusätzlich in den Antrieb abgegeben wird, wird durch Sensoren gesteuert. Geschwindigkeitssensoren sind in allen Pedelecs verbaut. Zusätzlich kommen in etlichen Modellen Drehmomentsensoren (Kraftsensoren) zum Einsatz, d. h. hier wird die Kraft des Fahrers als Grundlage für die Unterstützung herangezogen: Erhöht sich der menschliche Krafteinsatz, wird auch die elektrische Unterstützung erhöht. Bewegungs- /

Trittfrequenzsensoren werden ebenfalls eingesetzt. In Pedelecs der höheren Preisklassen sind zumeist mehrere oder alle dieser Sensorarten verbaut, um Motorleistung und Leistung / Fahrweise des Fahrers möglichst harmonisch aufeinander abzustimmen.

Gemäß der europäischen Richtlinie 2002/24/EG³ und deutschem Straßenverkehrsgesetz (§ 1, Absatz 3) sind Pedelecs 25 (vgl. Abbildung 3) herkömmlichen Fahrrädern gleichgestellt, d. h. es bestehen weder Führerschein-, Zulassungs-, Helm- oder Kennzeichenpflicht noch ein Mindestalter. Seit 2013 gilt gleiches auch für Pedelecs mit einer Anfahr- oder Schiebehilfe.

Das Pedelec 45 wurde bei der Einführung in Deutschland noch nach der Leichtmofa-Ausnahmereverordnung zugelassen, die bis zu einer Motorleistung von maximal 500 Watt und einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h gilt. Die Motorunterstützung wird bei einem S-Pedelec erst bei max. 45 km/h abgeriegelt. Für ein S-Pedelec wurden zunächst eine Betriebserlaubnis, ein Versicherungskennzeichen, der Besitz mindestens einer Mofa-Prüfbescheinigung (wenn nach dem 01.04.1965 geboren) und ein Mindestalter von 15 Jahren vorausgesetzt. Ferner ist das Tragen eines Helmes Pflicht, wobei ein Fahrradhelm als geeigneter Schutzhelm akzeptiert wurde. Ein Befahren von Radwegen war inner- und außerorts erlaubt, wenn diese für Mofas freigegeben waren.

In einer Verlautbarung im Verkehrsblatt des Bundesministeriums für Verkehr, Bauen und Städtebau im Frühjahr 2012 wurde das S-Pedelec als Kleinkraftrad mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h eingestuft (Gottschalck, Bartol, & Ernstberger, 2012). Demnach sind S-Pedelec-Nutzer von der Benutzung sämtlicher Radwege ausgeschlossen. Darüber hinaus muss mindestens die Fahrerlaubnis der Klasse M vorliegen, die im Alter von 16 Jahren erlangt werden kann. Die Mitnahme von Kindern im Anhänger ist mit dem Pedelec 45 nicht erlaubt – das Ziehen von Lastenanhängern hingegen schon. Mit einer EU-weiten Regelung zur Einordnung der S-Pedelecs und einer Aktualisierung der EG-Richtlinie 2002/24/EG wird im Jahr 2016 gerechnet (vgl. Barz, 2013, S. 18).

Von der Funktionsweise sind Pedelec 45 und 25 identisch – wobei es auch S-Pedelec-Varianten gibt, die bis 20 km/h eine Motorunterstützung ohne Krafteinsatz des Fahrers liefern. Optisch

³ Richtlinie 2002/24/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. März 2002 über die Typgenehmigung für zweirädrige oder dreirädrige Kraftfahrzeuge und zur Aufhebung der Richtlinie 92/61/EWG, abrufbar unter: eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0024:DE:HTML. Letzter Aufruf am 21.08.2015.

unterscheidet sich die schnelle Variante vom Pedelec 25 nur durch den obligatorischen Rückspiegel und das Nummernschild⁴.

Im Rahmen von Pedelec werden ausschließlich Pedelecs betrachtet, die als Hybridfahrzeuge aus menschlicher Kraft und elektrischem Antrieb funktionieren. Reine E-Bikes, die ausschließlich über den Motor betrieben werden, sind nicht Teil dieser Studie⁵.

In Deutschland hielt das Pedelec erst 2005 mit nennenswerten Stückzahlen Einzug (vgl. Abbildung 4). Bereits seit den 90er Jahren spielten Zwei- oder Dreiräder mit Elektromotorunterstützung aber z. B. im Bereich der medizinischen Rehabilitation eine Rolle. Etwa 95 % aller E-Bikes in Deutschland sind Pedelec 25. Mittlerweile sind mehr als zwei Millionen Elektrofahrräder auf Deutschlands Straßen unterwegs (Zweirad-Industrie-Verband, 2014). Neben dem klassischen Tiefeinsteigermodell ist mittlerweile jedes Fahrradmodell auch als Pedelec erhältlich: Auf dem Markt sind über 1.500 unterschiedliche Pedelec-Modelle / -typen von über 70 Herstellern erhältlich. Die Preisspanne reicht dabei von ca. 500 bis mehrere tausend Euro. Auch ein Gebrauchtmärkte bildet sich zunehmend heraus.

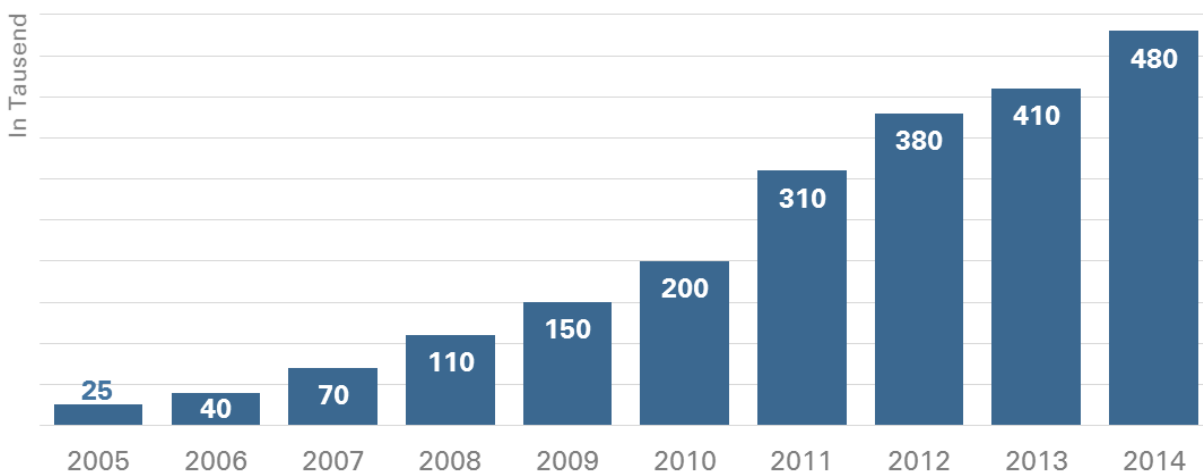


Abbildung 4: Verkaufte Pedelecs und E-Bikes in Deutschland von 2005 bis 2014

⁴ Für weitere technische Details und Informationen rund um E-Bikes und Pedelecs vgl. Budde u. a., 2012, S. 70 f. Wachotsch, Kolodziej, Specht, Kohlmeyer, & Petrikowski, 2014, S. 23–26.

⁵ Wobei insbesondere bei den Eigenumbauten (vgl. Kapitel 3.3.1) nicht in allen Fällen auszuschließen ist, dass diese zusätzlich auch über einen E-Bike-Modus verfügen und auch ohne Muskelkraft betrieben werden können.

Neben stark am klassischen Fahrrad orientierten Modellen finden sich auch Lastenpedelecs zum Transport von Stückgut oder Personen, teil- / vollverkleidete Velomobile oder Mikro-Pedelecs im Angebot.

Mit entscheidend für das Wachsen der Verkaufszahlen ist ein allmählicher Imagewandel, der sich in den vergangenen Jahren gegenüber dem Pedelec vollzogen hat: Was zunächst als „Oma-Shopper“ belächelt wurde, gilt heute zunehmend als Trendfahrzeug (vgl. Budde u. a., 2012, S. 16).

Gleichzeitig lässt sich ein wachsendes Umweltbewusstsein beobachten: „Ein Eurobarometer von 2007 zeigt, dass 56 % der Europäer versuchen Benzin zu sparen, indem sie laufen oder Rad fahren. 20 % der Niederländer konnten sich zudem vorstellen, aus Gründen des Umweltschutzes bald ein Pedelec zu kaufen“ (Budde u. a., 2012, S. 48).

1.2. Pedelecs in der Forschung

Im Vorfeld der Pedelection-Studie wurde eine umfangreiche Literaturrecherche bezüglich des Forschungsstandes zur Pedelec-Nutzung und zu ökonomischen bzw. ökologischen Aspekten von Pedelecs durchgeführt. Daten zu deutschen Privatanutzern wie sie im Rahmen des Projekts fokussiert wurden, lagen und liegen nach Kenntnisstand der Verfasser bisher noch nicht vor. Im Folgenden werden einige Studien mit Relevanz für das Projekt Pedelection und deren Ergebnisse vorgestellt. Auf eine ausführliche Darstellung der Literaturanalyse wird zugunsten der eigentlichen Ergebnisdarstellung (vgl. Kapitel 3) verzichtet⁶.

1.2.1. Bisherige (Begleit-)Forschung im Pedelec-Bereich

Als wesentliche Forschungsansätze und -fragen außerhalb der Entwicklungsarbeit durch die Hersteller lassen sich einstellungsbezogene sowie sozialwissenschaftliche Begleitforschungen von zumeist Flottenversuchen, in Einzelfällen auch von Privatanutzern (hauptsächlich im Bereich ausländischer Studien) ausmachen. Dieser Abschnitt beschreibt an einigen Beispielen

⁶ Ein detaillierter Überblick über Studien zur Pedelec-Nutzung mit Fokus auf Mittel- und Westeuropa und unter Einbezug relevanter Forschungsbeiträge bspw. aus China und den USA bietet eine vom Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH herausgegebene Studie (Preißner u. a., 2013, S. 12–32). Eine Auflistung von aktuelleren geförderten Forschungsvorhaben in Deutschland findet sich in der Drucksache 18/2233 des BMVI (2014, S. 3 f.). Die im Rahmen von Pedelection gesichtete Literatur wurde in dem Literaturverwaltungsprogramm „Mendeley“ gesammelt und kann für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt werden.

exemplarisch bislang durchgeführte Studien mit unterschiedlichen Forschungsansätzen im Pedelec-Bereich sowie Ergebnisse mit Bezug zu Pedelection.

1.2.1.1. Online- und Telefonumfragen zum Thema Pedelec

Einstellungsbezogene Studien, die häufig im Internet über Online-Befragungen durchgeführt werden, wollen Informationsgrundlagen etwa zum Wissensstand schaffen – z. B. wie viele Bundesbürger kennen überhaupt das Fahrzeugkonzept Pedelec (Hallerbach & Biehl, 2010) – und / oder zu Potenzialen von neuen Serviceleistungen bzw. Produkten.

Eine repräsentative Telefonumfrage von der Firma T.I.P. Biehl und Wagner im August 2010 mit 743 Personen (Durchschnittsalter: 52 Jahre) erfragte den Kenntnisstand zu Pedelects und die Nutzungsbereitschaft gegenüber Elektrofahrrädern. Ziel war u. a. die Ableitung von Marktpotenzialen. Die Ergebnisse zeigten, dass der Begriff „Pedelec“ zwar 88 % der Befragten unbekannt war, das Funktionsprinzip von Pedelects kannten aber bereits 2010 83 % der Befragten. Lediglich 2 % besaßen ein Pedelec, 8 % der Befragten waren bereits mit einem solchen gefahren. 19 % konnten sich vorstellen in der Zukunft ein Pedelec zu kaufen und 24 % eines zu leihen. Eine konkrete Nutzung wurde vor allem im Freizeitbereich gesehen (Tagesausflüge und Nutzung im Urlaub). Die Studie prognostizierte ein hohes Marktpotenzial bei den Zielgruppen ab 45 Jahren (Hallerbach & Biehl, 2010).

Mit einem methodisch ähnlichen Vorgehen erhebt die Sinus Markt- und Sozialforschung GmbH seit 2009 in Zusammenarbeit mit dem Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club e. V. und gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr- und digitale Infrastruktur bislang im Turnus von zwei Jahren ein Stimmungsbild zur Lage der Radfahrer in Deutschland. Hier werden Daten zum Kauf, zur Nutzung, zur Akzeptanz und zur Fahrradfreundlichkeit von Städten sowie von politischen Maßnahmen gesammelt (Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V. & Sinus Sociovision, 2009; Sinus - Markt- und Sozialforschung GmbH, 2012, 2013). Seit 2011 werden auch Fragen zu Pedelects in den Fahrrad-Monitor integriert. Befunde dieser Erhebungen fließen bei der Bewertung von Ergebnissen von Pedelection ein und werden daher an dieser Stelle nicht gesondert aufgeführt.

Das Projekt „Besser E-Rad kaufen“ des Verkehrsclubs Deutschland (VCD) veröffentlichte eine Studie mit dem Titel „Das E-Rad – mit Recht Hoffnungsträger urbaner Mobilität?“ (Verkehrsclub Deutschland, 2013). An der Online-Befragung von Pedelec-Nutzern, die zwischen Juni und

Dezember 2012 durchgeführt wurde, nahmen 506 Personen teil. Zusätzlich lagen 42.000 Typentests aus der Kaufberatung von Pedelec-Interessierten vor, von denen 4.814 in die Auswertung einfließen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Pedelecs meist intensiv, d. h. mehrmals in der Woche genutzt werden. 44 % der Befragten gaben dabei an, regelmäßig mehr als 20 km am Stück zurückzulegen. Als durchschnittliche Wochenfahrleistung nannten je ein Drittel eine Distanz von 21 bis 50 bzw. 51 bis 100 Kilometern. Dabei wurden in erster Linie Pkw-Wege ersetzt (21,3 %). Als subjektive Gründe für diese Verlagerung vom Pkw auf das Pedelec wurden Zeitvorteile auf Kurzstrecken sowie gesundheitliche und ökonomische Aspekte genannt.

Das Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung veröffentlichte 2013 die Studie „Einstellungsorientierte Akzeptanzanalyse zur Elektromobilität im Fahrradverkehr“. Diese beinhaltet eine Online-Umfrage, die von Ende Juli bis Ende September 2012 stattfand. Neben Angaben zur Soziodemografie wurden Mobilitätsindikatoren sowie Indikatoren und Einschätzungen zum Elektrofahrrad erfasst. Die über 2.500 Teilnehmer umfassende Stichprobe enthält Nutzer (25,3 %) und Nichtnutzer von Pedelecs. Ergänzend wurden elf Experteninterviews geführt (Preißner, Kemming, & Wittowsky, 2013).

Das Durchschnittsalter der Pedelec-Nutzer lag in dieser Studie bei 58 Jahren. Auch hier waren Männer mit 76,4 % deutlich überrepräsentiert und das Bildungsniveau lag vergleichsweise hoch (71,7 % mit Abitur). Am verbreitetsten waren Pedelecs in eher hügeligen Topografien und eher ländlichen Lagen: Hier lag der Anteil an Elektroradbesitzern bei 34,4 %. Änderungspotenziale durch die Pedelec-Nutzung sehen die Pedelec-Nutzer vor allem darin, dass mehr Wege mit Steigungen und weitere Strecken zurückgelegt werden als mit dem herkömmlichen Fahrrad. Zudem werden Wege ersetzt, die bisher mit dem Fahrrad oder mit dem Auto / Motorrad zurückgelegt wurden.

1.2.1.2. Pedelecs in Flottenversuchen

Flottenversuche, bei denen z. B. Privatunternehmen oder kommunale Träger mit Fahrzeugen ausgestattet werden, verfolgen neben der anwendungsorientierten Erforschung von neuen Fahrzeugkonzepten im alltäglichen Arbeitseinsatz häufig auch das Ziel, die Marktdurchdringung zu erhöhen bzw. den Markthochlauf zu beschleunigen. Eine Grundannahme dabei ist, dass durch die konkrete Erfahrung einer neuen Technologie ggf. bestehende Vorurteile oder Ängste

abgebaut werden und die Akzeptanz (und damit letztlich auch die Kaufentscheidung) gefördert wird.

Die Bundesregierung förderte im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Elektromobilität in Modellregionen“ über 200 Einzelprojekte – darunter etliche Projekte aus dem Bereich Elektromobilität, zum Teil unter Einbezug von Pedelecs. Bei letzteren lag der Fokus auf der Erschließung „von Innovationspotenzialen [...] in der Mobilitätsgestaltung“ (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, 2011, S. 12).

„Pedelecs – Idsteiner Land on Tour (PILOT)“ wurde gemeinsam von der Storck Bicycle GmbH (Fahrrad- und Pedelec-Hersteller) und der Süwag Energie AG (Energiedienstleister) durchgeführt. Es handelt sich um ein reines Pedelec-Projekt, bei dem 200 Elektrofahrräder an interessierte Bürger im Idsteiner Land (Hessen) vergeben wurden. Der Fokus lag hier auf einer ländlichen Region ohne ausgeprägte ÖPNV-Strukturen. Die Pedelecs konnten sowohl dienstlich als auch privat genutzt werden und waren einer Person fest zugeordnet. Ferner wurden solarbetriebene und standardisierte Pedelec-Ladestationen im öffentlichen und nicht-öffentlichen Raum sowie Marketingkonzepte entwickelt.

Ein weiteres Projekt aus der Region Rhein-Main innerhalb der Modellregionen ist „Bike + Business 2.0“. Hier wurden 151 Pedelecs zehn Arbeitgebern in der Rhein-Main-Region zur Verfügung gestellt. Davon wurden 85 als Diensträder und 66 von Beschäftigten der teilnehmenden Betriebe privat genutzt. Es sollte untersucht werden, wie Pedelecs Dienstfahrten und Pendlerwege verändern können. Dabei sollten vor allem die Spitzen im Berufsverkehr abgebaut werden. Zielgruppe waren Arbeitnehmer im suburbanen Raum mit einer Pendeldistanz zwischen fünf und 15 Kilometern.

74 % der Bike + Business-Teilnehmenden waren männlich ($N = 148$) und knapp die Hälfte war 47 Jahre oder älter. Zudem handelte es sich überwiegend um „gutverdienende Akademiker mit ausgeprägtem Umweltbewusstsein“ (Schäfer & Schmidt, 2011b, S. 7). Abbildung 5 gibt einige der im Rahmen des Projekts identifizierten Treiber für die Pedelec-Nutzung wieder.



Abbildung 5: Treiber für die Pedelec-Nutzung im Rahmen des Projekts Bike + Business (Hochstein, 2011)

Im Rahmen der übergeordneten sozialwissenschaftlichen Begleitforschung, in die auch die beiden zuvor kurz beschriebenen Projekte einfließen, wurden zu drei Zeitpunkten Nutzerbefragungen durchgeführt und Mobilitätstagebücher ausgewertet, die über einen Zeitraum von mindestens einer Woche einmal vor und einmal während der Nutzung geführt wurden (Schäfer & Schmidt, 2011c, S. 27). Die Befragten waren in erster Linie Pedelec-Nutzer ($N = 117$).

Zusammenfassende Ergebnisse sind u. a., dass Pedelecs im Gegensatz zu herkömmlichen Fahrrädern auch für Wege von über fünf Kilometern eingesetzt werden, wobei 75 % der Pedelec-Fahrten unter zehn Kilometern liegen (Schäfer & Schmidt, 2011c, S. 50). Der Anteil an Pkw-Fahrten und Fahrten mit dem herkömmlichen Fahrrad hat während der Nutzungsphase abgenommen – Fahrten mit dem ÖPNV nahmen nicht ab (Schäfer & Schmidt, 2011a, S. 48). Die Pedelec-Nutzung erfolgte in rund 60 % der Fälle mindestens ein bis drei Tage pro Woche, wobei die Nutzungshäufigkeit im Winterhalbjahr im Vergleich zum Sommerhalbjahr abnimmt.

„Landrad“ nannte sich ein im Zeitraum von Juni 2008 bis Januar 2011 durchgeführtes Projekt im österreichischen Vorarlberg, bei dem 500 Pedelecs über Fachhändler als Kooperationspartner an Privatpersonen und Unternehmen / Organisationen vergünstigt abgegeben wurden. Mit dem Flottenversuch sollte das Potenzial von Pedelecs als Ersatz für Pkw-Wege erforscht werden.

Insgesamt wurden hierzu Nutzerdaten zu vier Erhebungszeitpunkten mittels Online-Fragebogen erhoben und durch persönliche Befragungen ergänzt (Strele, 2010).

Die Landrad-Teilnehmenden waren im Schnitt 46 Jahre alt (*Min* = 27 Jahre, *Max* = 80 Jahre) und zu 67 % männlich. Die Fahrleistung der Privatpersonen (*N* = 196) betrug durchschnittlich 1.400 Kilometer und fiel damit deutlich höher aus als die durchschnittliche Fahrleistung mit einem herkömmlichen Fahrrad in der untersuchten Region (399 Kilometer). 17 % der Fahrleistung entfiel dabei auf den Winter und 27 % der Nutzer legten keine Winterpause bei der Pedelec-Nutzung ein. Der Anteil der Wege, die mit dem Pkw an einem Werktag zurückgelegt wurden, lag mit rund 29 % deutlich unter dem Durchschnittswert von 43 % für die Region. Die mit dem Pedelec zurückgelegten Strecken betragen im Mittel sieben Kilometer, wobei die Hälfte aller Strecken bis zu vier Kilometer lang war. In Kombination mit öffentlichen Verkehrsmitteln stieg die durchschnittliche Wegelänge auf 19 Kilometer. Das Pedelec ersetzte dabei 52 % der Wege, die vor dem Kauf mit einem herkömmlichen Fahrrad und 35 % der Wege, die mit dem Pkw als Fahrer zurückgelegt wurden. Dabei wurde das Pedelec offensichtlich als „ernstzunehmendes“ Verkehrsmittel gesehen: Nur 18 % aller Wege waren Freizeitfahrten. Bei 39 % aller Wege handelte es sich um Ausbildungs- und Arbeitswege, weitere 43 % verteilten sich auf Einkaufsfahrten und sonstige Fahrten.

Bei der Betrachtung von Angaben zu privaten Pedelec-Nutzern bisheriger deutscher Studien lässt sich zusammenfassen, dass diese überwiegend männlich und durchschnittlich Mitte bis Ende 50 Jahre alt sind. Der Bildungsstand dieser Personengruppe ist überdurchschnittlich hoch. In den ausländischen Studien mit Privatnutzern fällt das Durchschnittsalter teilweise deutlich niedriger aus.

Sowohl deutsche als auch ausländische Studien zeigen, dass sich durch das Pedelec die Reichweite im Vergleich zu einem konventionellen Rad erhöht. Die häufigste Streckenlänge ist im Schnitt bis zu 5 Kilometer, wobei Strecken bis oder über 10 Kilometer deutlich häufiger als mit dem herkömmlichen Fahrrad unternommen werden. Das Pedelec wird zudem regelmäßig genutzt. Dadurch werden Fahrten ersetzt, die vor dem Kauf noch mit anderen Verkehrsmitteln gemacht wurden. In erster Linie sind dies Fahrten mit dem herkömmlichen Fahrrad und mit dem Pkw als Lenker. Zur Verlagerung von ÖPNV auf Pedelec gibt es z. T. widersprüchliche Befunde.

1.2.2. Wissensstand zu ökonomischen und ökologischen Aspekten

Neben der Untersuchung von Pedelec-Nutzer- bzw. Nutzungsaspekten (vgl. Kapitel 1.2.1) wurde in verschiedenen Studien auch der Einfluss auf die Umwelt betrachtet. Pedelecs gelten gemeinhin als umweltfreundliche Verkehrsmittel, z. B. im Vergleich zu einem konventionellen Auto. Die elektrische Tretunterstützung bei Pedelecs senkt den notwendigen muskulären Energieeinsatz gegenüber konventionellen Fahrrädern erheblich, sodass mit gleichem muskulärem Energieeinsatz größere Strecken oder auch Steigungen überwunden werden können. Im Vergleich mit einem konventionellen Fahrrad fallen zwar durch den Stromverbrauch und vor allem durch die Herstellung und Entsorgung des elektrischen Antriebs zusätzliche Umweltwirkungen an. Diese müssen dabei jedoch auch in Relation zu den Umweltwirkungen anderer motorisierter Fahrzeuge gesetzt werden. Die Batterie eines Pedelecs spielt dabei sowohl umwelt- als auch kostenseitig eine entscheidende Rolle. In den heute überwiegend eingesetzten Lithium-Ionen Akkus werden hochwertige Metalle (z. B. Nickel, Kobalt) verbaut, die z. T. mit hohem Aufwand der Natur entnommen und weiterverarbeitet werden. Die Relevanz dieser Effekte ist umso größer, je kürzer die Lebensdauer der Batterie ist – hier zeigt sich in der Praxis eine große Bandbreite (vgl. Kapitel 3.1.1.3).

Es gibt bisher aber nur wenige Studien, die einen strukturierten Umweltvergleich machen und dies mit vergleichbaren Zahlen hinterlegen. Im Rahmen dieses Vorhabens werden die Umweltwirkungen des Pedelecs über den gesamten Lebenszyklus daher denen des Fahrrads sowie verschiedener motorisierter Verkehrsmittel gegenüber gestellt (vgl. Kapitel 3.5).

Der Stromverbrauch eines Pedelecs liegt laut anderen Studien mit etwa 1 kWh pro 100 Kilometer (UBA, 2014) deutlich niedriger als der eines Pkw, der umgerechnet 50 kWh pro 100 Kilometer verbraucht⁷ (Budde u. a., 2012). Damit können Pedelecs – wenn durch sie z. B. Pkw-Fahrten ersetzt werden – einen Beitrag zur „nachhaltigen Mobilität“ leisten.

Ergänzend dazu sprechen viele Studien allgemein die Problematik von Lithium-Ionen Akkus an, welche die Umweltbilanz von Pedelecs erheblich beeinflussen können. Besonders hervorgehoben werden die Aspekte Haltbarkeit und Entsorgung (Rudolph, 2014; Thiemann-Linden, 2013; UBA, 2014). So werden auch die Gesamtkosten für die Pedelec-Nutzung vom Anschaffungspreis dominiert. Von etwa 16,2 Cent pro Kilometer entfallen 16 Cent auf die

⁷ Angenommen wurde ein Verbrauch von 5 l pro 100 km.

Abschreibung des Anschaffungspreises⁸ und 0,2 Cent auf die Stromkosten. Muss innerhalb der angenommenen Lebensfahrleistung ein zweiter Akku angeschafft werden (z. B. ein Ersatzakku bei Defekt oder auch ein Zweitakku für den Arbeitsplatz), so steigen auch die Kosten pro Kilometer deutlich.

Besonders gut vergleichbar mit der vorliegenden Studie ist die jüngst erschienene Broschüre des Umweltbundesamtes, welche auf einige Umweltaspekte eingeht und einen Verkehrsmittelvergleich mit dem Pkw entlang der Luftschadstoffe CO₂, NO_x und PM₁₀⁹ darstellt (UBA, 2014). Berücksichtigt wurden hier die direkten Fahrzeugemissionen und die Emissionen aus der Energievorkette. Es wird deutlich, dass die im Vergleich mit einem konventionellen Fahrrad beim Pedelec durch den Stromverbrauch und vor allem durch die Herstellung und Entsorgung des elektrischen Antriebs zusätzlich anfallenden Umweltwirkungen in der Regel deutlich geringer sind als bei anderen motorisierten Fahrzeugen (UBA, 2014). Weiterhin wurden Flächennutzung und Lärm diskutiert sowie eine ausführliche Beschreibung der Akkuproblematik.

Außerdem sind die Arbeiten der ETH Zürich (Forschungsinstitution EMPA) zu betonen, die sich bereits 2010 mit der ökobilanziellen Betrachtung von Zweirädern beschäftigt und hier Elektrofahrräder berücksichtigt haben (del Duce, 2011; Leuenberger & Frischknecht, 2010). Aus dieser Untersuchung wurden ökobilanzielle Datensätze generiert, die in der Ökobilanz-Datenbank Ecoinvent hinterlegt sind. Weiterhin interessant für die Umweltbetrachtung und Analyse des Nutzerverhaltens ist die Schweizer Studie „E-Scooter – Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz“, die ähnliche Fragestellungen verfolgt wie Pedelec, allerdings E-Scooter im Fokus hat (Schweizer Bundesamt für Energie, 2013).

Eine umfassende und empirisch hinreichend gestützte Untersuchung zur Umweltbilanz von Pedelecs über den Lebensweg im Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln sowie zu den Verlagerungseffekten durch Pedelecs liegt bisher jedoch nicht vor.

⁸ Unter der Annahme eines Anschaffungspreises von 2.500 Euro und einer Lebensfahrleistung von 15.000 Kilometer.

⁹ Kohlenstoffdioxid, Stickoxide, Partikelemissionen.

1.3. Die vier ausgewählten Projektregionen von Pedelection

Das Gesamtziel der vorliegenden Studie ist die Analyse von potenziellen Verlagerungseffekten und den damit zusammenhängenden möglichen Klimawirkungen im Zusammenhang mit der Pedelec-Nutzung im Individualverkehr. Dafür ist es notwendig, die Grenzen einer „Laboruntersuchung“ zu verlassen und die Nutzungsmotive und das -verhalten eigenmotivierter Nutzer zu untersuchen. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Alltagsnutzung mit den erworbenen Pedelecs und nicht originär auf dem Freizeitverhalten oder der Bereitstellung und dem Gebrauch von Pedelecs in ausgewiesenen Touristenregionen. Pedelection nimmt dabei im Rahmen der Online-Befragungen prinzipiell Nutzer aus ganz Deutschland in den Blick.

Der Teilnehmerkreis, bei denen qualitative Forschungsmethoden und Technik zur Erfassung der Fahr- und Ladedaten eingesetzt wurden, wurde hingegen mit Blick auf eine Optimierung der Forschungsökonomie auf vier Regionen begrenzt. Der Einbezug qualitativer Methoden (vgl. Kapitel 2.2.5) macht eine Reduktion der Fallzahlen notwendig. Gleichzeitig sollte eine größtmögliche Variation der inneren, „weichen“ Faktoren (z. B. Nutzungsmotive) erzielt werden und eine gewisse Vergleichbarkeit äußerer, „harter“ Faktoren (z. B. topografische Gegebenheiten) zwischen den Befragten einer Region erhalten bleiben, die nach den Vorfeldrecherchen für relevant erachtet wurden (zum Sampling im qualitativen Forschungsprozess vgl. Flick, 2009, S. 122 ff.). Nur eine hinreichend große Varianz der Einflussfaktoren gewährleistet eine Übertragbarkeit der Ergebnisse in größere Zusammenhänge. Folgende Überlegungen flossen in die Auswahl der Regionen ein, die exemplarisch eine Reihe der vermuteten Einflussfaktoren abbilden können:

Regionale Unterschiede in Bezug auf z. B. Klima und Topografie spielen eine wichtige Rolle in der Pedelec-Nutzung. Deshalb sollten sich die ausgewählten Regionen bezüglich ihrer topografischen und klimatischen Randbedingungen unterscheiden. Eigene Recherchen und Gespräche mit Branchenexperten lassen vermuten, dass es größere Nutzungshäufigkeiten und Verwendungsanreize in einer bergigen Region gibt als im Flachland. Zusätzlich müssen klimatische Bedingungen in Betracht gezogen werden, da z. B. bei schlechteren Wetterverhältnissen (höhere Regenwahrscheinlichkeiten oder hohe Schneefallgefahr im Winter) die Nutzungshäufigkeit des Pedelecs im Alltag reduziert wird, was ebenfalls Auswirkungen auf regionale Unterschiede von Verlagerungseffekten haben könnte (vgl. K. Friedrich, Riecke, & Deutschländer, 2012).

Unterschiede im sozioökonomischen Status werden vermutlich einen Einfluss darauf haben, ob der Kauf eines Pedelecs in Betracht gezogen wird und ob dieses Pedelec dann den Erst- oder Zweitwagen substituiert und die Pedelec-Nutzung vielleicht zu einer dauerhaften Abschaffung eines Pkw führt – oder eher als zusätzliches Verkehrsmittel in den Haushaltsfuhrpark aufgenommen wird (für eine Übersicht der deutschlandweiten Einkommensunterschiede vgl. Statistisches Bundesamt, 2013).

Um auch eventuelle negative Verlagerungseffekte eruieren zu können (Substitution von bisher unmotorisiert zurückgelegten Wegen), erscheint es aus wissenschaftlicher Sicht sinnvoll, in die Stichprobengrundlage sowohl eher „fahrradfreundliche“ als auch eher „automobilfreundliche“ Regionen und somit verschiedene „Mobilitätskulturen“ einzubeziehen.

Infrastrukturelle, topografische, meteorologische und (sozio-)ökonomische Unterschiede lassen sich natürlich in verschiedenen Regionen finden. Die vorgenommene Auswahl beruht neben den wissenschaftlich-inhaltlichen Überlegungen auch auf forschungspraktischen und -methodischen Erwägungen. Für die Rekrutierung der Teilnehmer war es notwendig, Schnittstellen bei Pedelec-Herstellern und -Händlern zu finden, damit diese als Multiplikatoren bei der Probandenrekrutierung fungieren konnten. Deshalb wurden die nachfolgenden Regionen auch danach ausgewählt, ob sich dort Verkaufsstellen von Pedelec-Händlern befinden, die einer Kooperation im Rahmen des Projektes bereits zugestimmt hatten. Aufgrund der inhaltlichen Überlegungen und der forschungspraktischen Rahmenbedingungen wurden die folgenden vier Regionen bei der Stichprobenziehung berücksichtigt:

- Oldenburg / Bremen¹⁰
- Hannover / Braunschweig / Wolfsburg
- Großraum Frankfurt am Main
- Großraum München

Mit diesen vier Regionen werden ausreichend substantielle Unterschiede abgebildet:

- Geografische Unterschiede: Eine eher flache Topografie in der Region Oldenburg / Bremen sowie den Stadtkernen der Städte Hannover, Braunschweig,

¹⁰ Bei der Auswahl von Probanden für die Regionen wurden Teilnahmeinteressierte in einem Radius von ca. 100 km um die jeweiligen Städte berücksichtigt.

Wolfsburg und Frankfurt und eine eher hügelige Umgebung im Großraum München sowie dem Umland der Metropolregion und den Taunusausläufern des Rhein-Main-Gebietes. Alle Regionen verfügen über engere Pendelverflechtungen ins Umland (vgl. BBSR, 2012, S. 78 f.).

- Klimatische Varianzen (z. B. Regentage und Durchschnittstemperaturen), die sich zwischen den nördlichen und den südlichen Regionen zeigen (vgl. u. a. Statistisches Bundesamt, 2013, S. 18 ff.).
- Sozioökonomische Unterschiede: mit der Region Bremen als weniger einkommensstarkem Gebiet, einer gemischten Einkommenssituation der Regionen Hannover / Braunschweig / Wolfsburg und Oldenburg und den eher einkommensstarken Regionen Rhein-Main sowie dem Großraum München (BBSR, 2012, S. 29; Statistisches Bundesamt, 2013, S. 174).
- Unterschiede in der Fahrradaffinität: Eine hohe Fahrradaffinität herrscht laut des Fahrradklimatests des ADFC in den Städten Oldenburg und Bremen (Platz 2 und 5 in der jeweiligen Städtegrößenordnung; vgl. www.adfc.de) sowie in München (Platz 11). Eine eher mittlere Fahrradaffinität findet sich im Ballungsraum Rhein-Main (Platz 14 für die Stadt Frankfurt a. Main und Platz 27 für die Stadt Wiesbaden) und innerhalb der Metropolregion: Während Hannover beim ADFC Fahrradklimatest eine gute Platzierung bekommt (Platz 6), landet Braunschweig auf Platz 19. Dies zeigt sich auch bei der Betrachtung des Modal-Splits: Oldenburg und (Stadtgemeinde) Bremen weisen mit 43 % und 25 % (Bracher & Hertel, 2014, S. 11) einen wesentlichen höheren Fahrrad-Anteil an den insgesamt zurückgelegten Wegen auf als die weiteren ausgewählten Regionen¹¹.
- Die Region Braunschweig-Wolfsburg ebenso wie das ländliche Münchner Umland und das Rhein-Main Gebiet können als eher autoaffine Pendlerregion eingestuft werden. Der Anteil der MIV-Fahrten liegt in München bei rund 33 %, in den ländlichen Kreisen im Münchener Umland bei rund 47 % (+ 15 % als Mitfahrer) und im Rhein-Main-Gebiet bei 39 % (+ 14 % als Mitfahrer) (Bracher & Hertel, 2014, S. 11; Landeshauptstadt München, 2010, S. 22)¹². Zum 1. Januar 2013 belegte Wolfsburg mit 1.063 Autos pro 1.000

¹¹ Stadt Braunschweig: 21 %, Stadt Wolfsburg: 13 % (im Großraum Braunschweig liegt der Radverkehrsanteil bei 12,5 %), Hannover: 19 % München: 17,4 %, Frankfurt a. M.: 14 % (Rhein-Main: 9 %), (Bracher & Hertel, 2014, S. 11; VCÖ, 2013; Wermuth Verkehrsforschung Infrastrukturplanung GmbH, 2013).

¹² Braunschweig: 45 % (Großregion: 59 bis 63 %), Bremen: 40,4 %, Oldenburg: 43 % (Bracher & Hertel, 2014; Mose, Brummer, & Schröder, 2010; Wermuth Verkehrsforschung Infrastrukturplanung GmbH, 2013).

Einwohner den ersten Rang in der bundesdeutschen Statistik. 55 % aller Fahrten werden hier mit motorisiertem Individualverkehr zurückgelegt (Wermuth Verkehrsforschung Infrastrukturplanung GmbH, 2013, S. 14).

Alle vier Regionen bieten gute Möglichkeiten der Teilnehmerrekrutierung, sowohl in den Kernstädten als auch im dazugehörigen Umland. Die Unterschiede bezüglich der Einflussfaktoren erscheinen hinreichend groß, sodass ausreichend Varianzen in der Stichprobe der Feldteilnehmenden abgebildet werden können.

2. Untersuchungsdesign und methodische Überlegungen

Zur Beantwortung der forschungsleitenden Fragen wurden sehr bewusst sowohl quantitative als auch qualitative Herangehensweisen gewählt. Der genaue Einsatz der verwendeten Methoden und Befragungsinstrumente wird in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben. Zur grundsätzlichen Abgrenzung kann zunächst festgehalten werden, dass qualitative Methoden ein einzelnes, komplexes Phänomen in seiner ganzen Breite zu verstehen versuchen. Quantitative Verfahren hingegen eignen sich dazu, viele ähnliche Phänomene zu erklären und Aussagen auf Grundlage von Regel- bzw. Gesetzmäßigkeiten zu treffen (Flick, 2009, S. 41 f.). Auch wenn im Bereich Verkehrshandeln und Verkehrsmittelwahl in den (sozial-)psychologischen und ökonomischen Wissenschaften bereits eine Reihe von Modellen existieren, die auch für die Entwicklung von Maßnahmen zu nachhaltigem Verkehrshandeln herangezogen werden, so ist die Übertragbarkeit auf das relativ neue Verkehrsmittel Pedelec nicht ohne Weiteres möglich. Zudem fußen viele dieser Modelle auf der Annahme, dass die Verkehrsmittelwahl einzig aufgrund objektiver und rationaler Entscheidungen getroffen wird (z. B. Rational-Choice-Ansätze). Dass dies nur bedingt zutrifft, zeigen u. a. Forschungen im Bereich der automobilen Elektromobilität (vgl. EWE AG u. a., 2011; Schlager & Oltersdorf, 2011). Auch intentionales Handeln wie das Verkehrshandeln wird beeinflusst von emotionalen und symbolischen Aspekten (vgl. Deffner, 2011, S. 373). Solche nicht-kausalen Sinnzusammenhänge sollen durch die qualitativen Befragungen erschlossen werden.

Neben Pedelec-Nutzung, allgemeinen Mobilitätsmustern und Verhaltensänderungen im Zusammenhang mit der Pedelec-Nutzung sollten im Rahmen der Befragungen möglichst erschöpfend Treiber und Hemmnisse sowie zugrundeliegende Motive und Einstellungen erfasst werden. Aus den Literaturrecherchen wurden Fragenkomplexe abgeleitet und über die vier Befragungszeiträume verteilt in die Befragungen implementiert, um den Teilnahmeaufwand pro Erhebungszeitraum so gering wie möglich zu halten.

Für die Quantifizierung der Umweltwirkung von Pedelecs war zudem eine möglichst genaue Erfassung der zurückgelegten Wege sowie der Akkuladung von Bedeutung.

2.1. Studiendesign und -ablauf

2.1.1. Vorgeschaltete Händlerbefragung

Der eigentlichen Studie vorgeschaltet war eine telefonische Händlerbefragung in den vier ausgewählten Projektregionen („Bremen / Oldenburg“; „Hannover / Braunschweig / Wolfsburg“, „Großraum Frankfurt a. M.“ und „Großraum München“). Die Auswahl wurde im Vorfeld so getroffen, dass innerhalb einer Region jeweils ein Unternehmen aus einem eher städtischen und eines aus einem eher ländlichen Kontext befragt werden konnte. Das Ziel dieser Befragung war, Hinweise über die relevanten regionalen Zielgruppen und ihre Nutzungsmotive aus Expertensicht zu erhalten (vgl. Bogner & Menz, 2002). Die Interviews wurden anschließend transkribiert und inhaltsanalytisch mit Hilfe der Software MAXQDA 10 ausgewertet. Die im Rahmen dieser Befragung getätigten Aussagen flossen zusammen mit der vorab durchgeführten Literaturrecherche in die Festlegung der Rekrutierungskriterien sowie des finalen Untersuchungsdesigns ein.

2.1.2. Aufbau und Ablauf des Feldversuchs

Um die tatsächlichen Pedelec-Nutzungsmuster über die Jahreszeiten hinweg sowie mögliche Verlagerungseffekte im Zusammenhang mit einem Pedelec-Kauf abbilden zu können, wurde für die Studie ein Längsschnittdesign mit vier über die Jahreszeiten verteilten, jeweils einwöchigen Befragungszeiträumen gewählt. Ein rein experimentelles Design bot sich aufgrund der fehlenden bzw. vielfach noch ungesicherten Datenbasis nicht an. Stattdessen wurde ein exploratives Herangehen an die Fragestellungen angestrebt, um – auch mit Blick für zukünftige Forschungen auf diesem Gebiet – eine möglichst breite Datengrundlage zu schaffen.

Zu diesem Zweck wurden quantitative (Aufzeichnung von Fahr- und Ladedaten mittels Datenloggern; Online-Befragung, Wegeprotokolle) und qualitative Verfahren (Problemzentrierte Interviews, offene Fragen innerhalb der Online-Befragungen)¹³ kombiniert eingesetzt. 70 Teilnehmer wurden in den vier Projektregionen mit Fahrradcomputern und Energiemessgeräten ausgestattet. Dieser Teilnehmerkreis wurde zu Beginn und am Ende der Studie persönlich und im Verlauf zweimal telefonisch u. a. zu Einstellungen,

¹³ Für genauere Ausführungen zu den genannten Verfahren vgl. Kapitel 2.2.

Verhaltensänderungen sowie der allgemeinen Verkehrsmittelnutzung im Zusammenhang mit der Pedelec-Nutzung befragt.

Deutschlandweit nahmen darüber hinaus bis zu 312 weitere Probanden als reine Online-Teilnehmer an der Studie teil. Alle Teilnehmer wurden eingeladen, in jeder Jahreszeit für den Zeitraum von je einer Woche alle Fahrten und Gänge über Online-Wegeprotokolle zu dokumentieren¹⁴. Für die Online-Teilnehmer wurden innerhalb der Wegeprotokolle zusätzliche Fragen rund um die Pedelec-Nutzung gestellt.

Die Feldphase dauerte insgesamt im Schnitt 9 Monate (*Min* = 6 Monate, *Max* = 11 Monate). Die Zeiträume zwischen den einzelnen Befragungen betragen im Mittel zwei Monate zwischen T1 und T2 sowie zwischen T2 und T3 bzw. dreieinhalb Monate zwischen der T3- und der T4-Befragung. Aufgrund von Krankheitsausfällen, Urlauben oder anderen längeren Abwesenheitszeiten konnte der angestrebte Mindestabstand von zwei Monaten zwischen den Befragungen nicht bei allen Teilnehmern gewährleistet werden.

Schwerpunktmäßig fand der erste Befragungszeitraum (T1) in den Sommermonaten 2013, der zweite (T2) im Herbst, der dritte (T3) im Winter 2013/2014 und der letzte Befragungszeitraum (T4) im Frühjahr 2014 statt (vgl. Abbildung 6). Aufgrund der laufenden Nachrekrutierung von Probanden während der Projektlaufzeit ist diese Verteilung der Befragungszeiträume über die Jahreszeiten nicht für alle Probanden gegeben. Teilnehmer, die erst zu einem späteren Zeitpunkt eingeladen wurden, starteten ebenfalls mit der T1-Befragung.

¹⁴ Die Feldteilnehmer konnten die Wegeprotokolle auch in Papierform ausfüllen.

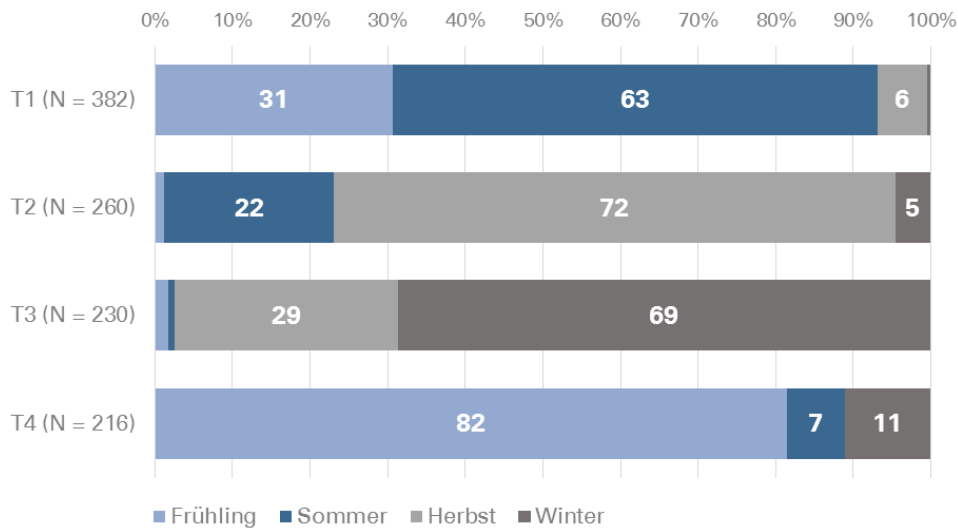


Abbildung 6: Jahreszeitliche Schwerpunkte der vier Befragungsrunden

2.1.3. Probandenakquise und -auswahl

Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte über Artikel in Print- und Onlinemedien (z. B. in regionalen Tageszeitungen, Mitgliederzeitschriften von Krankenkassen, Online-Foren sowie Online-Zeitschriften zum Thema Pedelec) sowie über die Projektinternetseiten unter www.pedelection.de. Darüber hinaus wurden Flyer und Informationsmaterialien bei Fahrradhändlern und auf Zweiradmessen ausgelegt. Den mit Abstand größten Rücklauf erzielten dabei redaktionelle Beiträge in klassischen Printmedien (vgl. Abbildung 7).

Elektro-Radfahrer für wissenschaftliche Studie gesucht

Fit im Alltag mit Pedelecs

Immer mehr private Nutzer wählen das Elektrofahrrad, das sogenannte Pedelec, als Fortbewegungsmittel. In Deutschland haben die Verkaufszahlen der Räder mit „Rückenwind aus der Steckdose“ bereits die Eine-Million-Marke erreicht.

Doch was weiß man eigentlich genau über ihren Nutzen? Bisher ziemlich wenig. Viele offene Fragen soll jetzt ein vom Bundesumweltministerium gefördertes Forschungsprojekt klären, zum Beispiel: Welche Wege werden mit den E-Bikes zurückgelegt und warum? Welche Verkehrsmittel werden dadurch ersetzt und wie fällt die Öko-Bilanz aus?



Nach Antworten darauf forscht das Projekt „Pedelection“ bis Anfang 2015. Alltags-Nutzungsprofile und -motive von privaten Pedelec-Fahrern und -Fahrerinnen werden hierfür in regionalen Feldversuchen sowie in einer deutschlandweiten Online-Studie untersucht. Dafür werden noch Teilnehmer gesucht, die das Projekt in den

kommenden Monaten unterstützen und damit direkt an aktueller Forschung mitwirken können. Wer mitmachen möchte, findet weitere Informationen zum Projekt und zu den Teilnahmebedingungen im Internet.

www.pedelection.de

Abbildung 7: Beispiel eines Presseberichts im Rahmen der Probandenakquise¹⁵

Die Auswahl der Teilnehmer erfolgte über einen Anmelde-Fragebogen (Screening-Fragebogen), der sowohl als Papierfragebogen zur Verfügung stand als auch online bearbeitet werden konnte¹⁶. Um auch wenig internetaffine Pedelec-Nutzer anzusprechen, wurden die Unterlagen bei entsprechender telefonischer Anfrage auf dem Postweg verschickt. In Einzelfällen wurden die Fragen direkt telefonisch mit den Teilnahmeinteressierten bearbeitet. Der Fragebogen enthielt u. a. Angaben zu soziodemografischen bzw. sozioökonomischen (Geschlecht, Alter, Wohnort, Einkommen, Erwerbstätigkeit etc.) sowie pedelec-spezifischen Variablen (u. a. Erwerbsdatum, Pedelec-Typ, Nutzungshäufigkeit und -gründe) und Angaben zur allgemeinen Alltagsmobilität (u. a. Modal-Split, Führerscheinbesitz, Angaben zum Haushaltsfuhrpark). Aus rechtlichen Gründen konnten nur Teilnahmeinteressierte mit einem Mindestalter von 18 Jahren berücksichtigt werden.

¹⁵ Erschienen in der Mitgliederzeitschrift „Gesundheit konkret“ (3 | 2013, S. 40) der Barmer Ersatzkasse.

¹⁶ Alle Online-Befragungen im Rahmen von Pedelection wurden mit dem Online-Tool EFS der Firma Questback (Unipark) umgesetzt und durchgeführt (zum Tool EFS vgl. Buchwald, Spoden, Fleischer, & Leutner, 2013).

Für die Studie sollten zudem vorrangig Probanden ausgewählt werden, die ihr Pedelec erst vor kurzem erworben hatten oder den Erwerb für kurz nach Start der Studie geplant hatten. Es kann davon ausgegangen werden, dass in diesem Fall Wechseleffekte – auch wenn sie subjektiv von den Probanden berichtet werden – weniger stark durch Erinnerungsartefakte verzerrt sind (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 209).

Diese Vorgabe konnte aufgrund der verhältnismäßig geringen Anmeldungszahl und der anvisierten Gleichverteilung von Probanden auf die vier Projektregionen gerade zu Beginn der Feldphase nicht aufrechterhalten werden. Bei der Auswahl der Feldteilnehmer¹⁷ wurden in erster Linie Pedelec-Nutzer berücksichtigt, die eine möglichst kurze Fahrerfahrung aufwiesen. Zu Projektbeginn wurden jedoch zunächst auch Interessierte berücksichtigt, die bereits vor Projektbeginn eine längere Fahrerfahrung hatten.

Für die Auswahl als Feldteilnehmer wurden zudem nur Besitzer eines handelsüblichen Pedelec 25 oder 45 berücksichtigt, um für die spätere Modellierung der Ökobilanz vergleichbare Fahrzeugwerte einbeziehen zu können. Eigenumbauten oder Spezial-Pedelecs wurden von einer Teilnahme am Feldtest ausgeschlossen. Besitzer eines solchen Pedelecs wurden aber als Online-Teilnehmer eingeladen.

Ältere Teilnehmer (> 70 Jahre), besonders junge Teilnehmer (< 30 Jahre) und Frauen wurden bei der Auswahl bevorzugt, da sich diese Teilnehmergruppen seltener am Screening-Fragebogen beteiligten als es Angaben aus Literaturrecherchen und den Händlerbefragungen erwarten ließen. Darüber hinaus wurde angestrebt, im Hinblick auf weitere soziodemografische und sozioökonomische Kenngrößen (u. a. Einkommen, Bildung, Berufstätigkeit, Nutzungszweck und -häufigkeit) ein möglichst heterogenes Teilnehmerfeld zu bilden.

Alle Teilnehmer erhielten auf Wunsch für das Ausfüllen der Screening-Befragung einen Amazon-Gutschein in Höhe von fünf Euro und für jede Teilnahme an einer Befragungsrunde einen Gutschein in Höhe von zehn Euro.

¹⁷ Als „Feldteilnehmer“ werden im Folgenden diejenigen 70 Teilnehmenden bezeichnet, die ihre Wege zusätzlich zu den Wegeprotokollen mit Hilfe von Datenloggern aufgezeichnet, an persönlichen Interviews teilgenommen haben und aus den vier ausgewählten Projektregionen stammen.

Aus der Freiwilligkeit der Teilnahme und der daraus resultierenden Selbstselektion ergeben sich Einschränkungen der Repräsentativität. Dennoch ist anzunehmen, dass für die Studie eine Stichprobe zusammengestellt werden konnte, die durchaus belastbare Rückschlüsse für die Gesamtheit der Pedelec-Nutzenden in Deutschland zulässt.

2.1.4. Beschreibung der Stichproben

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die jeweilige Stichprobenzusammensetzung in der Screening-Befragung, in den jeweiligen Befragungsrunden während der Feldphase (T1 bis T4) sowie im Längsschnitt, in dem diejenigen Teilnehmer zusammengefasst wurden, die sich zu allen vier Zeiträumen an der Studie beteiligt haben. In der Tabelle sind Feld- und Online-Teilnehmende zusammengefasst.

Der Anteil der mit Datenloggern ausgestatteten 70 Feldteilnehmer am gesamten Teilnehmerfeld betrug in der ersten Befragungsrunde 18,3 %. Je 18 Teilnehmer (25,7 %) wurden aus den Regionen Bremen / Oldenburg (Projektregion 1), Hannover / Braunschweig / Wolfsburg (Projektregion 2) und dem Großraum München (Projektregion 4) rekrutiert. Aus dem Großraum Frankfurt am Main (Projektregion 3) konnten 16 Teilnehmer (22,9 %) gewonnen werden (vgl. Abbildung 8). Von den 70 Feldteilnehmern schieden zwei im Projektverlauf endgültig aus (nach T1 und während T2). Von einem weiteren Teilnehmer lagen krankheitsbedingt in T2 keine Daten vor und in T3 und T4 von zwei Teilnehmern nicht.

Aufgrund der deutlich höheren Panelmortalität¹⁸ der Online-Teilnehmer, steigt der relative Anteil der Feldteilnehmer über den gesamten Projektzeitraum an. Innerhalb des T4-Querschnitts liegt der Anteil an Feldteilnehmern bei 31 %, innerhalb des Längsschnittdatensatzes bei 41,8 %.

¹⁸ Als Panelmortalität wird das vorzeitige Ausscheiden / Ausfallen von Teilnehmenden aus einer mindestens zwei Messzeitpunkte umfassenden Befragung bezeichnet (vgl. Kuhnke, 2005; Sandner & Größler, 2007).

Tabelle 1: Stichprobengrößen, Kennwerte der Altersverteilung und Panelmortalität sowie Rücklaufquoten

Zeitraum	N	Anteil	Alter					M	SD
			Perzentile						
			10%	25%	50%	75%	90%		
Screening									
Frauen	234	30 %	42	48	55,5	64	71	55,8	11,07
Männer	545	70 %	41	48	58	68	74	57,3	12,92
Screen ges	784								
Eingeladen zu T1 (Feld und Online)	655								
T1									
Frauen	105	28 %	42	48	54	63	69	54,7	9,65
Männer	249	65 %	42	47	54	65	72	56	11,74
T1 ges	382								
Screen->T1	58% ¹⁹								
T2									
Frauen	76	29 %	42	48	55	63	69	55	10,08
Männer	158	60 %	43	48	54,5	67	72,1	56,9	11,4
T2 ges	260								
T1 -> T2	248	65 %							
T3									
Frauen	62	27 %	42,6	49	55	63	69	55,6	9,59
Männer	149	65 %	45	49	57	67,5	73	57,9	11,38
T3 ges	230								
T2 -> T3	194	78 %							
T1 und T3	223	58 %							
T4									
Frauen	62	29 %	42,6	48	55	63	69	55,3	10,27
Männer	137	63 %	44	49	58	68	74	58,2	11,77
T4 ges	216								
T3 -> T4	183	82 %							
T1 und T4	210	55 %							
Längsschnitt									
Frauen	50	33 %	44,1	49	55	63	69	55,8	9,75
Männer	103	67 %	46,4	51	60	69	73,6	59,5	10,77
T1 -> Längs	153	40 %							

¹⁹ D. h. 58 % der Teilnehmer am Screening- / Anmelde-Fragebogen haben auch die T1-Befragung komplett durchlaufen.

An T1 und T4 (mit Auslassung von T2 und / oder T3) haben sich 55 % der 382 T1-Teilnehmenden beteiligt. 163 Feld- und Online-Teilnehmer haben an allen vier Befragungen teilgenommen (43 % der T1-Teilnehmenden und 25 % der nach dem Screening zur Studie eingeladenen Probanden). Für die weiteren Auswertungen wurden aus dem Längsschnitt zehn Probanden entfernt, die keine soziodemografischen Angaben in T1 gemacht hatten. Eine detaillierte Auswertung der soziodemografischen Charakteristika der Teilnehmenden auf Basis des T1-Querschnitts findet sich in Kapitel 3.2.2.

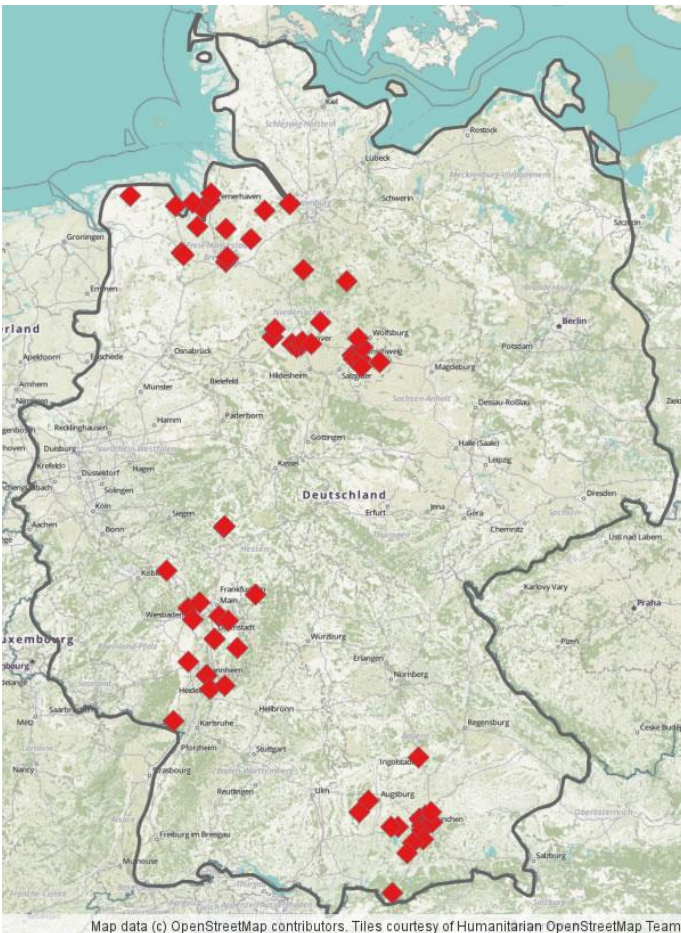


Abbildung 8: Geografische Verteilung der Feldteilnehmer (Humanitarian OpenStreetMap Team, o. J.; OpenStreetMap, 2015)

Im Durchschnitt hatten die Feldteilnehmer knapp acht Monate Pedelec-Erfahrung vor dem ersten Tag ihrer Fahrwoche in T1 ($SD = 5,31$, $N = 68$, $Min = 0$ Monate, $Max = 26$ Monate). Für rund 80 % der Feldteilnehmer konnte eine Fahrerfahrung kleiner oder gleich zwölf Monate sichergestellt werden. Für die Online-Teilnahme wurden auch Teilnahmeinteressierte mit längerer Fahrerfahrung berücksichtigt. Damit wurde aufgrund zu geringer Anmeldezahlen von

der ursprünglichen Planung abgewichen, nur jene Pedelec-Nutzer in die Untersuchung aufzunehmen, die kurz vor oder nach dem Kauf ihres Pedelecs standen. Im Durchschnitt wiesen die Online-Teilnehmer eine Fahrerfahrung von 18 Monaten auf ($SD = 15,93$ Monate, $N = 283$, $Min = -2$ Monate²⁰, $Max = 111$ Monate).

Die Probanden hatten vor Teilnahmebeginn durchschnittlich 3.077 km mit dem Pedelec zurückgelegt (Median = 1.800 km, $SD = 4.101,05$ km, $Min = 1$ km, $Max = 35.000$ km, $N = 342$). Bei den reinen Online-Teilnehmern fällt der Wert – bedingt durch den längeren Besitzzeitraum – erwartungsgemäß höher aus ($M = 3.413$ km, Median = 2.000 km, $SD = 4.412,70$ km, $N = 278$) als bei den Feldteilnehmern ($M = 1.623$ km, Median = 1.000 km, $SD = 1.665,49$ km, $N = 64$).

2.2. Datengrundlage

Im Rahmen von Pedelection wurde eine große Fülle an qualitativen und quantitativen Daten aus unterschiedlichen Quellen gesammelt und ausgewertet. Im Folgenden werden Datenquellen und Anzahl bzw. Art der Daten genauer beschrieben.

2.2.1. Leitfaden zur Händlerbefragung im Überblick

Der im Rahmen der vorgeschalteten Händlerbefragung eingesetzte Leitfaden umfasste folgende Themen und Fragen (vgl. auch Kapitel 2.2.5):

Angaben zu den Kunden / Kaufmotiven:

- Fragen zum (un-)typischen Kunden
- Unterschiede von Pedelec-Kunden gegenüber „normalen“ Fahrradkunden
- Veränderungen in der Zusammensetzung der Käuferschaft
- Fragen zu Gründen für den Kauf eines Pedelecs
- Fragen zu Hemmnissen und Ängsten im Kaufvorfeld

Angaben zum Unternehmen:

- Größe des Kundeneinzugsgebietes
- Angaben zu topografischen, klimatischen bzw. geografischen Besonderheiten des Einzugsgebietes

²⁰ Die Fahrerfahrung wurde aus der Differenz von Kaufdatum und dem Datum des ersten Teilnahmetages der ersten Befragung ermittelt. Ein negativer Wert bedeutet hier, dass das Pedelec erst nach der Erstbefragung gekauft wurde.

- Beschreibung des Warenangebots
- Angaben zum Startzeitpunkt und zu Gründen für den Vertrieb von Pedelecs innerhalb des Unternehmens
- Mitarbeiterzahl und -spezialisierung
- Angaben zu den vertriebenen Herstellern und Marken sowie ggf. Spezialisierungen im Bereich der Antriebsarten und Sensorik der Motorunterstützung
- Angaben zu Verkaufszahlen

Technik und Handling:

- Kundenprobleme im Umgang mit ihrem Pedelec
- Ggf. wiederkehrende technische Probleme
- Angaben zur Akkulebensdauer sowie zur Verfahrensweise mit nicht mehr nutzbaren Akkus im Unternehmen

Einschätzungen zu Verlagerungs- / Klimaeffekten:

- Beschreibung von typischen Nutzungsabsichten der Kunden
- Fragen zu Veränderungen der tatsächlichen Verkehrsmittelnutzung der Kunden
- Einschätzungen zur Umweltfreundlichkeit von Pedelecs
- Einschätzungen zu ökobilanziellen Fragen im Vergleich zum konventionellen Fahrrad

Persönliche Einschätzungen zum Pedelec:

- Fragen zu Entwicklungsmöglichkeiten / Potenzialen im Bereich Pedelec
- Ideen für Maßnahmen, um das Pedelec für weitere Nutzergruppen attraktiver zu gestalten

2.2.2. Anmelde-Fragebogen / Screening-Befragung

Ziel der Screening-Befragung war die Auswahl von Nutzern für die Studie nach bestimmten Kriterien (vgl. Kapitel 2.1.3). Der Screening-Fragebogen zur Anmeldung konnte in der Zeit vom 30.01.2013 bis zum 31.07.2014 aufgerufen werden. Das Anmeldefenster wurde bewusst über die gesamte Feldphase offen gehalten, um laufend Nachrekrutierungen zu ermöglichen. Teilnehmer, die erst Ende 2013 oder Anfang 2014 zu der ersten Befragungsrunde eingeladen wurden, konnten somit nicht durchgängig über alle Jahreszeiten befragt werden.

Die Teilnahmeinteressierten wurden befragt zu:

- Anzahl von Pedelecs im Haushalt / geplante Anschaffung(en) in den kommenden Monaten
- Marke/n des / der vorhandenen Pedelecs
- Nutzung des / der Pedelecs im Haushalt durch weitere Personen
- Vorwiegender Nutzungszweck des / der Pedelecs durch die teilnahmeinteressierte Person
- Durchschnittliche Nutzungshäufigkeit in den Monaten April bis Oktober
- Kilometer, die in einer durchschnittlichen Woche mit dem Pedelec zurückgelegt werden
- Kilometer, die in einer durchschnittlichen Woche mit dem Fahrrad zurückgelegt werden / wurden
- Pedelec-Kaufkriterien²¹
- Geschlecht und Alter
- Im Haushalt lebende Personen
- Wohnort
- Verkehrsmittelnutzung in den vergangenen zwölf Monaten
- Höchster allgemeinbildender Schulabschluss
- Berufliche Ausbildungsabschlüsse
- Erwerbssituation
- Gewünschte Teilnahmeart (Feldteilnahme bevorzugt, Online-Teilnahme bevorzugt, beide Alternativen denkbar)
- Angaben zur Internetverbindung, Browser, Betriebssystem
- Angaben dazu, wie Interessierte auf das Projekt aufmerksam geworden sind

Nach Abschluss der Befragung wurden die Kontaktdaten getrennt von den restlichen Befragungsinhalten erfasst und gespeichert, um die Anonymität der Teilnehmer zu gewährleisten. Teilnehmer, die keinerlei Kontaktdaten hinterlassen hatten, konnten für die Teilnahme am Projekt nicht berücksichtigt werden.

²¹ Die Filterführung innerhalb der Screening-Befragung war so ausgelegt, dass Teilnahmeinteressierte, die bereits mindestens ein Pedelec im Haushalt genutzt haben und solche, die eine Anschaffung für die nächsten Monate erst anvisierten, entsprechend angepasste Frageformulierungen beantworteten.

Insgesamt wurde der Screening-Fragebogen 1.170 mal aufgerufen. Davon enthielten 198 Aufrufe (17 %) Abbrüche auf der ersten Seite, 133 Teilnehmer (11 %) gaben auf die Frage „Besitzt Ihr Haushalt ein oder mehrere Elektrofahrräder (Pedelects)?“ die Antwort „Nein, und es ist dieses Jahr auch keine Anschaffung geplant“. Neben diesen Datensätzen wurden weitere 55 (5 %) aufgrund unvollständiger Angaben bzw. Abbrüchen vor der Mitte des Fragebogens entfernt.

Es verblieben 784 (67 %) Datensätze, die für die Auswahl der Teilnehmer genutzt werden konnten. Da 129 Teilnehmer im Fragebogen eine reine Online-Teilnahme abgelehnt hatten und für eine Feldteilnahme nicht in Frage kamen, wurden diese bei den Einladungen zur ersten Befragungsrunde ebenfalls nicht berücksichtigt.

2.2.3. Wegeprotokolle

Kern der je einwöchigen über die vier Jahreszeiten verteilten Befragungen war das Führen von Wegeprotokollen. Über die Wegeprotokolle dokumentierten alle Teilnehmenden viermal sieben Tage lang möglichst lückenlos sämtliche Fahrten und Gänge. Die Wegeprotokollierung wurde in erster Linie online durchgeführt²², nur die Feldteilnehmer konnten die Wegeprotokolle auch in Papierform ausfüllen (vgl. Anhang A1). Grundlage für die Wegeprotokolle bildete ein modifiziertes, im Rahmen des Projekts „GridSurfer“ bereits erfolgreich eingesetztes Befragungsinstrument (EWE AG u. a., 2011). Pro Tag konnten bis zu zehn Fahrten oder Gänge (in der Papierfassung bis zu acht Fahrten oder Gänge) festgehalten werden. Wege wurden nach 30 Minuten Stillstand als separate Wege betrachtet (vgl. Anhang A2). Kürzere Stillstandzeiten sind somit als Pausen in den einzelnen Wegen enthalten. Erfragt wurden für jede Fahrt / jeden Gang die folgenden Punkte:

- Welches Verkehrsmittel haben Sie für diese Wegstrecke hauptsächlich genutzt?
- Entfernung
- Hauptzweck der Fahrt / des Ganges (Antwortoptionen: Fahrt zum Arbeitsplatz, vom Arbeitsplatz nach Hause, andere berufliche Fahrt, Ausbildung / Schule / Universität, Einkauf, private Erledigung, Freizeit / Urlaub, sonstiges)

²² Alle Online-Befragungen im Rahmen von Pedelection wurden mit dem Online-Tool EFS der Firma Questback (Unipark) umgesetzt und durchgeführt.

- Wäre das Ziel für Sie persönlich auch mit einem anderen Verkehrsmittel erreichbar gewesen²³ (Antwortoptionen: nein; ja, und zwar: mit dem Pedelec, mit dem Fahrrad, zu Fuß, mit dem Pkw, mit dem Motorrad / Motorroller o. ä., mit ÖPNV, mit der Bahn (Regional- / Fernverkehr), mit²⁴:)
- Mit welchem Verkehrsmittel wäre dieser Weg vor dem Pedelec-Kauf zurückgelegt worden?²⁵ (Antwortoptionen: mit dem Fahrrad, zu Fuß, mit dem Pkw, mit dem Motorrad / Motorroller o. ä., mit ÖPNV, mit der Bahn (Regional- / Fernverkehr), gar nicht, mit:*)

Am Ende jeden Tages wurden die Teilnehmenden um ihre subjektive Einschätzung zu den folgenden Punkten gebeten:

- Wie war das Wetter heute überwiegend?²⁶ (Antwortoptionen: sonnig, heiter, bewölkt, Regen, Gewitter, Schnee (nur in T3 und T4))
- Nur in T3 und T4: Wie waren die Straßenverhältnisse heute (bezogen auf die Wege, die Sie tatsächlich genutzt haben – und zu den Zeiten als Sie unterwegs waren)? (Antwortoptionen: normal, (geschlossene) Schneedecke, Schneematsch, (teilweise) vereist, sonstiges:*)
- Wie windig war es heute überwiegend? (Antwortoptionen: kaum Wind, windig, starker Wind)
- Stand Ihnen heute ein Kraftfahrzeug zur Verfügung, unabhängig davon, ob Sie es genutzt haben? (Antwortoptionen: ja, nein)
- Handelt es sich bei diesen Angaben um einen für Sie typischen Tagesablauf? (Antwortoptionen: ja, nein)
- Falls nein, inwiefern war dieser Tag ungewöhnlich? (Antwortoptionen: Ich habe (eine) längere Strecke(n) zurückgelegt, nämlich ca. __ km mehr. Ich habe (eine) kürzere Strecke(n) zurückgelegt, nämlich ca. __ km weniger. Ich habe andere Verkehrsmittel genutzt. Gewöhnlich nutze ich für diese Strecke(n):*, Sonstiges:*)

²³ Eine Mehrfachauswahl war möglich.

²⁴ Hier und bei den mit * gekennzeichneten Antworten hatten die Teilnehmer die Möglichkeit einer freien Texteingabe.

²⁵ Hier war nur eine Einfachauswahl möglich.

²⁶ Hier war nur eine Einfachauswahl möglich.

- Wie kam dieser Unterschied zustande?²⁷ (Antwortoptionen: Ich war/bin im Urlaub. Ich war/bin krank. Ich habe einen Wochenendausflug gemacht. Ich hatte zusätzliche berufliche Termine. Ich hatte zusätzliche private Termine. Ich bin eine andere Strecke gefahren als sonst. Sonstiges:*)
- Möchten Sie uns sonst noch etwas zu diesem Tag mitteilen?*
- Für die Feldteilnehmer wurde zusätzlich die Frage gestellt: Konnten Sie die Pedelec-Fahrten dieses Tages komplett mit Ihrem Garmin-Fahrradcomputer aufzeichnen oder gab es Probleme? (Antwortoptionen: Ich habe heute keine Fahrt mit dem Pedelec unternommen. Ich konnte alle Pedelec-Fahrten problemlos loggen. Beim Loggen der Fahrten traten folgende Schwierigkeiten auf:*)

Bei allen wegebezogenen Fragen zu den Wegeprotokollen handelte es sich um Pflichtfragen, d. h. die Probanden konnten nur dann zur Bearbeitung der nächsten Frage voranschreiten, wenn die vorhergehende Frage beantwortet wurde.

Die Teilnehmer wurden jeweils eine Woche vor Beginn der Befragung per Mail zu der Befragungswoche eingeladen und erhielten den Link zur Online-Befragung sowie Ausfüllhinweise (die Feldteilnehmer, die sich während des Interviews für die Papierfassung ausgesprochen hatten, erhielten die Unterlagen per Post) (vgl. Anhang A2).

Die Auswahl der Fahrwoche wurde mit den Feldteilnehmern gemeinsam im Rahmen des vorhergehenden Interviews getroffen. Die Auswahl der Fahrwochen für die reinen Online-Teilnehmer erfolgte bei der ersten Fahrwoche auf Basis einer Zufallsauswahl, bei allen folgenden Fahrwochen wurden ein Mindestabstand von zwei Monaten und ein Maximalabstand von vier Monaten angestrebt. In Einzelfällen wurde mit den Teilnehmern eine alternative Fahrwoche vereinbart.

2.2.4. Online-Befragungen

Rund um die Wegeprotokolle wurden weitere Fragen eingebettet, die u. a. Rückschlüsse über Einstellungen, Motivationen, Verhaltensänderungen etc. in Zusammenhang mit der Pedelec-Nutzung gaben. Die Interviews mit den Feldteilnehmern und deren Zwischenauswertungen wurden bei der Fragengestaltung für die Online-Befragungen einbezogen. Die

²⁷ Eine Mehrfachauswahl war möglich.

Themenschwerpunkte der vier Befragungswellen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Mit * gekennzeichnete Fragenkomplexe wurden nur den reinen Online-Teilnehmern gestellt, da diese mit den Feldversuchsteilnehmern bereits in den Interviews besprochen bzw. erhoben wurden.

Tabelle 2: Inhalte der Befragungswellen T1 bis T4 (ohne Wegeprotokollangaben)

Zeitpunkt	Inhalte
T1	<i>Angaben zum Pedelec:*</i>
Nach Tag 1	<ul style="list-style-type: none"> - Marken und Typenbezeichnung - Gewicht des Pedelec - Bisher zurückgelegte Kilometer - Pedelec-Nutzung im Haushalt
	<i>Soziodemografie und Sozioökonomie:*</i>
	<ul style="list-style-type: none"> - Geschlecht - Alter - Körpergröße - Gewicht - Personen pro Haushalt - Personen unter 18 - Angaben zum Wohnort - Höchster Schulabschluss - Berufliche Ausbildungsabschlüsse - Erwerbssituation - Haushaltsnettoeinkommen
T1	<i>Angaben zum Kauf bzw. zur Pedelec-Nutzung:*</i>
Nach Tag 3	<ul style="list-style-type: none"> - Pedelec-Typ (25, 45, Eigenbau, Sonstiges) - Wo wurde Pedelec erworben? - Fahrerfahrungen vor Kauf - Informationsquellen vor Kauf - Kaufkriterien

Zeitpunkt	Inhalte
T1	- Nutzungsgründe
Nach Tag 3	- Abstellort zu Hause - Hauptsächlichlicher Nutzungszweck - Benotung der Alltagstauglichkeit - Positive und negative Erfahrungen mit Pedelec - Verbesserungsvorschläge für die Infrastruktur - Autoverzicht denkbar?
T1	<i>Angaben zum Mobilitätsverhalten und zum Haushaltsfuhrpark:</i>
Nach Tag 7	- Führerscheinbesitz - Zusammensetzung des Haushaltsfuhrparks - Nutzungshäufigkeit der im Haushalt vorhandenen Fahrzeuge - Nutzungshäufigkeit öffentlicher Verkehrsmittel oder Leihfahrzeuge - Subjektiv wahrgenommene Veränderung der Verkehrsmittelnutzung seit Pedelec-Kauf - Welches Verkehrsmittel würde am meisten vermisst werden? - Erreichbarkeit der üblichen Ziele vom Wohnort mit ÖPNV, MIV und NMIV - Gesundheitlich bedingte Einschränkungen der Mobilität
T2	<i>Angaben zu Veränderungen hinsichtlich Soziodemografie:</i>
Nach Tag 7	- Umzug und / oder Veränderung der Haushaltsgröße - Änderungen des Haushaltsfuhrparks - Ggf. Fragen zu neu angeschafften Pedelecs (s. T1)
	<i>Angaben zum Energieverhalten:</i>
	- Im Haushalt genutzter Stromtarif

Zeitpunkt	Inhalte
T2	- Photovoltaik-Nutzung im Haushalt
Nach Tag 7	
T3	<i>Pedelec fahren im Herbst / Winter:*</i>
Nach Tag 7	<ul style="list-style-type: none">- Aktuelle Nutzung des Pedelecs- Gründe für seltenere oder Nicht-Nutzung- Voraussichtlicher Zeitpunkt der Wiedernutzung- Lagerort und -temperatur von Pedelec und Akku- Welches Verkehrsmittel ersetzt Pedelec? <p><i>Änderungen im Nutzungsverhalten seit T2:*</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Veränderungen im Park-/Abstellverhalten- Veränderung der Ladegewohnheiten- Veränderung der genutzten Unterstützungsstufe(n)- Veränderungen bezüglich sonstiger Verkehrsmittelnutzung <p><i>Subjektive Verkehrsmittelnutzung 2013:</i></p> <ul style="list-style-type: none">- 2013 zurückgelegte Kilometer mit Pedelec, zu Fuß und mit sonstigen Verkehrsmitteln- Nutzungshäufigkeit des Pedelecs über die Monate- Nutzungshäufigkeit des Pedelecs nach Wegearten <p><i>Rückblick 2013:*</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Highlights und Lowlights 2013
T4	<i>Fragen zum Akku:</i>
Nach Tag 7	<ul style="list-style-type: none">- Anzahl genutzter Akkus- Pro Akku: Abfrage von Energiegehalt (Wh), Ladungskapazität (Ah), Spannung (V), Gewicht (kg) und Nutzung im Alltag

Zeitpunkt	Inhalte
T4	<i>Mobilitätsverhalten während der Fahrwochen:</i>
Nach Tag 7	<ul style="list-style-type: none">- Einschätzung zur Durchschnittlichkeit der während der Fahrwochen zurückgelegten Fahrten / Gänge
	<i>Pedelec-Nutzung während der Wintermonate:*</i>
	<ul style="list-style-type: none">- Tatsächliche Nutzung während der Wintermonate- Entspricht die tatsächliche Nutzung der geplanten?- Geplanter Einsatz im kommenden Winter 2014 / 15- Zeitpunkt der Wiedernutzung und Probleme bei der Wiederinbetriebnahme
	<i>Änderungen im Nutzungsverhalten seit T3:*</i>
	<ul style="list-style-type: none">- Veränderungen im Park-/Abstellverhalten- Veränderung der Ladegewohnheiten- Veränderung der genutzten Unterstützungsstufe(n)- Veränderungen bezüglich sonstiger Verkehrsmittelnutzung
	<i>Stabilität der Einstellungen:*</i>
	<ul style="list-style-type: none">- Benotung der Alltagstauglichkeit des Pedelecs- Nutzungsgründe- Kaufkriterien
	<i>Angaben zu Reparatur und Wartung des Pedelecs:</i>
	<ul style="list-style-type: none">- Reparaturen am Pedelec seit Beginn der Teilnahme- Regelmäßigkeit der Wartung
	<i>Wünschenswerte Weiterentwicklungen im Pedelec-Bereich:</i>
	<ul style="list-style-type: none">- Notwendige oder wünschenswerte Weiterentwicklungen im Pedelec-Bereich- Neukauf denkbar bei entscheidenden Neu- oder Weiterentwicklungen- Erwartung an die Lebensdauer des bisherigen Pedelecs
	<i>Angaben zu Veränderung des Gesundheitszustands durch Pedelec-Nutzung*</i>

Zeitpunkt	Inhalte
T4	<i>Änderungen des Haushaltsfuhrparks:</i>
Nach Tag 7	<ul style="list-style-type: none">- Zusammensetzung des Haushaltsfuhrparks- Pedelec ursächlich für Veränderung des Haushaltsfuhrparks?- (Weitere) Änderung des Haushaltsfuhrparks geplant? <i>Veränderungen soziodemografischer / sozioökonomischer Kennwerte:</i> <ul style="list-style-type: none">- Abfrage zu Umzug, Veränderung der Haushaltsgröße, der Erwerbssituation und sonstigen Veränderungen

2.2.5. Problemzentrierte Leitfaden-Interviews

Als Methode für die Befragung der Feldteilnehmer wurde das problemzentrierte Interview gewählt (vgl. Kurz, Stockhammer, Fuchs, & Meinhard, 2009; Witzel, 1982), in dessen Verlauf die subjektiven Sinnbezüge sowie die Sicht-, Erfahrungs- und Handlungsweisen der Teilnehmer im Themenfeld Pedelec detailliert eruiert wurden. Für diese Ermittlung wurden das erste und das letzte Interview persönlich und leitfadengestützt mit den Teilnehmern geführt. Flankierend zu den persönlichen Face-to-Face-Interviews (T1, T4) wurden zu den Zeitpunkten T2 und T3 telefonische, ebenfalls leitfadengestützte Interviews durchgeführt²⁸.

Diese sogenannte qualitative Herangehensweise ermöglicht es, eine tiefergehende Betrachtung der Nutzungsmotive und beeinflussender Nutzungsfaktoren in einer durch die Interviewer geführten, offenen Gesprächssituation vorzunehmen. In der offenen Gesprächssituation wurden vorab definierte Themenblöcke angesprochen, die für das Feld Pedelec von Relevanz sind und anhand der Literaturanalyse sowie der vorangegangenen Händlerinterviews identifiziert wurden.

Leitfadeninterviews haben den Vorteil, dass aufgrund des Frageleitfadens zwar eine offene Gesprächsführung und durch die Erweiterung von Antwortspielräumen die Erfassung des Bezugsrahmens des Befragten ermöglicht wird, trotzdem aber alle als forschungsrelevant

²⁸ Die verwendeten Leitfäden können bei Interesse am Institut für Transportation Design angefordert werden.

vermuteten Themen auch tatsächlich angesprochen werden (Diekmann, 2001, S. 443 f.). Zur späteren Transkription und Auswertung wurden die Interviews jeweils mit digitalen Aufnahmegeräten mitgeschnitten.

Tabelle 3: Zeitraum, Dauer und übergeordnete Themen der Interviews

	T1	T2	T3	T4
Zeitraum	29.04. bis 20.09.13	08.08. bis 13.11.13	13.11.13 bis 14.01.14	02.04. bis 15.07.14
Teilnehmer	69 ²⁹	69	68	67
Form	Face-to-Face	telefonisch	telefonisch	Face-to-Face
Dauer	46 Stunden Audiomaterial (M = 42 min (pro Interview))	25 Stunden Audiomaterial (M = 23 min (pro Interview))	20 Stunden Audiomaterial (M = 18 min (pro Interview))	33 Stunden Audiomaterial (M = 31 min (pro Interview))
Inhalte	- Erste Erfahrungen mit Pedelec; - Ermittlung der beabsichtigen bzw. bisherigen Nutzung des Pedelecs; - (Nicht-) Nutzungsmotive des Pedelecs; - Einstellungen zum Pedelec; - Mobilitätsverhalten mit und ohne Pedelec	- Erfahrungsberichte mit Pedelec - Weiterempfehlungsbereitschaft - Fragen nach Sicherheitsempfinden - Anmerkungen, Anregungen zur regionalen Verkehrsinfrastruktur	- Umgang mit Pedelec und Akku im Herbst / Winter - Jahreszeitlich bedingte Änderungen des Nutzungsverhaltens - Nutzung weiterer Verkehrsmittel im Herbst / Winter	- Tatsächliche Nutzung im Herbst / Winter - Einstellungen zum Pedelec - Veränderungen des Gesundheitszustands - Übrige Verkehrsmittelnutzung - Mobilitätsverhalten allg.

²⁹ Darunter drei Paare, die zusammen befragt wurden. Eine Befragte trat kurz nach dem Interview von der Teilnahme am Projekt zurück.

T1	T2	T3	T4
(Verkehrsmittel- nutzungstabelle ³⁰); - Eruierung der Faktoren für die persönliche Verkehrsmittel- wahl; - Generelle Einstellung zu Mobilität; - Soziodemografie (Paper-Pencil- Fragebogen); - Einweisung in Geräte, Einrichtung und Anbau. - Terminierung der ersten Fahrwoche	- Klärung von eventuellen Problemen mit Datenloggern - Terminierung der 2. Fahrwoche	- Highlights und Lowlights - Klärung von eventuellen Problemen mit Datenloggern - Terminierung der 3. Fahrwoche	- (Neu-)Kauf- szenario für 2014 bzw. mittelfristige Zukunft - Rückmel- dungen zum Projektverlauf - Geräterück- gabe

Die insgesamt 14 während des Projektverlaufs eingesetzten Interviewer wurden in der Handhabung des jeweiligen Leitfadens im Vorfeld von Mitarbeitern des ITDs geschult. Interviewer, die die erste Befragungsrunde durchführten, erhielten zudem eine technische Einweisung für die Einrichtung und den Anbau der eingesetzten Datenaufzeichnungsgeräte. Bei den vor Ort stattfindenden Interviews wurden schwerpunktmäßig Interviewer eingesetzt, die selber aus der Region stammten, um Reisezeiten und -kosten möglichst gering zu halten.

Direkt im Anschluss an die Interviews füllten die Interviewer sogenannte Postskripte aus (s. Beispiel im Anhang A4), in denen u. a. wichtige Gesprächsinhalte und ggf. berichtete technische

³⁰ Vgl. Anhang A3.

Probleme und Rückmeldungen der Teilnehmer zum Projekt dokumentiert wurden, um möglichst schnell auf etwaige Probleme reagieren zu können.

2.2.6. Systeme zur Datenaufzeichnung

Für die Aufzeichnung der Fahr- und Ladedaten im Rahmen des Feldversuchs wurde auf handelsübliche Geräte zurückgegriffen. Die Mindestanforderungen an die Geräte wurden im Vorfeld des Projekts durch einen Anforderungskatalog festgelegt, in dem die allgemeinen Messaufgaben und wesentliche Merkmale der Datenerfassungssysteme festgehalten wurden. Als für die Ökobilanzierung besonders wichtig wurden die folgenden quantitativen Parameter identifiziert:

- Strecke (Länge und topografische Beschaffenheit)
- GPS-Koordinaten
- Stromaufnahme beim Laden der Batterie

Optimal im Sinne einer kontinuierlichen Datenaufzeichnung und der Fehlervermeidung durch manuelle Eingriffe von Seiten der Probanden wäre die Verwendung eines fest zu verbauenden Datenloggers wie z. B. des Bosch „Speedict eBike³¹“ gewesen. Da diese Formen von Datenloggern aber in die Stromversorgung des Pedelec eingeschleift werden müssen, kam eine Verwendung letztlich nicht in Frage: Ein Eingriff in die Stromversorgung des Pedelecs führt zum Erlöschen der Herstellergarantie. Dies war Privatkäufern als Zielgruppe der Studie nicht zuzumuten.

Um auch ohne Eingriff in den Stromkreislauf der Pedelecs möglichst alle relevanten Daten quantitativ erfassen zu können, mussten mindestens zwei getrennte Aufzeichnungsgeräte verwendet werden: Eines, das die gewünschten Fahr- und eines, das die notwendigen Ladeparameter erfassen und aufzeichnen kann. Aufgrund der räumlichen Distanzen zwischen den Feldversuchsregionen und den Probanden innerhalb der Regionen sollten die Geräte zudem so beschaffen sein, dass diese nach einer anfänglichen Einrichtung durch geschulte Projektmitarbeiter von den Probanden selbst zu bedienen sein würden und dass die Probanden die Datenübermittlung an das ITD selbst vornehmen könnten. Für die beiden Geräte wurden

³¹ <http://speedict.com/>. Letzter Aufruf am 01.08.2014.

eigene Bedienungsanleitungen entwickelt, die die jeweils für das Projekt zentralen Schritte zur Datenaufzeichnung und Datenübermittlung enthielten.

2.2.6.1. Aufzeichnung der Ladeparameter

Für die Aufzeichnung der Ladeparameter wurde das Energiekostenmessgerät „Voltcraft Energy Logger 4000“ gewählt, das zwischen Ladegerät und Steckdose geschaltet wird und die gemessenen Energieflüsse im internen Speicher für etwa ein halbes Jahr speichern kann. Für die spätere Auswertung war bei diesem Modell vorteilhaft, dass sich die gespeicherten Daten auf ein externes Speichermedium (SD-Karte) übertragen lassen.

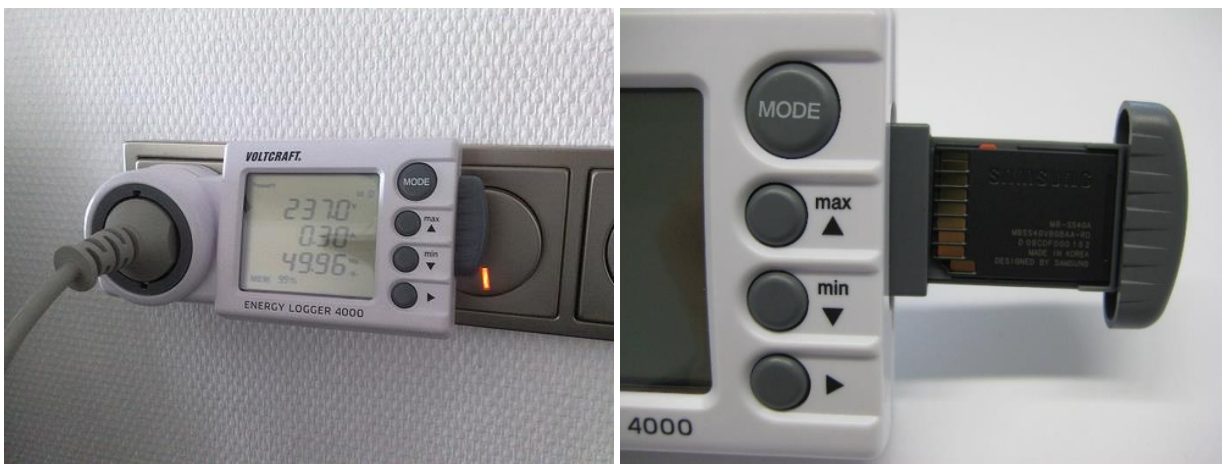


Abbildung 9: Bilder des verwendeten Lade-Aufzeichnungsgeräts

Nach der Einrichtung (Datum, Uhrzeit, Aufzeichnungsmodus) und der Erklärung der Bedienung des Geräts im Anschluss an das erste Interview sollte das Energiemessgerät mindestens in den vier vereinbarten Fahrwochen während der Ladevorgänge zwischen Pedelec-Akku und Stromquelle eingesteckt werden. Die Daten wurden nach Abschluss der jeweiligen Fahrwoche über die SD-Karte von den Teilnehmern ausgelesen und zusammen mit den Fahrdaten an das ITD übermittelt.

Trotz Einweisung und Bedienanleitung kam es teilweise zu Bedienfehlern, sodass nicht von allen Teilnehmern Ladedaten vorliegen. Zudem nutzten nicht alle Teilnehmer ihr Pedelec während jeder Fahrwoche, sodass auch von diesen Probanden keine Ladedaten vorliegen (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Datenbasis Ladedaten

	T1	T2	T3	T4	Σ
Anzahl Personen, die Daten übermittelt haben	64	51	37	54	-
Datenverlust aufgrund von Bedienfehlern	4	6	8	5	23
Keine Pedelec-Fahrten unternommen	1	11	23	9	44
Anzahl an auswertbaren Ladedatensätzen*	57 (57)	39 (36)	26 (24)	32 (31)	154 (148)
Gesamtzahl an Fällen	185	119	78	90	472

* Zur Ermittlung des spezifischen Energieverbrauchs sind neben den Ladedaten auch entsprechende Fahrdaten erforderlich, die nicht von allen Probanden vorlagen. Dies hat die auswertbaren Datensätze weiter reduziert, Wert in Klammern.

Neben Bedienfehlern wurde häufig die falsche Woche geloggt oder das Datum wurde falsch eingestellt. Diese Daten ließen sich nicht hinreichend mit den gefahrenen Kilometern in Verbindung bringen, sodass sich die Fallzahl für die Auswertung weiter verringert hat (s. Tabelle 4).

Das Messgerät hat, sobald es angeschlossen wurde, für jede Sekunde die Aufnahmezeit, die Stromstärke, die Wirkleistung und die Scheinleistung aufgezeichnet. Die Rohdaten wurden soweit formatiert, dass für jeden Probanden der Datensatz in einzelne Ladezyklen mit entsprechender Energiemenge zerlegt wurde. Weiterhin wurde über eine Variable gekennzeichnet, ob sich der Ladezyklus innerhalb oder außerhalb der Fahrwoche befindet. Folgende Liste stellt die Variablen der Ladedaten zusammen:

- ID Energie
- Probandencode
- Start Ladezyklus
- Aufnahmezeit
- Ende Ladezyklus

- Wirkleistung (in Watt)
- Energie (in Wattstunden)
- Befragungsrunde (T1-T4)
- Datenerhebung Kalenderwoche (innerhalb oder außerhalb der vier vereinbarten Fahrwochen)

2.2.6.2. Aufzeichnung der Fahrparameter

Bei der Aufzeichnung der Fahrparameter waren im Vorfeld generell zwei Wege angedacht worden: Die Verwendung eines handelsüblichen Fahrradcomputers mit entsprechender Funktionalität oder die Verwendung von Smartphones, die mit Hilfe geeigneter Apps und Zubehör (wie Lenkerhalterung für Smartphone, Witterungsschutz, ANT+-Sensoren) eine solche Funktionalität ebenfalls anbieten.

Viele Pedelecs verfügen mittlerweile über (fest verbaute) "Bordcomputer", die die gängigsten Tachofunktionen beherrschen. Die Daten lassen sich für die Untersuchung zwar nicht verwenden, da diese Geräte in der Regel nicht die Möglichkeit einer Datenübermittlung bieten. Der Tatsache muss aber insofern Rechnung getragen werden, als dass der in der Untersuchung eingesetzte Datenlogger einen deutlichen Mehrnutzen gegenüber dem verbauten Gerät für die Teilnehmenden bieten sollte. Die Pedelec-Fahrer sollten den Datenlogger in ihrem Nutzungsalltag möglichst häufig zum Einsatz bringen, um statistisch verwertbare Datenmengen über möglichst viele Messzeitpunkte zu sammeln. Gespräche mit unseren Kooperationspartnern im Vorfeld der Studie haben gezeigt, dass insbesondere eine Navigationsfunktion als Anreiz wirken könnte.

Gleichzeitig sollte das Datenaufzeichnungsmedium, aufgrund des erwarteten höheren Altersdurchschnitts und zur Minimierung von technischem Betreuungsaufwand, möglichst einfach und intuitiv zu bedienen sein. Die Online-Datenübertragung sollte unkompliziert und möglichst auch ohne Installation zusätzlicher Software durchführbar sein, um Probleme, z. B. mit veralteten Betriebssystemen, zu vermeiden. Die Entscheidung fiel zugunsten des Fahrradcomputer „Garmin Edge 800 Bundle“ aus, da dieser im Test verschiedener Fahrradcomputer mit ausreichendem Funktionsumfang am ehesten die gewünschte Funktionalität aufwies.



Abbildung 10: Der eingesetzte Fahrradcomputer „Garmin Edge 800“ – Detailaufnahmen

Der Garmin Fahrradcomputer wurde nach dem Erstinterview durch den jeweiligen Interviewer zusammen mit dem Teilnehmer eingerichtet (u. a. Aufzeichnungsmodus, Raddurchmesser, Alter, Geschlecht, Gewicht des Pedelecs und des Probanden). Sensor und Magnete wurden in der Regel ebenfalls von den Interviewern am Pedelec angebracht³². Parallel dazu wurden die für das Projekt zentralen Funktionen gezeigt und erklärt. Der Garmin sollte von den Teilnehmern mindestens in den vier Fahrwochen auf möglichst jeder Pedelec-Fahrt eingesetzt werden. Dazu musste der Garmin eingeschaltet und die Aufzeichnung der Fahrt gesondert gestartet werden. Bei längeren Fahrpausen sollte die Aufzeichnung pausiert und bei Unterbrechungen von länger als 30 Minuten gestoppt werden.

Geplant war zunächst auch die Aufzeichnung aller Fahrten und Gänge. Diese lückenlose Aufzeichnung über alle Verkehrsmittel, die mit den ersten Probanden im ersten Befragungszeitraum durchgeführt wurde, erwies sich aber als zu aufwändig für die Probanden. Auch die Datenaufbereitung wurde dadurch fehleranfälliger, weshalb im Weiteren nur noch die Pedelec-Fahrten aufgezeichnet wurden und die Fahrten mit anderen Verkehrsmitteln sowie die Fußwege ausschließlich über die Wegeprotokolle dokumentiert wurden.

Trotz Einweisung und Bedienanleitung kam es auch hier teilweise zu Bedienfehlern, sodass nicht von allen Teilnehmern Fahrdaten vorliegen. Zudem nutzten nicht alle Teilnehmer ihr Pedelec

³² Da im Rahmen des Projekts eine Vielzahl an Pedelec-Modellen zum Einsatz kam, konnte der Trittfrequenzsensor bauartbedingt nicht an allen Pedelecs angebracht werden (z. B. aufgrund zu großer Abstände zwischen Tretkurbel und Kettenstrebe).

während jeder Fahrwoche, sodass auch von diesen Probanden keine Fahrdaten vorliegen (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Datenbasis Fahr- / GPS-Daten

	T1	T2	T3	T4	Σ
Anzahl Personen, die Daten übermittelt haben	66	58	41	56	-
Datenverlust aufgrund von Bedienfehlern	2	-	4	3	9
Keine Pedelection-Fahrten unternommen	1	11	23	9	44
Anzahl an auswertbaren Datensätzen	65	53	41	55	214
Gesamtzahl an Fällen	677	383	255	383	1.698

Die aus den Fahrradcomputern ausgelesenen Rohdaten enthielten folgende Felder:

- Aufnahmezeit
- Höhe (in Meter)
- X-Koordinate, Y-Koordinate
- Distanz (in Meter)
- Geschwindigkeit (in m/s)
- Trittfrequenz (Umdrehungen pro Sekunde)

2.2.7. Kommunikationstools: Internetpräsenz und Online-Forum

Unter der Internetadresse <http://www.pedelection.de> wurde Anfang 2013 eine eigene Internetpräsenz mit den folgenden zwei Schwerpunkten erstellt:

1. Die Internetpräsenz fungierte als Informations- und zusätzliches Rekrutierungsinstrument, von der aus auch der Anmelde-Fragebogen zu erreichen war (s. Anhang A5).

2. Ein Online-Teilnehmerforum, das ab April 2013 sukzessive für alle eingeladenen Teilnehmer frei geschaltet wurde, diente als Kommunikationsinstrument zwischen ITD und Befragten, aber auch zwischen den Befragten selbst. Das Tool sollte einen Community-Gedanken unter den Teilnehmern aufbauen und als Austauschplattform für Erlebnisse und Fotos von Mobilitätssituationen fungieren. Damit diente das Teilnehmerforum zum einen einer zusätzlichen Auswertung von Beiträgen und Fotos durch das ITD als auch zur Teilnehmerbetreuung und -motivation. Es stellte somit eine Möglichkeit dar, die zu erwartende Panelmortalität in Grenzen zu halten. Das Teilnehmerforum wurde während der gesamten Feldzeit vom ITD betreut und moderiert (s. Anhang A6).

Die Internetseiten wurden 2013 im Monat durchschnittlich 47.473-mal aufgerufen mit einem Nutzungshöhepunkt im Juli mit 129.262 Aufrufen. 2014 wurden die Seiten im Schnitt 37.305-mal im Monat aufgerufen.

Zu dem Forum erhielten nur Teilnahmeinteressierte und Mitarbeiter des Projektes Zugang mit Schreibrecht. Von 644 Eingeladenen loggten sich im Projektverlauf 244 mindestens einmal ein. Insgesamt wurden 673 Beiträge in 23 Kategorien verfasst, wobei der Großteil der Beiträge technische Aspekte wie z. B. das Laden des Pedelec-Akkus über eine eigene Solartankstelle thematisierte³³.

2.2.8. Grundlagen der Umweltbewertung

Die Umweltwirkungen durch die Nutzung von Pedelecs hängen zum einen davon ab, welche Verkehrsmittel durch das Pedelec ersetzt werden (Verlagerungseffekte) und zum anderen von den spezifischen Emissionen der einzelnen Verkehrsmittel. Die Verlagerungseffekte werden entlang soziodemografischer und anderer Faktoren in Kapitel 3.6.2 eingehend analysiert. Zur Einordnung der Klimaentlastung durch diese Verlagerungseffekte ist aber auch eine Umweltbilanz der verschiedenen Verkehrsmittel über den gesamten Lebensweg notwendig. Neben dem Pedelec und dem Fahrrad werden hier auch Auto, Bahn und Bus betrachtet, da auch Fahrten mit diesen Verkehrsmitteln potenziell durch das Pedelec ersetzt werden können.

³³ Die Beiträge des Forums wurden gesondert ausgewertet. Die Auswertung wurde aus Platzgründen nicht in diesen Bericht übernommen. Anregungen und Wünsche von Teilnehmern, die in Forenbeiträgen geäußert wurden, fließen in den Ergebnisteil (vgl. Kapitel 3) und die Handlungsempfehlungen (vgl. Kapitel 5) ein.

Der Verkehrsmittelvergleich bezieht den gesamten Lebensweg der Fahrzeuge ein (ökobilanzielles Prinzip), berücksichtigt also auch die Gewinnung von Rohstoffen, die Herstellung der Fahrzeuge, deren Nutzung und schlussendlich auch die Entsorgung (s. Abbildung 11). Alle im jeweiligen Lebenswegabschnitt eingesetzten Ressourcen und die entstehenden Emissionen werden bilanziert. Der Verkehrsmittelvergleich fokussiert dabei auf diejenigen Emissionen, die aktuell im Verkehrsbereich besonders relevant sind. Neben den klimarelevanten CO₂-Emissionen sind das vor allem Stickoxide (NO_x) und Partikelemissionen, bei denen die EU-Luftqualitätsziele an vielen Messstellen in Deutschland noch überschritten werden (Graff, Dauert, & Feigenspan, 2014). Zusätzlich werden auch die Emissionen an Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen (NMHC) betrachtet. Diese entstehen vor allem durch Otto-Motoren, wobei motorisierte Zweiräder besonders hohe Emissionen aufweisen, die durch Elektrifizierung vermieden werden könnten.

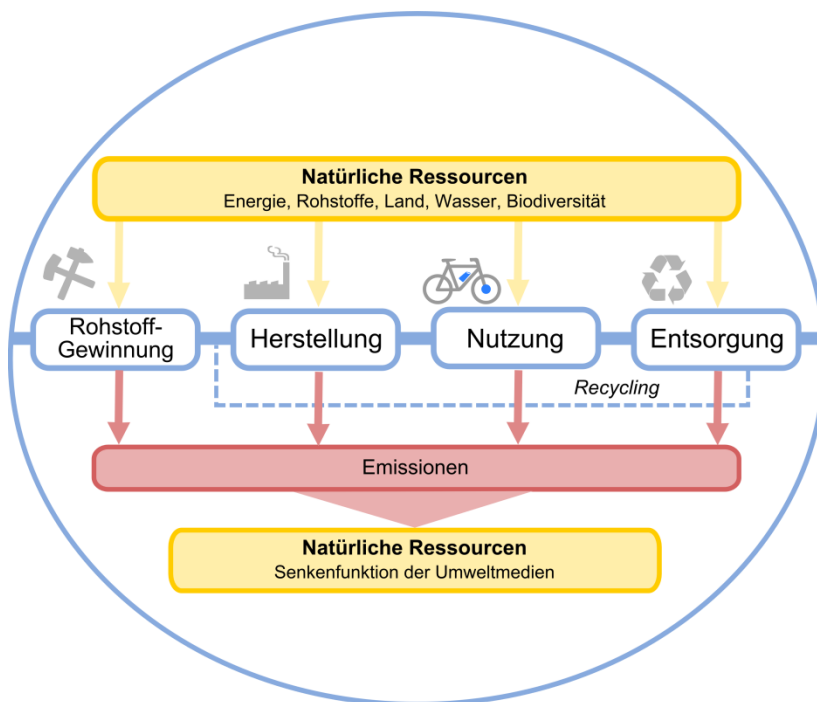


Abbildung 11: Lebenszyklusbetrachtung eines Pedelecs

Die Herstellung der Fahrzeuge wurde mit der Software UMBERTO[®] abgebildet, die vom Hamburger Institut für Umweltinformatik (ifu) entwickelt wurde. Mit UMBERTO[®] ist es möglich, komplexe Stoff- und Energieströme nachzuvollziehen und dabei sämtliche relevante Parameter zu variieren. Die Datengrundlage für die einzelnen Prozesse bildet in der Regel die Datenbank Ecoinvent (Ecoinvent, 2008), die vom Swiss Center for Life Cycle Assessment betreut wird. Die

Herstellung eines Motorrollers und Busses sowie des Schienenverkehrs wurden im Verkehrsmittelvergleich direkt nach der Datenbank Ecoinvent angesetzt.

Zur umfassenden Bilanzierung von Pkw mit unterschiedlichen Antriebskonzepten in verschiedenen Szenarien wurde vom ifeu das Ökobilanzmodell eLCAR (Electric Car LCA) im Rahmen des Projekts UMBReLA aufgebaut (Helms u. a., 2011). Dieses wurde im aktuellen Projekt um eine Komponente zur Bilanzierung von Zweirädern erweitert. Besonderer Fokus liegt dabei auf der Bilanzierung der Batterie als wichtigste differierende Komponente. Hier wurden die drei derzeit am häufigsten in Fahrzeugen eingesetzten Kathodentypen jeweils mit einem Batteriegehäuse aus Stahl betrachtet: Die Nickel-Kobalt-Aluminium-Batterie (NCA), die Nickel-Mangan-Kobalt-Batterie (NMC) und die Lithium-Eisenphosphat-Batterie (LFP). Dabei wird jeweils von der heute marktgängigen Graphit-Anode ausgegangen. Die Materialzusammensetzung der einzelnen Zelltypen wurde auf Basis verschiedener aktueller Publikationen abgeleitet (Bauer, 2010; Dunn, Gaines, Sullivan, & Wang, 2012; Hawkins, Singh, Majeau-Bettez, & Strømman, 2013; Majeau-Bettez, Hawkins, & Strømman, 2011; Notter u. a., 2010; Öko-Institut, 2011). Wesentliche Aspekte der Pkw-Bilanzierung in eLCAR werden in einer Publikation des ifeu (2014b) detailliert beschrieben.

Die Akkubilanzierung findet sowohl Eingang in die Bilanzierung des Elektroautos als auch in der Bilanzierung der Pedelec-Herstellung (s. Kapitel 3.5.3). Von besonderer Bedeutung für die Lebenswegbilanz ist dabei die Lebensdauer der Pedelec-Batterie, denn diese bestimmt die Anzahl der über den Lebensweg notwendigen Akkus. Hier gibt es wenig belastbare empirische Daten, sodass im Wesentlichen auf die im Rahmen des Projektes geführten Händler- und Feldtestinterviews zurückgegriffen wurde. Diese legen nahe, dass bei sachgemäßem Umgang mit den Akkus in qualitativ hochwertigen Pedelecs eine Lebensdauer von mindestens fünf Jahren durchaus realistisch ist. Daher wurde zunächst der optimistische Fall angenommen, dass der Akku innerhalb der Lebensdauer des Pedelecs nicht ausgewechselt werden muss³⁴. In einer Sensitivitätsbetrachtung in Abschnitt 3.5.3 wird zusätzlich die Akkuanzahl variiert, um auf die daraus resultierenden zusätzlichen Emissionen hinzuweisen.

³⁴ Unabhängig von der Lebensdauer wurden im Feldtest teilweise von Beginn an zwei oder sogar drei Akkus genutzt, um Einschränkungen durch die Ladezeiten zu umgehen bzw. um Verfügbarkeitsproblemen im Falle eines späteren Bedarfs nach einem Ersatzakku vorzubeugen.

Emissionen und Kraftstoffverbräuche von Verbrennungsmotoren (Pkw, Motorroller und Bus) beruhen auf dem **Transport Emission Model** (TREMOM) des ifeu (Ifeu, 2014a). Darin wird der gesamte motorisierte Güter- und Personenverkehr (Pkw, motorisierte Zweiräder, Busse, Bahnen, Flugzeuge) in Deutschland abgebildet. Für alle diese Fahrzeuge werden die Verkehrsleistungen und beim Straßenverkehr auch die Fahrleistungen ermittelt. Die Fahrleistungen sind auf die Straßenkategorien Bundesautobahnen, außerörtliche Bundes-, Landes-, Kreis-, Gemeindestraßen sowie Innerortsstraßen aufgeteilt. Hinzu kommen Abschätzungen über die jeweils jahresdurchschnittlichen Verkehrssituationen auf den verschiedenen Straßenkategorien. Dafür werden die Energieverbräuche und die Emissionen von Stickstoffoxiden, Schwefeldioxid, Kohlenwasserstoffen (NMHC, CH₄, Benzol), Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Diesel-Partikeln und Staub berechnet. Die Emissionsdaten beruhen dabei nicht auf Typprüfwerten in standardisierten Zyklen, sondern berücksichtigen ein realitätsnahes Fahr- und Emissionsverhalten.

Pedelecs werden bisher nicht in TREMOM geführt. Ihr Energieverbrauch wird direkt aus den Feldtestdaten abgeleitet (s. Kapitel 3.5). Der Stromverbrauch der Elektroautos wurde mangels repräsentativer empirischer Daten im Fahrzeugmodell eLCAr modelliert (vgl. IFEU, 2014b) und berücksichtigt ebenfalls ein realitätsnahes Fahrprofil und übliche Nebenverbraucher wie die Klimaanlage.

2.3. Datenaufbereitung

Mit der Datenaufbereitung wurde sukzessive bereits während der Erhebung begonnen. Am Ende eines jeweiligen Befragungszeitraums lagen für jeden Teilnehmer die Daten aus den Wegeprotokollen plus den in den Wegeprotollen eingebetteten Zusatzfragen vor. Bei den Feldteilnehmern lagen diese Daten zum Teil in Papierform vor und mussten erst noch in eine digitale Form überführt werden. Zusätzlich lagen bei den 70 Feldteilnehmern die Fahr- und Ladedaten aus den Erhebungswochen, die Audiodateien und Postskripte der Interviews sowie weitere, während des ersten Gesprächs von den Teilnehmern ausgefüllte, Unterlagen vor (Fragebogen zu demografischen / sozioökonomischen Kennwerten, Tabelle zu Verkehrsmittelnutzung vor und nach Pedelec-Kauf). Die Daten wurden anhand eines

eindeutigen sechsstelligen Teilnehmercodes zusammengeführt. Dieser Code wurde von den Teilnehmern bei Projektbeginn anhand eines vorgegebenen Algorithmus selber erstellt³⁵.

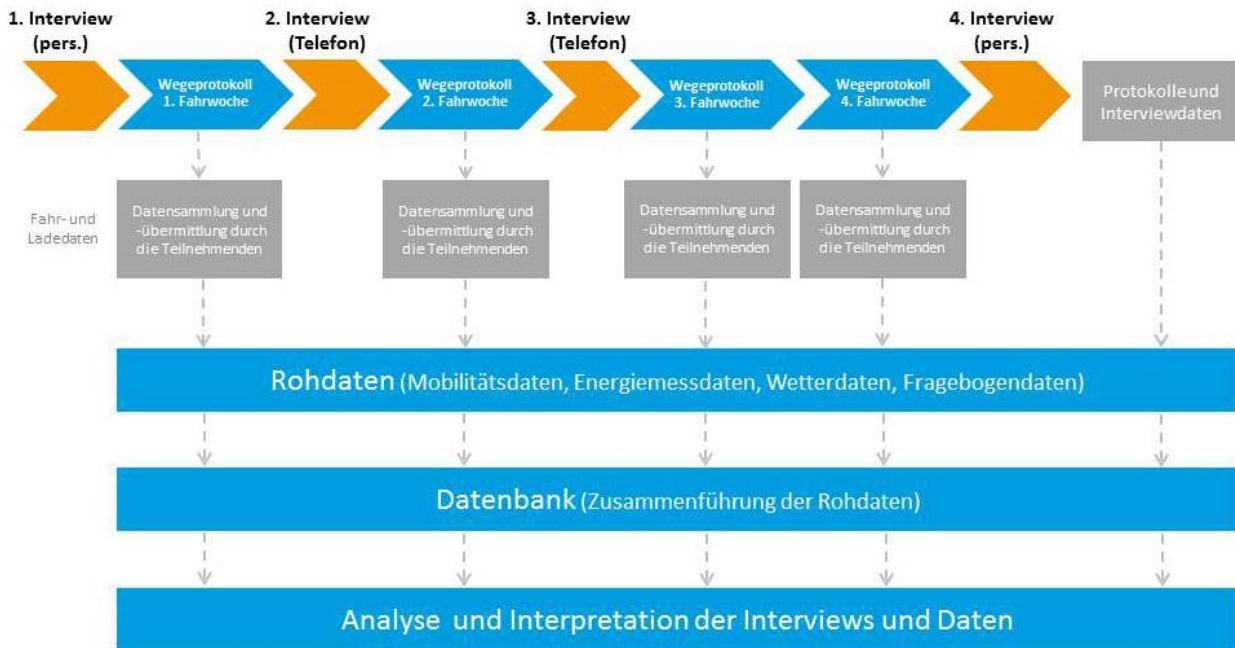


Abbildung 12: Schematischer Ablauf der Datenzusammenführung im Rahmen des Feldtests

2.3.1. Aufbereitung der Wegeprotokolldaten

Die Daten wurden aus dem Online-Tool „Enterprise Feedback Suite“ (EFS) der Firma „Questback“ (Unipark) exportiert und mit Hilfe der Statistik-Software IBM SPSS Statistics (Version 22.0.0) weiter bearbeitet. Die insgesamt 161 Wegeprotokolle in Papierform wurden nach dem postalischen Eintreffen im ITD zeitnah in den SPSS-Datensatz eingepflegt (vgl. Tabelle 6).

Bei den online eingegebenen Wegeprotokollen wurden unvollständige Datensätze gelöscht, wenn Probanden ihre Fahrwoche nicht mindestens über die Dauer von vier Tagen dokumentiert hatten. Für zahlreiche Online-Teilnehmer lagen mehrere Datensätze pro Befragungszeitraum vor. In der Regel waren Browser-Einstellungen dafür verantwortlich, dass Nutzer nicht wie vorgesehen anhand eines beim ersten Aufruf der Befragung vergebenen Cookies wiederidentifiziert werden konnten, sondern bspw. für jeden Tag einen neuen Datensatz

³⁵ 1. Stelle: erster Buchstabe des eigenen Vornamens, 2. Stelle: erster Buchstabe des Vornamens der Mutter, 3. Stelle: erster Buchstabe des Vornamens des Vaters, 4. Stelle: erster Buchstabe des Geburtsorts, 5. Stelle: zweite Ziffer des Geburtstages, 6. Stelle: letzte Ziffer des Geburtsjahrgangs

erzeugten³⁶. Diese Datensätze wurden anhand des Teilnehmercodes nachträglich zu einem Datensatz zusammengeführt.

Anschließend wurden die Datensätze einer ausführlichen Plausibilitätsprüfung unterzogen, bei der insbesondere Datums-, Uhrzeit und Ortsangaben korrigiert wurden. Völlig unplausible bzw. unmögliche Werte wurden gelöscht und als „fehlende Werte“ im Datensatz definiert.

Vor der Datenweitergabe an das ifeu wurden Ortsangaben, die eine punktgenaue Zuordnung möglich machen, entfernt (z. B. Hausnummern). Tabelle 6 fasst die Variablenzahlen und die Fallzahlen vor bzw. nach der Datenbereinigung zusammen. Umfragebezogene Variablen, die von dem Umfragetool EFS automatisch mit generiert wurden, flossen nicht in die Auswertungen ein.

Tabelle 6: Variablenzahlen und Fälle innerhalb der Befragungszeiträume

	T1	T2	T3	T4
Σ Variablen	2.263	2.180	2.240	2.346
Umfragebezogene Variablen (z. B. Angaben zur Bearbeitungsdauer, Browser etc.)	240	228	229	235
Wegebezogene Variablen	1.849	1.849	1.884	1.884
Variablen ohne Wegebezug	174	103	127	227
Datensätze / Fälle vor Bereinigung	674	401	319	296
Datensätze / Fälle nach Bereinigung	335	222	191	179
Manuelle Eingaben von Wegeprotokollen	47	38	39	37
Gesamtzahl an Fällen	382	260	230	216

³⁶ Die Online-Befragung war so gestaltet, dass nach der Eingabe eines eindeutigen Teilnehmercodes und der Auswahl der Teilnahmeart (Feldteilnehmer oder reiner Online-Teilnehmer) zu einzelnen Tagen gesprungen werden konnte.

Die Auswertungen der Wegeprotokolldaten (vgl. Kapitel 3.6) basieren auf den Angaben von insgesamt 391 Teilnehmern. Alle Wege, die innerhalb der Befragungszeiträume dokumentiert wurden, wurden hierbei in einem Datensatz zusammengefasst, wobei nur von einem Teil der Probanden Daten aus allen vier Fahrwochen vorliegen (vgl. Kapitel 2.1.4). Tabelle 7 zeigt die aggregierten Distanzen und Wege, die von allen Teilnehmern innerhalb der Fahrwochen dokumentiert wurden sowie die Anzahl der Teilnehmer, die für die jeweiligen Verkehrsmittel Fahrten berichtet haben.

Tabelle 7: Anzahl der Wege und Distanzen aus Wegeprotokollen

Verkehrsmittel	Σ Distanz (km)	Σ Wege
Pedelec (N = 380)	77.852	6.805
Pkw (N = 295)	135.064	5.107
Fahrrad (N = 121)	5.656	806
Motorrad (N = 18)	2.800	58
Zu Fuß (N = 149)	2.953	1.049
Bahn (N = 69)	29.829	374
Bus (N = 41)	4.996	153
Straßenbahn (N = 22)	428	72
Schiff (N = 9)	391	16
Sonstiges (N = 85)	37.366	328
Gesamtsumme	297.335	14.768

Offene Fragen, bei denen Online-Teilnehmer sich in freien Textfeldern äußern konnten, wurden abschließend inhaltsanalytisch ausgewertet und zu Kategorien zusammengefasst, sodass auch hier Häufigkeitsauszählungen vorgenommen werden konnten.

Alle statistischen Auswertungen erfolgten mit der Software „IBM SPSS Statistics“ (Version 22.0.0) (vgl. Field, 2009). Als Signifikanzniveau für die statistischen Tests wurde ein α -Niveau von .05 gewählt. Die Beschreibung der gewählten statistischen Verfahren erfolgt jeweils im Zusammenhang mit der Wiedergabe der Ergebnisse. Da sich der vorliegende Bericht sowohl an ein interessiertes Laien- als auch ein Fachpublikum richtet, werden die verwendeten statistischen Verfahren nicht detailliert erläutert bzw. die Auswahl des jeweiligen Verfahrens nicht im Einzelnen begründet. Im Anhang B werden statistische Begriffe und die verwendeten statistischen Verfahren dargestellt.

Da viele der in die Online-Befragung eingebetteten Zusatzfragen keine Pflichtfragen waren, um die Ausfallquote zu reduzieren, schwanken die Zahlen der Antwortenden bei den nicht wegebezogenen Fragen nicht nur zwischen den einzelnen Befragungszeiträumen, sondern teilweise auch von Frage zu Frage. In den Ergebnissen wird daher jeweils auch die Zahl der Antwortenden transparent gemacht³⁷.

Für die statistischen Analysen im Rahmen von Pedelection wurden zwei Auswertungsebenen ausgewählt: Bei den Auswertungen von Nutzungsmotiven und Fragen rund um das Mobilitätsverhalten (vgl. Kapitel 3.2 bis 3.4.5) erfolgte die Auswertung auf Personenebene, d. h. ein „Fall“ bzw. eine Datenzeile stellt das Antwortverhalten einer Person dar. Für sämtliche Auswertungen der wegebasierten Wegeprotokoll- sowie der Fahr- und Ladedaten (ab Kapitel 3.5) erfolgten die Auswertungen auf Basis der aggregierten Wege, d. h. ein Fall bzw. eine Datenzeile bildet einen Weg ab.

2.3.2. *Transkription, Kodierung und Inhaltsanalyse der Audio-Daten*

Die Gespräche der ersten und letzten Befragung wurden vollständig in Anlehnung an die Transkriptionsregeln nach Kallmeyer und Schütze transkribiert (vgl. Kuckartz, 2010, S. 43–46). Die Interviews aus der zweiten und dritten Befragung wurden teiltranskribiert, d. h. hier wurden

³⁷ Abgekürzt durch *N.*

nur inhaltlich besonders aussagekräftige Aussagen verschriftlicht. Alle Transkriptionen wurden anschließend inhaltsanalytisch ausgewertet.

Die Inhaltsanalyse ist eine empirische Methode zur systematischen, intersubjektiv nachvollziehbaren Beschreibung inhaltlicher und formaler Merkmale von Mitteilungen (Bogner & Menz, 2002, S. 46) – in diesem Fall handelte es sich um die verbalen Äußerungen der Interviewpartner.

Durch die Erfassung einer sozialen Wirklichkeit durch die Interviews kann anhand der anschließenden Inhaltsanalyse von den genannten Äußerungen auf die Beschaffenheit latenter Kontexte geschlossen werden (vgl. Früh, 1981, S. 24). Bei diesen latenten Kontexten handelte es sich u. a. um (Nicht-)Nutzungsmotive und Anforderungen im Zusammenhang mit der Pedelec-Nutzung, mögliche Veränderungen der Verkehrsmittelnutzung über die Jahreszeiten sowie Veränderungen der Pedelec-Nutzung im Projektverlauf. Das Ziel der Inhaltsanalyse ist es, Schlussfolgerungen über den Text bzw. hier über die zugrundeliegenden (Nicht-)Nutzungsmotive, Entscheidungs-, Wahrnehmungs- und Handlungsgrundlagen der Befragten zu formulieren (vgl. Merten, 1995, S. 59). Dabei erlaubt die Inhaltsanalyse, größere Textmengen nach einem einheitlichen Analyseprinzip zu untersuchen.

Das Verfahren der Inhaltsanalyse bot sich zur Bearbeitung der Interviews an, um deren ursprüngliche Komplexität und Informationsfülle zu reduzieren. Dies wurde ermöglicht, indem die Texte vollständig innerhalb des Programms MAXQDA 10 kategorisiert wurden. Allgemein handelt es sich bei Kategorien um Ausprägungen der interessierenden Variablen, z. B. die Einstellung des Befragten gegenüber der Frage, inwieweit sie / er bereit wäre auf eine Pkw-Nutzung zu verzichten. Kategorien sollten trennscharf, erschöpfend und präzise sein (vgl. Diekmann, 2001, S. 484). Basis der Kategoriensysteme waren die jeweiligen übergeordneten Leitfadeneinhalte, wobei bei bewertenden Äußerungen die Valenzen (z. B. positiv, negativ, neutral) in der Regel als Subkategorien aufgenommen wurden. Der Forderung nach Intersubjektivität des Kategoriensystems wurde durch gemeinsame Bearbeitung, Abgleich und Diskussion entsprochen.

Nach der Kategorisierung der einzelnen Befragungszeitpunkte wurden die Aussagen zu den jeweiligen Kategorien miteinander in Beziehung gesetzt, um Gemeinsamkeiten und individuelle Merkmalskonstellationen herauszuarbeiten.

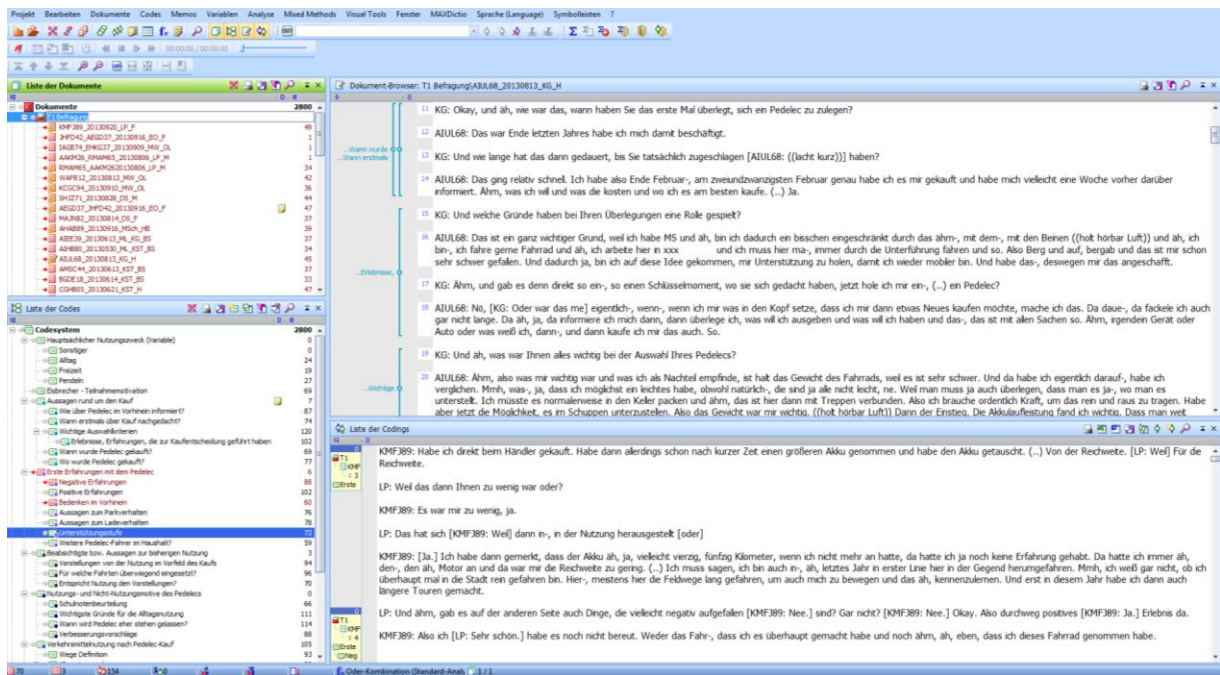


Abbildung 13: Screenshot der eingesetzten Auswertungssoftware MAXQDA 10 (T1)

Auf Basis der Daten, die das Resultat der Interviews mit den Feldteilnehmern zu den einzelnen Befragungszeitpunkten sind, wurde eine Typisierung der Feldteilnehmer durchgeführt. Maßgeblich dafür waren die thematisch kategorisierten Transkripte und die von den Interviewten ausgefüllten Verkehrsmittelnutzungstabellen (vgl. Tabelle 2). Die Typisierung wurde abgestimmt mit den Daten aus den Wegeprotokollen der Feldteilnehmer, um eine einheitliche Typisierung in der qualitativen und quantitativen Betrachtung der Teilnehmer zu erzielen (vgl. Kapitel 3.2.1).

Ausgehend von der Typisierung wurden Gemeinsamkeiten und individuelle Merkmalskonstellationen herausgearbeitet. Ein orientierender Richtwert bei diesem Arbeitsschritt war die relativen Häufigkeit, mit der Feldteilnehmer aus einer Nutzertypengruppe im Vergleich zu der aus mindestens einer der beiden anderen Gruppen, eine Aussage getroffen haben. Richtwert für einen Unterschied zwischen zwei Nutzertypengruppen war eine Differenz von 25 % zwischen den relativen Häufigkeiten der beiden Gruppen im Hinblick auf eine Aussage. Als Gemeinsamkeit galt das Treffen einer Aussage durch mehr als die Hälfte der Feldteilnehmer in jeder Nutzertypengruppe, bei gleichzeitigem Nichtvorhandensein eines Unterschiedes.

Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede wurden für vier inhaltliche Schwerpunkte erfasst. Der erste Schwerpunkt ist das Mobilitäts- und insbesondere das Verkehrsmittelwahlverhalten in

Abhängigkeit von Wegearten. Dabei stand im Fokus, für welche Wegearten das Pedelec genutzt wird und welche Veränderungen sich im Hinblick auf die Verkehrsmittelwahl mit Besitz des Pedelecs ergeben. Der zweite Schwerpunkt geht auf Nutzungs- und Nicht-Nutzungsmotive ein, wobei die jahreszeiten- und witterungsabhängige Nutzung einen besonderen Stellenwert einnimmt. Der dritte und vierte Themenkomplex behandelt das Verhalten im Umgang mit dem Pedelec (z. B. Lade- und Abstellverhalten) und Erfahrungen mit dem Pedelec (z. B. Highlights und Lowlights) sowie die Bewertung der Pedelec-Nutzung. Zusätzlich werden Kaufkriterien und Anforderungen im Kontext der Pedelec-Nutzung thematisiert. Die Auswertungen fließen in die jeweiligen Abschnitte im Ergebnisteil ein.

2.3.3. Umgang mit Fahr- und Ladedaten

Die Fahrdaten wurden von den Teilnehmern über einen Zeitraum von mindestens vier Wochen gesammelt (vgl. Kapitel 2.2.6). Dabei wurde jeweils eine zusammenhängende Woche in jeder Jahreszeit dokumentiert. Da der Aufwand des Mitführens und Einsatzes des Fahrradcomputers von vielen Teilnehmern als störend empfunden wurde, liegen nur von einigen Teilnehmern Daten auch von außerhalb dieser Fahrwochen vor³⁸. Diese wurden bei den später berichteten Auswertungen nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.5.1). Die Fahrdaten wurden nach Abschluss der Fahrwoche überwiegend per E-Mail an das ITD gesendet. In Einzelfällen wurden die Daten von Teilnehmern auf die Online-Trainingsplattform www.connect.garmin.com hochgeladen und für das ITD zum Download freigegeben³⁹. Am ITD wurden die Daten vorbereitet, mit dem Teilnehmercode versehen und an das ifeu über eine gesicherte Online-Umgebung zur weiteren Aufbereitung und Auswertung weitergeleitet. Dort wurden die im Garmin-eigenen .fit-Format vorliegenden Daten mit Hilfe der Software „Garmin Training Center“ (Version 3.6.5) in das Excellesbare .tcx-Format umgewandelt. Über ein selbst entwickeltes Makro wurden die Fahrdaten dann abschließend bereinigt⁴⁰, aggregiert und in eine datenbankbasierte Auswertungsumgebung integriert (vgl. Abbildung 14). Die aufgezeichneten Rohdaten wurden auf diese Weise zu „Aktivitäten“ aggregiert. Eine Aktivität ist hierbei ein Weg oder eine

³⁸ 20 Teilnehmer in T1, 9 in T2 und T3 und 13 in T4 sammelten Fahrdaten auch außerhalb der Fahrwochen.

³⁹ In einem Fall wurden die Garmin-Daten aufgrund von Problemen mit der USB-Verbindung auf eine zugesandte Mini-SD-Karte übertragen und postalisch ans ITD übermittelt. In einem weiteren Fall konnten die Fahrdaten erst nach Ende der Feldphase direkt vom Fahrradcomputer gesichert werden.

⁴⁰ In vielen Fällen waren in den aufgezeichneten Daten auch Fuß- bzw. Pkw-Wege enthalten. Diese wurden durch eine Analyse der maximalen Geschwindigkeit aussortiert: Unterhalb von 9 km/h Maximalgeschwindigkeit wurde von einem Fußweg ausgegangen, oberhalb von 43 km/h von einem Pkw-Weg. In Grenzfällen wurde teilweise eine manuelle Plausibilisierung anhand der Wegeprotokolle durchgeführt.

Wegekette mit dem Pedelec, der oder die nicht länger als eine halbe Stunde unterbrochen wurde. Für jeden Teilnehmer wurde ein Satz von Aktivitäten erzeugt, die jeweils folgende Felder enthalten:

- ID Aktivität
- Probanden Code
- Modus (Verkehrsmittel)
- Startzeit
- Endzeit
- Dauer (in Minuten)
- Distanz (in km)
- Höhenunterschied (in Meter)
- Durchschnittliche Geschwindigkeit (in km/h)
- Maximale Geschwindigkeit (in km/h)
- Mittlere Trittfrequenz (Umdrehungen pro Minute)
- Befragungsrunde (T1-T4)
- Datenerhebung Kalenderwoche (innerhalb oder außerhalb der vier vereinbarten Fahrwochen)

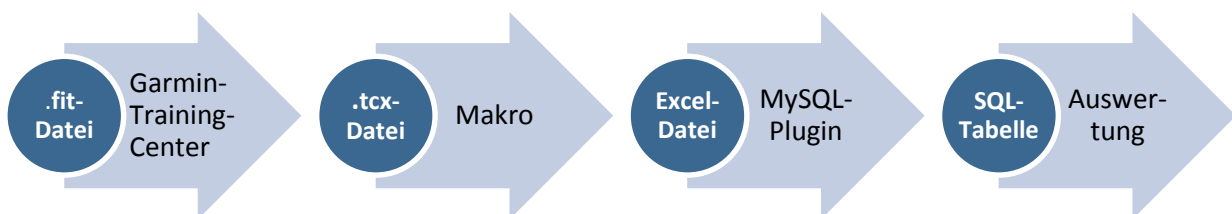


Abbildung 14: Verarbeitung der GPS-Daten am ifeu

Das Prozedere im Umgang mit den Ladedaten ist im Wesentlichen identisch (vgl. Abbildung 15). Zuerst mussten die Rohdaten mit dem Voltsoft-Client in eine Excel-Tabelle exportiert werden. Mittels eines Makros wurden für jeden Probanden nicht benötigte Datensätze entfernt und der Energiebedarf pro Ladezyklus ermittelt. Weitere Marker wie die Befragungsrunde und die Fahrwoche wurden eingefügt, damit die Daten nach bestimmten Merkmalen analysiert werden konnten.

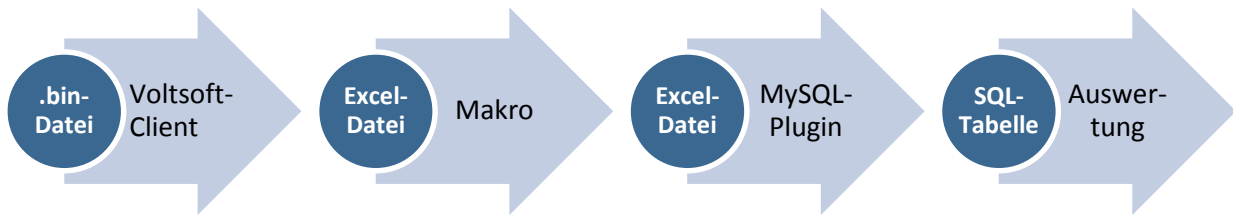


Abbildung 15: Verarbeitung der Ladedaten am ifeu

Neben den automatisierten Verarbeitungsschritten war eine Reihe von manuellen Anpassungen notwendig, um die Daten zu bereinigen. Die größte Herausforderung lag in der Zuordnung der Ladedaten zu den gefahrenen Strecken. Nicht jeder Proband hat unmittelbar nach jedem Fahrttag geladen. So war der Zeitraum zwischen gefahrener Strecke und Akkuladung sehr variabel. Berücksichtigt wurden die Ladedaten, die innerhalb der Fahrwoche sowie in der darauf folgenden Woche aufgezeichnet wurden.

3. Ergebnisse

Zu privaten Pedelec-Nutzern in Deutschland liegen bislang nur wenige Daten vor. Ein Ziel ist daher, ein differenziertes Bild dieser Nutzer herauszuarbeiten. Neben soziodemografischen (z. B. Alter, Geschlecht etc.) und sozioökonomischen Angaben (z. B. Haushaltsnettoeinkommen) fließen dabei auch Mobilitätsindikatoren (z. B. Führerscheinbesitz und Angaben zum Haushaltsfuhrpark) und einstellungsbezogene Aspekte ein (z. B. Kaufkriterien). Ebenso wird die Stabilität der Pedelec-Nutzungsgewohnheiten über den Untersuchungszeitraum betrachtet.

Im ökobilanziellen Verkehrsmittelvergleich erfolgen eine Analyse des Energieverbrauchs von Pedelecs und die Ermittlung unterschiedlicher Sensitivitäten der Klimabilanz. Aufbauend auf den Auswertungen der Wegeprotokolle sowie der Fahr- und Ladedaten schließt die Ergebnisdarstellung mit der Analyse des Treibhausgasreduzierungs potenzials von Pedelecs in Deutschland.

3.1. Ergebnisse der vorgeschalteten Händlerbefragung

Im Zeitraum vom 15.11. bis zum 04.12.2012 wurden insgesamt acht Händler aus den vier ausgewählten Regionen telefonisch befragt. An der Befragung nahmen überwiegend kleine bis mittelständische Unternehmen mit zwei bis zwölf Mitarbeitern teil. Gesprächspartner war der jeweilige Geschäftsführer bzw. ein leitender Angestellter des Unternehmens.

Die Gespräche dauerten im Schnitt etwa 50 Minuten. In fünf Themenbereichen wurden die folgenden Aspekte angesprochen (vgl. Kapitel 2.2.1):

- Angaben zu den Pedelec-Kunden
- Angaben zum Unternehmen
- Angaben zu möglichen Problemen im Umgang mit einem Pedelec und zu technischen Schwierigkeiten
- Einschätzungen zu Verlagerungs- und Klimaeffekten sowie
- zu Potenzialen und Entwicklungsmöglichkeiten im Pedelec-Bereich

Im Großen und Ganzen bestätigen die Aussagen der befragten Händler die in der Literatur gefundenen Trends und Entwicklungen: Es werden insgesamt mehr Pedelecs verkauft und das Durchschnittsalter der Käufer sinkt. Letzteres gilt bislang allerdings in erster Linie für

Unternehmen mit urbanem Bezug (z. B. im Stadtrand der größeren Städte wie Frankfurt, München und Hannover). Unternehmen im ländlichen Bereich haben nach wie vor die überwiegend „klassische“ Käuferstruktur der 65+ Generation.

Das durchschnittliche Einzugsgebiet beim Verkauf von Pedelecs erstreckte sich bei den Befragten über Reichweiten von ca. 10 bis ca. 50 Kilometern um das Unternehmen herum. Bei den Händlern in stadtnaher Lage zu den Großstädten Frankfurt und München kamen die Kunden eher nicht aus den Städten selber, sondern in der Regel aus dem Umland bzw. den jeweiligen „Speckgürteln“.

Unternehmen, die auf dem deutschen Markt seltene Marken oder Fahrzeugtypen (insbesondere Liegeräder und Dreiräder) vertreiben, zogen für diese speziellen Angebote auch Kunden aus bis zu 250-300 Kilometern an.

Im Bereich der Verkaufs- bzw. Umsatzzahlen berichteten die Befragungsteilnehmer von einem deutlichen Aufwärtstrend im Bereich Pedelec, der über die letzten ca. vier Jahre von allen ausnahmslos bestätigt wurde. Dieser Trend sei in Unternehmen mit ländlichem und Stadtrand-Einzugsgebiet allerdings deutlich stärker ausgeprägt als in Läden, die in erster Linie Kunden aus einem innerstädtischen Kontext ansprechen.

3.1.1. Wichtige Ergebnisse der Händlerbefragung im Überblick

3.1.1.1. Angaben zu den Pedelec-Kunden und Nutzungsmotiven

Während das Geschlechterverhältnis in den älteren Käuferschichten nach Aussagen der Händler weitgehend ausgeglichen ist (etwa 55 % Männer gegenüber 45 % Frauen), ist der typische jüngere Käufer eher ein Mann: Nach Schätzungen seien ca. 75 % der Pedelec-Käufer unter 55 Jahren Männer.

Bei den älteren Käufern lassen sich verschiedene Subgruppen differenzieren. Zum einen gibt es jene, die aufgrund von körperlichen Einschränkungen auf das Pedelec umsteigen:

„Die meisten steigen ja auf das E-Bike um, weil sie eben nicht mehr so können oder weil sie weiter fahren wollen oder weil sie halt einfach nur Unterstützung brauchen, weil sie irgendwas mit den Knien [...] oder mit den Gelenken haben.“ (Händlerinterview Hannover)

Daneben gebe es „auch echt viele [...] fitte Rentner, die einfach ihren Zeitvertreib auf dem Pedelec haben. Die fahren hier über Stadt und Land, Tag und Nacht – so ungefähr [...] und sind in Bewegung, haben aber nur eine Belastung wie es eben ihr Körper erlaubt“ (Händlerinterview Hannover).

Bei den jüngeren Nutzern gebe es neben Pendlern, für die ein Pedelec aufgrund gestiegener Spritkosten und zur Stressreduzierung im Berufsverkehr zunehmend interessant wird, auch neue Nutzergruppen, die als „Middle-Ager“ aus Spaß an innovativen Produkten ein Pedelec erwerben:

„Ich habe das immer so im Vorfeld in Gesprächen verglichen mit denen, die zuerst ein iPhone haben mussten. Also dass es nicht nur ein Haben-Müssen ist wegen irgendwelcher Gebrechen – das ist, glaube ich – längst vorbei. Das ist mehr so ein Haben-Wollen geworden auch.“ (Händlerinterview Hannover)

Im Vergleich zu diesen „Spaß-Käufern“ seien ältere Käufer eher als „Sicherheitskäufer“ einzustufen:

„Ansonsten haben wir natürlich die Zielgruppe, hauptsächlich 60 plus. Die haben wir noch nach wie vor. Die verstärkt kommen, aber auch den Sicherheitskauf tätigen, also sprich für Verwandte, Bekannte, Nachbarn Referenzen haben und dann vergleichsweise auf die sichere Nummer gehen. Wenn der Nachbar gute Erfahrungen mit dem Rad gemacht hat, dann kauft er fast das gleiche auch selbst. Das ist bei älteren, erfahrenen Käufern, die wenig Risiko eingehen wollen, ganz typisch.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

Als weitere die klassische Käuferschaft ergänzende Gruppe könnten zukünftig auch Kompaktrad-Käufer interessant werden. Insbesondere für intermodale Nutzungsabsichten könnte sich das Pedelec in Form des Kompaktrads als eigenständige Fahrzeug-Kategorie bspw. in Verbindung mit ÖPNV-Nutzung durchsetzen:

„[...] also das ist ein neuer Trend würde ich mal-, was heißt Trend, Trend ist ein großer Begriff, aber-, also eine eigenständige Kategorie, die sich da herausbildet. Also vielleicht könnten es auch ÖPNV-Nutzer sein, die einfach einen Sprung machen. Wir haben ja hier [im] Rhein-Main-Gebiet [...], da haben wir große S-Bahn-Zubringer und auch Regionalbahnen, aber ich muss natürlich in den Zug rein und muss auch wieder raus und das geht mit so einem Kompaktrad natürlich um einiges leichter als eben mit einem großen Pedelec.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

Während die „betagteren Kunden“ eher von einem normalen Rad auf ein Pedelec umsteigen, ist für die jüngeren Käufer ein Pedelec häufig der Wiedereinstieg in die zweirädrige Form der

Mobilität. In dieser Nutzergruppe sind längere tägliche Strecken im Bereich von 20 Kilometern und mehr pro Strecke keine Seltenheit.

Zum Zeitpunkt der Befragung wurde als Schwerpunkt der Nutzung allerdings noch ganz klar der Freizeitbereich genannt:

„Ja, das würde ich derzeit-, aber Tendenz stark steigend-, zu Gunsten der Freizeit- und Urlaubsfahrten 80:20 würde ich das derzeit gefühlt benennen. Also 80 Prozent Freizeit- und Wochenendorientierung, überhaupt Radfahren als solches, und 20 Prozent Pendeln oder jetzt Ausweichverhalten, Stauumgehung und so was, das kommt jetzt verstärkt.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

Einen Eindruck von dem mittlerweile recht breiten tatsächlichen Einsatz im Alltag gibt die Aussage eines Frankfurter Händlers:

„Ja, die sagen dann auch schon natürlich, dass sie dann irgendwie mit Gruppen dann zum Beispiel auch unterwegs sind, wo sie dann einfach nicht mehr mithalten können. Oder auch selbst einfach mal wieder längere Touren machen möchten und auch beim Zurückfahren immer noch selbst treten möchten und nicht mit der Bahn. Es gibt auch einige, die das dann wirklich nur im innerstädtischen Bereich dann so zum Einkaufen und so weiter dann auch verwenden. Die brauchen das einfach, die Unterstützung, sage ich jetzt mal, von dem Motor. Es gibt auch einige, die damit Kinderanhänger oder Anhänger an sich ziehen, also Lasten auch zu tragen haben.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

Sowohl im Freizeitbereich als auch im beruflichen Einsatz werden in Einzelfällen sehr hohe Jahreslaufleistungen erreicht. So berichtet ein Händler aus dem Frankfurter Umland von einem Rentner, der innerhalb von vier Jahren 50.000 Kilometer gefahren sei.

Bei der wachsenden Zahl an Pendlern sind längere tägliche Strecken im Bereich von 20 Kilometern keine Seltenheit.

3.1.1.2. Kaufkriterien, Treiber und Hemmnisse

Der Wunsch nach einer hohen Reichweite spielt offenbar bei den meisten Käufern eine große Rolle – „so zwischen 50 und 90 Kilometer ist schon so die Wunschvorstellung der Menschen“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.). Selbst wenn die Reichweite angesichts des tatsächlichen Nutzungsprofils überdimensioniert erscheint und Händler zu einem kleineren Akkumodell raten, seien die Käufer bereit, mehr Geld für die größere Akkureichweite zu zahlen. Hier wiederhole sich das bereits aus der Automobilbranche bekannte Phänomen:

„... alle Autos bauen die jetzt so, dass es weit über 1.000 Kilometer mit so einem Tank fährt. Ist eigentlich überhaupt nicht nötig. Weil, auch beim Pkw – und das ist ja beim

E-Bike auch – beim Pkw passen 70 Liter rein, ich fahre 70 Kilo [...] durch die Gegend, eigentlich bräuchte ich nur 30 Kilo Kraftstoff, als Beispiel, würde eigentlich Kraftstoff sparen. [...] Also das ist so eine Sache – und so ist es ja beim E-Bike auch: Warum sollte ich ein Fahrzeug mit zwei Akkus haben? Es gibt ja Fahrzeuge mit zwei Akkus. Das heißt, das Rad ist schwerer, das heißt, ich verbrauche auch mehr Strom. Also macht es eigentlich keinen Sinn.“ (Händlerinterview Hannover)

Das Erfahren der Fahrqualität wird als Schlüsselmoment der Pedelec-Nutzung beschrieben – sowohl bei der Kaufentscheidung als auch bei der späteren Nutzung. Ein zurückhaltendes „so etwas brauche ich noch nicht“ tritt bei Testfahrten z. B. im Urlaub oder beim Händler hinter das Erleben des Fahrspaßes zurück. In der alltäglichen Nutzung entfalte das Pedelec dann seine volle „Magie“:

„Ich weiß nur, dass das Suchtpotenzial recht hoch ist. Die Leute, die die Räder haben, sagen alle: „Würde ich mir sofort wieder kaufen, ist total klasse, macht irre Spaß und-.“ Also [...] nur positive Resonanz. Die meisten können auch sich ein Leben ohne E-Bike gar nicht mehr vorstellen. Das hat sich meistens schon so in das Leben mit eingebürgert [...]. Das gehört einfach dazu.“ (Händlerinterview Bremen)

Insgesamt sei ein Anstieg der Ansprüche an das Pedelec in Bezug auf Ausstattung und Design zu beobachten. Gerade den Jüngeren sei wichtig, „dass die Räder eben halt nicht aussehen wie Rentnerfahrzeuge“ (Händlerinterview Bremen). Aber auch den älteren Käufern sei dieser Aspekt zunehmend wichtig:

„Also ein klassisches Beispiel war früher der Tiefeinsteiger, also Leute, die Knieprobleme hatten, die hatten natürlich bestimmte Modelle gesucht mit einem möglichst komfortablen Einstieg. Und seit diesem Jahr können wir schon feststellen, dass es sehr stark auch jetzt mehr über die Optik geht. Früher mehr über die Funktion und jetzt auch mehr über die Optik. Ich würde es als Indikator dafür nehmen, dass es eine Ausdifferenzierung gibt, dass Leute genauer hinschauen, so ein bisschen imagebildend schon genutzt wird.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

Während Steigungen und Gegenwind, die ein Händler aus dem Bremer Umland als „die Berge des Nordens“ (Händlerinterview Bremen) bezeichnete, durch ein Pedelec wesentlich leichter bewältigt werden können, würde schlechtes Wetter immer noch einer der größten Hinderungsgründe für die Nutzung darstellen.

Zumindest für das eigene Gewissen könnten auch ökologische Aspekte einen positiven Einfluss auf den Kauf bzw. die Nutzung haben:

„Gemütlichkeit sowohl für sich selbst als auch für die Umwelt was zu tun [...] Ich meine, Bewegung fehlt den meisten Leuten. Und da kann man zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen. Und noch Spaß dabei haben. Normalerweise hat Gesundheit ja auch immer was mit Entbehrung und mit negativen Geschichten zu tun und das haben wir eben halt mit unseren Produkten nicht, deswegen sehen wir ja auch da so große Zukunft drin.“ (Händlerinterview Bremen)

Wohnen in den Stadtzentren ist derzeit offenbar ebenfalls noch ein Hemmnis für den Kauf bzw. die Nutzung eines Pedelecs. Als Gründe hierfür werden u. a. fehlende Anschließ- und Abstellmöglichkeiten und Angst vor Diebstahl genannt – „auch das Hoch- und Heruntertragen von etwas über 20 Kilo statt so 15 Kilo ist dann doch für manche ein Hindernis“ (Händlerinterview Hannover). Auch fehlende oder ungünstige Infrastrukturen bspw. durch zu enge Radwege werden in der alltäglichen Nutzung als Hemmnis beschrieben.

Einzelne Händler berichten von der Kundenbefürchtung, aufgrund der hohen Innovationsrate im Batterie- und Antriebssektor eine bald schon überholte Technik zu kaufen: „Die Leute haben halt Angst, dass sich das so entwickelt wie beim USB-Stick. Wenn sie ihn heute kaufen, gibt es morgen schon die doppelte Größe zum halben Preis“ (Händlerinterview Hannover). Hier spielen auch Bedenken in Bezug auf die Ersatzteilbeschaffung und die Neubeschaffung eines Akkus eine Rolle:

„Also die meisten Bedenken sind eigentlich die Ersatzteilbeschaffung und der Akku [...]. Deswegen versuche ich auch nur Markenprodukte bei mir im Geschäft zu haben, weil ich weiß, in ein paar Jahren brauche ich mal was und dann muss ich einen Hersteller haben, der wirklich noch liefern kann. Und da werden so einige Händler Schwierigkeiten kriegen, die so Billiggurken verkaufen [...].“ (Händlerinterview Hannover)

Der höhere Verschleiß eines Pedelecs gegenüber einem normalen Fahrrad trifft bei den Kunden häufig auf Unverständnis:

„Die Belastung [...] ist halt doppelt so hoch wie bei einem normalen Fahrrad. [...] wenn ein Fahrrad, ein normales, klassisches Fahrrad, 600 Kilometer fährt, dann ist er theoretisch schon 1.200 Kilometer gefahren. Einfach jetzt mal ausgedrückt. [...] Und dann hat der nach zwei Jahren eine Reparatur von 300 Euro und fällt fast aus den Wolken, weil er das nicht versteht.“ (Händlerinterview Hannover)

Änderungen der derzeitigen gesetzlichen Regelungen und Vorschriften haben den Befragten zufolge ebenfalls das Potenzial, ein zukünftiges Hemmnis für die Pedelec-Nutzung darzustellen – zumindest wenn sie, wie von einigen befürchtet – eine Restriktion gegenüber den jetzigen Regelungen darstellen (z. B. Helmpflicht für Pedelec 25).

3.1.1.3. Technische Probleme und Aussagen über die Akkulebensdauer

In Bezug auf das Pedelec selbst werden von den befragten Händlern so gut wie keine Probleme mit dem Umgang bzw. dem Handling des Fahrzeugs beschrieben. Und in der Regel handelt es sich dann um „Banalitäten wie: „Dann müssen Sie es auch einschalten“ oder „da gibt es noch einen Knopf“ (Händlerinterview Hannover).

Ältere Nutzer hätten teilweise Schwierigkeiten mit der Display-Bedienung gehabt. Hier hätten die führenden Hersteller allerdings schon nachgebessert:

„Viele Modelle hatten im Vorfeld viel zu viel dran am Tacho oder viel zu viele Möglichkeiten an der Einstellbarkeit. Da gehen sie alle jetzt auch wieder einen Schritt zurück.“ (Händlerinterview Hannover)

In Bezug auf die weiteren Bedienelemente würde die ältere Käuferschicht eine möglichst große Nähe zu dem bisher gewohnten Fahrrad wünschen, um jahrzehntelange Fahrroutinen nicht neu erlernen zu müssen:

„Wenn man sein Leben lang mit Rücktritt gefahren ist, dann will man da letztendlich auch nicht drauf verzichten. Und wenn man dann eben noch berücksichtigt, dass ein Pedelec in der Regel deutlich mehr wiegt als ein normales Rad und dass die Leute deutlich schneller fahren als mit einem normalen Fahrrad, als sie ihr Leben lang auch gefahren sind, beinhaltet das natürlich auch ein relativ großes Risiko.“ (Händlerinterview Oldenburg)

Häufig kämen Kunden vor allem wegen „typischen Fahrradsachen. Das heißt, Schaltung einstellen, die Sitzposition verändern, dann einen bequemeren Sattel kaufen“ (Händlerinterview Hannover).

Perspektivisch könnten sich Probleme durch die fehlende Pflege der Verschleißteile ergeben – die allerdings nicht pedelec-spezifisch seien – auch beim klassischen Fahrrad und anderen Fahrzeugen nehme die regelmäßige Pflege durch den Nutzer ab:

„Also wenn ich ein normales, klassisches Fahrrad nehme, also kein Mountainbike, sondern ein normales Cityfahrrad, wenn derjenige die Kette pflegt – was natürlich auch keiner macht – [...] dann hält so eine Kette zwei-, dreitausend Kilometer. Wenn man sie dann frühzeitig tauscht, dann kann man die Kettenräder weiterfahren. Die meisten fahren aber dann so lange, bis dann wirklich alles neu (gemacht) werden muss. Aber ich sage mal, bei so einem E-Bike, wenn der nicht gepflegt ist nach 1.000 Kilometern alles runter. Und das ist das Problem. Die kennen das heute nicht mehr, dass sie was pflegen müssen.“ (Händlerinterview Hannover)

Schwerwiegende technische Probleme ergeben sich laut der Befragten im hochpreisigen Sektor relativ selten. Hier wurde lediglich in einem Fall von gebrochenen Freilaufingen bei einer Serie eines Frontmotorenherstellers berichtet. Allerdings stellten einige Händler vermehrte kleinere Probleme in der vergangenen Saison fest, vermutlich bedingt durch den steigenden Innovationsdruck auf die Hersteller, der dazu führe, dass auch technisch noch nicht ganz ausgereifte Konzepte auf den Markt gebracht würden. So ergäben sich häufiger kleinere Ausfälle bspw. bei der Steuerung des Antriebs, elektrische Kontaktprobleme oder „Displays, die durch Regenwasser [...] den Geist aufgeben“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.). Ein Frankfurter Händler schätzt die Fehlerquote bei „unter fünf Prozent“ ein.

Ältere Systeme, die noch mit Metallhydrid-Akkus ausgeliefert wurden, hatten eine Lebensdauer von „fast sechs, sieben oder acht Jahren“ (Händlerinterview Hannover), wenn die Pedelects regelmäßig gefahren worden waren.

Erfahrungswerte zu den erst vor wenigen Jahren verbauten Lithiumionen-Akkus bilden sich allmählich heraus. Keiner der befragten Händler berichtete von rein durch die Nutzung bedingte Unbrauchbarkeit eines Akkus. Lediglich Kapazitätsverluste durch unsachgemäße Nutzung oder Zerstörung des Akkus durch einen Unfall sowie in Einzelfällen produktionsbedingte Mängel hätten bislang zum Austausch dieses neuen Akkutyps geführt. Generell seien die von den Herstellern gemachten Angaben zu Ladezyklen, Lebensdauer und Reichweite eher konservativ.

Pauschale Aussagen zur Lebensdauer seien schwierig, weil zu viele Faktoren zusammenspielten. So haben Vielfahrer tendenziell eine längere Akkulebensdauer als Wenigfahrer.

„Und dann ist es ja auch abhängig von Fahrergewicht, Temperaturen, wie pflegt er sein Fahrrad. Also das sind so viele Komponenten, die da reinfließen, das ist ja kaum irgendwie greifbar.“ (Händlerinterview Hannover)

Ein Frankfurter Händler zieht als bisheriges Zwischenfazit:

„Wir hatten einmal einen mechanisch zerstörten Akku durch einen Unfall. Aber ich muss sagen, die Dinger halten länger als wir wohl alle gedacht haben.“

In den fünf Jahren seit dem Verkauf der ersten Lithium-Ionen-Akkus gab es in seinem Unternehmen keine Akkurückgaben. Er rechnet allerdings damit:

„dass jetzt langsam die Akkus zurücklaufen müssten [...]. Es sei denn, sie liegen – ähnlich wie die Handys – in der Schublade rum und keiner kümmert sich drum, [um] die alten.“

Die Akkurückgabe und Rückführung zur Wiederverwertung war noch nicht in allen Unternehmen geregelt. Von den befragten Unternehmen hatten sich bereits vier dem Gemeinsamen Rückgabesystem (GRS) angeschlossen. Die frühere Regelung, dass Altakkus an den jeweiligen Hersteller geschickt werden, nehme nach und nach ab. Für Kunden spiele dieser Aspekt in der Regel (noch) keine Rolle:

„Also es gibt viele, die fragen: „Was mache ich dann mit dem alten Akku, wenn der kaputt ist?“, da sage ich immer: „Sie kaufen einen neuen und lassen den alten bei mir“ und dann hat sich die Frage für die meisten dann erledigt.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

3.1.1.4. Einschätzungen zu Verkehrsmittelwechseleffekten

Mit dem Pedelec werden generell mehr und weitere Strecken als mit dem normalen Fahrrad gefahren. Zum einen werden Fahrten unternommen, die sonst mit dem normalen Fahrrad, mit dem Auto oder dem ÖPNV zurückgelegt worden wären. Zum anderen generiert die Nutzung eines Pedelecs auch neue Fahrten, die ansonsten nicht unternommen worden wären. Dies hat Implikationen für die zu erwartenden Verkehrsmittelwechseleffekte und die Ökobilanzierung: Während im Pendlerbereich überwiegend Auto- und ÖPNV-Fahrten ersetzt werden, werden im Freizeitbereich auch Fahrten ersetzt, die zuvor mit dem Fahrrad (oder gar nicht) zurückgelegt worden sind:

„Und da resultiert natürlich auch die Aussage her oder raus, dass letztendlich ein Pedelec, ein E-Bike keine Mobilität vernichtet, sondern Mobilität schafft. Ich fahre zwar den einzelnen Kilometer mit weniger Eigenleistung, insgesamt fahre ich aber deutlich mehr Kilometer. Und es gibt halt eben auch Leute, die überhaupt wieder erst mal Kilometer fahren, was sie sonst mit einem normalen Rad gar nicht machen würden.“ (Händlerinterview Oldenburg)

Eine differenzierte Betrachtung dieser unterschiedlichen Nutzergruppen erscheint sinnvoll, um Aussagen über das aktuelle und zukünftige Potenzial der Pedelec-Nutzung treffen zu können. Durchgängig sei jedoch der Effekt, dass das klassische Fahrrad nach Anschaffung eines Pedelecs immer weniger genutzt wird:

„Ja, also einmal das herkömmliche Fahrrad, klar. Weil wer schon mal eins hat [Anmerkung: ein Pedelec], der wird es dann immer intensiver nutzen. Viele nehmen sich zwar beides vor – sie wollen das alte noch behalten – aber mit der Zeit hat dann das Elektrofahren doch so viel Charme, dass das alte immer mehr stehen bleibt. Also das herkömmliche Radfahren [...] wird weniger gemacht.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

3.1.1.5. Einschätzungen zur Ökobilanz

Im Vergleich zu einem normalen Fahrrad sehen die Händler keine großen Unterschiede in der „grauen Energie“:

„Naja, beim Fahrrad ist es genau so, der Rahmen ist aus Metall, Schutzblech und so weiter kommen auch aus Plastik. Beim E-Rad sind es vielleicht noch mal 25 Prozent oder so mehr, was dann dazu kommt. Es ist kein großer Unterschied jetzt zwischen den beiden von der Herstellung her.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

Genauere Daten und Angaben würden von Herstellerseite diesbezüglich allerdings nicht gemacht. Die einzelnen Komponenten wie Reifen oder Rahmen hätten in der Regel die gleichen langen Wege aus dem (überwiegend) asiatischen Raum hinter sich. Diese Bilanz könnte sich verändern, wenn zukünftig noch mehr Technikelemente in Pedelecs verbaut werden – eine Entwicklung, die nach Händlernaussagen nicht unwahrscheinlich ist.

Neben einem höheren Verschleiß bei der Pedelec-Nutzung sei hier allerdings auch noch die möglicherweise deutlich kürzere Fahrzeuglebensdauer gegenüber einem herkömmlichen Fahrrad zu beachten:

„Aber ich würde immer noch sagen, das Fahrrad an sich, das kann man natürlich gut und gerne auch mal 20 Jahre fahren, wobei wahrscheinlich beim Pedelec 20 Jahre fahren nicht funktionieren wird, weil einfach die Elektronik, die Software-Wechsel-Intervalle und so weiter so hoch sind, dass es da vielleicht nach fünf bis zehn Jahren keine Ersatzteile oder keine Unterstützung mehr für das Produkt dann gibt. Wobei man beim normalen Fahrrad wahrscheinlich immer updaten kann auf die neuere Technik.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

Zukünftig könnten neue Nutzergruppen, „die dann immer irgendwie up to date sein möchten“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.) diese Nutzungszeit weiter reduzieren:

„Das sind schon technikaffine Leute, es sind auch meistens natürlich Leute, die Gutverdiener sind und die dann im Grunde technisch dann alles verfolgen dann auch. Und wenn es für die meisten dann, sagen wir irgendwie eine sinnvolle Weiterentwicklung ist oder technisch ein Vorteil oder so bringt, dann sind die meisten halt scharf drauf und rufen dann auch gleich nach der Messe an und fragen nach dem Modell. Und meistens verkaufen sie dann ihre alten Pedelecs und kaufen sich die neuen.“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.)

Interessant mit Hinblick auf die ökologische Bewertung könnte darüber hinaus das Akkualter bei Verkauf des Pedelecs sein: Ein Großteil der Fahrzeuge, die ausgeliefert werden, stünden ca.

ein Jahr beim Händler und ein weiteres halbes Jahr beim Zulieferer. Der Akku sei damit bereits bei Auslieferung nicht mehr voll leistungsfähig.

3.1.1.6. Trends und Potenziale im Pedelec-Bereich

Als relativ sicher wird das weitere Wachstum des Marktes angenommen:

„weil eben diese ganzen Leute, die jetzt auch bei uns hier hauptsächlich Kunden sind, die werden da weiter dran bleiben. Das heißt also, die älteren, um weiter in Bewegung zu bleiben und die Middle-Ager wirklich zum Nutzen, zum Pendeln. Und dann die jüngeren einfach als Imageprodukt.“ (Händlerinterview Hannover)

„Darüber hinaus wird es dann so ein bisschen – kann sein, dass da ein bisschen Wunsch Vater des Gedankens ist, wenn ich das erzähle, aber unrealistisch ist es auch nicht – das heißt eben wirklich, dass sich ein E-Bike zu einem ähnlichen Trendprodukt / Statusobjekt für manche wie ein Kfz entwickeln kann. Jetzt rein von den Gesamtumständen, dass eben wirklich mehr Städte daran gehen, bauliche Veränderungen in dem Innenstadtring vorzunehmen, wo eben Kfzs einfach nicht mehr gewünscht sind und Fahrradverkehr eine riesig große Rolle spielt.“ (Händlerinterview Hannover)

Auch wenn die derzeitige Entwicklung noch weit davon entfernt ist, so könnten Pedelecs als Erweiterung ihrer Mobilität für Jugendliche zukünftig durchaus interessant (gemacht) werden:

„Wenn ich dran denke, damals die Mofazeit, wir sind alle damals Mofa gefahren und das war gerade schwer angesagt und [...] das war halt auch Trend. Und diesen Trend gibt es im [...] Jugendbereich nicht. Den müsste man eventuell auslösen, vielleicht eventuell mit den entsprechenden Produkten, die entsprechend cool aussehen oder so. Ich meine, der Ruf ist immer noch im Allgemeinen so, dass so ein Elektrohilfsantrieb halt was für Behinderte oder für Rentner ist oder für jemanden, der nicht mehr vernünftig treten kann.“ (Händlerinterview Bremen)

Mit Blick auf technische Weiterentwicklungen werden neben der Erhöhung der Akkukapazität insbesondere „nette Gimmicks“ erwartet „wie jetzt, sage ich mal, USB-Anschlüsse oder sonstigem dann direkt-, also die Batterie dann auch so als Aufladequelle zu benutzen für Smartphones, GPS und so weiter“ (Händlerinterview Frankfurt a. M.). Weiterentwicklungen werden auch im Bereich der Ausstattung der Pedelecs als notwendig gesehen. Bremsen, Kette und Reifen müssten der höheren Geschwindigkeit und den veränderten Kräftewirkungen stärker Rechnung tragen. Pedelec-spezifische Ausstattung bzw. Bauteile wie sie vereinzelt von Herstellern bereits heute angeboten werden, könnten (und sollten) sich zukünftig weiter verbreiten.

3.2. Angaben zu Pedelec-Nutzern und zu deren Mobilitätsverhalten

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Online-Befragungen sowie der Interviewauswertungen dargestellt. Der Fokus liegt dabei auf den Angaben und Einschätzungen der Teilnehmenden zu den Fragebereichen Soziodemografie und -ökonomie, Mobilitätsverhalten, Pedelec-Typ und -Nutzung, (Nicht-)Nutzungsmotive, Einstellungen sowie Veränderungen der Pedelec-Nutzung im Projektverlauf. Die Auswertung der wegebezogenen Daten aus den Fahrwochen erfolgt im Zusammenhang mit der Umweltbewertung in Kapitel 3.6.

3.2.1. Einteilung in Nutzertypen

Im Folgenden wird bei der Betrachtung der Pedelec-Nutzer und der möglichen Unterschiede in der Nutzung eine auch aus den Händlerinterviews abgeleitete Einteilung in die drei hauptsächlichen Nutzungstypen Pendler, Alltags- und Freizeitnutzer vorgenommen. Eine weitere Untergliederung wie sie die Händlerbefragungen durchaus nahe liegen würden, wurde nicht vorgenommen, um für die statistischen Auswertungen ausreichend große Stichprobengrößen zu gewährleisten.

Die Typisierung basiert auf der Anzahl der zurückgelegten Wege im gesamten Projektzeitraum und gibt den Nutzungsschwerpunkt der Teilnehmer in diesem Zeitraum wieder. Die Operationalisierung des Nutzungsschwerpunktes anhand der Wegeanzahl und nicht anhand der Wegedistanz erfolgte in Abstimmung mit der qualitativen Auswertung der Interviewaussagen: Den höchsten Deckungsgrad zwischen der Selbstzuordnung der Feldteilnehmer zu Nutzungsschwerpunkten und dem während der Fahrwochen dokumentierten tatsächlichen Nutzungsverhalten ergab sich bei der Berücksichtigung der Wegezahl (vgl. 2.3.2.).

Nutzer, bei denen mindestens die Hälfte aller Wege Fahrten von oder zur Arbeit oder andere berufliche Fahrten waren, wurden als Pendler kategorisiert. Kriterium für Freizeitnutzer war ein Anteil von mindestens 50 % Freizeit- und Urlaubswegen an den Gesamtwegen. Der Kategorie Alltagsnutzer sind dementsprechend jene Teilnehmer zugeordnet worden, deren Anteil von Wegen mit den Zwecken „Einkauf“, „Private Erledigung“ oder „Sonstiges“ mindestens 50 % an den Gesamtanzahl aller Wege ausmachen. 90,6 % der Teilnehmer (346 Teilnehmer) konnten anhand dieser Kriterien eindeutig einem Nutzungsschwerpunkt zugeordnet werden. Teilnehmer, bei denen keiner der drei Nutzungsbereiche einen Anteil von mindestens 50 % ausmachte, wurden dem Schwerpunkt zugeteilt, der insgesamt den höchsten Anteil an der

Wegegesamtzahl ausmachte. Auf diese Weise konnten 20 weitere Teilnehmer (4,7 %) einem Nutzungsschwerpunkt zugeordnet werden. 18 Teilnehmer (4,7 %) konnten nicht zugeordnet werden.

Bezogen auf die 70 interviewten Teilnehmer konnten 55 eindeutig einer Nutzergruppe zugeordnet werden. Diese teilen sich in 29 Pendler, 18 Alltags- und 8 Freizeitnutzer auf. Die reduzierte Zahl ergibt sich aus der Bereinigung der Stichprobe im Zuge des Abgleichs der qualitativen Daten mit den Daten aus den Wegeprotokollen. Es wurden nur die Teilnehmer in die Typisierung aufgenommen, bei denen die qualitativen und die quantitativen Daten nicht im Widerspruch zueinander standen, bei denen also der Schwerpunkt der tatsächlich dokumentierten Wegezwecke identisch mit der Einschätzung der Befragten bezüglich des Hauptnutzungszweckes war.

Abbildung 16 zeigt den prozentualen Anteil der Nutzertypen in den vier Befragungswellen sowie in dem zusammengeführten Längsschnittdatensatz (Feld- und Online-Teilnehmer). Von kleineren Schwankungen von Befragungszeitraum zu Befragungszeitraum abgesehen, bilden Pendler mit rund 40 % den größten Anteil vor den Alltagsnutzern. Reine Freizeitnutzer sind in den Stichproben am seltensten vertreten. Die von den befragten Händlern vermutete Dominanz von reinen Freizeitnutzern unter den Pedelec-Fahrern konnte somit innerhalb der Pedelection-Teilnehmer nicht festgestellt werden.

Eine genauere Betrachtung der Nutzertypen hinsichtlich Personen- und Haushaltsmerkmalen, Nutzungsmotiven etc. erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln. Mögliche Schwankungen des Nutzungsschwerpunktes über die Jahreszeiten hinweg wurden zusätzlich im Abschnitt 3.4.3.2 untersucht.

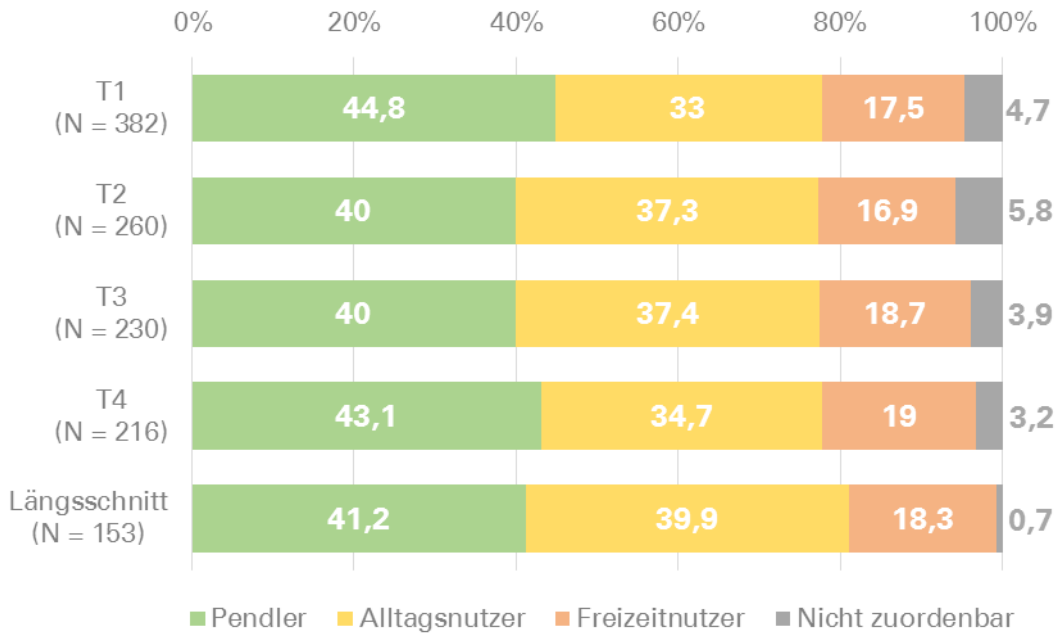


Abbildung 16: Anteil von Pendlern, Alltags- und Freizeitnutzern in der Stichprobe

3.2.2. Soziodemografische und -ökonomische Charakteristika der Teilnehmer

3.2.2.1. Personenmerkmale

Der Frauenanteil beträgt beim ersten Befragungszeitpunkt etwas weniger als ein Drittel. Daten für die Grundgesamtheit aller Pedelec-Nutzer in Deutschland liegen derzeit nicht vor, sodass nicht abschließend beurteilt werden kann, inwiefern das hier gefundene Geschlechterverhältnis das tatsächliche Nutzerbild widerspiegelt. Nach Angaben des Sinus-Instituts ist die Geschlechterverteilung aller Radfahrer nahezu ausgeglichen⁴¹. Die Händlernaussagen sprechen für ein ausgeglichenes Verhältnis bei den über 65-Jährigen und einen deutlich höheren Männeranteil an Pedelec-Nutzern bei den jüngeren Nutzern. Dies lässt sich innerhalb der Stichprobe nicht bestätigen. Auch bei den über 65-Jährigen ist das Geschlechterverhältnis mit einem Frauenanteil von 21,7 % unausgewogen (vgl. Kapitel 4.1.1).

Auch wenn Pedelects und Fahrräder in einem ähnlichen Umfang und vergleichbaren Zwecken eingesetzt werden, zeigt sich übereinstimmend mit bisherigen Studien (vgl. Kapitel 1.2.1), dass die Pedelects gegenwärtig überwiegend von älteren Personen gefahren werden. Das

⁴¹ Sinus Institut (2013): Fahrrad-Monitor Deutschland 2013: Frauenanteil 49 %. http://www.adfc.de/files/2/35/Monitor_2013.pdf. Letzter Aufruf am 01.08.2014.

Durchschnittsalter der Befragten beträgt 55,6 Jahre (*Min* = 29 Jahre, *Max* = 81 Jahre, *SD* = 11,16 Jahre). Pedelec-Nutzer sind demnach älter als der durchschnittliche Bundesdeutsche mit rund 46 Jahren. Von den Befragten sind 15 % unter 45 Jahre und 62 % zwischen 45 und 65 Jahre alt. Etwa jeder Vierte ist 65 Jahre und älter. Mit Blick auf die Verteilung der drei Altersgruppen ergibt der χ^2 -Test einen signifikanten Unterschied. Bei den Freizeitnutzern ist gut jeder Zweite über 65 Jahre alt, während bei den Alltagsnutzern die Hälfte und bei den Pendlern rund drei Viertel zwischen 45 und 65 Jahre alt sind. Wie in einer 2014 von der „Unfallforschung der Versicherer“ vorgelegten Studie liegt das Durchschnittsalter von S-Pedelec-Nutzern mit 46,6 Jahren (*SD* = 9,28, *N* = 33) deutlich unterhalb des Gesamtdurchschnitts aber noch oberhalb des mit 41,7 Jahren berichteten Wertes in der vorgenannten Studie. Das Durchschnittsalter der Teilnehmenden mit Pedelec 25 beträgt dort 53,5 Jahre, liegt also noch unter dem hier ermittelten Wert (vgl. Schleinitz u. a., 2014, S. 23).

Etwa jeder Zehnte hat einen Hauptschul- und gut jeder Vierte einen Realschul- oder vergleichbaren Schulabschluss erlangt. Annähernd jeder Sechste hat eine Fachhochschulreife und mehr als zwei Fünftel die fachgebundene Hochschulreife bzw. das Abitur absolviert. Damit weisen die Teilnehmenden einen höheren Bildungsgrad auf als der durchschnittliche Deutsche (Statistisches Bundesamt, 2013, S. 76)⁴². Auch hier ergibt der Vergleich zwischen den Nutzungstypen einen signifikanten Unterschied. So hat bei den Pendlern gut jeder Zweite das Abitur erlangt, während der Anteil bei den beiden Vergleichsgruppen etwas geringer ausfällt. Dementsprechend ist auch der Anteil der Personen mit Hochschulabschluss unter den Pendlern mit 54 % höher als in den beiden Vergleichsgruppen.

Rund jeder Zweite arbeitet in Vollzeit und gut jeder Sechste in Teilzeit. Knapp 6 % der Befragten sind nicht erwerbstätig und gut jeder Vierte ist bereits Rentner. Unter den Freizeitnutzern ist der Anteil der Rentner mit 61 % am höchsten. Unter den Alltagsnutzern ist jeder zweite Rentner und bei den Pendlern sind mehr als drei Viertel in Vollzeit beschäftigt (s. Tabelle 8).

Abbildung 17 veranschaulicht, dass der Anteil der 45- bis 65-Jährigen unter den Personen, die mindestens einen Realschulabschluss oder vergleichbaren Schulabschluss erlangt haben,

⁴² Hauptschulabschluss: 38,6 %, Realschulabschluss: 24 %, Fachhochschul- / Hochschulreife: 29,6.

deutlich erhöht ist. Der χ^2 -Test ergibt einen signifikanten Unterschied ($\chi^2(6, N = 345) = 30,91, p = .000$).

Tabelle 8: Personenmerkmale der Befragungsteilnehmer

Messzeitpunkt T1		Gesamt		Freizeit		Alltag		Pendeln		χ^2 - Test
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Geschlecht	Frauen	105	29.7	16	27.1	42	35.9	45	27.1	$\chi^2(2, N = 342) = 2.82, p = .244$
	Männer	249	70.3	43	72.9	75	64.1	121	72.9	
	Gesamt	354	100	59	100	117	100	166	100	
Altersgruppen	< 45 Jahre	53	15.0	6	10.2	7	6.0	38	22.9	$\chi^2(4, N = 342) = 94.74, p = .000$
	45 < 65 Jahre	218	61.6	22	37.3	62	53.0	125	75.3	
	>= 65 Jahre	83	23.4	31	52.5	48	41.0	3	1.8	
	Gesamt	354	100	59	100	117	100	166	100	
Schulabschluss	Hauptschulabschluss	39	11.3	17	30.9	16	14.0	5	3.0	$\chi^2(6, N = 333) = 36.69, p = .000$
	Realschulabschluss	91	26.4	13	23.6	35	30.7	41	25.0	
	Fachhochschulreife	56	16.2	8	14.5	18	15.8	29	17.7	
	Fachgebundene Hochschulreife / Abitur	159	46.1	17	30.9	45	39.5	89	54.3	
	Gesamt	345	100	55	100	114	100	164	100	
Hochschulabschluss	Keinen Hochschulabschluss	187	53.4	38	66.7	68	58.6	76	45.8	$\chi^2(2, N = 339) = 9.17, p = .010$
	Hochschulabschluss	163	46.6	19	33.3	48	41.4	90	54.2	
	Gesamt	350	100	57	100	116	100	166	100	
Erwerbstätigkeit	Vollzeit	167	47.2	13	22.0	15	12.8	129	77.7	$\chi^2(8, N = 342) = 188.14, p = .000$
	Teilzeit	58	16.4	3	5.1	22	18.8	32	19.3	
	Nicht erwerbstätig	21	5.9	5	8.5	16	13.7	-	-	
	Rentner	96	27.1	36	61.0	58	49.6	1	0.6	
	Sonstige	12	3.4	2	3.4	6	5.1	4	2.4	
	Gesamt	382	100	59	100	117	100	166	100	

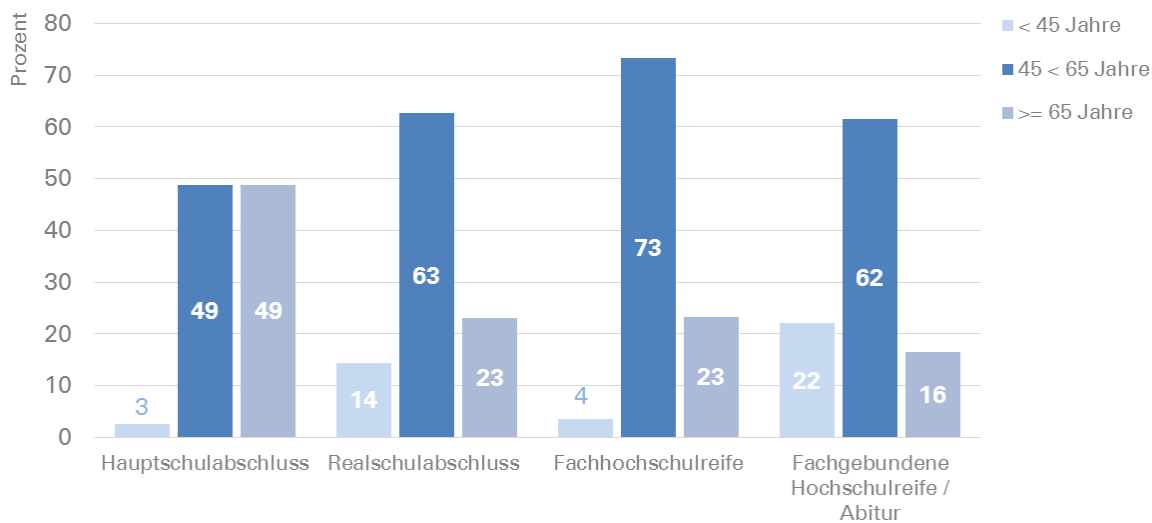


Abbildung 17: Verteilung nach höchstem Schulabschluss und Altersgruppen

3.2.2.2. BMI und Einschränkung der körperlichen Mobilität

Als physikalische Personenmerkmale wurden in der ersten Befragung die Körpergröße und das Gewicht der Teilnehmer erfragt ($N = 351$). Diese Werte spielen zum einen eine Rolle bei der Reichweitenleistung der Akkus, sie erlauben aber auch eine zumindest grob orientierende Einschätzung der körperlichen Verfassung der befragten Pedelec-Nutzer. Gewicht und Größe liegen bei den Frauen ($N = 104$) im Durchschnitt bei 72 kg ($Min = 39$ kg, $Max = 115$ kg, $SD = 13,68$ kg) und 167 cm ($Min = 152$ cm, $Max = 180$ cm, $SD = 5,91$ cm). Bei den Männern ($N = 247$) betragen das Durchschnittsgewicht und die -größe 85 kg ($Min = 52$ kg, $Max = 174$ kg, $SD = 14,67$ kg) bzw. 180 cm ($Min = 163$ cm, $Max = 208$ cm, $SD = 7,21$ cm). Die Werte sind nahezu identisch mit dem bundesdeutschen Durchschnitt (Mikrozensus, 2014).

Die Hälfte der Teilnehmer (49 %) ist mit einem Body-Mass-Index von < 26 (Männer) respektive < 25 (Frauen) als normalgewichtig einzustufen. Ein Drittel der Teilnehmer (116 Teilnehmer) ist mit einem BMI > 26 (Männer) bzw. > 25 (Frauen) als übergewichtig einzustufen. 15 % (54 Teilnehmer) haben einen BMI von 30 oder mehr und gelten damit als adipös. Bezüglich der Geschlechterverteilung sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen ($\chi^2(4, N = 351) = 2,14, p = .71$). Bei den Männern sind rund 46 % als übergewichtig oder adipös einzustufen, bei den Frauen rund 54 %. Im Vergleich mit dem bundesdeutschen Durchschnitt fällt auf, dass männliche Pedelec-Nutzer einen deutlich niedrigeren Anteil an Übergewichtigkeit oder Adipositas aufweisen. Bei den weiblichen Nutzerinnen ist der Anteil dagegen höher als im bundesdeutschen Durchschnitt. Rund 60 % der Männer und 46 % der Frauen in Deutschland sind übergewichtig oder adipös (Robert Koch-Institut, 2014, S. 93).

Etwa ein Fünftel aller Befragten (19 %, $N = 345$) beschreibt sich selbst als durch gesundheitliche Probleme in der Mobilität eingeschränkt (s. Abbildung 18).

Ja, ich bin durch gesundheitliche Probleme (z. B. durch eine Gehbehinderung) in meiner Mobilität eingeschränkt. (T1)

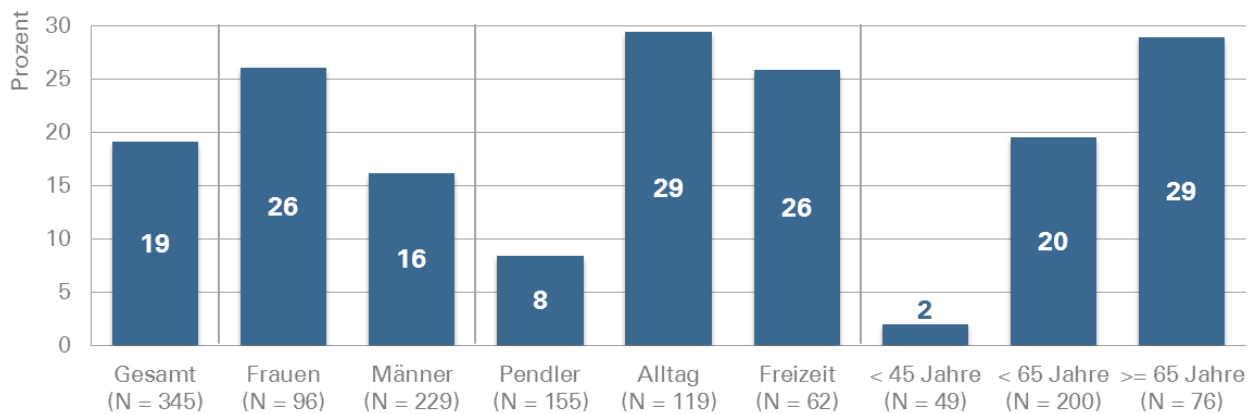


Abbildung 18: Prozentuale Anteile von Nutzern mit eingeschränkter Mobilität nach Geschlecht, Nutzungstyp und Altersgruppen

Erwartungsgemäß geben Nutzer im Rentenalter häufiger an, in der Mobilität eingeschränkt zu sein. Auffallend ist der vergleichsweise hohe Anteil an Frauen, die dieser Aussage zugestimmt haben.

Zusammen mit den Angaben zum BMI scheint sich ableiten zu lassen, dass für jüngere Frauen ein Pedelec eher in Frage kommt, wenn körperliche Einschränkungen bestehen, wohingegen dieser Faktor bei jüngeren Männern weniger von Bedeutung ist.

3.2.2.3. Haushaltsmerkmale

Der Großteil der Befragten lebt in Haushalten mit mehr als einer Person. Fast drei Fünftel wohnen in Haushalten mit zwei Erwachsenen und gut jeder Vierte in einem Haushalt mit mindestens einem Kind. Damit sind Mehrpersonenhaushalte bei den Teilnehmenden deutlich häufiger als im bundesdeutschen Durchschnitt. 2012 waren 41 % der Privathaushalte Single-Haushalte (Statistisches Bundesamt, 2013, S. 49)⁴³. Mit Blick auf die Haushaltsgröße gibt es einen deutlichen Unterschied zwischen den drei Nutzungstypen. Auffällig ist u. a., dass der Anteil der Mehrpersonenhaushalte mit Kindern bei den Pendlern deutlich höher ist als bei den Vergleichsgruppen (vgl. Tabelle 9).

⁴³ 2 Personen: 35 %, 3 Personen: 12 %, 4 Personen: 9 %, 5 Personen und mehr: 3 %.

Tabelle 9: Haushaltsmerkmale der Befragungsteilnehmer

Messzeitpunkt T1		Gesamt		Freizeit		Alltag		Pendeln		χ^2 - Test
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Haushaltsgröße	Eine Person	46	13.0	8	13.6	18	15.4	19	11.4	$\chi^2 (2, N = 342) = .94, p = .624$
	Mehr Personen	308	87.0	51	86.4	99	84.6	147	88.6	
	Gesamt	354	100	59	100	117	100	166	100	
	Gesamt	354	100	59	100	117	100	166	100	
Haushaltsgröße	Haushalt mit einem Erwachsenen	46	14.6	8	14.3	18	17.1	19	13.2	$\chi^2 (4, N = 305) = 19.40, p = .001$
	Haushalt mit zwei Erwachsenen	183	58.1	42	75.0	65	61.9	70	48.6	
	Haushalt mit mind. einem Kind	86	27.3	6	10.7	22	21.0	55	38.2	
	Gesamt	315	100	56	100	105	100	144	100	
Haushalts-einkommen	Bis unter 1.500 Euro	36	11.5	8	17.4	14	12.5	14	9.6	$\chi^2 (6, N = 304) = 11.58, p = .072$
	1.500 Euro bis unter 3.200 Euro	142	45.2	24	52.2	57	50.9	56	38.4	
	3.200 Euro bis unter 5.000 Euro	107	34.1	13	28.3	33	29.5	59	40.4	
	5.000 Euro und mehr	29	9.2	1	2.2	8	7.1	17	11.6	
	Gesamt	314	100	46	100	112	100	146	100	
Größe des Ortes	Ortschaft (bis 1.000 Einw.)	33	9.3	8	13.6	11	9.4	13	7.8	$\chi^2 (10, N = 342) = 16.22, p = .093$
	Landstadt (1.001 - 5.000 Einw.)	58	16.4	14	23.7	14	12.0	29	17.5	
	Kleinstadt (5.001 - 20.000 Einw.)	62	17.5	10	16.9	28	23.9	22	13.3	
	Kleinere Mittelstadt (20.001 - 50.000 Einw.)	55	15.5	12	20.3	13	11.1	27	16.3	
	Größere Mittelstadt (50.001 - 100.000 Einw.)	35	9.9	4	6.8	12	10.3	18	10.8	
	Großstadt (über 100.000 Einw.)	111	31.4	11	18.6	39	33.3	57	34.3	
	Gesamt	354	100	59	100	117	100	166	100	
Projektregionen	Projektregion 1 (PLZ 2)	63	17.8	13	22.0	34	29.1	15	9.0	$\chi^2 (8, N = 342) = 31.76, p = .000$
	Projektregion 2 (PLZ 3)	74	20.9	6	10.2	21	17.9	45	27.1	
	Projektregion 3 (PLZ 5, 6, 7)	115	32.5	23	39.0	31	26.5	56	33.7	
	Projektregion 4 (PLZ 8)	41	11.6	11	18.6	8	6.8	20	12.0	
	Keine Projektregion (PLZ 0, 1, 4, 9)	61	17.2	6	10.2	23	19.7	30	18.1	
	Gesamt	354	100	59	100	117	100	166	100	

Gut jeder Zehnte berichtet von einem Haushaltseinkommen von unter 1.500 Euro. Mehr als zwei Fünftel leben in Haushalten mit einem Einkommen zwischen 1.500 Euro bis unter 3.200 Euro und ein Drittel in Haushalten mit 3.200 Euro bis unter 5.000 Euro. Fast 10 % leben in einem

Haushalt mit einem Einkommen von 5.000 Euro und mehr. Damit ergibt sich ein durchschnittliches Netto-Einkommen von 2.900 bis 3.200 Euro, was auch dem bundesdeutschen Durchschnitt von 3.069 Euro entspricht (Statistisches Bundesamt, 2013, S. 164). Der Vergleich nach den drei Nutzungstypen zeigt, dass das Haushaltseinkommen bei den Pendlern tendenziell höher ist. Jeder zweite Pendler wohnt in einem Haushalt mit einem Einkommen von über 3.200 Euro. Das durchschnittliche Nettoeinkommen von Teilnehmenden mit S-Pedelec liegt mit 3.200 bis 3.500 Euro noch darüber. Frauen verfügen mit 2.300 bis 2.600 Euro über ein niedrigeres Haushaltsnettoeinkommen.

Etwa ein Drittel der Befragungsteilnehmer hat seinen Wohnsitz in einer Großstadt mit über 100.000 Einwohnern und jeder Zehnte in einer größeren Mittelstadt oder Ortschaft mit bis zu 1.000 Einwohnern. Der Rest verteilt sich in etwa zu gleichen Anteilen auf die anderen Ortsgrößen. Ortschaften unter 5.000 Einwohnern sind dabei im Vergleich mit der gesamtdeutschen Verteilung deutlich über- und Kleinstädte bis 20.000 Einwohner unterrepräsentiert⁴⁴.

Der Vergleich nach Nutzungstypen in den Projektregionen zeigt, dass es auch hier einen signifikanten Unterschied gibt (vgl. Tabelle 9). Jeder Zweite wurde in der Projektregion 1 (Oldenburg / Bremen) als Alltagsnutzer, jeder Fünfte als Freizeitnutzer und jeder Vierte als Pendler klassifiziert (s. Abbildung 19). In den Projektregionen 2 (Hannover / Braunschweig), 3 (Großraum Frankfurt a. M.) und 4 (Großraum München) dominiert jeweils der Anteil der Pendler. Mehr als ein Viertel in der Projektregion 2 und 3 sind Alltagsnutzer. Der χ^2 -Test ergibt einen signifikanten Unterschied ($\chi^2(8, N = 342) = 31,76, p = .000$).

⁴⁴ Verteilung der Einwohner in Deutschland nach Gemeindegrößenklassen (Stand 31.12.2013): < 1.000 Einwohner: 2,46 %; 1.001 < 5.000 Einwohner: 12,44 %; 5.001 < 20.000 Einwohner: 26,71 %; 20.001 < 50.000 Einwohner: 18,39 %; 50.001 < 100.000 Einwohner: 9 %; > 100.000 Einwohner: 31 % (Quelle: de.statista.com)

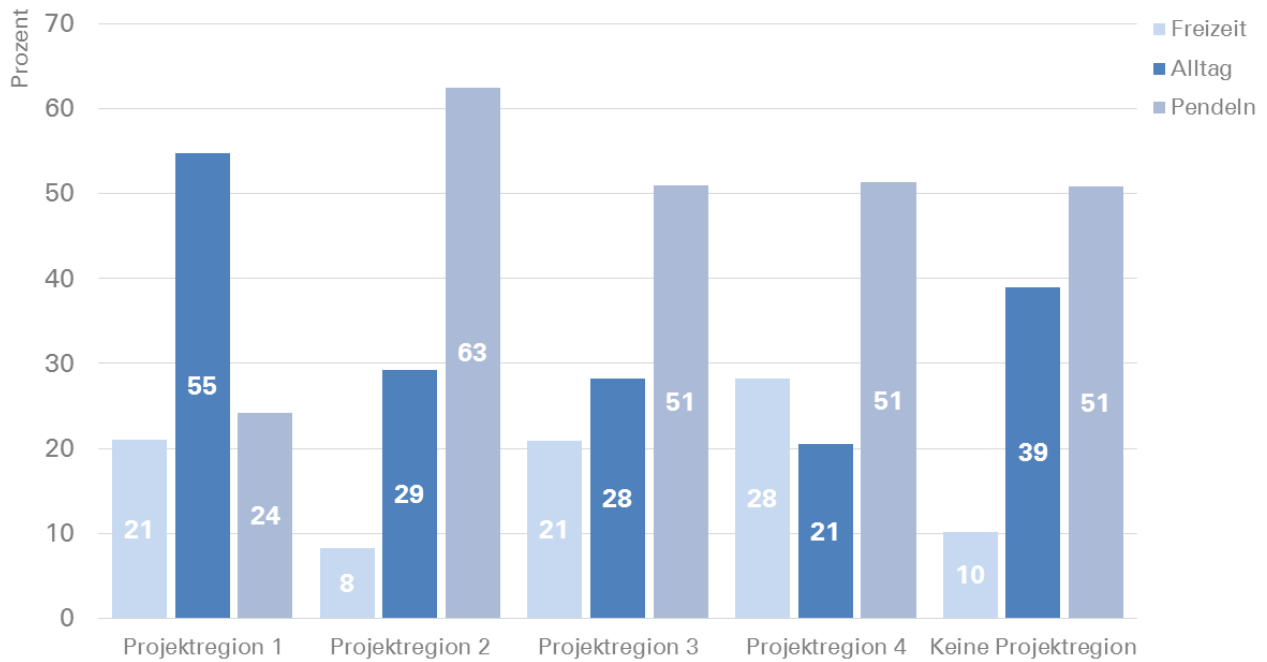


Abbildung 19: Verteilung der Befragungsteilnehmer nach Projektregionen und Nutzungstypen (T1)

Mehr als ein Viertel der Befragten hat seinen Wohnsitz in Niedersachsen. Gut ein Sechstel kommt aus Nordrhein-Westfalen und gut ein Siebtel aus Baden-Württemberg. Aus Bayern und Hessen stammen jeweils 13 % der Befragungsteilnehmer (s. Abbildung 20).

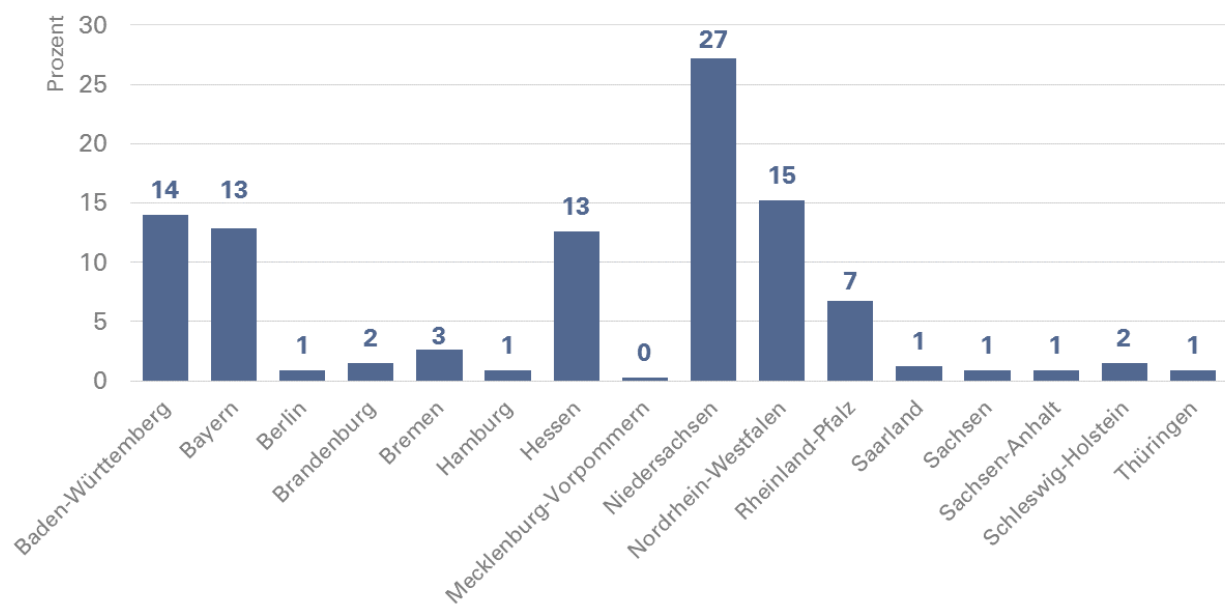


Abbildung 20: Verteilung der Befragungsteilnehmer nach Bundesländern

3.2.3. Angaben zum Mobilitätsverhalten

3.2.3.1. Führerschein

Fast alle Projektteilnehmer verfügen über einen Pkw-Führerschein (s. Abbildung 21). Bei den teilnehmenden Frauen ($N = 82$) und den über 65-Jährigen ($N = 57$) liegt der Anteil mit jeweils 98 % deutlich über den in der MiD 2008 berichteten Werten von 83 % bzw. 82 % (Follmer u. a., 2010, S. 70).

Für welche Kraftfahrzeugtypen besitzen Sie einen Führerschein?⁴⁵ ($N = 299$, T1)

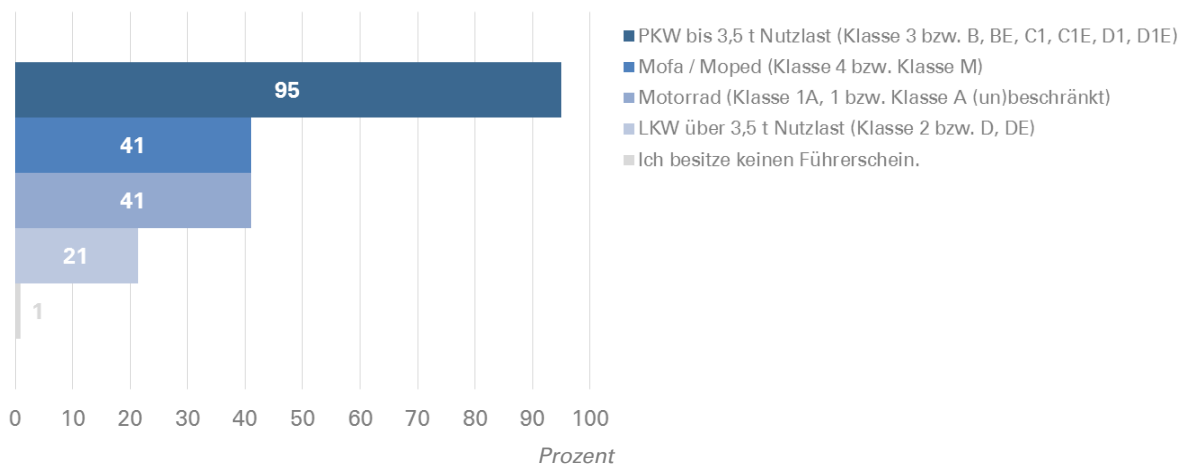


Abbildung 21: Führerscheinbesitz der Teilnehmenden

3.2.3.2. Erreichbarkeit der üblichen Ziele vom Wohnort aus

Abbildung 22 gibt die subjektive Wahrnehmung der Teilnehmenden an der T1-Befragung über die Erreichbarkeit der im Alltag üblichen Ziele vom Wohnort aus wieder. Über alle Antwortenden⁴⁶ werden für Pkw und Pedelec mit 95 % die Erreichbarkeiten mit „sehr gut“ oder „eher gut“ beschrieben. Am schlechtesten wird die Erreichbarkeit mit dem öffentlichem Personennahverkehr wahrgenommen: Fast ein Fünftel der Antwortenden beschreibt die Anbindung als „sehr schlecht“. Bei den Pendlern ($N = 156$) wird die Erreichbarkeit mit ÖPNV als besonders schlecht beschrieben⁴⁷. Nur 48 % können ihre Ziele nach eigener Wahrnehmung „sehr gut“ oder „eher gut“ mit Öffentlichen Verkehrsmitteln erreichen.

⁴⁵ Eine Mehrfachauswahl war möglich.

⁴⁶ Bei der Auswertung wurden nur jene Fälle berücksichtigt, die für alle Verkehrsmittel eine Aussage getroffen haben.

⁴⁷ In der Darstellung wurden für Pendler, Alltags- und Freizeitnutzer jeweils die beiden Antwortmöglichkeiten „sehr gut“ und „eher gut“ summiert.

Wie gut können Sie von Ihrem Wohnort aus Ihre üblichen Ziele erreichen? (N = 40, T1)

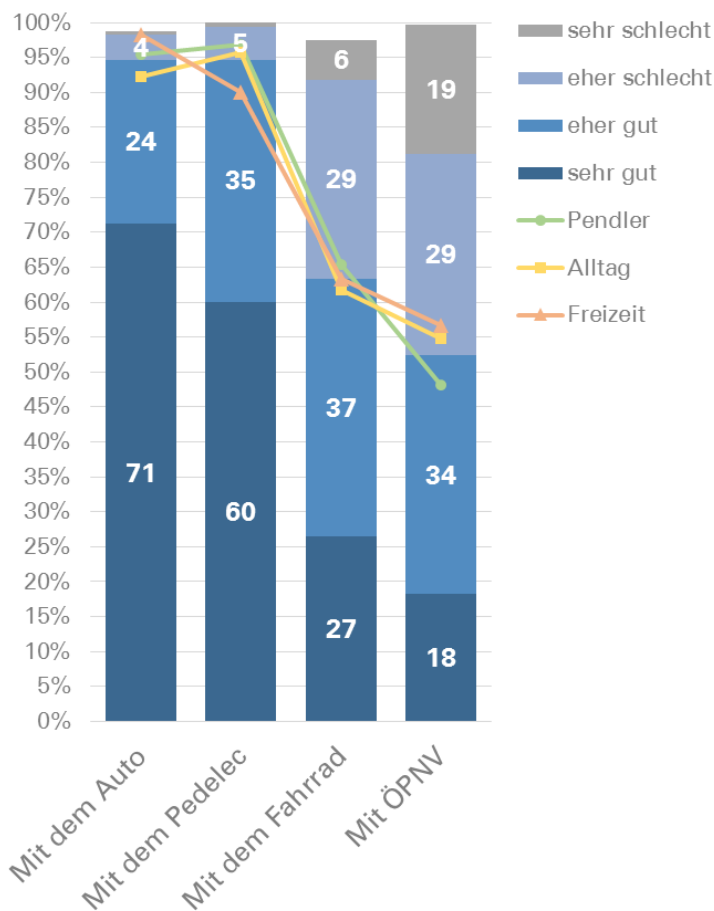


Abbildung 22: Erreichbarkeit der üblichen Ziele vom Wohnort aus mit Auto, Pedelec, Fahrrad und ÖPNV

Gleichzeitig wird das Pedelec sowohl von den Pendlern als auch von den Alltagsnutzern (N = 115) in diesem Punkt als noch vor dem Auto liegend wahrgenommen. Die Freizeitnutzer (N = 60) sehen hingegen das Auto (98 %) deutlicher vor dem Pedelec (90 %).

3.2.3.3. Haushaltsfuhrpark und Nutzung durch Teilnehmer

Durchschnittlich besitzen die Befragten 2,9 fahrbereite Fahrräder, 1,5 fahrbereite Pkw und 1,4 fahrbereite Pedelecs. Die anderen Verkehrsmittel sind in den Haushalten im Teilnehmerfeld nur marginal vertreten (s. Abbildung 23). 40 Befragte (11,6 %) besitzen kein fahrbereites Fahrrad, nur 21 (6,1 %) keinen Pkw. Im Vergleich mit dem Fahrrad-Monitor 2013, bei dem 28 % der Befragten angaben, kein Fahrrad zu besitzen und über alle Teilnehmenden gemittelt 2,4 Fahrräder pro Haushalt verfügbar waren (Sinus - Markt- und Sozialforschung GmbH, 2013, S.

115), fällt die Durchdringung des Haushaltsfuhrparks mit herkömmlichen Fahrrädern innerhalb der Teilnehmenden von Pedelection höher aus.

Wie viele der folgenden Fahrzeuge gibt es in Ihrem Haushalt? (N = 344, T1)

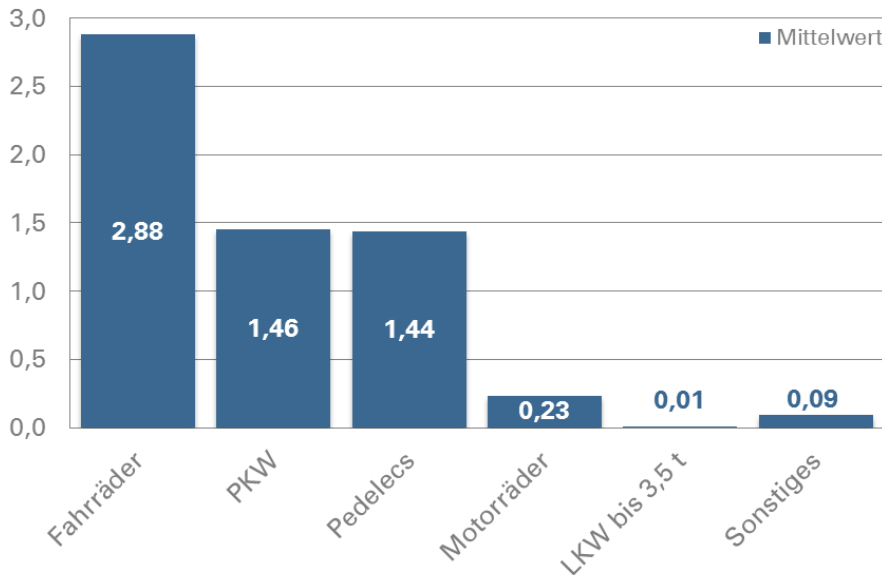


Abbildung 23: Fahrbereite Fahrzeuge im Haushalt der Teilnehmenden

Im Vergleich zur Verkehrserhebung „Mobilität in Städten – SrV 2008“ (vgl. Ahrens, Ließke, Wittwer, & Hubrich, 2009, S. 91) und zur Studie „Mobilität in Deutschland 2008“ (MiD) (Follmer u. a., 2010, S. 49) weisen die Teilnehmenden auch einen höheren Motorisierungsgrad auf (s. Abbildung 24). Die unmotorisierten Haushalte (kein Pkw und kein konventionell motorisiertes Zweirad) sind im Pedelection-Teilnehmerfeld deutlich seltener und solche mit zwei oder mehr Pkw häufiger vertreten.

Betrachtet man nur die Teilnehmenden aus größeren Mittelstädten ($N = 131$), also Städte mit einer Einwohnerzahl von mehr als 50.000, nimmt der Motorisierungsgrad leicht ab. Die Werte der Teilnehmenden aus den Städten liegen etwas näher an den MiD-Werten. Vom Besitz von mehr als zwei Pkw berichten hier nur noch 4,6 %. 9,9 % haben weder Pkw noch ein konventionell motorisiertes Zweirad.

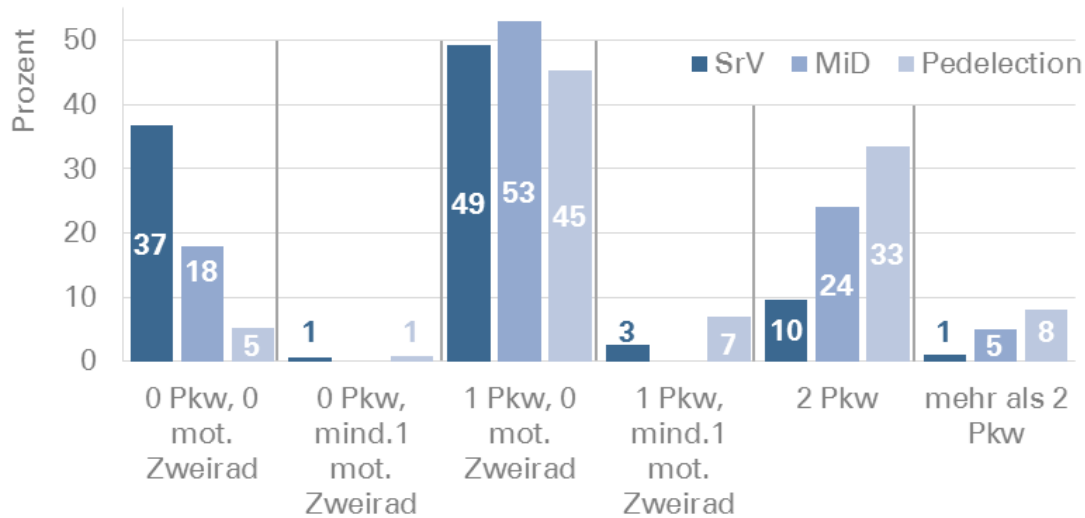


Abbildung 24: Motorisierungsgrad der Pedelection-Teilnehmer (N = 344) im Vergleich zur Studie "Mobilität in Städten 2008" (SrV) (N = 7.594 ungewichtet) und „Mobilität in Deutschland 2008 (MiD) (25.000 Haushalte)

Das Pedelec ist nach eigener Auskunft der Teilnehmenden zum Zeitpunkt der ersten Befragung das am häufigsten genutzte Verkehrsmittel innerhalb des Haushaltsfuhrparks (s. Abbildung 25). 98 % geben an, das Pedelec (N = 339) (fast) täglich oder an mindestens ein bis drei Tagen pro Woche zu nutzen. Beim Pkw (N = 318) sind es 82 %. Im Vergleich zur letzten Erhebung „Mobilität in Deutschland“ (MiD) aus dem Jahr 2008 (Follmer u. a., 2010, S. 93) fällt die deutlich niedrigere (fast) tägliche Nutzung des Pkw auf: Während nur gut ein Viertel der Pedelection-Teilnehmer von einer täglichen Nutzung berichtet, sind es bei der MiD-Erhebung etwas mehr als die Hälfte. Der Anteil der Nicht-Nutzer eines herkömmlichen Fahrrades (N = 301) liegt bei den Pedelection-Teilnehmern ebenfalls deutlich unterhalb der in der MiD-Studie berichteten Werte und spiegelt in etwa den von Preißner et al. (2013, S. 42) gefundenen Wert von 20,1 % der Seltennutzer wider.

Wie häufig nutzen Sie die in Ihrem Haushalt vorhandenen Fahrzeuge? (N = 25 - 339, T1)

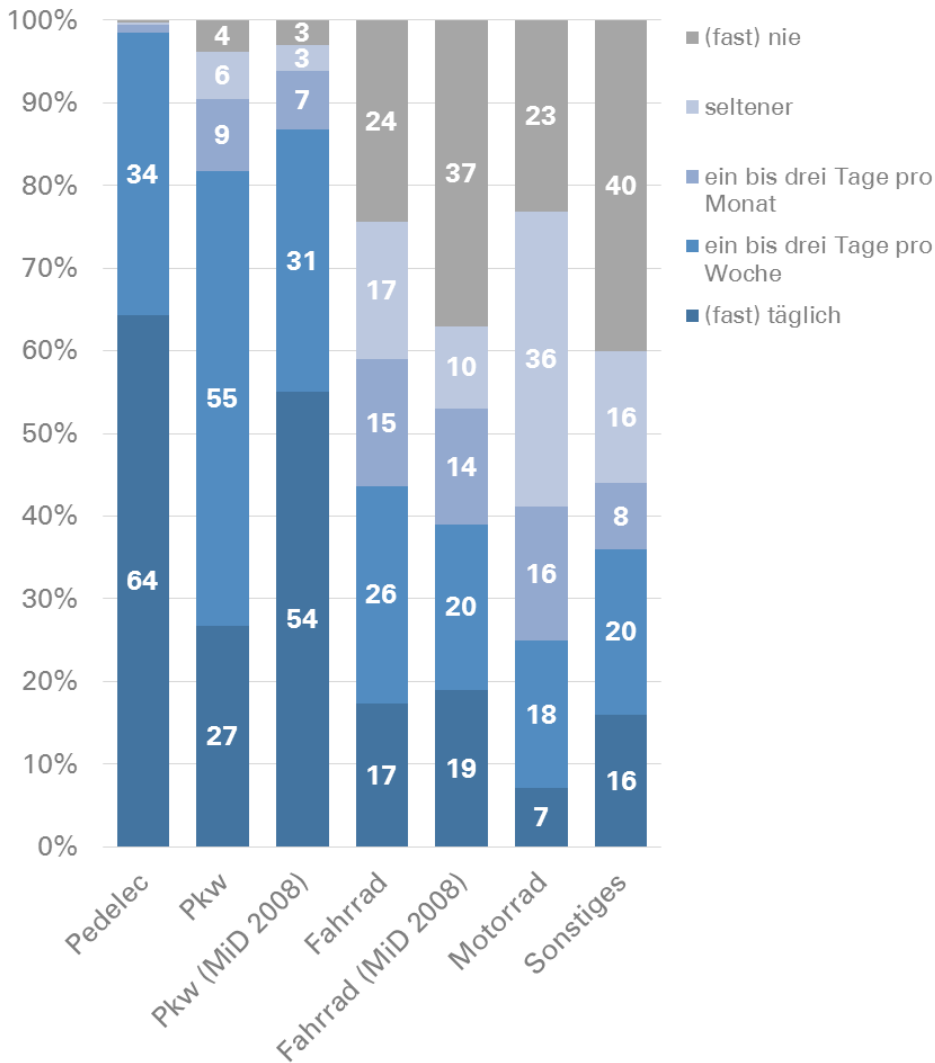


Abbildung 25: Nutzungshäufigkeit der im Haushalt vorhandenen Verkehrsmittel im Vergleich zur MiD-Studie 2008

3.2.3.4. Nutzung von Leihfahrzeugen und ÖPNV

Bei den öffentlichen Verkehrsmitteln und Leih- bzw. Mietfahrzeugen werden ÖPNV und Bahn (auf längeren Strecken) am häufigsten genutzt. Gut ein Viertel (27,9 %) der Teilnehmer nutzt Bus oder Bahn in der Region mindestens einmal im Monat. Weitere Verkehrsmittel sind – zumindest was die alltägliche Nutzung betrifft – nur marginal vertreten (s. Abbildung 26).

Wie häufig benutzen Sie in der Regel die folgenden öffentlichen Verkehrsmittel oder Leihfahrzeuge? (N = 330, T1)

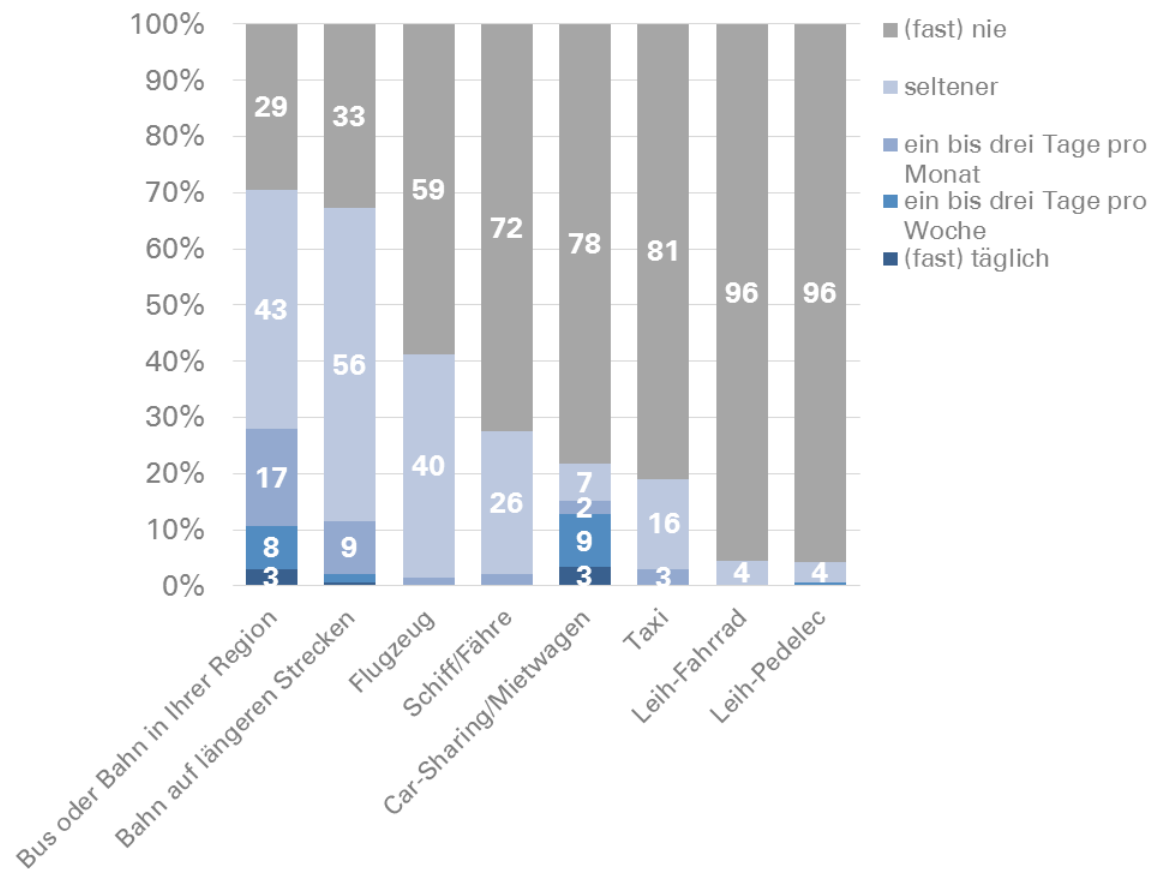


Abbildung 26: Nutzungshäufigkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln und Leihfahrzeugen

3.2.3.5. Gesamtfahrleistung im Jahr 2013

Da die zu dokumentierenden vier Fahrwochen letztlich nur einen Ausschnitt des Mobilitätsverhaltens abbilden können, wurden die Teilnehmenden im Rahmen der T3-Befragung um eine Einschätzung zu den im Jahr 2013 mit verschiedenen Verkehrsmitteln zurückgelegten Gesamtkilometern gebeten. In Abbildung 27 sind die Mittelwerte dieser Schätzungen zu sehen. Die meisten Kilometer werden über alle Teilnehmer mit dem Pkw ($M = 8.991 \text{ km}^{48}$, $SD = 10.760 \text{ km}$, $N = 198$), dem Flugzeug ($M = 7.781 \text{ km}$, $SD = 13.053 \text{ km}$, $N = 72$) und dem Pedelec ($M = 2.530 \text{ km}$, $SD = 5.820 \text{ km}$, $N = 206$) zurückgelegt. Zusätzlich sind in der Abbildung das 25 % und das 75 % Perzentil abzulesen: So hat ein Viertel der Antwortenden mit

⁴⁸ Im Jahr 2008 betrug die gesamtdeutsche durchschnittliche Pkw-Jahreskilometerleistung pro Person 8.726 km (Follmer & Lenz, 2008, S. 13).

dem Pkw im Jahr 2013 nicht mehr als 3.000 km zurückgelegt, ein Viertel legt mit dem Pkw über 12.000 km zurück.

Wie viele Kilometer haben Sie im Jahr 2013 in etwa insgesamt mit den folgenden Verkehrsmitteln zurückgelegt (N = 20 – 206)? Mit dem/der ... ca. ... km.

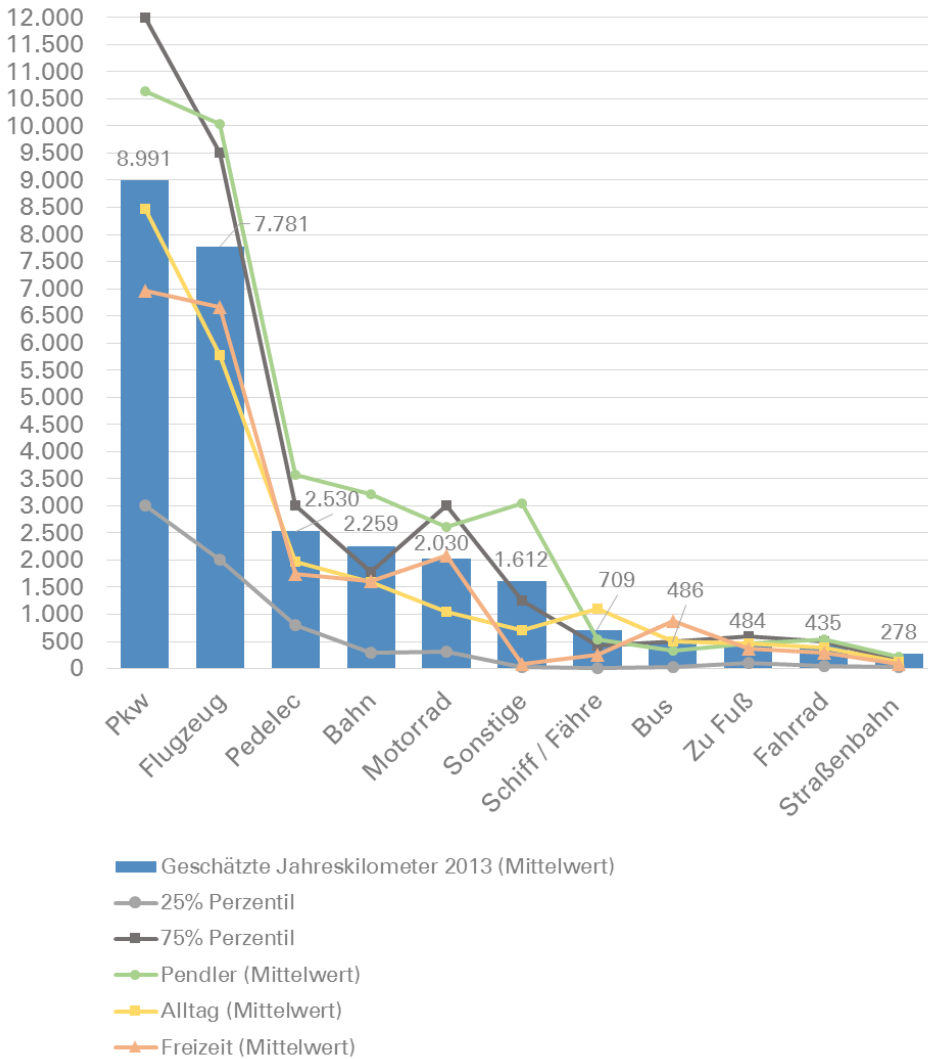


Abbildung 27: Geschätzte Jahreskilometer 2013 über verschiedene Verkehrsmittel

Die Jahresgesamtkilometerzahl beträgt über alle Antwortenden im Durchschnitt 16.947 km (N = 206, SD = 19.800 km, Min = 10 km, Max = 232.960 km). Abbildung 28 zeigt für drei Altersgruppen und das Geschlecht die jeweiligen geschätzten Jahreskilometer über die drei Nutzungsgruppen⁴⁹. Es fällt auf, dass Männer vergleichsweise mehr Jahreskilometer berichten

⁴⁹ Ausreißer- und Extremwerte wurden bei der Darstellung nicht berücksichtigt.

als Frauen (vgl. Follmer u. a., 2010, S. 69) und die Werte bei zunehmendem Alter leicht abnehmen – wobei in der mittleren Altersgruppe die höchsten Einzelfahrleistungen berichtet werden (s. Tabelle 10). Nur ein umgekehrt linearer Zusammenhang zwischen Alter und Jahresfahrleistung wird statistisch – zumindest schwach – signifikant ($N = 206$, $r = -.175$, $p = .05$)⁵⁰.

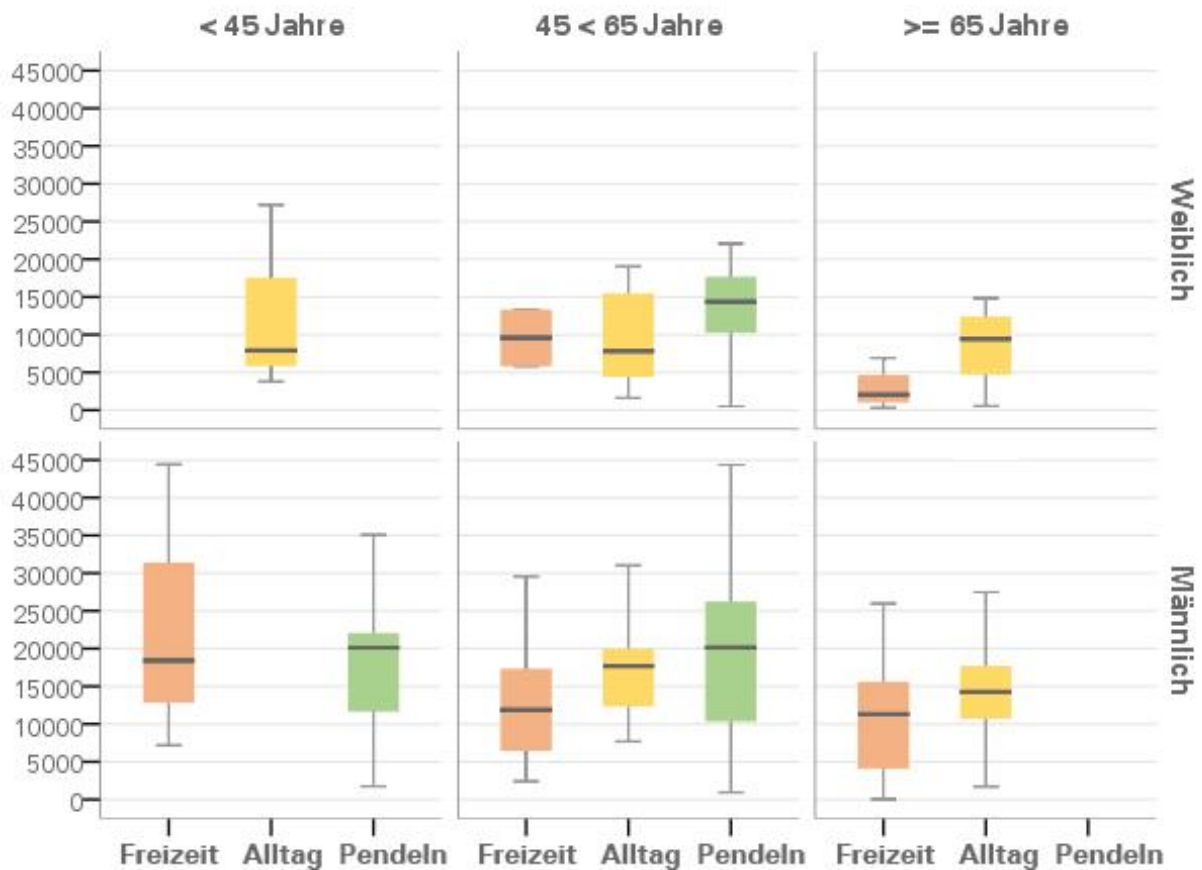


Abbildung 28: Boxplots der geschätzten Jahresgesamtkilometer 2013 nach Alter und Geschlecht über die Nutzungstypen

Tabelle 10 fasst die geschätzte Kilometerleistung für unterschiedliche sozioökonomische und weitere Kenngrößen zusammen.

⁵⁰ Bei der Berechnung wurde das genaue Alter in Jahren zu Grunde gelegt. Innerhalb der zusammengefassten Altersgruppen zeigt sich dieser Zusammenhang weniger deutlich.

Tabelle 10: Subjektive Schätzung der Jahreskilometerleistung 2013 für Geschlecht, Alter, Erwerbssituation, Projektregionen, Nutzungs- und Pedelec-Typ

		Jahresgesamtkilometer 2013					Perzentile		N in
		Gültige N	M	Min	Max	SD	25%	75%	%
Geschlecht	Weiblich	53	14.888	319	232.960	31.598	5.300	15.300	28
	Männlich	134	17.498	10	94.200	12.072	9.770	22.800	72
	Zwischensumme	187							100
Altersgruppen	< 45 Jahre	27	18.831	1.740	107.200	20.045	8.020	20.620	14
	45 < 65 Jahre	120	18.438	10	232.960	23.233	8.648	21.700	60
	>= 65 Jahre	52	12.690	38	45.300	8.949	5.660	17.235	26
	Zwischensumme	199							100
Hauptsächlicher Nutzungstyp	Freizeit	41	12.261	38	44.425	9.275	5.120	16.600	21
	Alltag	76	14.252	542	46.960	8.734	8.691	18.375	39
	Pendeln	80	22.177	507	232.960	29.114	9.525	23.910	41
	Zwischensumme	197							100
Erwerbssituation	Vollzeit	71	19.997	10	94.200	14.203	10.250	24.700	38
	Teilzeit	31	19.824	1.740	232.960	40.537	6.000	16.350	17
	Altersteilzeit	6	13.213	6.400	27.015	7.589	7.700	15.300	3
	Geringfügig beschäftigt	3	10.827	3.850	18.270	7.221	3.850	18.270	2
	Unregelmäßig beschäftigt	2	11.881	8.531	15.230	4.737	8.531	15.230	1
	Nicht erwerbstätig	12	10.791	1.630	31.040	8.464	3.571	14.300	6
	Rente	62	13.459	38	45.300	8.655	8.570	17.880	33
	Zwischensumme	187							100
Projektregion	Projektregion 1 (PLZ 2)	16	15.112	1.710	45.300	11.753	6.082	17.340	26,2
	Projektregion 2 (PLZ 3)	14	13.309	1.630	27.520	8.051	8.900	21.870	23
	Projektregion 3 (PLZ 5, 6, 7)	15	13.370	6.260	28.370	6.987	7.000	17.700	24,6
	Projektregion 4 (PLZ 8)	16	31.463	38	232.960	55.2578	8.235	29.200	26,2
	Zwischensumme	61							100
Pedelec-Typ	Pedelec 25	160	16.499	38	232.960	20.780	7.860	19.460	85
	Pedelec 45	16	24.408	5.120	107.200	24.633	8.300	29.280	9
	Umrüstungssatz	7	15.602	3.502	31.560	10.811	3.850	22.800	4
	Sonstiges	5	16.108	10	20.800	9.008	19.704	20.025	3
	Zwischensumme	188							100

Den jeweiligen Anteil des Verkehrsmittels an der geschätzten Kilometergesamtzahl im Jahr 2013 zeigt Abbildung 29.

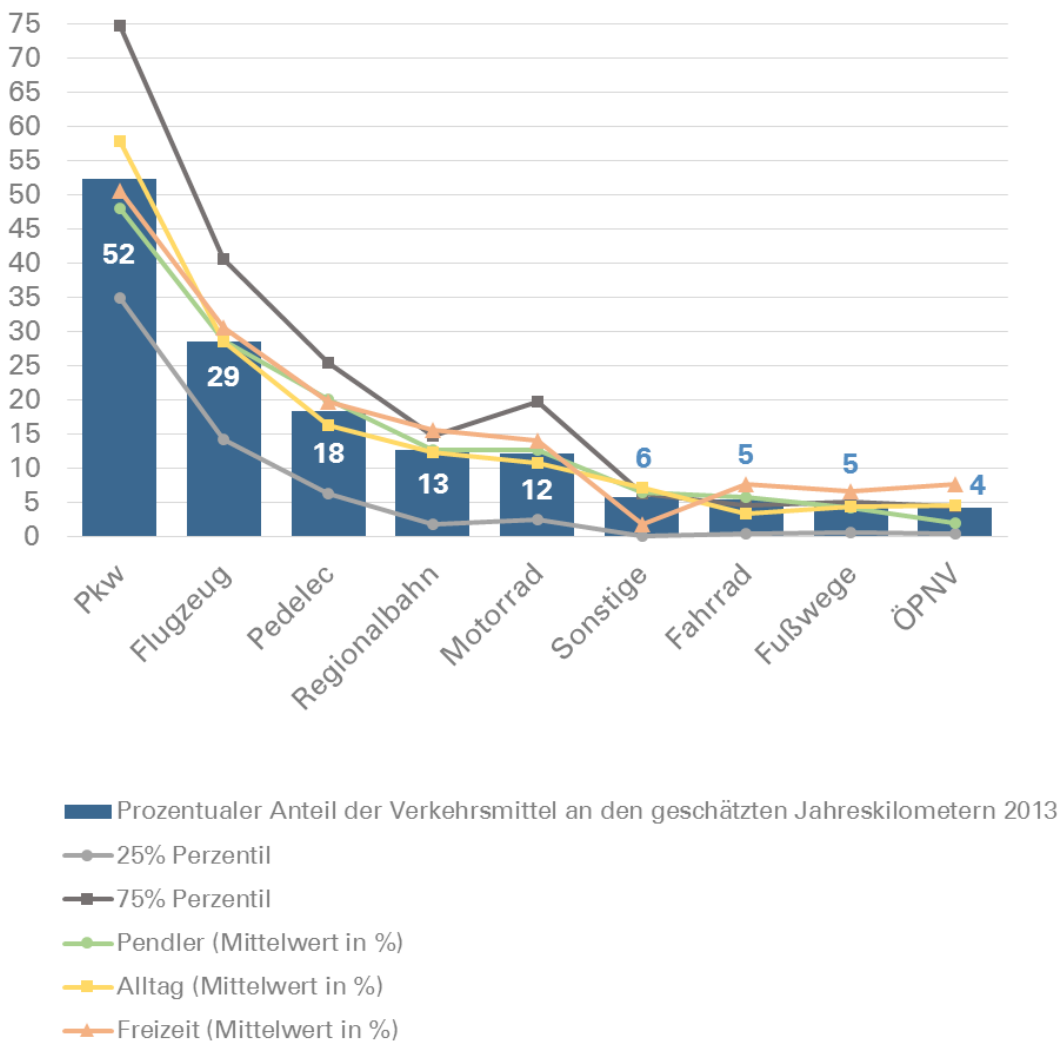


Abbildung 29: Anteile verschiedener Verkehrsmittel an der Jahresgesamtkilometerzahl

Es ergibt sich ein ähnliches Bild wie in Abbildung 27: Den höchsten Anteil an der im Jahr 2013 zurückgelegten Gesamtdistanz haben Pkw (52,4 %, $SD = 26,31$ %, $N = 198$), Flugzeug (29,5 %, $SD = 20,62$ %, $N = 72$) und Pedelec (18,3 %, $SD = 26,3$ %, $N = 198$). Wobei die eingetragenen 25 %- und 75 %-Perzentile verdeutlichen, dass insbesondere bei dem Anteil der Pkw-Distanzen an der Gesamtdistanz große Unterschiede innerhalb der Teilnehmer bestehen. Bei dem oberen Viertel liegt er über 75 %, bei dem unteren Viertel unter 35 %.

In einem zusätzlichen Schritt wurden die für das Pedelec subjektiv eingeschätzten Kilometer für das Jahr 2013 auf Basis des Kaufdatums korrigiert. Da in etlichen Fällen das Pedelec erst im

Frühjahr oder Sommer 2013 angeschafft wurde, wurden die angegebenen Kilometer in Relation zu den potenziell möglichen Nutzungstagen 2013 gesetzt⁵¹. Über alle Teilnehmenden wurden 2013 mit dem Pedelec durchschnittlich 2.470 Kilometer zurückgelegt (*Median* = 2000, *SD* = 2.347,07, *N* = 186)⁵². Tabelle 11 fasst die korrigierte Pedelec-Fahrleistung für das Jahr 2013 zusammen.

Tabelle 11: Korrigierte durchschnittliche Pedelec-Fahrleistung im Jahr 2013 über verschiedene sozioökonomische und soziodemografische Merkmale

		Durchschnittliche Jahreskilometer mit dem Pedelec im Jahr 2013						
		<i>N</i>	<i>N</i> in %	<i>M</i>	<i>Median</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>
Geschlecht (<i>t</i> (176.559) = -5.06, <i>p</i> < .001***)	Weiblich	62	28.5	1455.5	1058.7	1.0	5900.0	1249.4
	Männlich	149	71.5	2874.6	2286.5	1.2	20000.0	2554.9
	Zwischensumme	211	100.0					
Nutzungstyp (<i>F</i> (2, 181) = 3.08, <i>p</i> = .048*)	Freizeit	43	19.6	1879.1	1500.0	1.8	9749.0	1904.2
	Alltag	86	39.1	2297.4	1631.7	1.0	20000.0	2813.2
	Pendeln	92	41.3	2965.0	2536.1	1.4	8071.8	1962.7
	Zwischensumme	221	100.0					
Altersgruppen (<i>F</i> (2, 183) = .812, <i>p</i> = .446)	unter 45 Jahre	32	8.1	3086.4	2000.0	718.5	8000.0	2338.4
	45 bis unter 65 Jahre	131	64.0	2500.4	2000.0	1.2	20000.0	2496.7
	65 Jahre und älter	60	28.0	2223.6	1877.3	1.0	8800.0	1970.5
	Summe	223	100.0	2470.3	2000.0	1.0	20000.0	2347.1
Bundesland (<i>F</i> (14, 170) = 0.74, <i>p</i> = .73)	Baden-Württemberg	30	14.0	2213.5	1898.0	1.8	7000.0	1953.6
	Bayern	29	15.1	2041.0	1550.0	2.5	6000.0	1683.6
	Berlin	2	0.5	1600.0	1600.0	1600.0	1600.0	.
	Brandenburg	3	1.1	660.0	660.0	400.0	920.0	367.7
	Bremen	7	3.2	2834.0	1867.0	670.0	8000.0	2721.5
	Hamburg	2	1.1	3155.0	3155.0	1610.0	4700.0	2185.0
	Hessen	25	12.9	2347.1	2000.0	4.0	8410.4	1845.3
	Niedersachsen	58	27.4	2790.5	2000.0	1.2	20000.0	3259.8
	Nordrhein-Westfalen	32	14.0	2806.9	2393.2	500.0	7500.0	1869.8
	Rheinland-Pfalz	11	4.8	2337.2	1676.6	200.0	6436.8	2142.7
	Saarland	1	0.5	300.0
Sachsen	2	1.1	5100.0	5100.0	5000.0	5200.0	141.4	
Sachsen-Anhalt	1	0.5	1.4	

⁵¹ Monate mit Nicht- oder Seltennutzung wurden nicht berücksichtigt. Bei der Berechnung wurden zunächst die potenziellen Nutzungstage ermittelt (365,25 Tage - Kaufdatum). Die ursprünglich angegebenen Pedelec-Kilometer wurden anschließend durch die potenziellen Nutzungstage dividiert und mit 365,25 multipliziert.

⁵² Für die Feldtesteilnehmer ergab sich kein signifikanter Unterschied im Vergleich zum gesamten Teilnehmerfeld (*t* (203) = -.312, *p* = .76). Die durchschnittliche Kilometerleistung im Jahr 2013 betrug hier 2.253 Kilometer (*Median* = 1.796 Kilometer, *SD* = 2.056 Kilometer, *N* = 60).

		Durchschnittliche Jahreskilometer mit dem Pedelec im Jahr 2013						
		<i>N</i>	<i>N in %</i>	<i>M</i>	<i>Median</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>
Schleswig-Holstein		4	1.6	755.8	1066.4	1.0	1200.0	657.1
Thüringen		3	1.6	2713.8	3423.0	718.5	4000.0	1751.9
Zwischensumme		211	100.0					
Pedelec-Typ ($F(3, 10.681) = .455$, $p = .719$)	Pedelec 25	180	85.2	2332.0	1895.0	1.0	9749.0	1945.0
	Pedelec 45	18	8.2	2794.1	2000.0	500.0	8071.8	2113.7
	Umrüstungssatz	7	3.8	2400.0	2000.0	800.0	7500.0	2333.1
	Sonstiges	5	2.7	5813.0	1995.9	2.7	20000.0	8248.7
	Summe	210	100.0					

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Bezüglich des Geschlechts und des Nutzungstyps ergeben sich signifikante Unterschiede. Bei den Altersgruppen lässt sich eine Tendenz von abnehmender Kilometerleistung mit steigendem Alter beobachten.

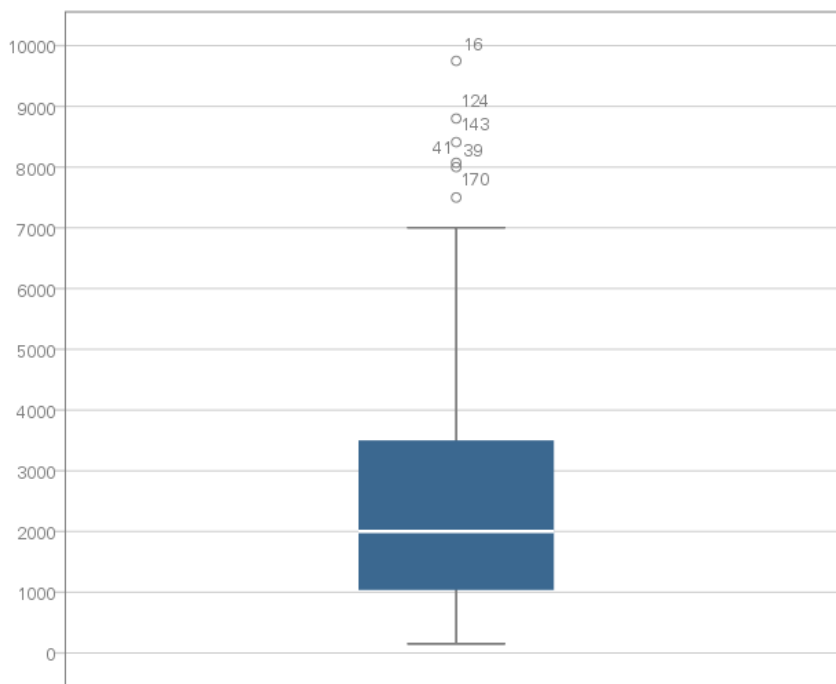


Abbildung 30: Boxplot der korrigierten subjektiven Pedelec-Fahrleistung in Kilometern in T3 (N = 176)

Abbildung 30 zeigt, dass 50 % der Teilnehmenden im Jahr 2013 zwischen 1.000 und 3.500 Kilometer zurückgelegt haben. Der Mittelwert über alle Probanden von rund 2.500 Kilometern wurde als Grundlage für die Umweltbewertung herangezogen (vgl. Kapitel 3.5.3.2)⁵³.

3.2.3.6. Allgemeine Einstellung zu Mobilität

Die Einbindung eines Pedelecs in die alltägliche Mobilität hängt auch davon ab, wie genau diese aussieht und ob bzw. welche und wie viele Wege in der alltäglichen „Wege-Routine“ bewusst wahrgenommen und geplant werden. Um über die dokumentierten Fahrwochen hinaus Aussagen über die Einstellungen zur Alltagsmobilität zu treffen, wurden innerhalb der Befragungswochen zusätzliche Fragen gestellt. Die Bereitschaft auf ein oder mehrere Pkw im Haushalt zu verzichten, wurde im Rahmen der ersten Fahrwoche erfragt:

Falls Sie ein oder mehrere Autos besitzen: Könnten Sie sich vorstellen, ein Auto abzuschaffen und es durch das Pedelec zu ersetzen? (N = 277, T1)

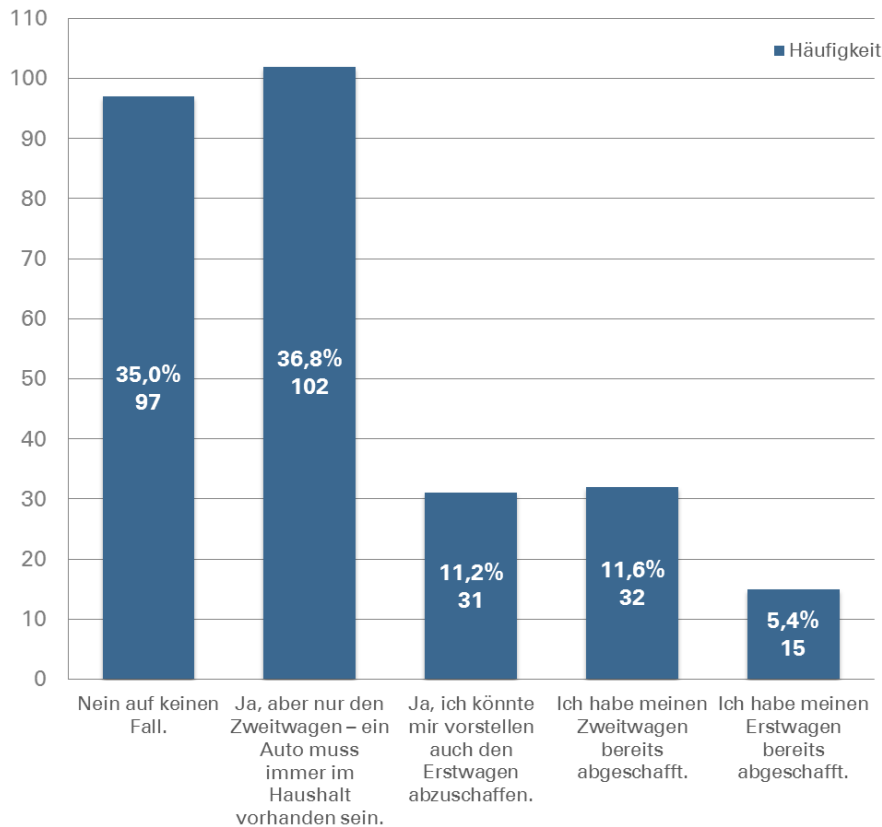


Abbildung 31: Bereitschaft für Autoverzicht (Erst- und / oder Zweitwagen)

⁵³ Extremwerte von 200.00 Kilometern (1 Teilnehmer) und weniger als 10 Kilometern (9 Teilnehmer) pro Jahr wurden nicht berücksichtigt.

Gut zwei Drittel der Antwortenden können sich nicht vorstellen, vollständig auf ein Pkw im Haushalt zu verzichten. Immerhin rund ein Viertel kann sich entweder vorstellen auf den Zweit- und / oder Erstwagen zu verzichten oder hat bereits einen oder mehrere Pkw abgeschafft. Der Anteil derer, die sich einen Autoverzicht auf keinen Fall vorstellen können, ist bei den über 65-Jährigen (44,1 %, $N = 59$) sowie bei Alltags- (43,7 % $N = 87$) und Freizeitnutzern (46,7 % $N = 45$) stärker ausgeprägt. Für Pendler (24,1 % $N = 133$) und die unter 45-Jährigen (22 % $N = 50$) scheint der Verzicht auf mindestens ein Pkw im Haushalt am ehesten denkbar. Von den Teilnehmern, die zwei oder mehr Pkw im Haushalt haben ($N = 105$), sind 58 % der Meinung, dass ein Auto immer im Haushalt vorhanden sein muss.

Interessant ist auch der Zusammenhang von höchstem Bildungsabschluss und der Bereitschaft auf mindestens den Zweitwagen zu verzichten. Während sich rund 64 % der Teilnehmer mit (Fach-)Abitur ($N = 215$) einen solchen Verzicht vorstellen können, sind es bei den Teilnehmern mit Hauptschulabschluss nur 39 % ($N = 39$). Ein möglicher Grund hierfür könnte die unterschiedliche Attribuierung des Pkw sein. Während die Bedeutung des eigenen Pkw als „Garant für Unabhängigkeit und Mobilität“ (Focus online, 2014) im Personenkreis mit höherem Bildungsabschluss abnimmt, scheint dieses Bild bei Personen mit Hauptschulabschluss mental noch stärker verankert zu sein.

Abbildung 32 gibt einen Hinweis darauf, dass das Pedelec, neben dem Pkw, im Alltag als wichtigstes Verkehrsmittel wahrgenommen wird. Auch wenn die teilnehmenden über 65-Jährigen mit am wenigsten auf das Auto verzichten können oder möchten (s. o.), liegt der Anteil derer, die das Pedelec als Verkehrsmittel am meisten vermissen würden, innerhalb dieser Altersgruppe über dem des gesamten Teilnehmerfeldes (40,4 %, $N = 57$). Dies spricht u. U. für eine emotionale Verbundenheit mit dem Pedelec über den reinen Nutzwert hinaus.

Im Rahmen der Eingangsinterviews wurde diese Frage ebenfalls gestellt. Bei der Analyse zeigte sich, dass Alltagsnutzer häufiger als die beiden Vergleichsgruppen angaben, das Pedelec als Fahrzeug am meisten zu vermissen, wenn es ihnen nicht mehr zur Verfügung stehen würde.

Welches Verkehrsmittel würden Sie am meisten vermissen, wenn Sie es nicht mehr zur Verfügung hätten? (N = 299, T1)

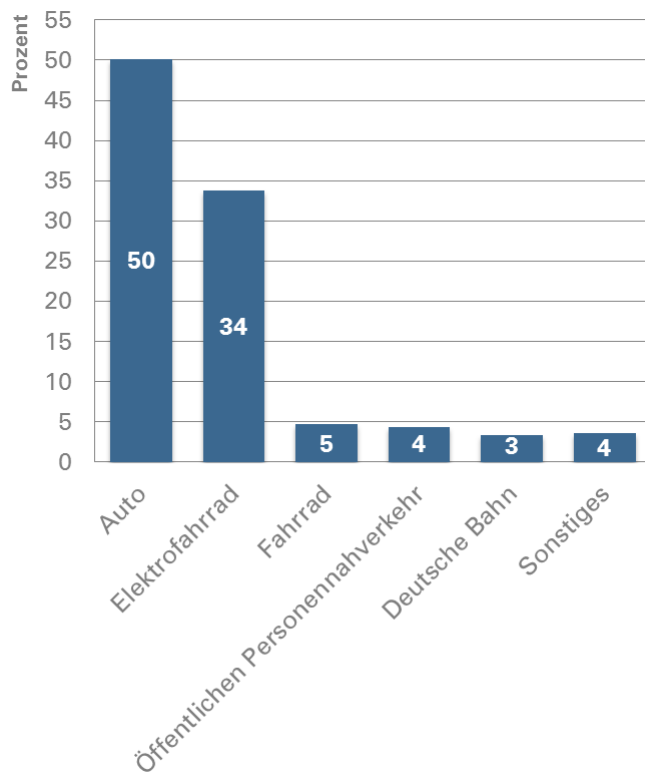


Abbildung 32: Affinität zu Verkehrsmitteln

Abbildung 33 gibt einen Eindruck von der Einschätzung der Teilnehmenden, welche Veränderungen der Verkehrsmittelnutzung seit dem Pedelec-Kauf eingetreten sind. Insbesondere Auto und Fahrrad werden nach eigener Angabe weniger genutzt (vgl. Kapitel 3.6.2). Auch Bus und Bahn in der eigenen Region nutzen immerhin 43 % weniger häufig als vor dem Kauf – wobei die Nutzungshäufigkeit bereits vorher eher gering war. In die Abbildung sind zusätzlich solche Nutzergruppen aufgenommen worden, bei denen im Vergleich zur Gesamtstichprobe relative Unterschiede zu beobachten sind⁵⁴. Bei den Pendlern (N = 155) geben 87,1 % an, das Auto weniger als vorher zu nutzen. Bei den über 65-Jährigen (N = 67) werden nach eigener Angabe vor allem Wege mit dem Fahrrad durch das Pedelec ersetzt. 77,6 % nutzen das normale Fahrrad nach dem Kauf weniger häufig als zuvor. Bei den Frauen (N = 90) fällt der vergleichsweise hohe Wert für weniger häufige Fußwege (36,7 %) auf. Dies

⁵⁴ Für diese Nutzergruppen ist die Prozentzahl derer abgetragen, die das jeweilige Verkehrsmittel nach eigener Angabe weniger häufig als vor dem Pedelec-Kauf nutzen.

unterstreicht das bei den teilnehmenden Frauen signifikant höher ausgeprägte Nutzungsmotiv „weniger körperliche Anstrengung als mit dem herkömmlichen Fahrrad“ (vgl. Kapitel 3.4.1.2) und die geringere körperliche Fitness (vgl. Kapitel 3.2.2.2).

Wie hat sich Ihre Verkehrsmittelnutzung seit dem Pedelec-Kauf verändert?
(N = 329, T1)

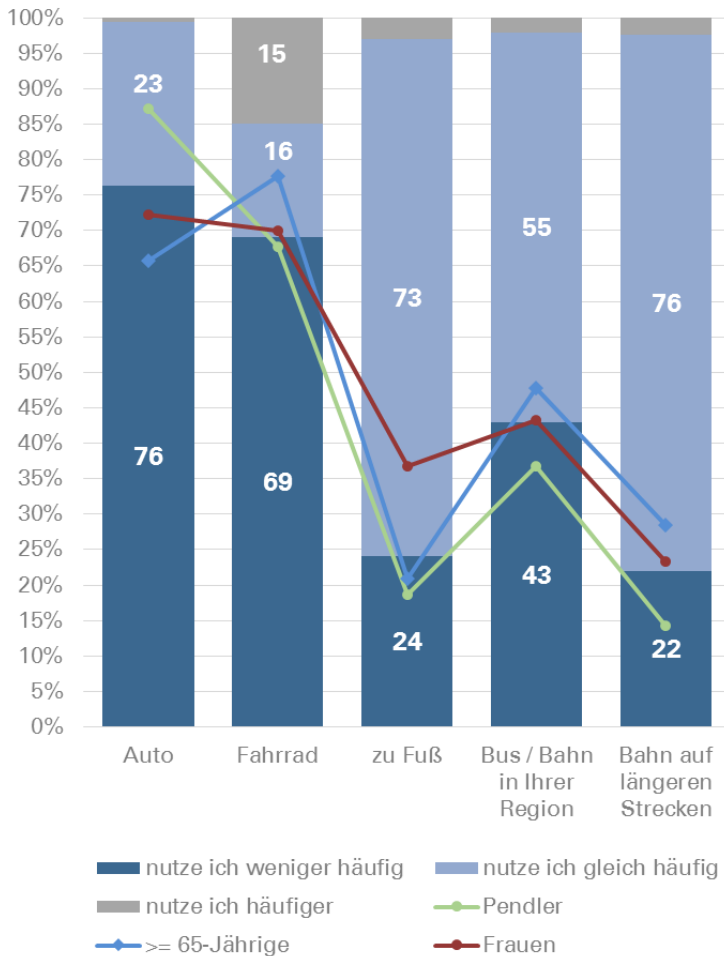


Abbildung 33: Subjektiv empfundene Veränderung der Verkehrsmittelnutzung seit Pedelec-Kauf

3.3. Angaben zum Pedelec und zur Pedelec-Nutzung

3.3.1. Pedelec-Typ, Hersteller, Gewicht und Preisklasse

Im Gegensatz zu bisherigen Untersuchungen im Pedelec-Nutzerbereich wurden aufgrund der methodischen Vorüberlegungen keinerlei Einschränkungen bezüglich der verwendeten Pedelecs im Vorfeld getroffen. Vom Eigenbau über Discount-Produkte bis zum hochpreisigen

Pedelec konnte prinzipiell jedes Pedelec bei der Studie vertreten sein⁵⁵. Abbildung 34 zeigt die Verteilung innerhalb der Gesamtstichprobe und für Pendler. Bei letzteren ist der Anteil an S-Pedelec-Nutzern annähernd doppelt so hoch wie in der Gesamtstichprobe. Zu 99 % befindet sich das Pedelec im privaten Besitz der Nutzer. Nur zwei Teilnehmer nutzen ein Dienst-Pedelec. Bei einem Teilnehmer ist das Pedelec eine Dauerleihgabe der Krankenkasse.

Die meisten Pedelec-Käufe wurden in den Monaten April (16,5 %) und Mai (15,1 %) getätigt ($N = 351$). In den anderen Monaten des Jahres liegt der Anteil zwischen 2,8 % (Oktober) und 13,1 % (März)⁵⁶. Die von den Teilnehmern genannten konkreten Kaufdaten lagen zwischen dem 01.06.2004 und dem 26.02.2014, wobei die Teilnehmenden ihr Pedelec im Mittel im Zeitraum von März bis Juni 2012 erworben hatten (Modalwert = 01.03.2012, $M = 17.03.2012$, Median = 01.07.2012, $N = 351$). Kauf- und Nutzungsdatum fallen bei den meisten Teilnehmenden zusammen. Nur 15 Teilnehmer (< 1 %) berichten von einer verzögerten Nutzung nach dem Kauf⁵⁷.

Bitte geben Sie an, welchen Pedelec-Typ Sie nutzen. ($N = 351$, Pendler = 163, T1)

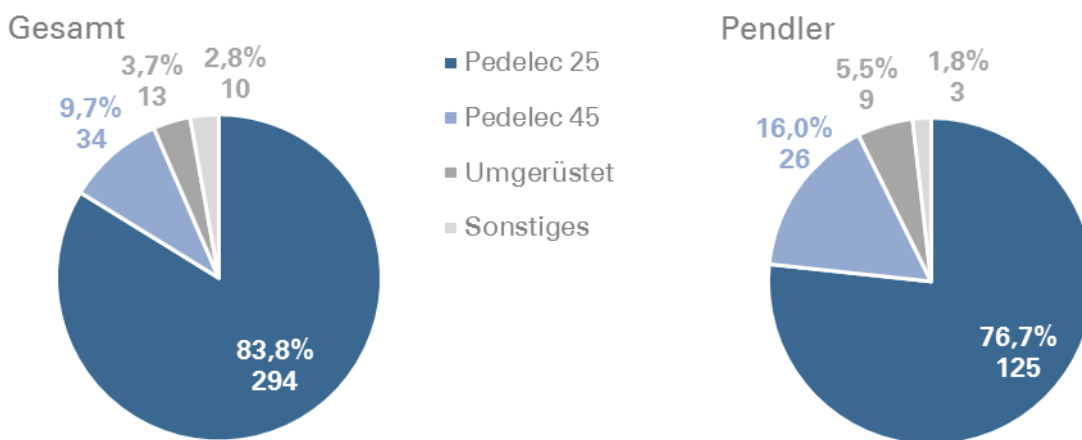


Abbildung 34: Verteilung von Pedelec-Typen in der Gesamtstichprobe und bei Pendlern

Aufgrund der Vielzahl an möglichen Hersteller- und Typ-Kombinationen wurde die Abfrage nach der Art des Pedelecs offen in Form eines Textfeldes gestaltet. Eine eindeutige Zuordnung zum Hersteller bzw. zur Pedelec-Marke war dadurch im Nachhinein nicht immer möglich. Die am

⁵⁵ Nur bei den Feldteilnehmenden wurden Eigenumbauten ausgeschlossen.

⁵⁶ Januar: 3,4 %, Februar: 4,8 %, März: 13,1 %, April: 16,5 %, Mai: 15,1 %, Juni: 12 %, Juli: 11,4 %, August: 7,4 %, September: 4,3 %, Oktober: 2,8 %, November: 5,4 %, Dezember: 3,7 %.

⁵⁷ Die Nutzung begann in diesen Fällen ein (4 Nennungen) bis fünf Monate (3 Nennungen) nach dem Kaufdatum.

häufigsten vertretenen Marken (zehn oder mehr Teilnehmer innerhalb der T1-Befragung ($N = 351$)) bei den zuordenbaren Pedelec-Typen waren Kalkhoff (57 Teilnehmer, 16 %), Flyer (30 Teilnehmer, 9 %), Raleigh (27 Teilnehmer, 8 %), KTM (17 Teilnehmer, 5 %), Riese und Müller (s. KTM), Haibike (14 Teilnehmer, 4 %), Stevens (13 Teilnehmer, 4 %), Victoria (12 Teilnehmer, 3 %) und Prophete (10 Teilnehmer, 3 %). Alle weiteren Hersteller / Marken sind mit unter 10 Teilnehmern (< 3 %) an der Gesamtstichprobe vertreten. Eigenumbauten wurden von 15 Teilnehmern (4 %) vorgenommen. Insgesamt wurden 76 Marken und 102 Typen erfasst.

Anhand der Hersteller- / Marken- und Typenbezeichnung wurden die von den Teilnehmern genutzten Pedelegs – sofern eindeutig zuordenbar – in Preisklassen kategorisiert (vgl. Abbildung 35). Der Median des Anschaffungspreises der von den Teilnehmern genutzten Pedelegs liegt bei 2.500 - 3.000 € ($N = 241$). Damit liegt der durchschnittliche Anschaffungspreis eines Pedelegs fast dreimal so hoch wie beim Kauf eines Fahrrades mit 658 € (Sinus - Markt- und Sozialforschung GmbH, 2013, S. 116). Knapp 20 % der Nutzer besitzen ein Pedelec mit einem Anschaffungswert von unter 2.000 €. Die in Abbildung 35 für das gesamte Teilnehmerfeld (Balken) und für einige Nutzergruppen gesondert (Linien) dargestellten Preisklassen zeigen Unterschiede im Anschaffungspreis der genutzten Pedelegs auf. Bei Frauen liegt der Median des Anschaffungspreises bei 2.000 bis 2.500 €⁵⁸ und damit eine Preisklasse unter dem Gesamtdurchschnitt. Insbesondere die höheren Preisklassen ab 3.000 € sind bei den weiblichen Nutzern weniger häufig vertreten als im Vergleich zum gesamten Teilnehmerfeld. Pendler sind sowohl bei den niedrigeren als auch in den höchsten Preisklassen anteilmäßig mit am stärksten vertreten.

⁵⁸ Statistisch verpasst der Chi-Quadrat von Geschlecht und Altersklasse nur knapp die Signifikanzgrenze ($(\chi^2(9) = 16,31, p = .061)$).

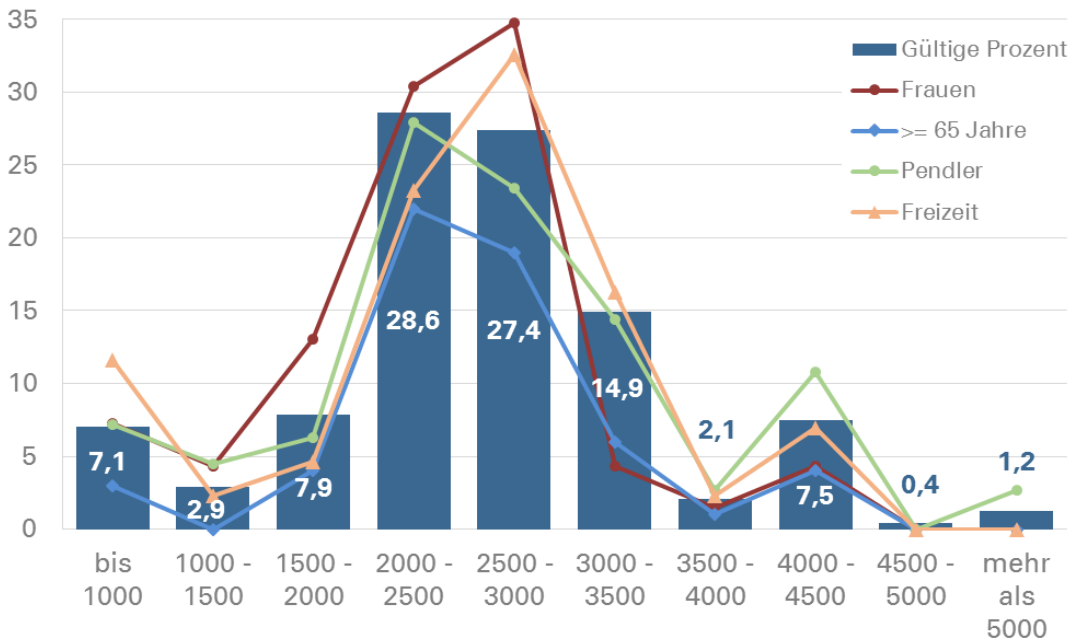


Abbildung 35: Preisklassen der von den Teilnehmern genutzten Pedelecs im Vergleich

Tabelle 12 fasst Preisklassen, Pedelec-Typ und Durchschnittsgewicht für verschiedene soziodemografische und sozioökonomische Kenngrößen zusammen⁵⁹. Der Durchschnittsanschaffungspreis der S-Pedelecs liegt mit 3.000 bis 3.500 € erwartungsgemäß eine Preisklasse höher als der im Gesamtdurchschnitt.

Das durchschnittliche Gewicht der genutzten Pedelecs liegt bei 26 kg (Median = 25 kg, $SD = 6,8$ kg, $N = 340$) inklusive Akku bei einer Spannweite von 8 bis 95 kg (Rikscha)⁶⁰.

⁵⁹ Zeilen, die mit weniger als 15 Fällen besetzt sind, wurden nicht in die Darstellung aufgenommen.

⁶⁰ Werte für Pedelec 25 ($N = 279$): $M = 25,3$ kg, $SD = 4,71$, $Min = 13,5$, $Max = 80$; Werte für Pedelec 45 ($N = 31$): $M = 24,8$ kg, $SD = 3,16$, $Min = 20$, $Max = 33$; Werte für Eigenumbauten ($N = 13$): $M = 28,4$ kg, $SD = 8,20$, $Min = 19$, $Max = 40$; Werte für Sonstige ($N = 10$): $M = 39,3$ kg, $SD = 25,52$, $Min = 20$, $Max = 95$

Tabelle 12: Preisklassen der genutzten Pedelecs nach soziodemografischen, sozioökonomischen und weiteren Merkmalen

		Preisklasse des Pedelecs										Summe
		<1000	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	mehr als	
		1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5000		
Weiblich	Anzahl	5	3	9	21	24	3	1	3	-	-	69
	Zeilen in %	7.2	4.3	13.0	30.4	34.8	4.3	1.4	4.3	-	-	100.0
	Gesamt in %											28.6
Männlich	Anzahl	12	4	10	48	42	33	4	15	1	3	172
	Zeilen in %	7.0	2.3	5.8	27.9	24.4	19.2	2.3	8.7	0.6	1.7	100.0
	Gesamt in %											71.4
< 45 Jahre	Anzahl	-	-	2	9	8	8	-	5	-	1	33
	Zeilen in %	-	-	6.1	27.3	24.2	24.2	-	15.2	-	3.0	100.0
	Gesamt in %											13.7
45 < 65 Jahre	Anzahl	14	7	13	38	39	22	4	9	1	2	149
	Zeilen in %	9.4	4.7	8.7	25.5	26.2	14.8	2.7	6.0	0.7	1.3	100.0
	Gesamt in %											61.8
≥ 65 Jahre	Anzahl	3	-	4	22	19	6	1	4	-	-	59
	Zeilen in %	5.1	-	6.8	37.3	32.2	10.2	1.7	6.8	-	-	100.0
	Gesamt in %											24.5
Pedelec 25	Anzahl	15	6	18	62	59	26	4	8	1	-	199
	Zeilen in %	7.5	3.0	9.0	31.2	29.6	13.1	2.0	4.0	0.5	-	100.0
	Gesamt in %											82.6
Pedelec 45	Anzahl	-	-	-	6	5	8	1	9	-	-	29
	Zeilen in %	-	-	-	20.7	17.2	27.6	3.4	31.0	-	-	100.0
	Gesamt in %											12.0
Freizeit	Anzahl	5	1	2	10	14	7	1	3	-	-	43
	Zeilen in %	11.6	2.3	4.7	23.3	32.6	16.3	2.3	7.0	-	-	100.0
	Gesamt in %											17.8
Alltag	Anzahl	3	1	9	26	25	12	1	2	1	-	80
	Zeilen in %	3.8	1.3	11.3	32.5	31.3	15.0	1.3	2.5	1.3	-	100.0
	Gesamt in %											33.2
Pendeln	Anzahl	8	5	7	31	26	16	3	12	-	3	111
	Zeilen in %	7.2	4.5	6.3	27.9	23.4	14.4	2.7	10.8	-	2.7	100.0
	Gesamt in %											46.1
Vollzeit	Anzahl	8	3	6	33	25	21	4	12	1	3	116
	Zeilen in %	6.9	2.6	5.2	28.4	21.6	18.1	3.4	10.3	0.9	2.6	100.0
	Gesamt in %											48.1

		Preisklasse des Pedelects										Summe
		<1000	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	mehr als	
			1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5000	
Teilzeit	Anzahl	3	3	7	6	10	4	-	1	-	-	34
	Zeilen in %	8.8	8.8	20.6	17.6	29.4	11.8	-	2.9	-	-	100.0
	Gesamt in %											14.1
Rente	Anzahl	4	1	5	22	20	8	1	5	-	-	66
	Zeilen in %	6.1	1.5	7.6	33.3	30.3	12.1	1.5	7.6	-	-	100.0
	Gesamt in %											27.4
Baden- Württemberg	Anzahl	2	-	-	8	15	5	2	2	-	1	35
	Zeilen in %	5.7	-	-	22.9	42.9	14.3	5.7	5.7	-	2.9	100.0
	Gesamt in %											14.5
Bayern	Anzahl	1	1	1	8	8	4	2	1	-	-	26
	Zeilen in %	3.8	3.8	3.8	30.8	30.8	15.4	7.7	3.8	-	-	100.0
	Gesamt in %											10.8
Hessen	Anzahl	1	-	1	8	10	5	-	7	-	1	33
	Zeilen in %	3.0	-	3.0	24.2	30.3	15.2	-	21.2	-	3.0	100.0
	Gesamt in %											13.7
Niedersachsen	Anzahl	6	3	9	19	15	9	1	5	-	1	68
	Zeilen in %	8.8	4.4	13.2	27.9	22.1	13.2	1.5	7.4	-	1.5	100.0
	Gesamt in %											28.2
Nordrhein- Westfalen	Anzahl	4	2	6	7	10	5	-	1	-	-	35
	Zeilen in %	11.4	5.7	17.1	20.0	28.6	14.3	-	2.9	-	-	100.0
	Gesamt in %											14.5
Rheinland- Pfalz	Anzahl	1	-	-	5	3	6	-	1	-	-	16
	Zeilen in %	6.3	-	-	31.3	18.8	37.5	-	6.3	-	-	100.0
	Gesamt in %											6.6

3.3.2. Vor dem Kauf genutzte Informationsquellen und Vorerfahrungen mit Pedelects

79 % der Pedelect-Nutzer ($N = 280$) haben ihr Pedelect beim Fachhändler vor Ort, 15 Teilnehmer (5,4 %) im Supermarkt / beim Discounter, 16 (5,7 %) im Internet und 29 (10,4 %) über sonstige Quellen erworben.

Unter die sonstigen Nennungen fallen die Umrüstung eines vorhandenen Fahrrades in Eigenarbeit oder durch einen Fachhändler bzw. zusammen mit Freunden/Kollegen (8 Nennungen), sechs Privatkäufe (2. Hand), Erwerb bei weiter entfernten Fachhändlern (6

Nennungen), Internet (5 Nennungen), direkt beim Hersteller (3 Nennungen) sowie der Bezug über die Krankenkasse (Sanitätshaus) (eine Nennung).

Vor dem Kauf werden von den meisten Teilnehmern mehrere Informationsquellen genutzt, um ein geeignetes Modell zu finden. Am häufigsten werden der Fachhändler vor Ort bzw. die Internetseiten der Fachhändler oder Hersteller als Informationsquelle herangezogen (s. Abbildung 36). Unter den sonstigen Angaben ($N = 43$) waren spezielle Nennungen von Internetforen / -seiten (z. B. ExtraEnergy) (9 Nennungen), Fachmessen (9 Nennungen), Vorerfahrungen mit Pedelecs – für einzelne Teilnehmer war es bereits das zweite oder dritte Pedelec (7 Nennungen) – und Fachzeitschriften (3 Nennungen) zu finden.

Wo haben Sie sich vor dem Pedelec-Kauf informiert⁶¹? (N = 280, T1)

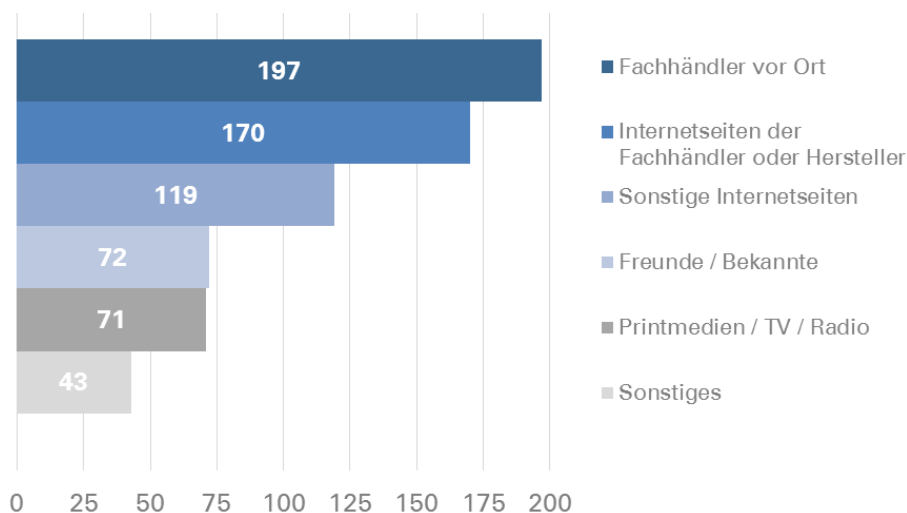


Abbildung 36: Hauptinformationsquellen vor dem Pedelec-Kauf

Etwas mehr als die Hälfte der Teilnehmer berichtet über Fahrerfahrung mit einem Pedelec vor dem Kauf. Knapp ein Viertel hatte im Vorfeld des Kaufes bereits mehrere Tage lang ein Pedelec getestet (s. Abbildung 37). Für gut ein Viertel (73 Nennungen) wurde diese Erfahrung für die spätere Kaufentscheidung genutzt. Statistisch signifikante nutzergruppenspezifische Unterschiede lassen sich nicht feststellen.

⁶¹ Eine Mehrfachauswahl war möglich.

Hatten Sie vor dem Kauf schon Fahrerfahrungen, z. B. durch das Leihen eines Pedelects im Urlaub o.ä.? (N = 280, T1)

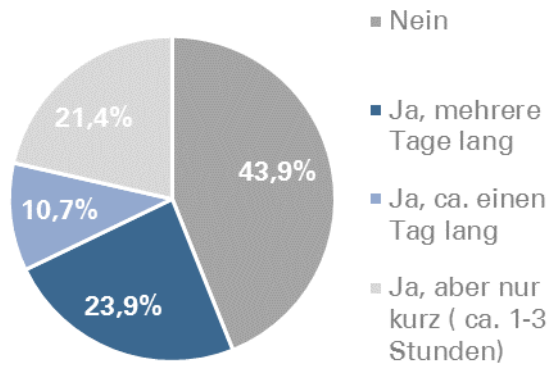


Abbildung 37: Pedelect-Fahrerfahrung vor dem Kauf

3.3.3. Angaben zu/m Akku/s: Technische Kennwerte und Gewicht

86 % der Teilnehmenden (N = 210) haben ausschließlich einen Akku in Gebrauch, 13 % nutzen zwei Akkus, zwei Teilnehmende besitzen 3 Akkus. Bei den S-Pedelect-Nutzern geben 30 % (10 Teilnehmer) an, zwei Akkus zu nutzen.⁶²

Gut 90 % der genutzten Erstakkus sind Lithium-Ionen-Akkus (7 % der Antwortenden konnten keine Einordnung vornehmen), bei den Zweitakkus liegt der Anteil bei 96 %. Nickel-Cadmium- oder Nickel-Metallhydrid-Akkus sind nur in drei Fällen im Einsatz.

Weitere Leistungsmerkmale und Kennwerte der genutzten Akkus sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

⁶² Bei den Feldteilnehmern liegt der Anteil der Nutzer mit mehr als einem Akku leicht unter dem des gesamten Teilnehmerfeldes. Sechs Feldteilnehmer (9 %) besitzen zwei Akkus, nur ein Teilnehmer (2 %) besitzt drei Akkus.

Tabelle 13: Angaben zum Energiegehalt, zur Ladungskapazität, Spannung und Gewicht der eingesetzten Akkus

		Akku 1			Akku 2		
		Gültige N	M	SD	Gültige N	M	SD
Gesamt	Energiegehalt (Wh)	191	364.5	127.34	25	367.8	149.79
	Ladungskapazität (Ah)	187	12.3	11.43	27	11.9	4.55
	Spannung (V)	185	37.2	24.86	26	32.3	5.29
	Gewicht (kg)	182	3.9	4.43	25	4.1	5.45
Pedelec 25	Energiegehalt (Wh)	100	335.1	120.63	12	353.7	114.47
	Ladungskapazität (Ah)	96	11.4	4.38	13	12.23	4.15
	Spannung (V)	94	37.3	26.48	12	30.25	5.66
	Gewicht (kg)	93	4.5	5.94	13	5.1	7.52
Pedelec 45	Energiegehalt (Wh)	10	427.6	120.51	3	357.3	-
	Ladungskapazität (Ah)	9	15.0	4.42	3	12.3	-
	Spannung (V)	9	32.6	5.18	3	29.3	-
	Gewicht (kg)	8	3.1	0.98	2	3.4	-
Eigenumbau	Energiegehalt (Wh)	8	438.9	0.35	2	579.0	-
	Ladungskapazität (Ah)	8	10.8	3.62	2	16.0	-
	Spannung (V)	8	40.4	5.81	2	36.5	-
	Gewicht (kg)	8	3.4	1.09	2	3.15	-
Sonstiges	Energiegehalt (Wh)	2	440.5	-	0	-	-
	Ladungskapazität (Ah)	5	13.0	5.70	2	10.5	-
	Spannung (V)	4	31.8	5.06	2	36.0	-
	Gewicht (kg)	5	2.7	1.00	2	3.0	-

Der Erstakku wurde in 95 % der Fälle ($N = 208$) zusammen mit dem Pedelec erworben. Nur drei Teilnehmer (1 %) haben den Akku später erworben. Von den 29 Teilnehmern, die mindestens zwei Akkus nutzen, haben mehr als die Hälfte (59 %) den zweiten Akku später erworben. Bei 38 % (11 Teilnehmer) wurde der Zweitakku zusammen mit dem Pedelec erworben. Der Zeitraum zwischen Pedelec-Kauf und Erwerb eines zusätzlichen Akkus betrug durchschnittlich 17 Monate ($SD = 11,7$ Monate, $Min = 2$ Monate, $Max = 46$ Monate, $N = 21$). Zwischen Pedelec-Kauf und Drittakku-Erwerb sind im Schnitt 25 Monate vergangen ($Min = 8$ Monate, $Max = 41$ Monate).

Der Zweitakku wird in etwa zu gleichen Teilen von den Teilnehmenden regelmäßig genutzt oder nur gelegentlich, wenn längere Strecken als gewöhnlich zurückgelegt werden. In zwei Fällen

wird der Zweitakku gar nicht mehr genutzt. Die Bedeutung des Akkus für die Umweltbilanz von Pedelects wird in Kapitel 3.5.3.3 erläutert.

3.3.4. Nutzung des Pedelects im Gesamthaushalt

„Besonders schön finde ich immer die Reaktionen der Leute, wenn sie das erste Mal auf einem Pedelect sitzen. [Ich] habe so einige im Freundes- und Kollegenkreis mal Probefahren lassen und bei wirklich allen war die spontane Reaktion die gleiche: Nach dem zweiten, dritten Mal Treten bekamen alle ein Lächeln ins Gesicht und der erste Satz, der dann kam, war grundsätzlich: "Wie geil ist das denn?" Nach solchen Probefahrten haben sich mein Mann, zwei Kolleginnen und eine Freundin relativ zeitnah ein Pedelect zugelegt.“ (Äußerung eines Forum-Teilnehmers)

In den abschließenden Interviews wurden die Feldteilnehmer befragt, ob ihr Pedelect auch von anderen Haushaltsmitgliedern mit genutzt wird und ob sich im Projektverlauf Änderungen in der Nutzung durch andere ergeben haben. Die überwiegende Mehrheit der Befragten (45 Teilnehmer) nutzt das Pedelect – abgesehen von sehr sporadischen Testfahrten durch Freunde, Nachbarn oder Kollegen – alleine. Bei einzelnen Teilnehmern (5 Nennungen) wird das Pedelect situationsbedingt auch vom Partner, den Kindern oder von im Haushalt lebenden (Schwieger-) Eltern genutzt:

„Also das ist wie alle Fahrzeuge. Das Auto und die anderen-, jeder hat so sein Fahrrad aber wenn das, was weiß ich, gerade platt ist und das andere ist da und man weiß, der Partner braucht es nicht, dann nehme ich eben auch das Fahrrad meiner Frau und umgekehrt.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Von einer sehr sporadischen Mitnutzung durch Partner oder Kinder berichten sieben Feldteilnehmer. Insgesamt werden kaum Veränderungen in der Mitnutzung beschrieben. Häufiger ist das Vorhandensein mindestens eines weiteren Pedelects im Haushalt.

3.3.5. Weitere Pedelects im Haushalt

Weitere Pedelects im Haushalt neben dem des Teilnehmers sind bei knapp 41 % der Teilnehmer ($N = 285$) vorhanden: Am häufigsten nutzt auch der Partner oder die Partnerin ein Pedelect (38 %, 107 Nennungen), gefolgt von Eltern oder Kindern (2 %, je 5 Nennungen) und anderen Verwandten wie Schwiegereltern und Schwäger (1 %, 3 Nennungen).

Fährt aus Ihrem Haushalt noch jemand ein Pedelec? (N = 285, T1)

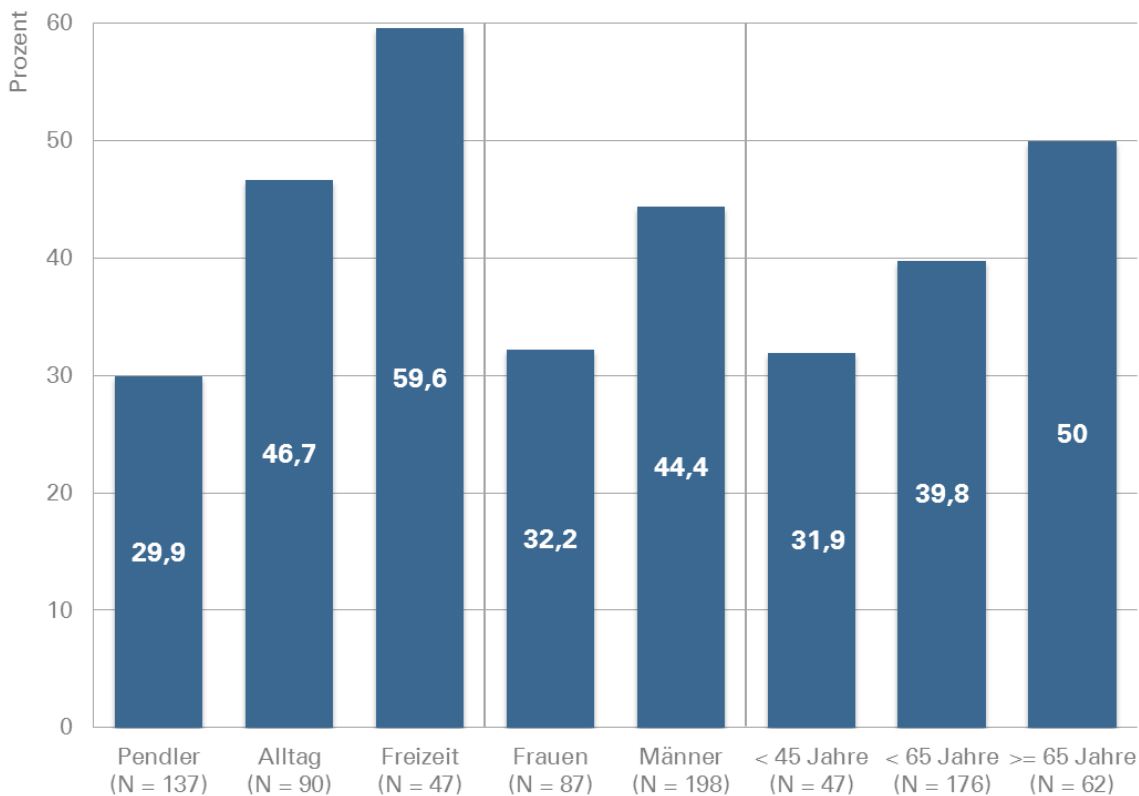


Abbildung 38: Weitere Pedelecs im Haushalt über verschiedene Nutzergruppen

Abbildung 38 zeigt den jeweiligen Anteil der Antwortenden, bei denen es weitere Pedelec-Nutzer im Haushalt gibt. Im Vergleich zur Gesamtstichprobe ist der Anteil bei den Freizeitnutzern, den Männern und den über 65-Jährigen höher. Bei Pendlern, Frauen und den unter 45-Jährigen kommt es seltener vor, dass weitere Pedelecs im Haushalt genutzt werden.

Im Vergleich mit der T4-Befragung ergeben sich kaum Unterschiede. Prinzipiell zeigt sich jedoch ein leichter Trend dahingehend, dass über alle Nutzergruppen der Anteil an weiteren Pedelec-Nutzern im Haushalt steigt (vgl. Kapitel 3.4.4). Die Nutzung mindestens eines Pedelecs im Haushalt scheint also – unabhängig vom Nutzungsmotiv – dazu zu führen, dass weitere Haushaltsmitglieder ebenfalls einen Pedelec-Kauf tätigen.

3.3.6. Abstellort zu Hause

Ein wichtiges Kriterium für den Kauf eines Pedelecs ist eine geeignete Möglichkeit, dieses Zuhause und an den jeweiligen Zielorten sicher unterstellen zu können (vgl. Kapitel 3.1.1.2). 82 % der befragten Nutzer hatten die Möglichkeit, ihr Pedelec in einem ebenerdigen Raum wie

Garage, Carport oder Kellerraum abzustellen ($N = 282$). 14 % (40 Nennungen) konnten ihr Pedelec Zuhause an einem Ort parken, der über Treppenstufen zu erreichen ist. Bei nur 1 % (4 Nennungen) wird das Pedelec in einer Abstellanlage im öffentlichen Raum geparkt. Dies unterstreicht die Bedeutung einer als geeignet wahrgenommenen Parkmöglichkeit zuhause für die Anschaffung eines Pedelecs. Gerade in urbanen Gebieten bzw. in Orten mit dichter Siedlungsstruktur ist eine solche Unterbringung des Pedelecs zuhause aber eher selten möglich.

3.3.7. Wege für die das Pedelec genutzt wird

„Also es ist für mich wirklich eine Verbesserung der Lebensqualität, weil, ich hasse es, mit dem Auto zu fahren, im städtischen Bereich und genau so sehr hasse ich es, mit der Straßenbahn zu fahren und mit dem Pedelec komme ich einfach, ja, ziemlich flott durch die Welt.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Vorstellungen von der Nutzung im Vorfeld, die tatsächliche Nutzung, Aussagen dazu, ob die Nutzung den Vorstellungen entspricht und ggf. Änderungen der Nutzungsgewohnheiten im Projektverlauf werden in diesem Abschnitt dargestellt. Dabei werden zunächst die Interviewaussagen der 70 Feldteilnehmenden zusammengefasst und anschließend zusätzliche Angaben der reinen Online-Teilnehmer herangezogen.

Im Hinblick auf die Vorstellungen von der Nutzung des Pedelecs vor der eigentlichen Nutzungsphase, wurde in jeder der drei Nutzergruppen im Rahmen der Eingangsinterviews häufig erwähnt, dass das Pedelec auch im Freizeitbereich eingesetzt werden sollte:

„Ja, also bei mir primär natürlich für das Büro. Weil ich auch sonst immer, auch im Sommer, also in der guten Zeit, mit dem Fahrrad dahin gefahren bin. Das war hauptsächlich und dann wollen wir es noch, das haben wir bis jetzt noch nicht gemacht, auch für Freizeitfahrten nutzen. Also sowohl hier Freizeitfahrten, also mal in den Biergarten oder irgendwelche Freunde besuchen oder auch kleinere Touren von hier aus. Haben wir aber auch schon gemacht. Oder dann, das wollen wir dann noch mal machen, dass wir irgendwo hin fahren mit den Fahrrädern und dann von dort aus fahren.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

„Ja, einfach zum Spazierenfahren. Wie gesagt, also spazieren fahren in Verbindung auch dann eben auf dem Rückweg irgendwas einkaufen oder einfach nur mal eben so, dass wir sagen: „So, jetzt fahren wir mal da hin“. Orte sind ja unwichtig. [...] Was man früher immer mit dem Wagen gemacht hat. Das machen wir jetzt eben halt mit dem Fahrrad⁶³.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

⁶³ Gemeint ist hier das Pedelec.

Alltagsnutzer treffen vergleichsweise häufig die Aussage, dass sie ihr Pedelec für Versorgungsfahrten allgemein und konkreter für Einkaufs- oder Besorgungsfahrten nutzen. Darüber hinaus erwähnen sie häufiger als die anderen Nutzertypen, dass sie das Pedelec grundsätzlich für alle Fahrzwecke benutzen:

„Alle Versorgungs-, oder alle Dinge, die ich mit dem Fahrrad tun möchte, tue ich mit diesem Fahrrad⁶⁴. Ja. Ob ich nun Eis essen fahre oder einkaufen oder durch den Wald fahre, ich benutze das Fahrrad. Dafür habe ich das.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Alltagsnutzer erwecken durch ihre Aussagen und Angaben den Eindruck, das Pedelec auf besonders vielfältige Arten und Weisen zu verwenden. Allerdings geben sie in ähnlichem und teilweise sogar stärkerem Ausmaß als Freizeitnutzer an, das Pedelec auch für Fahrten zu Freizeitbeschäftigungen zu nutzen. Freizeitnutzer geben deutlich häufiger als Alltagsnutzer und Pendler an, das Pedelec für Ausflüge oder längere Touren und für Spazierfahrten oder Fahren aus Spaß zu nutzen.

Beim Vergleich der Aussagen und Angaben zu Vorstellungen von der Nutzung vor dem Pedelec-Kauf und zur letztendlichen Nutzung gibt es insgesamt nur wenige Unterschiede. Einer davon ist, dass Alltagsnutzer das Pedelec, abweichend von der ursprünglichen Planung, vermehrt auch für Arbeitswege nutzen. Gleichzeitig haben relativ wenige Alltagsnutzer ihre Pläne umgesetzt, Ausflüge oder längere Touren mit dem Pedelec zu machen.

Freizeitnutzer haben anscheinend mit der Nutzung das Spazierenfahren oder Fahren aus Spaß für sich entdeckt. In der tatsächlichen Umsetzung von einer Pedelec-Nutzung im Urlaub gab es keine deutlichen Unterschiede zwischen den Nutzertypen.

Die Online-Teilnehmenden wurden im Zuge der ersten Befragungsrunde zusätzlich nach dem hauptsächlichen Nutzungskontext mit Blick auf Stadt-Umland-Verflechtungen befragt. Am häufigsten nutzen die Online-Teilnehmenden das Pedelec für Fahrten von der Stadt ins Umland oder umgekehrt (35 %, $N = 282$). Fahrten innerhalb der Stadt (25 %) und Fahrten in ländlichen Gebieten (23 %) werden in etwa gleich häufig genannt. Fahrten im städtischen Umland (13 %) spielen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Abbildung 39 zeigt die jeweiligen Nutzungszwecke für Pendler, Alltags- und Freizeitnutzer.

⁶⁴ Gemeint ist hier das Pedelec.

Wofür nutzen Sie Ihr Pedelec hauptsächlich? (N = 282, T1)

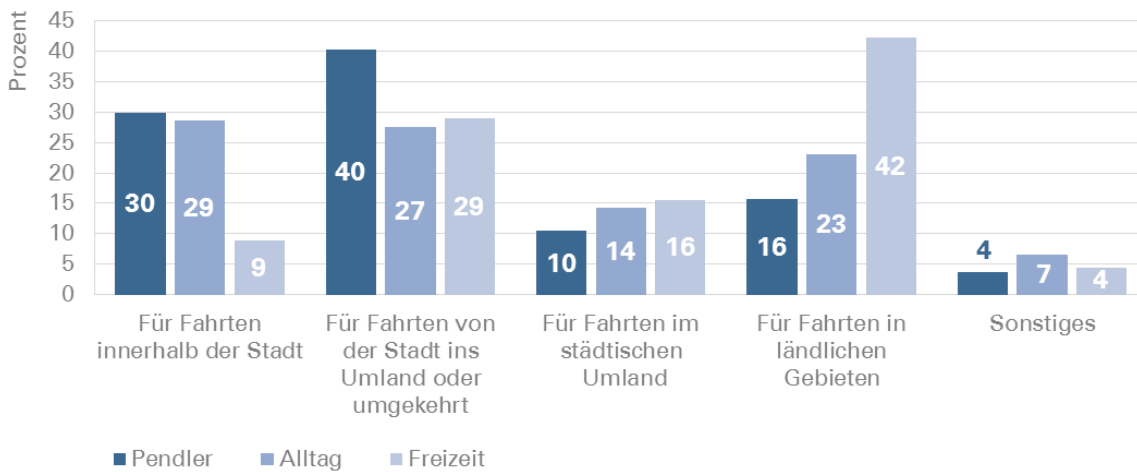


Abbildung 39: Einsatzkontext des Pedelecs für die drei Nutzertypen

3.3.8. Gründe und Motive für den Pedelec-Kauf

Über alle Nutzertypen hinweg werden als Gründe für die Pedelec-Nutzung Aspekte aus dem Bereich Bewegung, sportliche Betätigung oder Gesundheit genannt:

„Also bei diesem Alltagseinsatz jetzt eigentlich, dass ich so eine, sagen wir mal, moderate sportliche Tätigkeit in meinen Alltag mit einbetten kann. Also es ist, auch wenn das Fahrrad natürlich Unterstützung hat, ist ja doch eine gewisse körperliche Anstrengung trotzdem nötig, um damit zu fahren und ich fahre ungefähr eine Stunde zur Arbeit, und eine Stunde an der frischen Luft zu sein, da kommt man anders an, als wenn man eine Stunde in so einer miefigen Bahn gesessen hat.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

In ähnlichem Kontext benennen Pendler als einziger Nutzertyp verstärkt Entspannung und Erholung als weitere Nutzungsmotive:

„Ja, weil [...] man halt morgens vor der Arbeit noch ein bisschen was macht, Luft tankt, Kopf frei kriegt und einfach, dass es jetzt mittlerweile Spaß macht, was ich früher nie gemacht hätte, mit dem Fahrrad zur Arbeit zu fahren. Das [...] hätte ich nie gemacht und das macht halt riesen Spaß dann, das Fahrrad zu fahren und dann da los zu düsen, ja.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Pendler nennen auch, im Vergleich zu Alltagsnutzern, vermehrt die Unterstützung im Allgemeinen und speziell die geringe Anstrengung sowie dementsprechenden Komfort als Gründe für die Nutzung im Alltag. Zumindest im Vergleich zu Freizeitnutzern erwähnen Pendler auch relativ häufig infrastrukturelle Vorteile (z. B. Stauumgehung), gesteigerte Mobilität und Umweltaspekte als Pedelec-Nutzungsgründe.

Im Vergleich zu den anderen Nutzertypen sehen Alltagsnutzer die Vorteile der Pedelec-Nutzung vor allem im Bereich infrastruktureller Vorteile (z. B. keine Parkplatzprobleme), gesteigerter Mobilität und zusätzlicher Flexibilität:

„Also diese Flexibilität ist unschlagbar. Also [Pedelec-City⁶⁵] ist ja eine mobile Stadt mit hohem Verkehrsaufkommen, ob nun Ring oder in die Stadt, und da ist man mit dem Fahrrad, gerade im Augenblick, wo in [Pedelec-City] ja wirklich an jeder Ecke gebaut wird, mit dem Fahrrad sicherlich viel, viel schneller von A nach B unterwegs.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Auch nennen Alltagsnutzer relativ häufig finanzielle Aspekte und, jedenfalls im Vergleich zu Freizeitnutzern, Umweltaspekte als Nutzungsmotive.

Freizeitnutzer erwähnen, vor allem im Vergleich zu Alltagsnutzern, relativ häufig die Unterstützung grundsätzlich sowie Aspekte geringer Anstrengung, Einfachheit und Komfort als Motive für die Pedelec-Nutzung.

„Gründe sind schneller größere Strecken fahren zu können, weil man die Unterstützung hat. Und eben die Unterstützung selbst.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Passend dazu antwortete ein Freizeitnutzer auf die Frage, warum das Pedelec statt des Fahrrads genutzt wird:

„Ja, gut, es ist bequemer. Das gibt einem ein bisschen zusätzlichen Schub. Man muss nicht alles mit eigener Muskelkraft schaffen. Man muss schaffen, aber man muss nicht die ganze Kraft rein legen.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Zusammenfassend fällt auf, dass die Unterstützung und insbesondere die geringe Anstrengung und der daraus resultierende Komfort von Pendlern und Freizeitnutzern, im Vergleich zu Alltagsnutzern, relativ oft erwähnt werden. Auf der anderen Seite sind zusätzliche Flexibilität, zusätzliche Mobilität, infrastrukturelle Vorteile und auch Umweltaspekte Nutzungsgründe, die eher von Pendlern und Alltagsnutzern und weniger von Freizeitnutzern genannt werden.

Eine vertiefende Darstellung von Nutzungsgründen und -motiven erfolgt im nachfolgenden Abschnitt sowie im Zusammenhang mit der Analyse von möglichen einstellungs- und nutzungsspezifischen Veränderungen im Projektverlauf in Kapitel 3.4.

⁶⁵ Anonymisierter Stadtname.

3.3.9. Positive Erfahrungen und Highlights – „Jede Fahrt ist ein kleiner Urlaub“

„Man kann mit dem Pedelec immer fahren. Das ist, ich würde bald sagen berauschend. [...] Wenn ich auf dem Pedelec sitze und durch die Gegend fahre, das ist als wie wenn ich Drogen nehme.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Positive Erfahrungen und Highlights im Zusammenhang mit der Pedelec-Nutzung wurden in der ersten und der dritten Befragungsrunde innerhalb der Interviews und auch für die reinen Online-Teilnehmenden erhoben. Die dort getroffenen Aussagen erlauben weitere Rückschlüsse auf die zugrundeliegenden Motive der Pedelec-Nutzung.

Von den reinen Online-Teilnehmern machten 237 (62 %) von der Möglichkeit Gebrauch, sich zu dieser Frage zu äußern. Die freien Eingaben wurden nachträglich in zehn Kategorien zusammengefasst:

- Schnelligkeit und / oder Entspannung beim Fahren (40 Nennungen; 16,9 %)
- Bewältigung anspruchsvoller Strecken (38 Nennungen; 16 %)
- Erweiterung des körperlichen Bewegungsradius (z. B. bei Krankheit und im Vergleich gegenüber einem normalem Fahrrad) (37 Nennungen; 15,6 %)
- Zuverlässigkeit der Technik / Hohe Reichweite (23 Nennungen; 9,7 %)
- Spaß am Fahren (17 Nennungen; 7,2 %)
- Naturerlebnisse (11 Nennungen; 4,6 %)
- Unabhängigkeit / Flexibilität (z. B. Stauvermeidung) (6 Nennungen; 2,5 %)
- Geld (Sprit) sparen (5 Nennungen; 2,1 %)
- Leises Fahren und ohne Abgase fahren (4 Nennungen; 1,7 %)
- Sonstiges (56 Nennungen; 23,6 %)

Gerade Pendler betonen den hohen Erholungswert durch das Pedelec-Fahren auf dem Weg von und zur Arbeit:

„Hohe Geschwindigkeit und individueller Unterstützungsgrad. Wenn man schwitzen will, dann geht das mit einem S-Pedelec genauso wie mit einem Rennrad. Das Vorurteil von "wenig Anstrengung" beim Pedelec-Fahren stimmt bei mir nicht. Ich fahre, seitdem ich das Pedelec habe, eher weitere Strecken und strenge mich durchaus an. Die Reichweiten haben sich bedeutend erhöht. Ich habe einen Ausgleich zu meinem sehr stressigen Job gefunden und lade beim Fahren meine eigene, mentale Batterie wieder auf. Das Lebensgefühl hat sich verbessert und man kommt unterwegs immer wieder mit interessanten Leuten ins Gespräch. Da ich mich selber sehr für die Energiewende einsetze, geht es mir persönlich darum, den Wandel zu leben. Zudem würde ich mich nicht als

unsportlich bezeichnen. Das Design beim Pedelec spielt meines Erachtens eine überaus wichtige Rolle. Ich selber kann mich nur wenig bis überhaupt nicht mit den Standard-Pedelecs, die ältere Zielgruppen ansprechen, identifizieren. Ich liebe das sportliche Fahren.“ (Kommentar Online-Teilnehmer T1)

Im städtischen Umfeld werden die Vorteile gegenüber einem Pkw besonders deutlich wahrgenommen:

„80 % aller Autofahrten im Innenstadtbereich konnten mit dem Lastenpedelec für mich ersetzt werden, sowohl beruflich als IT-Dienstleister als auch privat für Einkaufs- und Freizeittouren. Ich habe in den letzten Jahren keinen Parkschein mehr gezogen und muss alle 2 bis 3 Monate den Pkw einmal Volltanken.“ (Kommentar Online-Teilnehmer T1)

Gleichzeitig wird die Planbarkeit positiv hervorgehoben:

„Ja, letztendlich die Beständigkeit, mit der man fährt, man kann also vorher im Voraus berechnen, wenn ich weiß, die Strecke ist so und so lang, ich fahre meine 25km/h, ich weiß, wann ich da bin. [...] es ist eine Beständigkeit da, die vorher bei Wind- und Wiedereinfluss nicht gegeben war. Das ist ein riesengroßer Pluspunkt, finde ich.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Im Vergleich zum herkömmlichen Fahrrad wird insbesondere der erhöhte Freiheitsgrad betont. Sowohl in Bezug auf schwierige Streckenabschnitte als auch in Bezug auf eine Erhöhung der Reichweite.

„Fahrradtouren haben mir vor allem wegen der Steigungen keinen Spaß gemacht. Eine weitere Sorge war immer: Was ist, wenn die Kraft nicht mehr ausreicht noch bis nach Hause zu kommen? Beides ist mit dem Pedelec kein Thema mehr. Diese Probleme waren eher "Kopfprobleme". Im Sommer hatte ich einen leeren Akku und die Strecke war trotzdem kein Problem.“ (Online-Teilnehmer T1)

Der hohe Spaßfaktor wird über alle Nutzergruppen als sehr positiv beschrieben: „Ich vergleiche es gerne mit Skifahren. Die pure Lust am Fahren“ (Online-Teilnehmer T1). Dass dieser Spaßfaktor mit einer stärkeren Wahrnehmung der Umgebung und des eigenen Körpers verbunden ist, verdeutlicht auch das folgende Zitat eines Feldteilnehmers:

„Am meisten ist es, wenn ich irgendwo auf dem Fahrrad durch die Natur fahre, wo ich sonst eben öde mit dem Auto nach Hause gefahren wäre. Egal, ob nun von der Arbeit oder von einem Kneipenbesuch oder von einem Stadtbummel oder von einer Einkaufsfahrt, das beste Gefühl ist wirklich, wenn man irgendwo in der Natur unterwegs ist und feststellt, normalerweise würdest du jetzt in dem – in Häkchen – Blechkäfig Auto sitzen und dich nach Hause schaukeln lassen. Und man merkt dann eben-, weil man spürt den eigenen Körper, man spürt, merkt die Natur, das sind so die schönsten Momente eigentlich.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Mit Rückblick auf das Jahr 2013 wurden die Online-Teilnehmenden in der dritten Befragung gebeten, ihr positivstes Erlebnis im zurückliegenden Jahr zu schildern. Die Kategorisierung der Highlights (T3 – bezogen auf das zurückliegende Jahr 2013) hat zu folgendem Ergebnis geführt ($N = 129$):

- Verbesserung der Alltagsmobilität (29 Nennungen; 22,5 %)
- Bewältigung anspruchsvoller Strecken (29 Nennungen; 22,5 %)
- Erweiterung des Bewegungsradius (17 Nennungen; 13,2 %)
- Urlaub mit dem Pedelec (16 Nennungen; 12,4 %)
- Tagesausflug mit dem Pedelec (12 Nennungen; 9,3 %)
- Verbesserung der Fitness / des Gesundheitszustands (8 Nennungen; 6,2 %)
- Freude an der Technik des Pedelecs (6 Nennungen; 4,7 %)
- Sonstiges (12 Nennungen; 9,3 %)

Gerade auch für ältere Nutzer trägt das Pedelec häufig zum Erhalt bzw. zur Verbesserung der Alltagsmobilität bei, was auch von einer Feldteilnehmerin so wahrgenommen wurde:

„Es ist also, als wenn man das für mich gemacht hat – so ungefähr. [...] ich könnte sonst nicht mehr Fahrrad fahren. Ich müsste sonst zu Hause bleiben und für mich ist das Fahrrad (Anm.: Pedelec) einfach-, wie sagen wir das? Freiheit. Dass ich noch raus kann. Noch weg kann. Ich kann nicht lange laufen und bin also praktisch auf das Fahrrad (Anm.: Pedelec) angewiesen.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

3.3.10. Nicht-Nutzungsmotive

Als Nicht-Nutzungsgründe nennen Pendler relativ oft Zeitengpässe und wichtige Termine auf der Arbeit:

„Also wenn ich Termine habe am Nachmittag und das klappt also zeitlich dann nicht so ganz, dann muss ich was Anderes nehmen.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

„...wenn ich irgendeine Dienstreise habe [...] irgendwo hinfahren muss oder auf der Arbeit Kunden oder Lieferanten habe, die ich betreuen muss für den Tag, dann nehme ich mir abends den Firmenwagen mit und komme dann, dann muss ich im Anzug dahin oder wenigstens in ordentlichen Sachen. Dann fahre ich mit dem Firmenwagen eine Strecke und zurück und hole mir dann das Fahrrad am nächsten Tag aber wieder ab.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Zudem ist der Transport von größeren Gegenständen ein Grund für Pendler, das Pedelec stehen zu lassen. Alltagsnutzer sprechen den Grund zu großer Transportmengen, beispielsweise auch

bei Einkäufen, besonders oft an. Für sie sind zudem als zu lang empfundene Strecken ein Grund das Pedelec nicht zu nutzen:

„[...] ein absolutes K.O.-Kriterium, das stehen zu lassen, ist einmal, wenn ich das nicht mitkriegen würde, was ich entweder mitnehmen muss oder unterwegs besorgen muss. Das heißt also, die Transportkapazitäten nicht da sind [...].“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Freizeitnutzer erwähnen besonders oft Einkäufe und längeres unbeaufsichtigtes Stehen des Pedelecs als Gründe das Pedelec nicht zu nutzen:

„Wir haben zwei verloren, mal innerhalb von sieben Minuten. [...] Also, abgeschlossen und alles. Wir sind nur zum Fahrradhändler, wollten eine Klingel kaufen, weil die nicht mehr funktionierte. Und, [dann] kamen wir raus und [da] waren sie weg. Also insofern werden wir [die Pedelecs] für solche Fahrten einfach nicht nehmen. Drauf sitzen oder im Augen behalten, oder abschließbar, ich sage mal im Hotel.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Zudem veranlassen Freizeitnutzer als zu lang empfundene Strecken dazu das Pedelec nicht zu nutzen.

Des Weiteren ist auffallend, dass längeres, unbeaufsichtigtes Abstellen des Pedelecs für Pendler und Freizeitnutzer, jedoch in deutlich geringerem Maße für Alltagsnutzer, ein Problem ist. Gleichzeitig sind als zu lang empfundene Strecken ein seltener angesprochenes Nutzungshindernis für Pendler, als es bei Alltags- und Freizeitnutzern der Fall ist.

3.3.11. Negative Erfahrungen und Lowlights

Auch negative Erfahrungen bzw. die negativsten Erlebnisse im Jahr 2013 konnten in der ersten und dritten Befragungsrunde von den Teilnehmern benannt werden. Innerhalb der T1-Befragung schilderten 136 (36 %) Teilnehmer ihre negativen Erfahrungen mit dem Pedelec, wobei viele Teilnehmer betonten, dass die negativen Erlebnisse die Freude am Pedelec nicht nachhaltig getrübt haben. Die freien Eingaben wurden nachträglich in neun Kategorien zusammengefasst:

- Technische Defekte am Pedelec (40 Nennungen; 29,4 %)
- Verschleiß / Schäden an Fahrradkomponenten (32 Nennungen; 23,5 %)
- Probleme mit dem Akku / der Reichweite (23 Nennungen; 16,9 %)
- Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer (14 Nennungen; 10,3 %)
- Gewicht (3 Nennungen; 2,2 %)

- Infrastruktur in der Umgebung (2 Nennungen; 1,5 %)
- Sonstiges (12 Nennungen; 3,1 %)

Bei dem Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer wird oftmals die als fehlend erlebte Rücksichtnahme durch Autofahrer angesprochen: „Man ist mit dem Pedelec manchmal schneller unterwegs, als das manche Autofahrer wahrnehmen und vermuten“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer). Dies führe nicht selten zu Gefahrensituationen. S-Pedelec-Fahrer stoßen hier auf besondere Probleme:

„Negative Erfahrungen sind die, dass man mit dem schnellen S-Pedelec nach deutschem Gesetz gezwungen ist, innerstädtisch auf der Fahrbahn zu fahren und meine Erfahrungen sind, dass es fast Selbstmord ist, weil man beschimpft, angehupt, geschnitten, ausgebremst wird, weil die Autofahrer kennen diese Fahrzeuge gar nicht. Die sehen dieses Kennzeichen nicht, die sehen nur einen Fahrradfahrer, der fährt auf der Fahrbahn, obwohl daneben der Radweg ist und bremsen. [...] Das kennen die einfach nicht und deswegen meint ja so mancher so eine Art Selbstjustiz ausüben zu müssen und ich habe es jetzt auch aufgeben, also ich nehme das jetzt in Kauf, die Ordnungswidrigkeit [...].“
(Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Mit Rückblick auf das Jahr 2013 wurden die Online-Teilnehmenden in der dritten Befragung gebeten, ihr negativstes Erlebnis im zurückliegenden Jahr zu schildern. Die Kategorisierung dieser Lowlights hat zu folgenden Ergebnissen geführt ($N = 137$):

- Technische Defekte (22 Nennungen; 23,4 %)
- Probleme mit dem Akku / der Reichweite (17 Nennungen; 18,1 %)
- Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer (13 Nennungen; 13,8 %)
- Infrastruktur in der Umgebung (11 Nennungen; 11,7 %)
- Unfall / Sturz (9 Nennungen; 9,6 %)
- Gewicht (7 Nennungen; 7,4 %)
- Sonstiges (15 Nennungen; 16 %)

Die Infrastruktur in der Umgebung rückt in der dritten Befragung damit stärker in den Fokus als bei der Erstbefragung. Teilnehmer bemängeln u. a. nicht funktionierende oder zu kleine Fahrstühle an Übergängen zum Nah- und Fernverkehr: „Als Pendler nerven an den Bahnhöfen (Fern- und Nahverkehr) die oft ausfallenden Fahrstühle“ (Kommentar eines Online-Teilnehmers, T3). Fehlende Radwege auf den üblichen Strecken bzw. der schlechte Zustand des vorhandenen Wegenetzes werden besonders häufig thematisiert (vgl. Kapitel 3.3.15).

3.3.12. Reparaturen und Wartung des Pedelects

„Auch sollte man nicht den höheren Aufwand für Pflege und Wartung unterschätzen. Lässt man alles beim Händler machen, kostet dies genau so viel wie bei einem Kleinwagen!“ (Kommentar eines Online-Teilnehmers, T1)

Pedelect-spezifische Defekte werden innerhalb der Feldphase nur selten berichtet. Die am häufigsten dokumentierten Reparaturen, die innerhalb der vierten Befragung abgefragt wurden⁶⁶, beziehen sich auf Fahrradkomponenten. 45 % (64 Antwortende) haben während der Projektteilnahme keinerlei Reparaturen oder Wartungsarbeiten durchführen (lassen) müssen. 36 Teilnehmer hatten Probleme mit der Kette bzw. dem mechanischen Antrieb (30 %⁶⁷), 15 Teilnehmer (12 %) berichten über Probleme mit der Gangschaltung. Genauso viele Teilnehmende berichten über Probleme mit dem Akku bzw. der Stromzufuhr. Als pedelec-spezifische Defekte wurden zudem Probleme mit der elektronischen Steuerung (8 Teilnehmende, 7 %) und den Kabeln zur Motorsteuerung (4 Teilnehmende, 3 %) dokumentiert.

Bei den sonstigen Angaben, die 35 Teilnehmende vornahmen, sind es vor allem Probleme mit den Bremsen (8 Teilnehmende), Reifenpannen (5 Teilnehmende) sowie Speichenbrüche und Probleme mit dem Rahmen (3 Teilnehmende).

Von 143 Antwortenden geben nur 18 Teilnehmende (13 %) an, dass sie sich nicht um die Wartung kümmern, solange das Pedelect problemlos funktioniert⁶⁸. 107 Antwortende kontrollieren regelmäßig den Luftdruck. 88 fetten und reinigen die Kette regelmäßig. Gut die Hälfte der Antwortenden (76 Teilnehmende) lässt ihr Pedelect in regelmäßigen Intervallen vom Fachhändler inspizieren. Damit erfolgt die Wartung durch Fachhändler deutlich häufiger als bei einem herkömmlichen Fahrrad: Hier wird nur von knapp einem Viertel der Nutzer ein solcher Service genutzt (Sinus - Markt- und Sozialforschung GmbH, 2013, S. 64).

Aus den Äußerungen der Foren-Nutzer wird deutlich, dass auch Probleme mit Anbauteilen (Reifen, Schlauch, Pedalen, Licht) mit dem Pedelect-Hersteller und der Marke assoziiert werden

⁶⁶ Der genaue Wortlaut in der T4-Online-Befragung lautete: „Haben Sie seit Beginn Ihrer Teilnahme am Projekt "Pedelection" Reparaturen an Ihrem Pedelect vornehmen lassen (müssen)? 143 (66 %) Befragte der insgesamt 216 an T4 Teilnehmenden beantworteten diese Frage.

⁶⁷ Die nachfolgenden Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil an allen Antworten zu dieser Frage mit Mehrfachauswahl. Insgesamt 121 Antworten wurden zu dieser Frage gegeben (bei 79 Antwortenden, die angegeben hatten, dass Reparaturen notwendig waren).

⁶⁸ Bei dieser Frage waren Mehrfachnennungen möglich. Der genaue Wortlaut in der T4-Online-Befragung lautete: „Welche Aussagen zur Wartung des Pedelects treffen für Sie zu?“

und die Zufriedenheit mit dem Pedelec an sich beeinflussen. Auch wenn das Eingangszitat sicherlich nicht generell gilt, zeigt es, dass Reparatur und Wartung des Pedelecs im Einzelfall durchaus kostenintensiv sein kann.

3.3.13. Erwartete Lebensdauer und Neukauf bei Weiterentwicklungen

In der abschließenden T4-Befragung wurde die erwartete Lebensdauer des Pedelecs ermittelt. Im Durchschnitt rechneten die Teilnehmenden mit einer Lebensdauer von 11 Jahren ($SD = 4,74$ Jahre, $N = 143$, $Min = 3$ Jahre, $Max = 25$ Jahre). Frauen gehen dabei von einer deutlich höheren Lebensdauer aus ($M = 13$ Jahre) als Männer ($M = 9$ Jahre) ($t(77,323) = 4,48$, $p < .001$). Nutzungstypen und Altersgruppen unterscheiden sich nicht in der erwarteten Lebensdauer des Pedelecs. Bei der Einschätzung gehen viele Nutzer offenbar von Erfahrungen mit ihren herkömmlichen Fahrrädern aus:

„Ich hatte früher ein ziemlich gutes Rad [...], das Ding hat 20 Jahre gehalten und war natürlich relativ wartungsfrei, weil es ja nicht so hightechmäßig war. Also ich glaube, da muss man sich schon ein bisschen umgewöhnen, dass man eben für einen relativ hohen Preis ein technisch sehr modernes Fahrrad bekommt, was dann eben auch entsprechend anfälliger ist, wenn man es so viel nutzt wie ich.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Dabei ist den meisten Teilnehmern bewusst, dass der Akku in dieser Zeit vermutlich ersetzt werden muss:

„Naja, wie so ein Fahrrad auch. Obwohl der Akku wird nicht so lange durchhalten wie ein Fahrrad. [...] den wird man sicher irgendwann austauschen müssen.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

57 % der Antwortenden ($N = 143$) wollen ihr Pedelec solange nutzen wie es funktionstüchtig ist. Wobei die Interviewäußerungen der Feldteilnehmer darauf hindeuten, dass Nutzer von hochpreisigen Pedelecs gerne die Möglichkeit von Upgrades nutzen würden. 27 % würden ein neues Pedelec kaufen, wenn es entscheidende technische Verbesserungen gibt. Sechs Teilnehmer (4 %) haben sich im Projektverlauf bereits ein anderes Pedelec gekauft, weil das neue Pedelec auf einem aktuelleren Stand der Technik war. Systematische nutzergruppenspezifische Unterschiede zeigen sich hier nicht. Sonstige Äußerungen (11 %) deuten darauf hin, dass bei entsprechenden finanziellen Möglichkeiten prinzipiell auch mehr Teilnehmende bereit wären, einen vorzeitigen Neukauf zu tätigen. Männer haben tendenziell konkretere Vorstellungen von Neuerungen, bei denen sie einen solchen in Erwägung ziehen

würden (z. B. Verfügbarkeit von neuen Schaltsystemen etc.) als Frauen. Letzteren scheint insbesondere eine Gewichtsreduktion Grund für einen möglichen Neukauf zu sein.

3.3.14. Gewünschte Weiterentwicklungen im Pedelec-Bereich

Zu der Frage nach gewünschten Weiterentwicklungen im Pedelec-Bereich⁶⁹, die die Online-Teilnehmer innerhalb der T4-Befragung frei beantworten konnten, nennen dann auch 39 % der Antwortenden⁷⁰ explizit eine Reduktion des Gewichts und / oder die Erhöhung der Reichweite. Eine Verbesserung der Rekuperation bzw. die Einführung der Bremsenergie rückgewinnung für mehr Modelle wünschten sich sieben Teilnehmer (6 %). Weitere Wünsche betrafen Änderungen in Bezug auf die Infrastruktur oder die Gesetzgebung (10 %) – betrafen also nicht das Pedelec selbst.

Bei den Feldteilnehmenden zeichnet sich ein vergleichbares Bild ab. Verbesserungswünsche Einzelner zielen hier bspw. auf eine bessere Abstimmung der Übersetzung, sodass auch ohne Motorunterstützung notfalls Steigungen bewältigt werden können, eine bessere Wartbarkeit durch den Nutzer selbst oder auf die Erweiterung des Funktionsumfangs des Displays (z. B. Trittfrequenz) bzw. auf die Mitlieferung von Apps, mit denen die Sensordaten des Pedelecs den Bedürfnissen entsprechend live ausgelesen werden können:

„Da ist ein neuer Controller, den kann man neu programmieren, den kann man verbinden mit dem Handy zum Beispiel. Und dann kann man eine App schreiben für das Handy und dann sehe ich meine Leistungsdaten oder ich kann halt mein Fahrrad parametrisieren. Ich kann ja sagen: „Ich will, dass der Akku länger hält“ [...]. Also alles was man früher an dem Display da gemacht hat, das kann man dann am Handy machen. [...] Und deswegen ist meine nächste Idee, das alles über das Handy zu machen und vorne am Lenker nur noch so drei Tasten zu haben [...]. Und den Rest programmiere ich quasi per Bluetooth mit dem Handy [...]. Und ich kann natürlich mein Handy fest auf dem Lenker montieren oder im Rucksack lassen oder auch gar nicht nutzen. Das heißt häufig hat man so große Displays, das ist zwar schön und schick, aber bedienungsfreundlich sind die auch nicht. Und manchmal ist es dann „weniger ist mehr“. Und für meinen Fall: umso unauffälliger, umso besser. Und das ist halt sowas, was auch gerade ganz viele Leute richtig cool finden. Wieder weg zu gehen von diesen riesengroßen Multifunktionsdisplays, wo viel drinsteht und eigentlich wenig Nutzen hat zu irgendeiner einfachen Lösung. Wenn man sagt, ich benutze mein Fahrrad immer gleich, dann stelle ich das einmal ein und dann mache ich nichts mehr. Und wenn ich auf die Idee komme und sage, ich will es doch ändern, dann

⁶⁹ Der genaue Wortlaut in der T4-Online-Befragung lautete: „Welche Entwicklungen bzw. Weiterentwicklungen erscheinen Ihnen vor dem Hintergrund Ihrer Alltagserfahrung wünschenswert? Gibt es beispielsweise Funktionen, die Sie bei Ihrem Pedelec im Alltag vermissen bzw. die Sie sich wünschen würden?“

⁷⁰ Von den 216 Teilnehmenden an T4 machten 111 (51 %) zu dieser Frage eine Angabe. Die Feldteilnehmenden haben diese Frage während des letzten Interviews beantwortet.

*schmeiße ich mein Handy an und -, dann ein paar Parameter ändern und dann gibt es mehr Kraft oder mehr Akkulaufzeit oder eine Warnung, wenn der Akku leer wird.“
(Interviewäußerung Feldteilnehmer)*

Auch die Ausrüstung von (Kinder-)Anhängern mit dem eigentlichen Antriebsstrang, der dann via Plug and Play an verschiedene Fahrräder angeschlossen werden kann, wird als Wunsch geäußert. Im Zubehörbereich wird zum Teil bemängelt, dass durch die Kabelführung am Lenker keine Einkaufskörbe angebracht werden können. Eine mobile, faltbare Unterbringungsbox bzw. -plane wird ebenfalls als Idee geäußert. Insbesondere für die Mitnahme in Bus und Bahn vermissen einzelne Teilnehmer z. B. einen Griff oder eine Schlaufe, um das Pedelec leichter hochheben zu können. Von einzelnen S-Pedelec-Fahrern wird das Problem genannt, dass ab einer Fahrgeschwindigkeit von ca. 35 km/h ein als zu hoch wahrgenommener Geräuschpegel entsteht, der durch die Form herkömmlicher Fahrradhelme noch verstärkt würde.

Für die Winternutzung wird vereinzelt eine bessere Isoliermöglichkeit des Akkus gewünscht. Beheizbare Lenkergriffe und / oder ein beheizbarer Sattel werden ebenfalls als Wunsch geäußert.

Im Forum werden darüber hinaus Wünsche hinsichtlich einer Erhöhung der Langzeitbeständigkeit bzw. des Zusammenspiels zwischen eingesetzten Technologien und den verbauten Materialien geäußert. Hier wird von Einzelnen erwartet, dass im Rahmen der Pedelec-Entwicklung auch neue „analoge“ Komponenten zum Einsatz kommen, die höheren Ansprüchen genügen als herkömmliche Fahrradkomponenten.

3.3.15. Mit dem Pedelec genutzte Verkehrsinfrastruktur

Im Rahmen der T3-Befragung wurden die Teilnehmer um eine Einschätzung gebeten, wie häufig sie mit dem Pedelec verschiedene Wegearten nutzen (s.

Abbildung 40). Für die Auswertung berücksichtigt wurden die 200 Fälle, die für alle Wege (außer Sonstige, $N = 12$) eine Antwort gaben. Am häufigsten wurden baulich getrennte Radwege innerörtlich und kombinierte Fuß- / Radwege innerörtlich genutzt. Unter die sonstigen Angaben fallen u. a. mit je einer Nennung die Nutzung auf Privatgrund, die Nutzung von Straßen in Ausnahmefällen von ansonsten gesperrten Wegen, die Nutzung in Fußgängerzonen und die Offroad-Nutzung.

Insbesondere bei den S-Pedelec-Nutzern werden auch Wegearten genutzt, die laut Gesetz verboten sind. So gibt etwa ein Viertel an, unbefestigte Waldwege oft oder gelegentlich zu nutzen, befestigte Waldwege nutzen die Hälfte, kombinierte Fuß- / Radwege innerörtlich nutzen über ein Drittel der S-Pedelec-Nutzer sehr oft oder oft ($N = 16$). Die qualitativen Aussagen dieser Nutzergruppe geben einen deutlich Hinweis darauf, dass dabei teilweise bewusst gegen die geltende Gesetzeslage verstoßen wird, da beim Erreichen der jeweiligen Ziele kaum oder gar keine attraktiven Alternativen gegenüber der gewählten Route wahrgenommen werden⁷¹.

Wie häufig haben Sie im Jahr 2013 mit Ihrem Pedelec in etwa die folgenden Straßen-/Wegearten genutzt? (N = 200)

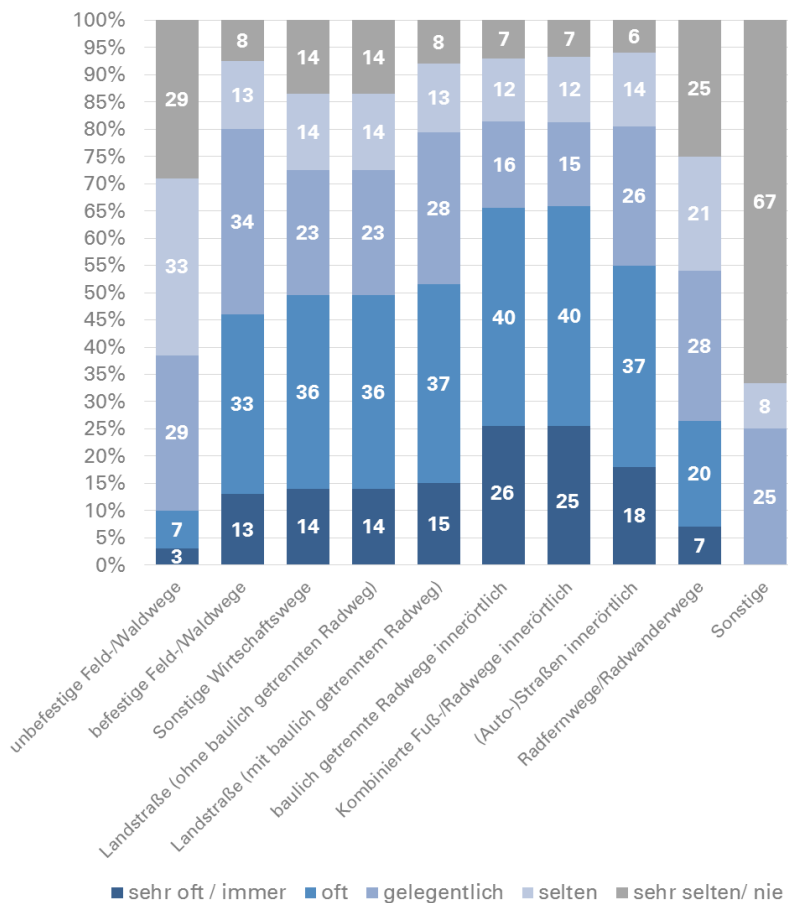


Abbildung 40: Mit dem Pedelec genutzte Verkehrsinfrastruktur im Jahr 2013⁷²

⁷¹ Aufgrund der geringen Fallzahl ist keine Verallgemeinerung möglich. Aus den Interviewaussagen wird deutlich, dass einzelne Teilnehmer das Versicherungskennzeichen abschrauben (und nur in der Aktentasche mit sich führen), um bspw. Waldwege nutzen zu können, ohne aufzufallen.

⁷² Zur genutzten Infrastruktur von Pedelec-Fahrern vgl. auch Schleinitz u. a. (2014, S. 60–67).

Rückmeldungen zur genutzten Infrastruktur und Verbesserungsvorschläge wurden von den Online-Teilnehmern in der ersten Befragung ($N = 171$) und von den Feldteilnehmern in der zweiten Interviewrunde erbeten. Die freien Äußerungen der Online-Teilnehmer wurden anschließend in neun Kategorien zusammengefasst.

Abbildung 41 zeigt, dass es sich dabei größtenteils um nicht-pedelecspezifische Wünsche handelt, sondern vielmehr um Vorschläge, die den Zweiradverkehr allgemein betreffen.

*Gibt es in Ihren Augen Verbesserungsvorschläge für die Infrastruktur für Pedelecs?
Die Infrastruktur betrifft z. B. Wege, Park- und Lademöglichkeiten etc. (N = 171, T1)*

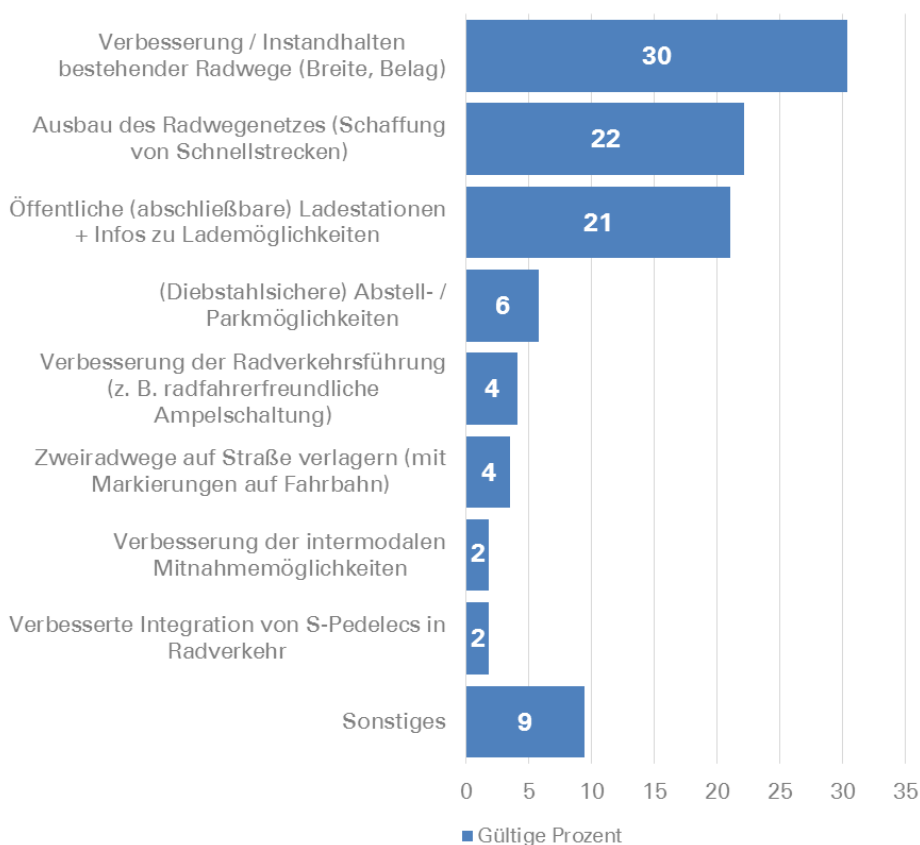


Abbildung 41: Wünsche der Online-Teilnehmer an die Infrastruktur

Interessant ist, dass immerhin knapp ein Viertel der Antwortenden eine Verbesserung der öffentlichen Lademöglichkeiten wünschen. Bisherige Untersuchungen deuten darauf hin, dass dieser Aspekt bei der Pedelec-Nutzung im Vergleich zur E-Auto-Nutzung eine eher untergeordnete Rolle spielt (vgl. u. a. Preißner u. a., 2013).

3.4. Veränderungen von Einstellungen und Nutzungsverhalten im Projektverlauf

„[...] dass ich jetzt noch genauso begeistert bin davon wie eben vor einem Jahr, das hätte ich nicht so gedacht, also-, ja, weil oft, wenn man irgendetwas neu hat, freut man sich am Anfang und dann ist irgendwann so Routine drin, aber ich freue mich da noch nach wie vor genauso drüber.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Während in den vorhergehenden Kapiteln zur Beantwortung der Fragestellungen jeweils auf die Querschnitt-Stichproben zurückgegriffen wurde, werden in diesem Abschnitt auch Analysen aus dem Längsschnittdatensatz heraus getroffen (vgl. Kapitel 2.1.4).

Insgesamt ergeben sich nur wenige Veränderungen auf Einstellungsebene und bezüglich des Pedelec-Nutzungsverhaltens im Hinblick auf Park- / Abstell- und Ladegewohnheiten, die Wahl der Unterstützungsstufe sowie der Wahl sonstiger Verkehrsmittel. Die Motive / Gründe für das Pedelec-Fahren sind dabei am stabilsten. Die Kriterien, die an das Pedelec gestellt werden, verändern sich am deutlichsten.

3.4.1. Veränderung von nutzungsspezifischen Einstellungen

3.4.1.1. Gründe für das Pedelec-Fahren

Um mögliche Veränderungen innerhalb der Nutzungsgründe darstellen zu können, wurde im Rahmen der ersten und der letzten Befragungsrunde eine Fragebatterie implementiert, in der auf die Frage „Was sind Ihre Gründe für das Fahren mit einem Elektrofahrzeug?“ eine Reihe von Antwortmöglichkeiten randomisiert vorgegeben wurden (vgl. Abbildung 42).

Auf einer Skala von 1 (stimme überhaupt nicht zu) bis 7 (stimme voll und ganz zu) sollten die Teilnehmenden die jeweiligen Aussagen bewerten. Abbildung 42 zeigt, dass bei den Nutzungsgründen zum ersten Befragungszeitpunkt das mühelose Bewältigen von Steigungen ($N = 278$, $M = 6,17$, $SD = 1,35$), fitter werden bzw. fit bleiben durch regelmäßige Bewegung ($N = 279$, $M = 5,98$, $SD = 1,45$) und müheloses Fahren bei Gegenwind ($N = 280$, $M = 5,81$, $SD = 1,59$) im Durchschnitt die größte Zustimmung finden. Der Wunsch häufiger auf das Auto zu verzichten ($N = 275$, $M = 5,74$, $SD = 1,89$) und vor allem im Alltag längere Strecken zurückzulegen ($N = 275$, $M = 4,90$, $SD = 2,21$), CO₂ einzusparen und die Umwelt zu schonen ($N = 278$, $M = 4,82$, $SD = 2,13$) stellen ebenfalls entscheidende Nutzungsmotive dar. Daneben spielen auch das schnelle von A nach B kommen ($N = 273$, $M = 4,74$, $SD = 2,09$) und nicht verschwitzt am Ziel ankommen ($N = 274$, $M = 4,69$, $SD = 1,44$) eine wichtige Rolle. Andere Motive wie die Unabhängigkeit von anderen Verkehrsmitteln ($N = 270$, $M = 4,41$, $SD = 2,40$) und der Wunsch Geld zu sparen ($N = 271$,

$M = 3,34$, $SD = 2,13$) rangieren im Mittelfeld. Das Bereitstellen des Pedelecs durch den Arbeitgeber ($N = 271$, $M = 1,09$, $SD = 0,67$) und das Nichtvorhandensein eines Autos ($N = 269$, $M = 1,59$, $SD = 1,66$) spielen im Teilnehmerfeld dagegen so gut wie keine Rolle.

Was sind Ihre Gründe für das Fahren mit einem Elektrofahrrad? Bitte geben Sie jeweils an, wie sehr die Aussagen auf Sie zutreffen. Ich fahre mit dem Elektrofahrrad / Pedelec,...

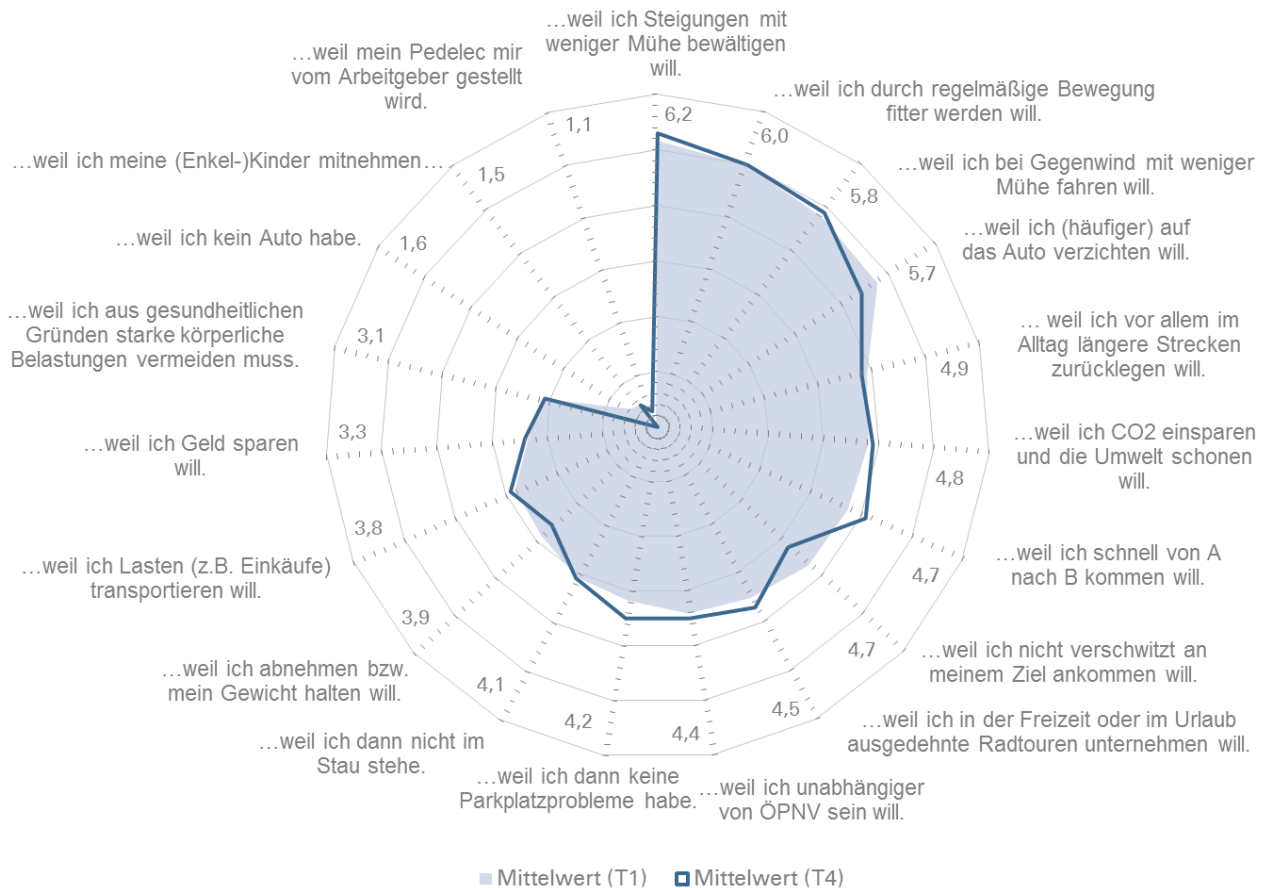


Abbildung 42: Nutzungsgründe für das Pedelec in T1 und T4 (Mittelwerte)

Die blaue Linie in Abbildung 42 veranschaulicht, dass sich im Vergleich zum ersten Befragungszeitpunkt kaum Veränderungen ergeben haben. Auch hier finden bei den Nutzungsgründen das mühelose Bewältigen von Steigungen ($N = 149$, $M = 6,26$, $SD = 1,22$), fitter werden bzw. fit bleiben durch regelmäßige Bewegung ($N = 141$, $M = 5,97$, $SD = 1,37$) und mit weniger Mühe fahren bei Gegenwind ($N = 141$, $M = 5,91$, $SD = 1,47$) im Durchschnitt die größte Zustimmung. Im Vergleich zum Querschnitt der ersten Befragung zeigt sich, dass einzelne Motive wie z. B. das

schnelle von A nach B kommen ($N = 139, M = 5,07, SD = 2,08$) an Relevanz gewinnen und andere wie der Autoverzicht ($N = 140, M = 5,42, SD = 2,03$) tendenziell an Bedeutung verlieren.

Der Vergleich der Nutzungsgründe im Längsschnitt zeigt, dass diese über den Beobachtungszeitraum relativ robust sind. Wichtigste Nutzungsgründe sind auch hier das mühelose Fahren bei Steigungen und Gegenwind sowie das fitter werden bzw. fit bleiben durch die regelmäßige Bewegung mit dem Pedelec. Das zügige von A nach B kommen mit dem Pedelec, der häufigere Autoverzicht, das CO₂-Einsparen und die Umwelt schonen sowie das Zurücklegen von längeren Strecken haben ebenfalls einen hohen Stellenwert. Während die Zustimmung zur Aussage „...weil ich (häufiger) auf das Auto verzichten will“ ($z = -3,07, p = .002$) zum vierten Messzeitpunkt signifikant geringer ausfällt, findet die Aussage „...weil ich schnell von A nach B kommen will“ ($z = 2,96, p = .003$) eine deutlich größere Zustimmung (s. Tabelle 14).

Tabelle 14: Vergleich der Mittelwertsunterschiede der Nutzungsgründe im Längsschnitt

	<i>Wilcoxon-Test</i>					
	<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
...weil ich (häufiger) auf das Auto verzichten will.	T1	81	5.83	1.85	3.07	.002**
	T4	81	5.14	2.18		
...weil ich schnell von A nach B kommen will.	T1	80	4.43	2.11	2.96	.003**
	T4	80	5.20	1.96		
...weil ich Geld sparen will.	T1	78	3.37	2.10	1.56	.114
	T4	78	3.72	2.34		
...weil ich dann keine Parkplatzprobleme habe.	T1	77	4.25	2.35	1.56	.120
	T4	77	4.64	2.45		
...weil ich bei Gegenwind mit weniger Mühe fahren will.	T1	84	5.75	1.76	1.45	.146
	T4	84	6.01	1.38		
...weil ich dann nicht im Stau stehe.	T1	77	3.90	2.47	1.21	.227
	T4	77	4.22	2.55		
...weil ich Lasten (z. B. Einkäufe) transportieren will.	T1	80	4.16	1.69	-1.20	.228
	T4	80	3.85	1.49		

	<i>Wilcoxon-Test</i>					
	<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
...weil ich unabhängiger von öffentlichen Verkehrsmitteln sein will.	T1	78	4.38	2.31	1.03	.305
	T4	78	4.65	2.34		
...weil ich vor allem im Alltag längere Strecken zurücklegen will.	T1	81	5.00	2.12	-.99	.322
	T4	81	4.77	2.19		
...weil ich aus gesundheitlichen Gründen starke körperliche Belastungen vermeiden muss.	T1	83	3.53	1.99	-.98	.325
	T4	83	3.36	1.96		
...weil ich meine (Enkel-)Kinder mitnehmen will.	T1	76	1.45	1.31	.56	.575
	T4	76	1.54	1.56		
...weil ich CO ₂ einsparen und die Umwelt schonen will.	T1	83	4.92	2.06	-.50	.614
	T4	83	4.87	2.08		
...weil ich Steigungen mit weniger Mühe bewältigen will.	T1	84	6.38	.99	.33	.739
	T4	84	6.37	1.20		
...weil mein Pedelec mir vom Arbeitgeber gestellt wird.	T1	79	1.10	.71	-.27	.785
	T4	79	1.08	.68		
...weil ich kein Auto habe.	T1	78	1.87	2.00	.25	.801
	T4	78	1.92	2.06		
...weil ich abnehmen bzw. mein Gewicht halten will.	T1	82	3.54	2.22	-.21	.834
	T4	82	3.50	2.26		
... weil ich durch regelmäßige Bewegung fitter werden bzw. fit bleiben will..	T1	81	5.91	1.65	.20	.841
	T4	81	5.90	1.49		
...weil ich in der Freizeit oder im Urlaub ausgedehnte Radtouren unternehmen will.	T1	82	4.61	2.33	-.15	.883
	T4	82	4.65	2.40		
...weil ich nicht verschwitzt an meinem Ziel (z. B. im Büro) ankommen will.	T1	81	4.20	2.51	-.06	.950
	T4	81	4.22	2.48		

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Die geschlechtsspezifische Analyse im Längsschnitt zeigt, dass der Autoverzicht als Nutzungsmotiv nur bei den Männern ($z = -2,76$, $p = .006$) signifikant an Bedeutung verliert, während das

zügige von A nach B kommen bei den Frauen ($z = 2,39, p = .017$) an Relevanz gewinnt (s. Anhang C3).

Während der Autoverzicht bei den 65-Jährigen und Älteren ($z = -1,51, p = .006$) als Nutzungsgrund abnimmt, gewinnt das schnelle von A nach B kommen sowohl bei den 45 bis 65-Jährigen ($z = 2,29, p = .022$) als auch bei den 65-Jährigen und Älteren ($z = 2,42, p = .016$) an Bedeutung. Überdies zeigt sich, dass in der Gruppe der 45- bis 65-Jährigen der geringe Aufwand beim Fahren mit dem Pedelec bei Gegenwind ($z = 1,97, p = .049$) und die Unabhängigkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln ($z = 1,96, p = .050$) beim vierten Messzeitpunkt signifikant größere Zustimmung erfährt als beim ersten Messzeitpunkt (s. Anhang C4). Darüber hinaus belegen die Ergebnisse, dass das schnelle von A nach B kommen bei den Alltagsnutzern als Grund für die Nutzung signifikant zunimmt ($z = 2,83, p = .005$) und bei den Pendlern der Autoverzicht als Motiv abnimmt ($z = -2,18, p = .003$).

3.4.1.2. Kauf- und Nutzungskriterien

Um mögliche Veränderungen bezüglich der Kauf- bzw. Nutzungskriterien darstellen zu können, wurde im Rahmen der ersten und der letzten Befragungsrunde ebenfalls eine Itembattery implementiert, in der auf die Frage „Wie wichtig waren die folgenden Kriterien für Ihren Pedelec-Kauf?“ (T1) bzw. „Wie wichtig sind Ihnen nach Ihren bisherigen Erfahrungen die folgenden Kriterien für die Pedelec-Nutzung im Alltag?“ (T4) eine Einschätzung der Wichtigkeit vorgenommen werden sollte⁷³.

Die nachfolgende Abbildung 43 zeigt, dass beim ersten Befragungszeitpunkt die Kaufkriterien weniger körperliche Anstrengung als mit dem herkömmlichen Fahrrad ($N = 279, M = 5,97, SD = 1,50$) und Fahrsicherheit ($N = 274, M = 5,86, SD = 1,53$), gefolgt von den Aspekten hoher Fahrkomfort ($N = 275, M = 5,70, SD = 1,46$), hohe Reichweite ($N = 271, M = 5,58, SD = 1,51$), einfache Handhabung ($N = 276, M = 5,30, SD = 1,68$) und Umweltfreundlichkeit ($N = 275, M = 5,07, SD = 1,91$) bei dem Kauf des Pedelecs als besonders wichtig erachtet werden. Die Kaufkriterien Diebstahlsicherheit ($N = 275, M = 4,62, SD = 1,95$), geringere Betriebskosten ($N = 274, M = 4,41, SD = 2,02$) und höhere Geschwindigkeit als mit dem herkömmlichen Fahrrad ($N = 274, M = 4,49, SD = 2,19$) haben vergleichsweise einen geringeren Stellenwert. Weitere Aspekte wie z. B. kurze Ladezeiten ($N = 272, M = 4,25, SD = 1,81$), geeignete Parkmöglichkeiten

⁷³ Auf einer Skala von 1 = gar nicht wichtig bis 7 = äußerst wichtig.

zu Hause ($N = 269, M = 4,01, SD = 2,33$), geringes Gewicht ($N = 269, M = 4,10, SD = 1,77$), Design des Pedelecs ($N = 271, M = 3,98, SD = 1,99$) und günstige Anschaffungskosten ($N = 274, M = 3,70, SD = 1,84$) erreichen im Durchschnitt noch geringere Werte.

Wie wichtig waren die folgenden Kriterien für Ihren Pedelec-Kauf? (T1)⁷⁴

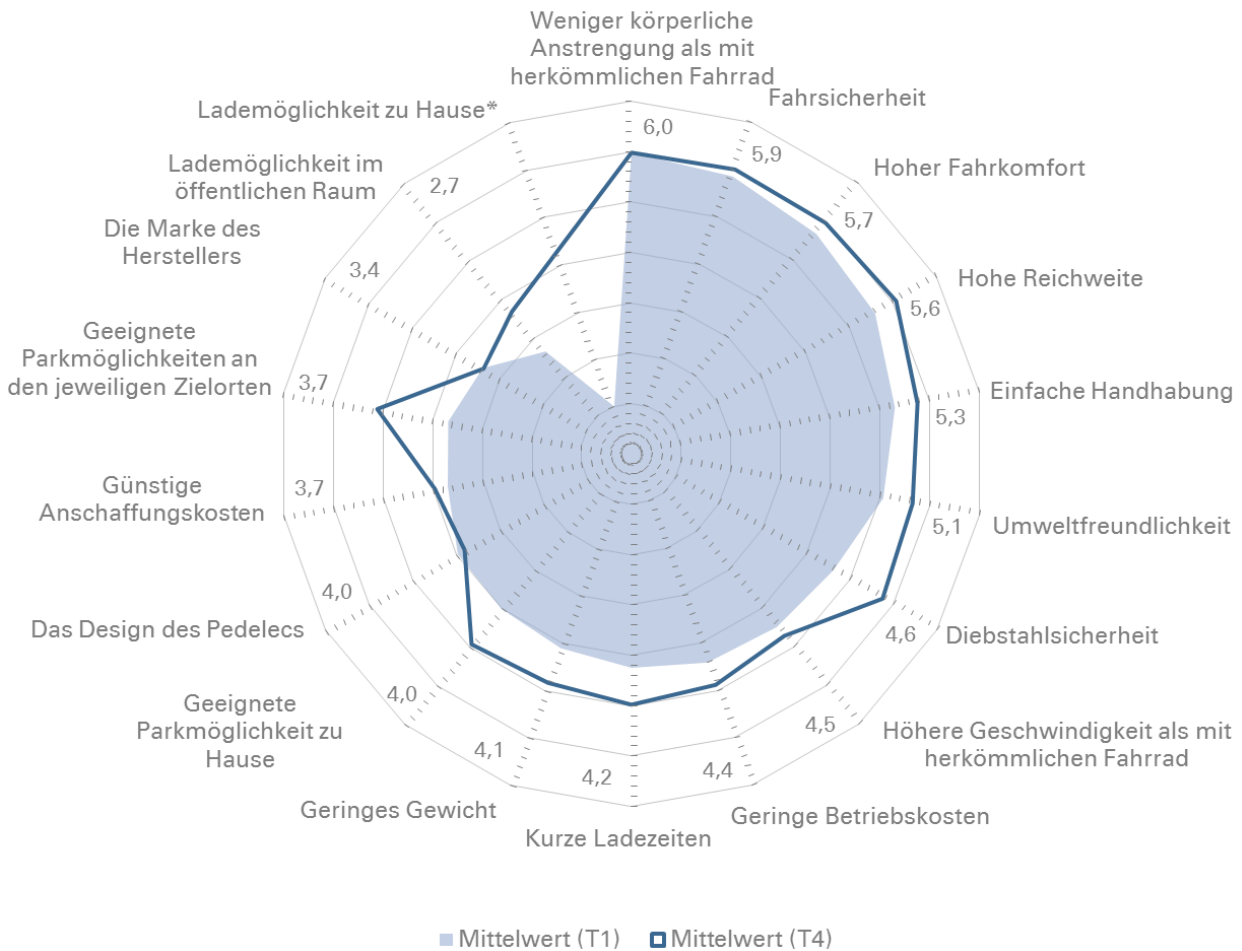


Abbildung 43: Kauf- und Nutzungskriterien (Mittelwerte) im T1- und T4-Querschnitt

Beim vierten Befragungszeitpunkt werden die Lademöglichkeiten zu Hause ($N = 142, M = 6,08, SD = 1,49$), die hohe Reichweite ($N = 142, M = 6,06, SD = 1,26$) und die Fahrsicherheit der Pedelecs ($N = 137, M = 6,01, SD = 1,51$) als besonders wichtige Kaufkriterien erachtet (s. Abbildung 43). Einen unwesentlich niedrigeren Stellenwert haben die Kriterien geringere An-

⁷⁴ 1 = gar nicht wichtig, 7 = äußerst wichtig. Die Fragestellung in T4 lautete: „Wie wichtig sind Ihnen nach Ihren bisherigen Erfahrungen die folgenden Kriterien für die Pedelec-Nutzung im Alltag?“ Das mit *gekennzeichnete Item „Lademöglichkeit zu Hause“ wurde nur innerhalb von T4 erhoben.

strenkung als mit dem herkömmlichen Fahrrad ($N = 142$, $M = 5,98$, $SD = 1,33$), einfache Handhabung ($N = 142$, $M = 5,76$, $SD = 1,46$), Diebstahlsicherheit ($N = 136$, $M = 5,75$, $SD = 1,59$) und Umweltfreundlichkeit ($N = 142$, $M = 5,66$, $SD = 1,62$). Hieran schließen die Merkmale geeignete Parkmöglichkeiten an den jeweiligen Zielorten ($N = 140$, $M = 5,12$, $SD = 2,21$) und zu Hause ($N = 140$, $M = 4,94$, $SD = 2,30$) an. Der Vergleich beider Befragungszeitpunkte zeigt, dass zum vierten Messzeitpunkt im Querschnitt die Parkmöglichkeiten an den jeweiligen Zielorten ($N = 140$, $M = 5,12$, $SD = 2,02$), die Parkmöglichkeiten zu Hause ($N = 140$, $M = 4,94$, $SD = 2,30$) sowie die Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum ($N = 141$, $M = 3,69$, $SD = 2,13$) an Bedeutung dazu gewinnen. Dies gilt in einem etwas geringeren Umfang ebenfalls für die Kaufkriterien Diebstahlsicherheit ($N = 136$, $M = 5,75$, $SD = 1,59$), geringes Gewicht ($N = 141$, $M = 4,84$, $SD = 1,80$), kurze Ladezeiten ($N = 141$, $M = 4,98$, $SD = 1,73$) sowie hohe Reichweite der Pedelecs ($N = 143$, $M = 6,06$, $SD = 1,26$).

Die geschlechtsspezifische Analyse zeigt, dass beim ersten Befragungszeitpunkt die einfache Handhabung des Pedelecs Frauen signifikant wichtiger ist als Männern⁷⁵. Dem hohen Fahrkomfort schreiben Frauen ebenfalls eine größere Bedeutung zu. Dies gilt für Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum⁷⁶ ebenso wie für die weniger körperliche Anstrengung als mit dem herkömmlichen Fahrrad⁷⁷. Indessen berichten Männer, dass ihnen die höhere Geschwindigkeit gegenüber dem herkömmlichen Fahrrad wichtiger ist⁷⁸. Beim vierten Messzeitpunkt zeigt sich, dass Frauen Diebstahlsicherheit⁷⁹ und geeignete Parkmöglichkeiten⁸⁰ zu Hause wichtiger sind, während Männer der geringeren körperlichen Anstrengung als mit dem herkömmlichen Fahrrad⁸¹ eine größere Bedeutung beimessen.

Der Vergleich einzelner Kauf- / Nutzungskriterien im Längsschnitt untereinander zeigt, dass vor allem die hohe Reichweite, die Fahrsicherheit, die geringere Anstrengung gegenüber dem herkömmlichen Rad und der hohe Fahrkomfort wichtige Faktoren sind. Daneben spielen die einfache Handhabung, die Diebstahlsicherheit, die Umweltfreundlichkeit und die

⁷⁵ Frauen: $N = 81$, $M = 5,53$, $SD = 1,75$; Männer: $N = 190$, $M = 5,23$, $SD = 1,62$; $U = 6,55$, $z = -2,00$, $p = .045$.

⁷⁶ Frauen: $N = 82$, $M = 6,04$, $SD = 1,56$; Männer: $N = 188$, $M = 5,57$, $SD = 1,56$; $U = 6,18$, $z = -2,72$, $p = .007$.

⁷⁷ Frauen: $N = 82$, $M = 6,40$, $SD = 1,22$; Männer: $N = 192$, $M = 5,80$, $SD = 1,60$, $U = 5,84$, $z = -3,75$, $p = .000$.

⁷⁸ Frauen: $N = 81$, $M = 3,96$, $SD = 2,29$; Männer: $N = 188$, $M = 4,71$, $SD = 2,12$, $U = 9,00$, $z = 2,41$, $p = .016$.

⁷⁹ Frauen: $N = 42$, $M = 6,36$, $SD = 0,96$; Männer: $N = 78$, $M = 5,62$, $SD = 1,57$; $U = 1,22$, $z = -2,48$, $p = .013$.

⁸⁰ Frauen: $N = 45$, $M = 5,78$, $SD = 1,86$; Männer: $N = 79$, $M = 4,61$, $SD = 2,38$; $U = 1,29$, $z = -2,64$, $p = .008$.

⁸¹ Frauen: $N = 45$, $M = 4,38$, $SD = 2,23$; Männer: $N = 80$, $M = 4,89$, $SD = 2,20$; $U = 1,43$, $z = -2,13$, $p = .033$.

Parkmöglichkeiten eine wichtige Rolle. Im Vergleich hierzu haben z. B. das Design des Pedelects und die Marke des Herstellers eher eine untergeordnete Bedeutung. Der Vergleich einzelner Kaufkriterien im Längsschnitt zeigt (s. Tabelle 15), dass insgesamt zwölf Aspekte an Relevanz gewinnen. Mit Blick auf die Infrastrukturanforderungen belegen die Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben, dass von den Nutzern geeignete Parkmöglichkeiten an den jeweiligen Zielorten sowie Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum zum vierten Messzeitpunkt als deutlich wichtiger angesehen werden als beim ersten Messzeitpunkt. Weitere Kaufkriterien, die an Stellenwert dazugewinnen, sind neben der Diebstahlsicherheit, kurze Ladezeiten, geringes Gewicht und geeignete Parkmöglichkeiten zu Hause. Ebenso gewinnen Umweltfreundlichkeit, hohe Reichweite, einfache Handhabung, geringe Betriebskosten, höhere Geschwindigkeit als bei herkömmlichen Fahrrädern wie auch hoher Fahrkomfort an Bedeutung.

Tabelle 15: Mittelwertsunterschiede der Kauf- / Nutzungskriterien im Längsschnitt

	<i>Wilcoxon-Test</i>					
	<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
<i>Geeignete Parkmöglichkeiten an den jeweiligen Zielorten</i>	T1	80	3.58	1.99	5.67	.000***
	T4	80	5.26	1.96		
<i>Diebstahlsicherheit</i>	T1	77	4.81	1.95	4.59	.000***
	T4	77	5.88	1.40		
<i>Kurze Ladezeiten</i>	T1	81	4.33	1.78	4.08	.000***
	T4	81	5.21	1.69		
<i>Lademöglichkeit im öffentlichen Raum</i>	T1	81	2.72	1.87	3.59	.000***
	T4	81	3.67	2.09		
<i>Geringes Gewicht</i>	T1	78	4.09	1.81	3.38	.001**
	T4	78	4.86	1.73		
<i>Geeignete Parkmöglichkeiten zu Hause</i>	T1	80	4.16	2.38	3.18	.001**
	T4	80	5.18	2.24		
<i>Umweltfreundlichkeit</i>	T1	81	5.25	1.69	2.63	.009**
	T4	81	5.74	1.49		

	<i>Wilcoxon-Test</i>					
	<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
<i>Einfache Handhabung</i>	T1	83	5.42	1.68	2.48	.013*
	T4	83	5.80	1.49		
<i>Hohe Reichweite</i>	T1	80	5.63	1.51	2.46	.014*
	T4	80	6.11	1.26		
<i>Geringe Betriebskosten</i>	T1	81	4.62	1.84	2.00	.045*
	T4	81	4.98	1.90		
<i>Höhere Geschwindigkeit als herkömmliche Fahrräder</i>	T1	80	4.10	2.28	1.98	.048*
	T4	80	4.56	2.25		
<i>Hoher Fahrkomfort</i>	T1	82	5.72	1.49	1.97	.049*
	T4	82	6.04	1.17		
<i>Günstige Anschaffungskosten</i>	T1	82	3.94	1.79	1.18	.238
	T4	82	4.17	1.73		
<i>Fahrsicherheit</i>	T1	80	6.05	1.38	.55	.579
	T4	80	6.09	1.48		
<i>Design des Pedelecs</i>	T1	80	3.56	1.83	.32	.750
	T4	80	3.63	1.67		
<i>Weniger Anstrengung als mit herkömmlichen Rad</i>	T1	83	6.13	1.43	-.24	.811
	T4	83	6.08	1.18		
<i>Die Marke des Herstellers</i>	T1	82	3.22	2.06	.02	.981
	T4	82	3.24	2.05		

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Die geschlechtsspezifischen Vergleiche zeigen, dass nur von den Frauen die Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum ($z = 3,41$, $p = .001$), geringe Betriebskosten ($z = 3,14$, $p = .002$), hohe Reichweite ($z = 2,71$, $p = .007$), die Parkmöglichkeiten zu Hause ($z = 2,48$, $p = .013$) und die einfache Handhabung ($z = 2,40$, $p = .019$) zum vierten Messzeitpunkt als wichtiger angesehen werden (s. Anhang C1). Ferner zeigt sich im Längsschnitt, dass nur bei den 45- bis 65-Jährigen die Diebstahlsicherheit ($z = 4,40$, $p = .000$), geeignete Parkmöglichkeiten zu Hause ($z = 3,73$, $p = .000$), Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum ($z = 3,56$, $p = .000$), geringe Betriebskosten ($z =$

2,84, $p = .005$), einfache Handhabung ($z = 2,53$, $p = .012$), hoher Fahrkomfort ($z = 2,23$, $p = .026$) und hohe Reichweite ($z = 2,11$, $p = .035$) als Kaufkriterien an Wichtigkeit dazugewinnen. Nur bei den 65-Jährigen und Älteren sind es indessen die höhere Geschwindigkeit als bei herkömmlichen Fahrräder ($z = 2,32$, $p = .020$), Umweltfreundlichkeit ($z = 2,06$, $p = .040$) und die Marke des Herstellers ($z = 1,98$, $p = .048$).

3.4.1.3. Bewertung der Alltagstauglichkeit des Pedelects im Projektverlauf

Auf einer Schulnotenskala von eins bis sechs wurden die Teilnehmenden gebeten, die Alltagstauglichkeit ihres Pedelects zu bewerten. Die Notengebung wurde jeweils zu Beginn und am Ende des Projekts erhoben. Bei den Feldteilnehmern wurde die Abfrage in die Interviews integriert. In den Gesprächen wurden häufig auch Zwischennoten verbalisiert, die bei der Dateneingabe entsprechend berücksichtigt wurden (z. B. „zwischen eins und zwei“ als 1,5). Die Online-Teilnehmer haben diese Zwischenabstufung nicht vornehmen können.

Mittelwerte von 1,6 sowohl bei T1 (*Median* = 1,5, *SD* = 0,71, *N* = 350) als auch bei T4 (*Median* = 1,5, *SD* = 0,71, *N* = 198) zeigen eine insgesamt positive Einschätzung der Alltagstauglichkeit. Noten schlechter als 3 wurden in T1 nur von sechs und in T4 von fünf Teilnehmenden vergeben. In deutlich mehr als der Hälfte der Fälle (58 %, *N* = 148) zeigt sich keinerlei Veränderung in der Bewertung der Alltagstauglichkeit im Projektverlauf. Bei 19 % ergibt sich eine Verschlechterung – in den meisten Fällen um eine halbe bis eine Notenstufe. Etwas häufiger (23 %) ist eine Verbesserung der Bewertung.

Unterschiede in der Bewertung durch Nutzergruppen werden statistisch nicht signifikant. Es lässt sich jedoch eine leichte Tendenz dahingehend beobachten, dass Pendler in der ersten Befragung die Alltagstauglichkeit besser bewerten (*Median* = 1,0, *SD* = 0,71, *N* = 162) als Alltags- (*Median* = 1,8, *SD* = 0,74, *N* = 118) und Freizeitnutzer (*Median* = 2,0, *SD* = 0,64, *N* = 57). Eine auch statistisch signifikante Veränderung ergibt sich in der abschließenden Bewertung ($F(2, 144) = 3,36$, $p = .038$). Pendler korrigieren in der letzten Befragung die positive Bewertung leicht nach unten (*Median* = 1,5, *SD* = 0,74, *N* = 91). Alltags- (*Median* = 1,5, *SD* = 0,72, *N* = 71) und minimal auch Freizeitnutzer (*Median* = 2,0, *SD* = 0,63, *N* = 35⁸²) bewerten die Alltagstauglichkeit in der letzten Befragung im Schnitt etwas besser.

⁸² Bei den Freizeitnutzern zeigt sich die positivere Bewertung im Mittelwertvergleich sowie in der Betrachtung der Notendifferenz im Längsschnitt. In T1 betrug der Mittelwert 1,7 und in T4 1,64. Die durchschnittliche

Abzüge bezüglich der Alltagstauglichkeit wurden häufig auf das vergleichsweise hohe Eigengewicht der Pedelecs zurückgeführt, das das Handling im Alltag erschwert. Wenn als mentale Referenzkategorie der Pkw herangezogen wurde, wurden zum Teil auch die mangelnden Zulademöglichkeiten des Pedelecs und die längere Zeitdauer zum Erreichen der Ziele negativ bewertet sowie der mangelnde Schutz gegenüber Witterungseinflüssen. Gleichzeitig werden das Wegfallen von Parkplatzgebühren und die insgesamt niedrigeren Kosten gegenüber der Pkw-Nutzung als positiv bewertet. Abzüge in der Note wurden auch auf schwieriges Batteriehandling, Verschleiß und nachlassende Akkuleistung bzw. allgemeine technische Probleme zurückgeführt. Auch die Tatsache, dass während des Projektverlaufs Pedelecs mit einer besseren technischen Ausstattung verfügbar geworden waren, führte bei einigen Teilnehmern zu einer schlechteren Bewertung des eigenen Pedelecs. Bei S-Pedelec-Fahrern floss die derzeitige Gesetzeslage negativ in die Bewertung ein.

Zuverlässigkeit, Flexibilität, Planbarkeit, stärkere Unabhängigkeit von Witterung, Steigungen und eigener körperlicher Tagesform flossen in der Regel positiv in die Bewertung ein. In einigen Fällen wurde explizit auch die Verbesserung der Gesundheit als Kriterium für eine gute Note genannt.

Anhand der Interviewaussagen der Feldteilnehmer lassen sich exemplarisch einige Begründungen für die jeweilige Notenvergabe darstellen. Nutzertypenabhängig genannte positive Einflüsse auf die Notenvergabe in T4 konnten bei Alltagsnutzern identifiziert werden. Sie benennen Zuverlässigkeit und Sicherheit im Sinne der Berechenbarkeit von Fahrzeiten und der Sicherheit stets unterstützt nach Hause zu kommen. Noch stärker heben sich die Alltagsnutzer von den anderen Nutzertypen in der relativen Häufigkeit ab, mit der die Unterstützung im Allgemeinen als Grund für die Notenverbesserung angesprochen wird:

*„Also ja, durchweg eine eins. [...]. Es hat sich in allen Bereichen gezeigt, dass es einen großen Vorteil für alle Menschen und für ältere Menschen sowieso macht, also mit einer Unterstützung zu fahren. Man kann das ja sehr variieren, man muss ja nicht die höchste Stufe benutzen, dann kann es sehr schnell werden, dann kann es also so um 30 km/h ganz schnell erreichen. Das muss man ja nicht haben. Aber so eine leichte Unterstützung bei Gegenwind und wenn da ein Berg kommt, das ist schon sehr angenehm.“
(Interviewäußerung Feldteilnehmer)*

Notendifferenz betrug bei $N = 25$ 0,32 Notenpunkte ($SD = 0,70$). Bei Alltagsnutzern ($N = 63$) betrug die durchschnittliche Notendifferenz im Längsschnitt 0,03 ($SD = 0,81$), bei Pendlern ($N = 59$) -0,14 ($SD = 0,71$).

Unter den Punkten, die negativ in die Bewertung der Alltagstauglichkeit eingeflossen sind, ist die als fehlend wahrgenommene Transportmöglichkeit ein Aspekt, der von Pendlern und weniger von den anderen Nutzertypen angesprochen wurde:

„...also das Einzige ist natürlich, wenn man größere Mengen einkauft, dann ist man mit dem Fahrrad halt begrenzt. Ich habe zwar noch einen Hundeanhänger, den ich dann manchmal missbrauche, aber für größere Einkäufe, da benutze ich dann natürlich das Auto.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

„Ja, es gibt halt Einschränkungen. Also Transport ist eben ein Thema. Wenn ich jetzt zum Beispiel eine Dienstreise mache und Sachen mitnehmen muss nach Hause, um sie dann eben auf die Reise mitzunehmen, dann ist das unter Umständen schon problematisch, dann muss man eben doch mit dem Auto fahren.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Das Gewicht des Pedelects als negativer Aspekt im Hinblick auf die Notenvergabe in T4 wurde vor allem von Freizeitnutzern genannt:

„Dass die Note nicht auf 1 kommt liegt daran, dass [...] das Pedelec für manche Handhabungen einfach zu schwer ist. Durch den Akku und auch den Rahmen ist es natürlich deutlich schwerer als ein Fahrrad und wenn man das nur mal ein bisschen umparken muss oder so dann ist es, ja, ein bisschen umständlich. Durch das Gewicht.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Scheinbar haben Alltagsnutzer weniger Schwierigkeiten mit den negativ konnotierten Aspekten der Pedelec-Nutzung im Vergleich zu einem konventionellen Fahrrad. Diese Überlegung beruht darauf, dass nur für Pendler und Freizeitnutzer Aspekte identifiziert werden konnten, die speziell von einem Nutzertyp als problematisch gesehen werden. Zumindest im Vergleich zu Freizeitnutzern ist allerdings noch unklar, ob Alltagsnutzer wohlmöglich mit vielen verschiedenen Aspekten Probleme haben, während Freizeitnutzer nur punktuell, aber dabei unter den Nutzern besonders weit verbreitete Schwierigkeiten haben. Ein Hintergrund könnte sein, dass Alltagsnutzer sich besser an die negativen Aspekte des Pedelects gewöhnen und ihre Gewohnheiten daran anpassen.

3.4.1.4. Einstellung gegenüber dem eigenen Pedelec im Projektverlauf

In den vorangegangenen Abschnitten wurde die Stabilität von Einstellungen in Bezug auf die Pedelec-Nutzung behandelt. In der abschließenden Befragungsrunde wurde erhoben, ob Teilnehmer das gleiche Pedelec noch einmal erwerben würden. Eine hohe Zustimmung könnte als Hinweis gedeutet werden, dass Kritik und Einstellungsveränderungen nicht auf Ausstattungsmerkmale des jeweiligen Pedelects, sondern vielmehr auf Nutzungsaspekte

zurückzuführen sind, die nicht in direktem Zusammenhang mit Art und Beschaffenheit des genutzten Pedelecs stehen. 70 % ($N = 143$) würden das gleiche Pedelec wieder kaufen, 9 % würden das gleiche Pedelec nicht wieder kaufen. 21 % würden es vielleicht wieder kaufen. Nur bei einem vergleichsweise geringen Anteil der Teilnehmenden kommt damit eine deutliche Unzufriedenheit mit dem genutzten Pedelec zum Ausdruck. Nutzergruppenspezifische Unterschiede werden statistisch nicht signifikant. Abbildung 44 zeigt jedoch, dass der Anteil der über 65-Jährigen, der unter 45-Jährigen sowie der Alltags- und Freizeitnutzer, die sich nicht noch einmal das gleiche Pedelec kaufen würden, über dem Gesamtdurchschnitt liegen.

Würden Sie sich das gleiche Pedelec wieder kaufen? Nein. (T4)

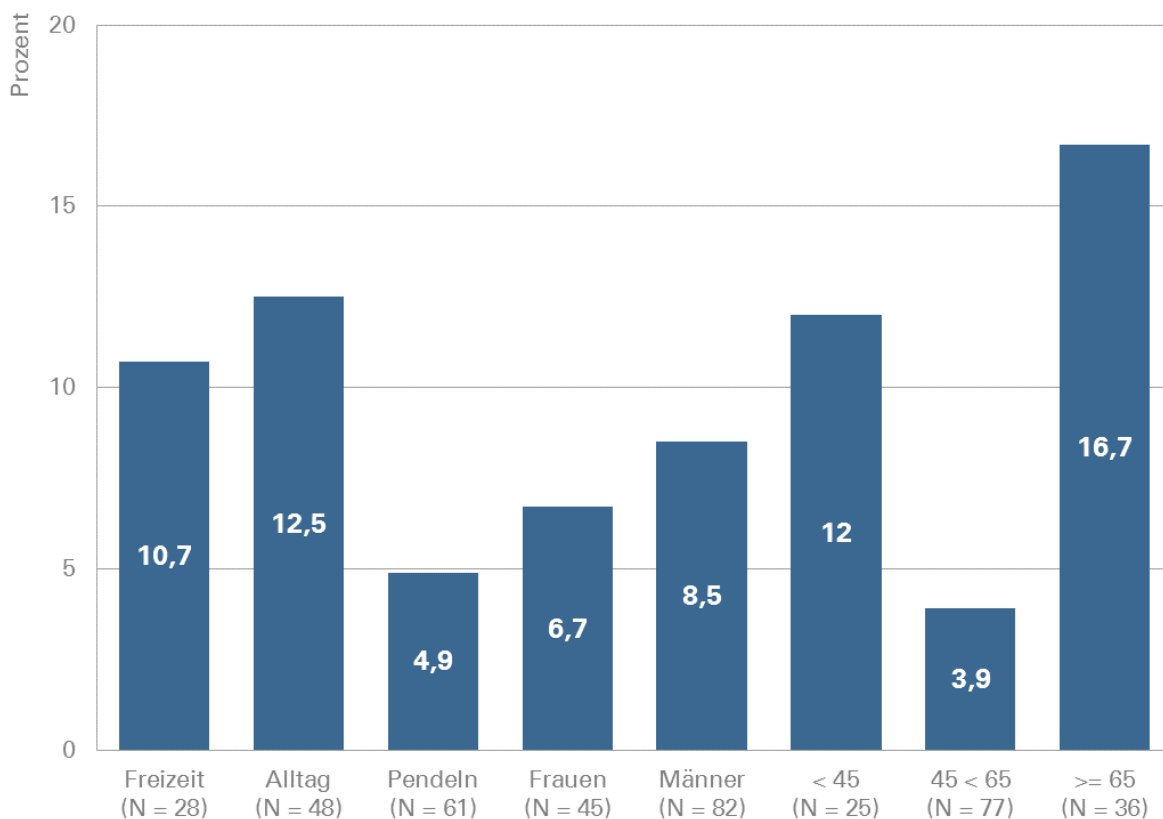


Abbildung 44: Nutzergruppenspezifischer Anteil der Teilnehmenden, die sich das gleiche Pedelec nicht wieder kaufen würden

In den Interviews mit den Feldteilnehmern wurde über alle Nutzertypen hinweg ebenfalls überwiegend mit „ja“ oder zumindest „eher ja“ geantwortet. Vor allem Freizeitnutzer antworteten, im Vergleich zu Pendlern und Alltagsnutzern, häufig mit einem klaren „ja“.

Allerdings wird teilweise ergänzt, dass technische Updates dazu führen könnten neuere Versionen der Pedelects zu wählen:

„Es gibt jetzt die neuen Pedelect mit der sogenannten Nuvinci-Schaltung, das hat meine Frau und das ist nochmal eine Stufe höher. Aber ich habe jetzt das und ich fahre das und ich komme mit dem 100 Prozentig zurecht [...]. Wenn es etwas Besseres gibt oder gäbe, würde ich vermutlich das nehmen, aber auf der anderen Seite [...] wäre das auch vollkommen ausreichend. Und es gibt ja stärkere Akkus, da kann man ja bis zu 100 Kilometer heute mit fahren. Kein Problem.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Feldteilnehmer, die mit „nein“ oder „eher nein“ geantwortet haben, gab es in erster Linie unter den Pendlern und in geringerer relativer Häufigkeit auch unter den Alltagsnutzern. Häufig erwähnte Gründe dafür sind in der Aussage eines Pendlers zusammengefasst:

„Da bin ich nicht sicher. Zumal sich ja einiges getan hat auf dem Markt. [...] Wenn der Markt wäre wie damals, so müsste man die Frage ja wahrscheinlich sehen, also das Angebot, würde ich trotzdem nochmal gucken. Also was bei diesem Fahrrad negativ ist, das ist einmal, da habe ich zwar einen neuen Motor bekommen auf Garantie aber immerhin, das ist natürlich ärgerlich und der Akku ist sehr speziell. Das ist das Boschsystem und der ist nicht so ohne weiteres gegen irgendeinen anderen Akku austauschbar, weil er eine ziemlich aufwendige Elektronik da drin hat.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Auch die interviewten Feldteilnehmer würden mehrheitlich über alle Nutzergruppen hinweg die Kaufentscheidung im Hinblick auf das Pedelect wieder oder zumindest eher so treffen wie zuvor. Allerdings gibt es auch andere Stimmen, gerade unter den Pendlern und teilweise auch unter den Alltagsnutzern. Als Gründe für alternative Kaufentscheidungen haben sich technische Weiterentwicklungen der Pedelects und (technische) Probleme mit dem aktuellen Pedelect herauskristallisiert.

3.4.2. Einfluss von Einstellungen auf ökobilanziell relevantes Verhalten

3.4.2.1. Umweltbewusstsein

Umweltfreundlichkeit wird sowohl im Zusammenhang mit Kaufkriterien als auch mit Nutzungsmotiven von vielen Teilnehmern genannt. Auch in anderen Studien erfährt dieser Punkt hohe Zustimmung (vgl. Preißner u. a., 2013, S. 52). Um mögliche weitere Indizien für die Bedeutung dieses Motivs zu finden bzw. um Anhaltspunkte dafür zu bekommen, inwieweit es sich hierbei lediglich um ein Antwortverhalten im Sinne der sozialen Erwünschtheit handelt, wurden in der zweiten Befragungsrunde Fragen zum im Haushalt genutzten Stromtarif und zum Strombezug durch hauseigene Photovoltaikanlagen gestellt. Sollte das Motiv

Umweltfreundlichkeit sich auch auf alltägliche Verhaltensweisen niederschlagen, so sollte der vergleichsweise niederschwellige Wechsel des Stromtarifs bei den Befragten mindestens ebenso häufig wie in der deutschen Gesamtbevölkerung stattgefunden haben. Gleiches gilt für die Stromgewinnung durch Photovoltaikanlagen.

Tatsächlich gaben knapp 40 % der Befragten an ($N = 242$), einen sogenannten „grünen“ oder „ökologischen“ Stromtarif in ihrem Haushalt zu nutzen. Damit liegt der Anteil annähernd doppelt so hoch wie in der gesamtdeutschen Bevölkerung im Jahr 2013 mit 22 % (E WIE EINFACH & TNS Emnid, 2013), aber auch noch deutlich unterhalb der 58 % Ökostrombezieher, die bei der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung im Rhein-Main-Gebiet ausgemacht wurden (Schäfer & Schmidt, 2011c, S. 57). 25 % der Pedelection-Teilnehmer gaben an, einen preisgünstigen und 34 % einen Standardtarif zu nutzen.

10 % gaben darüber hinaus an, Strom von einer hauseigenen Photovoltaikanlage zu beziehen. Zwei der sonstigen Nennungen entfielen auf die Beteiligung an einer Bürger-Solargenossenschaft und eine auf die Nutzung einer Mini-Anlage speziell zum Aufladen des Pedelects. Sechs weitere Teilnehmer (2,5 %) besitzen zwar eine Photovoltaikanlage, speisen den Strom aber vollständig in das Stromnetz ein. Damit liegt der Anteil der Haushalte mit eigenproduziertem Strom in dieser Stichprobe ebenfalls etwas höher als der der gesamtdeutschen Haushalte mit eigenproduziertem Strom (8 %) (E WIE EINFACH & TNS Emnid, 2013) und die rund 7 % deutscher Haushalte, die 2011 eine Photovoltaikanlage oder Anteile an einer solchen besaßen (TNS Infratest, 2011).

Damit deutet sich an, dass Umweltfreundlichkeit bzw. ein ökologisches Bewusstsein durchaus als eigenständiges Kauf- und Nutzungsmotiv wirkungsmächtig sein kann und offenbar nicht allein auf sozial erwünschtes Antwortverhalten zurückzuführen ist.

3.4.2.2. Regressionsanalysen zur Vorhersage von CO₂-Einsparung und Schonung der Umwelt

Welche Bedeutung hat das Motiv „Umweltfreundlichkeit“ auf die tatsächliche CO₂-Einsparung? Und welche weiteren Faktoren auf Einstellungsebene spielen dabei ebenfalls eine Rolle? Um diesen Fragen nachzugehen, wurden in einem statistischen Modell zunächst jene Einstellungen ermittelt, die den Nutzungsgrund „CO₂-Einsparung und die Umwelt schonen“ (vgl. Kapitel 3.4.1.1) am besten voraussagen. In einem weiteren Modell wurden die ermittelten

Einstellungen dann in Beziehung zu den im Rahmen des Projekts ermittelten tatsächlichen CO₂-Einsparungen gesetzt (vgl. Kapitel 3.8.1).

Für die Vorhersage des Nutzungsgrundes „CO₂-Einsparung und die Umwelt schonen“ wurden multiple Regressionsanalysen (vgl. Anhang B3) für den ersten und vierten Messzeitpunkt durchgeführt (s. Tabelle 16). Aufgrund der geringen Fallzahl bei dem Typ Freizeitnutzer ($N = 39$) wurde die Anzahl der Prädiktoren auf drei begrenzt. Für den vierten Messzeitpunkt wurden für die jeweiligen Nutzertypen aufgrund der Stichprobengröße keine Regressionsanalysen berechnet. Der Wunsch auf das Auto zu verzichten erweist sich in allen Modellen als ein bedeutsamer Prädiktor. Demnach zeigt sich, dass der Wunsch CO₂-Emissionen zu reduzieren und die Umwelt zu schonen durch die Nutzung des Pedelects umso höher ausfällt, je stärker der Wunsch ausgeprägt ist, auf das Auto verzichten zu wollen. Das Anliegen Geld zu sparen und unabhängig von anderen Verkehrsmitteln zu sein, kommt hingegen beim ersten Befragungszeitpunkt für die Vorhersage – je nach betrachteter Gruppe – eine unterschiedliche Bedeutung zu.

Im Gesamtmodell T1 zeigt sich, dass der Wunsch häufiger auf das Auto zu verzichten, gefolgt von dem Wunsch Geld zu sparen und unabhängig von anderen Verkehrsmitteln zu sein, der stärkste Prädiktor ist. Mit dem multiplen Regressionsmodell werden insgesamt 30 % der Varianz aufgeklärt. Bei den Freizeitnutzern erweist sich nur der Wunsch häufiger auf das Auto zu verzichten als bedeutsam. Dabei werden 51 % der Varianz aufgeklärt. Bei den Alltagsnutzern zeigt sich, dass die Absicht häufiger auf das Auto zu verzichten der stärkste Prädiktor ist, gefolgt von dem Wunsch unabhängig von anderen Verkehrsmitteln zu sein und Geld zu sparen. Mit diesem Modell können 32 % der Varianz aufgeklärt werden. Bei den Pendlern sind der Wunsch Geld zu sparen und die Absicht durch die Pedelect-Nutzung häufiger auf das Auto zu verzichten von gleicher Bedeutung. Mit diesem Modell werden 17 % der Varianz aufgeklärt. Der Wunsch auf das Auto zu verzichten ist beim vierten Messzeitpunkt im Gesamtmodell der stärkste Prädiktor. Dem Wunsch von anderen Verkehrsmitteln unabhängig zu sein kommt hier eine größere Bedeutung zu als der Intention Geld zu sparen. Insgesamt werden 34 % der Varianz aufgeklärt.

Tabelle 16: Regressionsanalysen zur Vorhersage von CO₂-Einsparung und Umwelt schonen

	Gesamt T1	Freizeit T1	Alltag T1	Pendeln T1	Gesamt T4
	N = 265	N = 39	N = 86	N = 128	N = 133
	F (3.264) = 37.99,	F (3.38) = 13.96,	F (3.85) = 14.29,	F (3.127) = 9.67,	F (3.132) = 23.90,
	p < .001	p < .001	p < .001	p < .001	p < .001
	β	β	β	β	β
<i>(Konstante)</i>					
...weil ich (häufiger) auf das Auto verzichten will.	.36***	.60***	.32**	.26**	.35***
...weil ich Geld sparen will.	.24***	.10	.24**	.27**	.16*
...weil ich unabhängig von anderen Verkehrsmitteln sein will.	.16***	.13	.27**	.06	.29***
Korrigiertes R ²	.30	.51	.32	.17	.34
Durbin-Watson-	1.98	1.64	2.16	2.12	2.07
Koeffizienten					

Anmerkung. *p < .05, ** p < .01, ***p < .001.

Für die Vorhersage der tatsächlichen CO₂-Einsparung wurde jener Prädiktor ausgewählt, der sich durchgängig in den bisherigen Modellen als statistisch bedeutsam erwies. Die nachfolgende Tabelle zeigt, dass auch die tatsächliche CO₂-Einsparung umso höher ausfällt, je stärker der Wunsch nach einem häufigeren Autoverzicht ausgeprägt ist. Bei dem ersten Messzeitpunkt lassen sich 11 % und bei dem vierten Messzeitpunkt 5 % der tatsächlichen CO₂-Einsparung alleine auf diesen Nutzungsgrund zurückführen (s. Tabelle 17).

Tabelle 17: Regressionsanalysen zur Vorhersage der tatsächlichen CO₂-Einsparung

	Gesamt T1	Gesamt T4
	N = 262	N = 135
	$F(1.261) = 30.52,$	$F(1.134) = 7.44,$
	$p < .001$	$p = .007$
	β	β
<i>(Konstante)</i>		
<i>...weil ich (häufiger) auf das Auto verzichten will.</i>	$-.32^{***}$	$-.23^{**}$
Korrigiertes R^2	.11	.05
Durbin-Watson-	1.99	2.05
Koeffizienten		

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

3.4.3. Änderungen der Nutzungsgewohnheiten des Pedelecs

[Ich] habe am Anfang meist die höchste Stufe benutzt. Heute nur noch, wenn ich beide Satteltaschen voller Einkäufe habe. Heute fahre ich oft ohne Unterstützung oder benutze die beiden niedrigsten Stufen. Ich bin Jahrzehnte kein Fahrrad gefahren, keine Kondition. Jetzt geht das viel besser. [...]" (Kommentar eines Online-Teilnehmers, T4)

Ändern sich Nutzungsgewohnheiten des Pedelecs im alltäglichen Gebrauch? Welche Veränderungen ergeben sich ggf. in Bezug auf das Abstellen und Parken, die Ladegewohnheiten, die Wahl der am häufigsten genutzten Unterstützungsstufe und bei der Nutzung weiterer Verkehrsmittel? Die Feldteilnehmer wurden zu diesen Punkten bei jedem Interview befragt. In die Online-Befragungen waren diese Fragen in die dritte und vierte Fahrwoche integriert. Bei gut einem Viertel der Antwortenden in der T3-Befragung ($N = 144$) hatten sich Änderungen in mindestens einem der abgefragten Punkte gegenüber der T2-Befragung ergeben⁸³. Am häufigsten wurden Veränderungen bei der Nutzung weiterer Verkehrsmittel angegeben (26 Nennungen), gefolgt von Veränderungen in der Wahl der am häufigsten genannten

⁸³ Der genaue Wortlaut der Frage war: „Hat sich seit der letzten Befragung bei den folgenden Punkten etwas in Ihrer Pedelec-Nutzung bzw. der Nutzung weiterer Verkehrsmittel verändert? Wenn Sie Ihr Pedelec aktuell nicht nutzen, denken Sie bitte an die Zeit zwischen der letzten Befragung und dem Zeitpunkt, an dem Sie Ihr Pedelec nicht mehr genutzt haben.“

Unterstützungsstufe (13 Nennungen) und Veränderungen in Bezug auf die Ladegewohnheiten (10 Nennungen).

Änderungen der Verkehrsmittelnutzung werden überwiegend jahreszeitbedingt begründet. Vermehrt wird von Antworteten der Pkw oder der ÖPNV anstelle des Pedelecs genutzt (vgl. Kapitel 3.4.3.2). Neben als zu niedrig empfundenen Temperaturen und Glätte wird auch der schlechte Zustand der üblicherweise genutzten Wege als Ausweichgrund genannt.

In Bezug auf die am häufigsten gewählte Unterstützungsstufe werden sowohl die Wahl einer niedrigeren (8 Nennungen) als auch die Wahl einer höheren Unterstützungsstufe (5 Nennungen) genannt. Eine Absenkung der Unterstützung wird von Teilnehmenden auf eine Verbesserung des Gesundheitszustands / der Kondition, als Reaktion auf nachlassende Akkuleistung und auf schlechtere Straßenbedingungen zurückgeführt. Eine Erhöhung wird u. a. begründet durch die notwendige wärmere Bekleidung in den Wintermonaten, nachlassende Fitness und Bequemlichkeit. Das Fahren ganz ohne Motorunterstützung spielt in diesem Befragungszeitraum keine Rolle.

Bei den Ladegewohnheiten wird überwiegend über eine häufigere Aufladung des Akkus berichtet. Aufgrund der Alterung des Akkus und Nachlassen der Leistung und durch kältebedingte Kapazitätsreduzierung laden drei Antwortende den Akku ein- bis zweimal täglich und drei Teilnehmer zwischen zwei- und viermal pro Woche. Drei Nennungen entfielen auf das Laden auch an anderen Orten, zwei davon auf das Laden am Arbeitsplatz und eine auf das Laden in warmen Innenräumen. Die Anschaffung eines weiteren Akkus wurde von einem Teilnehmer genannt.

Veränderungen in Bezug auf das Abstellen und Parken hatten sich nur bei drei Antwortenden ergeben. In allen Fällen wurde das Pedelec nur noch an möglichst sicheren Orten abgestellt. Eine Nennung entfiel dabei auf die vermehrte Nutzung von Fahrradstationen, die beiden anderen Antworten stellten ihr Pedelec nur noch in der Garage oder im Keller des Wohnhauses ab.

In der T4-Befragung gab wiederum etwa ein Viertel (31 Nennungen) der Antwortenden ($N = 114$) an, dass sich Änderungen gegenüber der Vorbefragung ergeben hatten. Am häufigsten wurden Veränderungen in der Wahl der am häufigsten genutzten Unterstützungsstufe

angeführt (24 Nennungen), gefolgt von Veränderungen bei der Nutzung weiterer Verkehrsmittel (7 Nennungen) sowie Veränderungen bezüglich das Parkverhaltens und der Ladegewohnheiten (je 4 Nennungen).

Im Vergleich zur T3-Befragung haben in der T4-Befragung deutlich mehr Teilnehmer Veränderungen bezüglich der genutzten Unterstützungsstufe angegeben. Überwiegend erfolgte eine Reduktion der gewählten Unterstützung (14 Nennungen) oder ein häufigeres Fahren ganz ohne Motorunterstützung (4 Nennungen). In sieben Fällen wurde eine höhere Unterstützungsstufe als vorher gewählt. In einem Fall wurde die Unterstützungsstufe auf längeren Touren eher reduziert und auf kürzeren Strecken erhöht.

Als Gründe für die Veränderung der sonstigen Verkehrsmittelnutzung werden Ausscheiden aus dem Berufsleben bzw. ein Wechsel des Arbeitsplatzes, Nutzung eines neu angeschafften Fahrzeuges (Roller, Elektromobil) sowie eine häufigere intermodale Nutzung von ÖPNV und Pedelec (Mitnahme des Pedelecs zur Erhöhung der Mobilität) genannt. Bis auf zwei Ausnahmen wurde das Pedelec weniger zugunsten des Pkw oder des neu angeschafften Verkehrsmittels genutzt.

Bezüglich der Ladegewohnheiten werden in der letzten Befragung eine Reduzierung der Ladehäufigkeit auf ein- bis fünfmal die Woche (2 Nennungen), eine stärkere Ausreizung der Akkukapazität (1 Nennung) und der Erhalt eines neuen Ladegeräts (1 Nennung) als Änderung gegenüber der Vorbefragung benannt.

Beim Park- und Abstellverhalten entfielen eine Nennung auf einen stärkeren Fokus auf sichereres Abstellen und zwei Nennungen auf Änderungen aufgrund gewechselter Wohnverhältnisse.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei etwa drei Viertel der Pedelec-Nutzer das Nutzungsverhalten weitgehend stabil ist, während sich bei dem Rest Änderungen des Nutzungsverhaltens ergeben. Vorwiegend sind diese Änderungen im Bereich der sonstigen Verkehrsmittelnutzung und der Wahl der Unterstützungsstufe zu beobachten.

Systematische nutzergruppenspezifische Unterschiede lassen sich nicht feststellen. Interessant ist, dass eine Reduktion der Unterstützungsstufe häufiger berichtet wird als eine Erhöhung. Größtenteils wird eine solche Reduktion auf ein Nachlassen der Akkukapazität zurückgeführt

bzw. auf den Wunsch nach Einsparen von Strom / Energie. In einigen Fällen ist jedoch auch der Wunsch nach erhöhter Trainingsleistung zu beobachten. In einer jüngeren Studie wurde der bewusste Verzicht auf den Elektroantrieb bei Pedelec 25-Nutzern auf einen Anteil von rund 25 % an allen Fahrten beziffert (Schleinitz u. a., 2014, S. 49). Auch wenn eine genauere Quantifizierung im Rahmen von Pedelection nicht möglich ist, deuten die Interviewaussagen sowie die Antworten der Online-Teilnehmer auf einen niedrigeren Wert hin.

3.4.3.1. Nutzungsgewohnheiten und Veränderungen der Interviewten

In den Interviews der Feldteilnehmer wurden mögliche Veränderungen in der Nutzung in jeder Befragungsrunde abgefragt und innerhalb der ersten Befragung zunächst der Status Quo erfasst. Die Teilnehmenden verfügen zuhause alle über Parkmöglichkeiten auf dem eigenen Grundstück, überwiegend ebenerdig in Garagen, Carports oder anderen Unterständen. Freizeitnutzer betonen dabei insbesondere die Garage als Abstellort:

„...das steht in der Regel in der Garage, in der Tiefgarage, weil es da trocken steht. Also das war auch so ein Problem, was ich am Anfang sah, also wir haben hier einen Fahrradkeller, aber da ist eine relativ steile Treppe und eng und da mit dem Pedelec hoch und runter, da habe ich überhaupt keine Chance gesehen, dass das geht. Insofern bot sich das dann an, die Tiefgarage mit zu nutzen, wo unser Auto steht.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Für die Freizeitnutzer ist es offensichtlich weniger selbstverständlich ihr Pedelec an öffentlichen Plätzen abzustellen als für die beiden Vergleichsgruppen. Freizeitnutzer berichten dementsprechend über besondere Vorkehrungsmaßnahmen:

„Zu Hause steht es in der Garage und unterwegs, wenn man irgendwo ist, sperrt man das mit einem besonderen Schloss ab, meine Frau hat auch ein Pedelec, wenn man zusammen ist, sperrt man das zusammen weg, da bin ich schon sehr bedacht darauf, dass man das nicht irgendwo bloß an die Ecke stellt.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Ein vermutetes Nachlassen der Diebstahlangst und damit ein sorgloseres Abstellen des Pedelecs über die Zeit wird insbesondere von Alltagsnutzern berichtet:

„Ich parke es überall. Also ich sage mal, die Angst, dass es einem geklaut wird, die lässt ein bisschen nach. Aber ich passe auch auf, dass ich es immer, wenn es geht, nicht nur in sich selber abschließe, sondern möglichst auch an einem Fahrradständer. Sodass man, wenn man es, stehlen möchte, den Fahrradständer auch mitnehmen müsste.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Auffallend bei den Pendlern ist, dass sie relativ häufig, im Vergleich zu Alltagsnutzern, aber relativ selten gegenüber Freizeitnutzern, angeben den Akku in der Wohnung oder im Haus zu laden. Gleichzeitig neigen sie stärker als Freizeitnutzer, aber weniger stark als Alltagsnutzer, dazu nach jeder Fahrt den Akku des Pedelects aufzuladen.

Alltagsnutzer treffen besonders oft die Aussage, dass sie die Batterie dort laden, wo das Pedelect parkt:

*„In der Garage habe ich eine Steckdose. Da lade ich es fast immer. Gut, man könnte auch den Akku rausnehmen, aber ist ja unnützlich, wenn das direkt vor Ort geht.“
(Interviewäußerung Feldteilnehmer)*

„In der Garage. Bis auf den Winter. Dann nehmen wir die Akkus raus, die kommen in den Keller und irgendwann, so wie jetzt war das ja auch ein langer Winter, dann werden sie noch mal zwischengeladen.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Es wurde zudem besonders oft von Alltagsnutzern gesagt, dass sie das Pedelect nach jeder Fahrt laden:

*„Immer. Immer wenn ich also fertig bin, so steht es auch in der Bedienungsanleitung drin: Wenn man zu Ende gefahren hat, soll man das dann laden und das mache ich dann auch.“
(Interviewäußerung Feldteilnehmer)*

Freizeitnutzer hingegen geben besonders oft an, dass sie das Ladegerät in der Wohnung oder im Haus haben:

„Meistens hier in der Wohnung. Ich habe jetzt, als wir die Touren gemacht haben, das Ladegerät mitgenommen, [...] hier, wenn ich ihn in der Wohnung habe, gibt es einen Ständer, in den ich ihn reinpacken kann zum Laden und wenn ich dann unterwegs bin habe ich eben nur das Ladegerät mit, ohne den Ständer, weil er einfach zu viel Platz wegnimmt und kann aber das Ladekabel dransetzen.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Auch betonen Freizeitnutzer relativ häufig, dass sie die Batterie nach Bedarf und dabei zum Beispiel direkt vor oder nach einer Fahrt laden:

„Ja, also in der Regel, wenn ich weiß, ich fahre öfter die Woche, dann lade ich sie eigentlich immer sofort, also es kommt auch immer auf den Aktionsweg drauf an, also wenn ich heute 30 Kilometer oder 40 Kilometer fahre, dann lade ich schon immer auch in der Regel nach.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Aus den Aussagen zum Ladeverhalten lässt sich ableiten, dass Alltagsnutzer hier besonders pragmatisch sind und ihren Umgang mit dem Akku auf das Ziel eines stets bereiten Pedelects

ausrichten. Besonders oft geben sie an, die Batterie am Pedelec und nach jeder Fahrt zu laden. Freizeitnutzer laden die Pedelec-Batterie weniger routiniert und eher punktuell auf. Sie äußern besonders oft, dass sie das Ladegerät in ihrer Wohnung oder in ihrem Haus haben und dass sie die Batterie nach Bedarf laden.

Ein häufig berichtetes Nutzungsmuster von Pendlern ist die Wahl einer hohen Unterstützungsstufe auf der Hinfahrt, um möglichst zügig und unerschwitzte an der Arbeitsstelle anzukommen und die Wahl einer niedrigen Unterstützungsstufe auf der Rückfahrt, um sich sportlich zu betätigen. Die Angabe, dass meistens eine mittlere Stufe verwendet wird, kommt bei Pendlern häufiger vor als bei Alltagsnutzern, jedoch seltener als bei Freizeitnutzern.

Alltagsnutzer geben häufiger als die anderen Nutzergruppen an, dass sie meistens die untere Stufe verwenden:

*„Mit der kleinen meistens. Ein bisschen anstrengen möchte ich mich schon noch.“
(Interviewäußerung Feldteilnehmer)*

Darüber hinaus sind sie der einzige Nutzertyp in dem Feldteilnehmer sagen, dass sie häufig ohne Unterstützung fahren:

„...im Flachen fahre ich weitgehend ohne Unterstützung und dann, wenn es halt irgendwo hochgeht, dann mal kurz auf den Knopf gedrückt und dann genauso einfach mit dem Hochfahren, wenn die anderen sich abstrampeln und ich kann dann locker irgendwo hochfahren.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Freizeitnutzer fahren nach eigenen Angaben meistens mit der mittleren Unterstützungsstufe:

*„Die Standard-Stellung. Eindeutig. [...], [ich] nutze [...] auch sehr oft den Eco. Denn das sieht man direkt. Im Computer ist ja genauer angezeigt, in der Stufe so und so viele Kilometer, in der Stufe so und so viele Kilometer und da schaue [ich] schon auch noch mal darauf. Zumal wenn es dann bergab geht. Ich will ja nicht rasen, sondern ich fahre normal und dann nehme ich auch diese Eco-Stufe. Aber in der Regel [...] Standard.“
(Interviewäußerung Feldteilnehmer)*

Im Hinblick auf die Wahl der Unterstützungsstufen wird insgesamt deutlich, dass die Alltagsnutzer, nach eigener Aussage, vergleichsweise niedrige Unterstützungsstufe wählen. In ihrer Nutzergruppe fällt auch die Aussage, dass im Zeitverlauf eher höhere Stufen gewählt werden. Allerdings deutet sich dabei an, dass das nur für die Wintermonate und die Zeit kurz danach der Fall sein könnte.

3.4.3.2. Einfluss von Witterung und Jahreszeit auf Nutzungsgewohnheiten

„In der kalten Jahreszeit wird der Pkw häufiger eingesetzt! Hier muss ich noch umdenken.“ (Kommentar eines Online-Teilnehmers, T3)

In der dritten und vierten Befragung wurde in mehreren Fragekomplexen die Pedelec-Nutzung im Herbst und Winter thematisiert. Wie verteilt sich die Nutzungsintensität über die Monate? Für welche Nutzergruppen stellt das Pedelec ein Ganzjahresfahrzeug dar und was sind mögliche Gründe für eine Nicht-Nutzung? Wie werden Akku und Pedelec in diesem Fall gelagert und welche Verkehrsmittel werden in den Monaten der Nicht-Nutzung anstelle des Pedelecs genutzt?

In der T3-Befragung wurde die subjektiv wahrgenommene Nutzungshäufigkeit des Pedelecs über das Jahr 2013 berichtet (s. Abbildung 45). Bei der Auswertung wurden nur jene Fälle berücksichtigt, bei denen Angaben für alle Monate vorlagen. Bei der Interpretation ist zu bedenken, dass der Winter 2012/13 im Vergleich zum Winter im Folgejahr vergleichsweise streng ausgefallen ist (Deutscher Wetterdienst, 2013, 2014). Nur in den Monaten Januar und Februar liegt die subjektiv berichtete regelmäßige Pedelec-Nutzung (fast tägliche Nutzung oder Nutzung an mindestens ein bis drei Tage pro Woche) über alle Nutzer bei unter 50 %. Pendler ($N = 72$) und Alltagsnutzer ($N = 66$) unterscheiden sich hier nur geringfügig⁸⁴. Erwartungsgemäß wird das Pedelec in der Freizeit ($N = 30$) insbesondere in den kalten Monaten deutlich seltener genutzt als von den beiden vorgenannten Nutzergruppen.

⁸⁴ In der Abbildung wurden für die Pendler, Alltags- und Freizeitnutzer jeweils die Anteile an fast täglicher Nutzung oder Nutzung an mindestens ein bis drei Tage pro Woche summiert dargestellt.

Bitte geben Sie an, wie häufig Sie in den einzelnen Monaten im Jahr 2013 Ihr Pedelec in etwa genutzt haben (N = 174, T3).

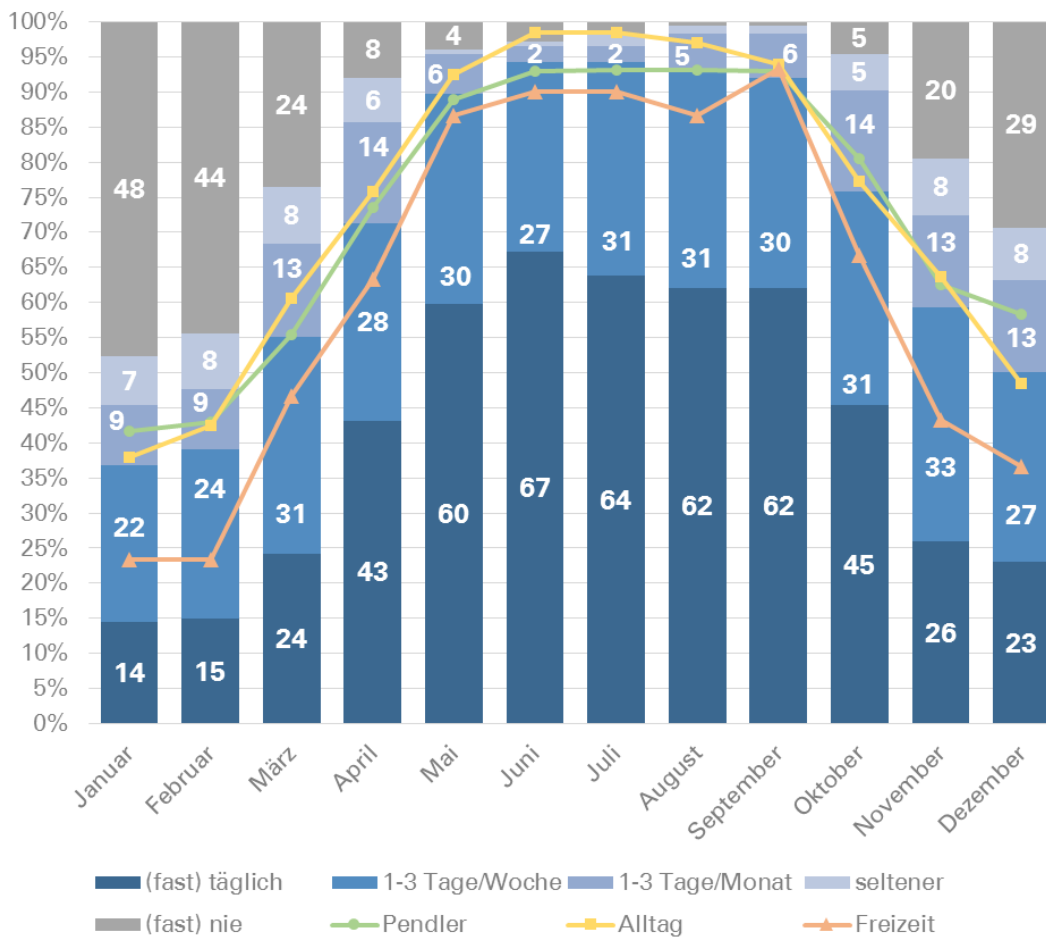


Abbildung 45: Subjektive Nutzungshäufigkeit des Pedelecs über das Jahr 2013

Unter allen Nutzertypen werden in den Interviews häufig schlechtes Wetter oder der Winter als Jahreszeit als Gründe für die Nicht-Nutzung des Pedelecs angegeben:

„...im Winter oder wenn es regnet, da ist überhaupt nicht daran zu denken irgendwie mit dem Pedelec oder mit dem Fahrrad zu fahren.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Die Definition von „schlechtem Wetter“ unterscheidet sich dabei unter den Nutzern jedoch extrem. Während in allen Nutzergruppen bereits leichter Regen eine Rolle spielt, wird vor allem unter den Pendlern teilweise erst Starkregen oder extrem schlechtes Wetter als Nicht-Nutzungsgrund benannt:

„Wenn es donnert und blitzt vielleicht, aber ansonsten, wenn es nur regnet, habe ich ja Regenklamotten und, ja, ist eigentlich ganz angenehm zu fahren, selbst wenn es regnet.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Manche Pendler sehen erst Schnee und Eis als möglichen Hinderungsgrund für die Pedelec-Nutzung. Noch stärker als unter den Pendlern ist dieses Phänomen unter den Alltagsnutzern verbreitet:

„Also ich weiß nicht, wie es mit Schnee ist. Ich habe es ja erst seit dem Frühjahr. Das wird sich zeigen, wie wintertauglich das Fahrrad ist. Aber ansonsten, ich bin früher auch im Regen gefahren. Dann wird man halt nass oder man hat dementsprechend Kleidung an. Also Winter, das weiß ich nicht, bei Glatteis würde ich vielleicht-, würde ich ganz sicherlich nicht fahren. Und richtig dicken Schnee.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Auch was als „schönes Wetter“ wahrgenommen wird, kann verschiedensten Kriterien unterliegen. Neben zu niedrigen können ebenfalls zu hohe Temperaturen zu einer Nicht-Nutzung führen. Bei „schlechtem Wetter“ ist eine häufige alternativ genutzte Option der Pkw.

„Unter welchen Bedingungen? Jetzt bei diesem Sauwetter zum Beispiel. Da bleibt es garantiert stehen. Weil ich kann es mir auch nicht erlauben nass auf der Arbeit anzukommen. Das geht nicht. Also von daher bleibt es stehen, da kommt auch das Auto. Genauso könnte ich es mir [...] vorstellen bei extremer Hitze, aber gut, da fährt man eh nie Fahrrad wahrscheinlich [...] das ist eigentlich so der Hauptgrund. Schlechtes Wetter.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Auch erhoben wurde inwieweit die Winterzeit grundsätzlich die Häufigkeit der Nutzung des Pedelecs beeinflusst. Es ist eine leichte Tendenz dahingehend erkennbar, dass Pendler, eher als Alltags- und Freizeitnutzer, planen, das Pedelec im Winter nicht zu benutzen. Zudem ist eine leichte Tendenz im Hinblick darauf zu sehen, dass Pendler gegenüber Freizeitnutzern und Alltagsnutzern vermehrt bereits zu Beginn des Winters die Pedelec-Nutzung einstellen. Die Pläne im Hinblick auf die Nutzung des Pedelecs im Winter wurden in jeder Nutzergruppe von den meisten Feldteilnehmern umgesetzt.

Von den 79 Online-Teilnehmern (37 % der insgesamt 216 Teilnehmenden), die innerhalb der T4-Befragung eine zusätzliche, freie Anmerkung zur Winternutzung machten, nannten rund ein Drittel der Antwortenden (34 %, 27 Nennungen) explizit ein Ausschlusskriterium für Fahrten in den Wintermonaten⁸⁵. Als Hauptgründe, die dazu führen, das Pedelec im Winter definitiv nicht

⁸⁵ Der genaue Wortlaut der Frage lautete: „Haben Sie Anmerkungen zur Pedelec-Nutzung in den Wintermonaten? Haben Sie bspw. in den Wintermonaten besondere Erlebnisse gehabt? Haben Sie Hindernisse erlebt, mit denen

zu nutzen, nennen zehn Teilnehmer Schnee- und / oder Eisglätte und sieben Teilnehmer eine konkrete Temperaturgrenze. Die Außentemperatur, bei der die Teilnehmer auf das Pedelec verzichten, variiert dabei zwischen 15 °C und -6 °C. Je zwei Nennungen entfallen auf Dunkelheit und Salz auf den Straßen. Einige Antwortende verweisen direkt darauf, dass die Nicht-Nutzung nicht pedelec-spezifisch sei. Die gleichen Ausschlusskriterien gelten in der Regel auch für die Nutzung eines herkömmlichen Fahrrades. Lediglich in Bezug auf die Temperaturgrenzen wird darauf verwiesen, dass die Akkuleistung insbesondere bei Minusgraden merklich nachlässt und deswegen auf das Pedelec verzichtet wird. Die Nutzung von Spikes bzw. spezieller Winterbereifung bei Ganzjahresnutzung wird von 12 Antwortenden (15 %) erwähnt.

Von den reinen Online-Teilnehmern trafen in der dritten Befragung 147 Probanden weitere Aussagen zur Winternutzung⁸⁶: 58 (40 %) nutzten ihr Pedelec noch in der gleichen Häufigkeit wie bei der vorherigen Befragungsrunde. 69 (45 %) nutzten ihr Pedelec überwiegend ab Anfang / Mitte November 2013 weniger häufig und legten durchschnittlich 62 km pro Woche weniger zurück ($SD = 57,97$ km, $Min = 10$ km, $Max = 300$ km)⁸⁷. Vier der Antwortenden planten, die Nutzung im Verlauf des Winters noch einzustellen. 20 Probanden (14 %) nutzten ihr Pedelec im Schnitt ab Anfang November gar nicht mehr⁸⁸.

Die Nicht-Nutzer lagerten ihr Pedelec vorwiegend in der Garage (8 Nennungen), im Keller (6 Nennungen) oder in einem freistehenden Gebäude (z. B. Schuppen) auf dem Grundstück (6 Nennungen) bei einer Durchschnittstemperatur von 8 °C ($SD = 5,8$ °C, $Min = 1$ °C, $Max = 23$ °C). Der Akku wurde von den Nicht-Nutzern hauptsächlich in der Wohnung (13 Nennungen) oder im Keller (6 Nennungen) bei einer Durchschnittstemperatur von 16 °C ($SD = 3,7$ °C, $Min = 8$ °C, $Max = 22$ °C) gelagert. Anstelle des Pedelecs wurden von den Nicht-Nutzern in erster Linie der Pkw (17 Nennungen), Gänge zu Fuß (8 Nennungen) und ÖPNV (8 Nennungen) gewählt⁸⁹. Als

Sie im Vorfeld nicht gerechnet haben oder haben Sie umgekehrt erfahren, dass sich Bedenken bezüglich der Nutzung in den kalten Monaten nicht erfüllt haben?“ Die Antworten wurden nachträglich kategorisiert.

⁸⁶ Die Feldteilnehmer wurden hierzu in den Interviews direkt befragt.

⁸⁷ Die genauen Datumsangaben zu dem Beginn der selteneren Nutzung lagen zwischen dem 01.10.2013 (7 Nennungen) und dem 01.04.2014 (1 Nennung). Wobei die häufigsten Nennungen auf den 01.11.2013 (31 Nennungen) und den 01.12.2013 (11 Nennungen) entfielen.

⁸⁸ Die genauen Datumsangaben der Nicht-Nutzung lagen hier zwischen dem 01.10.2013 (5 Nennungen) und dem 18.01.2014 (1 Nennung). Die häufigsten Nennungen entfielen auf den 01.10.2013 (5 Nennungen), den 01.11.2013 (8 Nennungen) und den 01.12.2013 (3 Nennungen).

⁸⁹ Die genaue Frage lautete: Welches Verkehrsmittel nutzen Sie am häufigsten für die Fahrten, die Sie zuvor mit Ihrem Pedelec unternommen haben (Mehrfachauswahl möglich)?

Zeitpunkt der Wiedernutzung visierten die meisten März (13 Nennungen) oder April 2014 (5 Nennungen) an. Damit pausierten die Nicht-Nutzer im Schnitt vier Monate mit der Nutzung des Pedelecs.

Zwischen Männern ($N = 90$) und Frauen ($N = 39$) zeigt sich kein signifikanter Unterschied ($\chi^2 (2) = 3,88, p = .143$) bezüglich der Winternutzung. Der Anteil der Nicht-Nutzerinnen liegt mit 23 % (9 Nennungen) aber etwa doppelt so hoch wie bei den 10 % der männlichen Nicht-Nutzer (9 Nennungen). Pendler, Alltags- und Freizeitnutzer unterscheiden sich ebenfalls nicht statistisch signifikant voneinander ($\chi^2 (4) = 7,89, p = .096$). Tabelle 18 zeigt jedoch tendenzielle Unterscheidungsmerkmale der Nutzertypen: Nur knapp 10 % der Pendler nutzen das Pedelec gar nicht mehr, wohingegen bei den Freizeitnutzern gut ein Viertel die Nutzung ab einem bestimmten Datum eingestellt hat. Ein deutlicher Unterschied besteht zwischen den drei Altersgruppen ($\chi^2 (1) = 5,03, p = .025$). Abbildung 46 veranschaulicht, dass in der Tendenz die unter 45-Jährigen das Pedelec eher durchgängig über die Wintermonate nutzen und der Anteil der Nicht-Nutzer bei den über 65-Jährigen im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen deutlich höher liegt⁹⁰.

Tabelle 18: Angaben zur Nutzung im Winter (Nutzungstypen und Geschlecht)

	Ja, ich nutze mein Pedelec genauso häufig.		Nein, ich nutze mein Pedelec weniger häufig.		Nein, ich nutze mein Pedelec gar nicht mehr.		
	<i>N</i>	<i>N in %</i>	<i>N</i>	<i>N in %</i>	<i>N</i>	<i>N in %</i>	$\Sigma (N)$
Freizeit	11	36,7	11	36,7	8	26,7	30
Alltag	18	33,3	30	55,6	6	11,1	54
Pendeln	26	47,3	24	43,6	5	9,1	55
Weiblich	14	35,9	16	41,0	9	23,1	39
Männlich	37	41,1	44	48,9	9	10,0	90

⁹⁰ Der obere Wert kennzeichnet die Anzahl der Antwortenden.

Nutzen Sie Ihr Pedelec noch in etwa mit der gleichen Häufigkeit wie bei der letzten Befragung? (N = 141, T3)

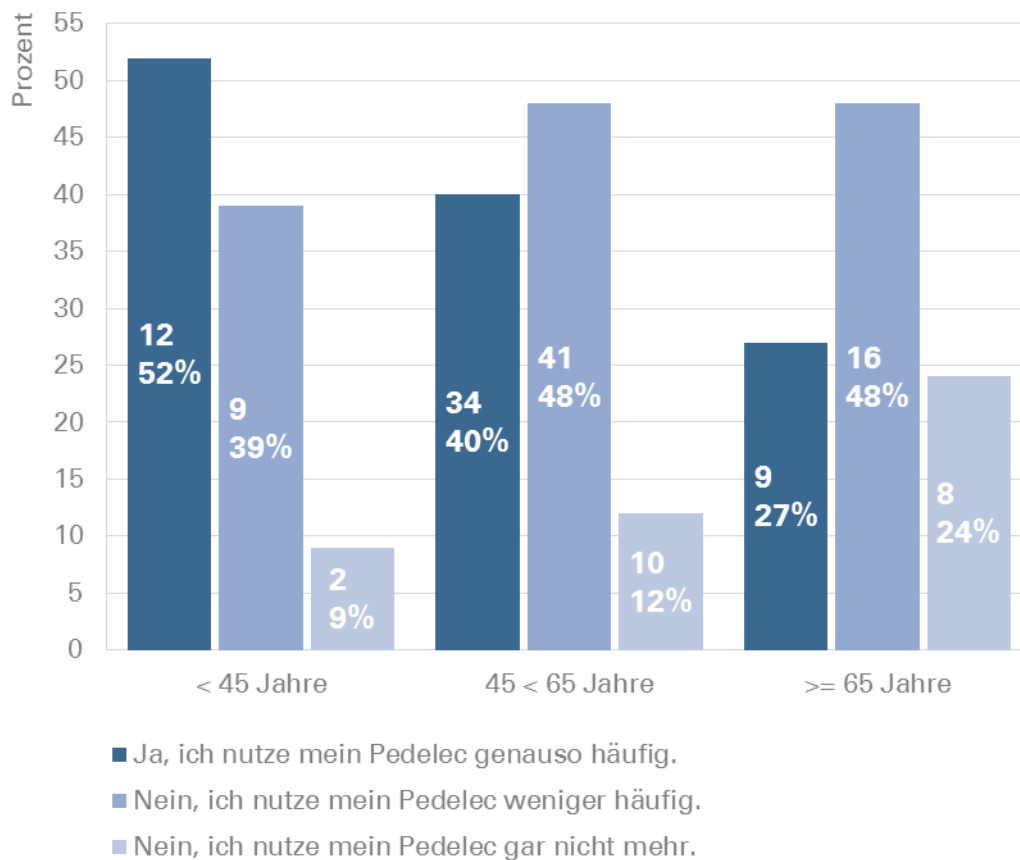


Abbildung 46: Nutzung im Herbst/Winter in den drei Altersklassen

In der letzten Befragung wurden die Teilnehmenden um eine Einschätzung gebeten wie die tatsächliche Winternutzung ausgesehen hat (s. Abbildung 47). Nur sehr wenige (4 %, 6 Nennungen) hatten ihr Pedelec so gelagert, dass sie es nicht ohne Weiteres hätten nutzen können. Von 142 Antwortenden⁹¹ gaben 74 % (105 Nennungen) an, dass die Winternutzung so verlaufen ist wie geplant. Bei 26 % (37 Nennungen) entsprach die tatsächliche Nutzung nicht der geplanten Nutzung (22 Nennungen) oder es gab im Vorfeld keine Planung bezüglich der Winternutzung (15 Nennungen). Abweichungen bezüglich der geplanten Nutzung ergaben sich überwiegend in Richtung einer häufigeren Nutzung. Der am häufigsten genannte Grund hierfür war der milde Winter.

⁹¹ Die genaue Frage lautete: „Entspricht die tatsächliche Nutzung des Pedelecs während der Wintermonate der von Ihnen geplanten Nutzung?“

Haben Sie Ihr Pedelec in den vergangenen Wintermonaten genutzt? Ja, ... / Nein, ... (N = 143, T4)

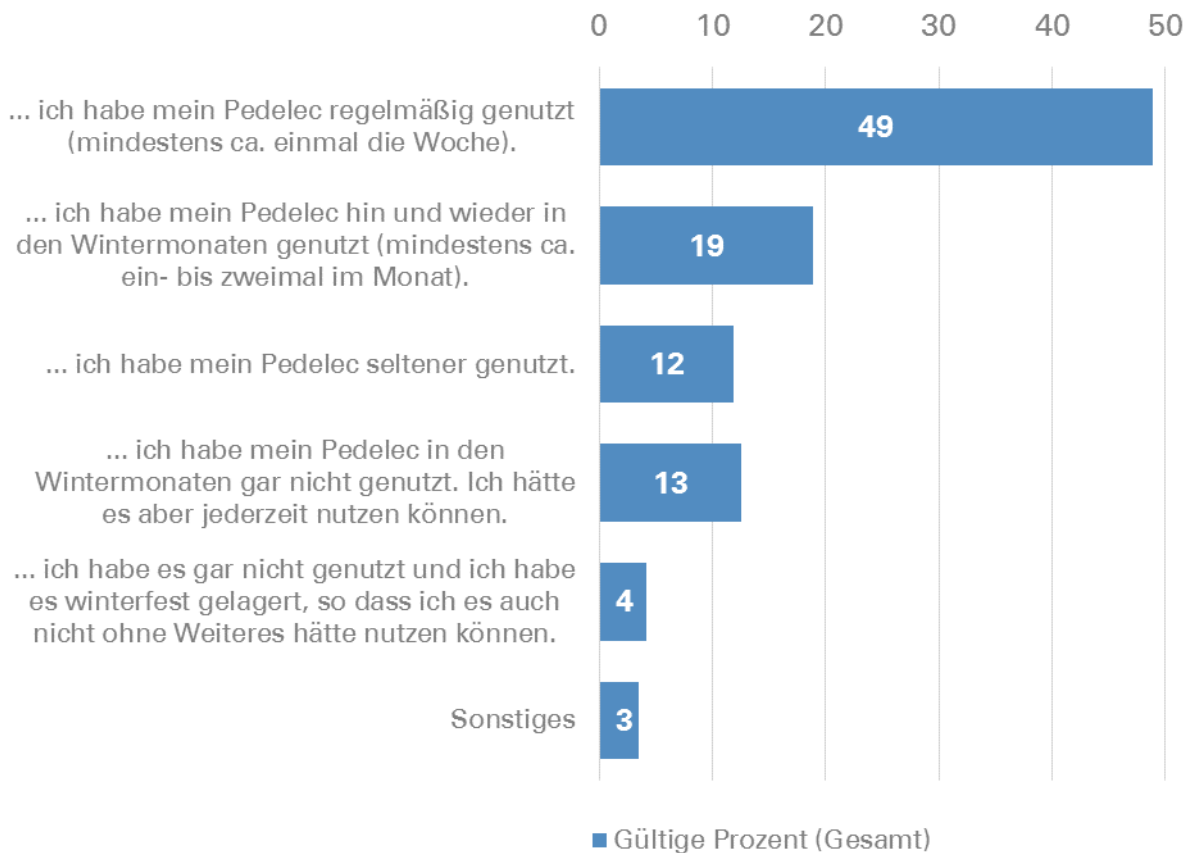


Abbildung 47: Tatsächliche Winternutzung (T4)

Als Zeitpunkt der Wiedernutzung gab die Hälfte der Nicht-Nutzer Anfang oder Mitte März 2014 an (12 Nennungen). Gut ein Viertel (7 Nennungen) hatten das Pedelec ab April wieder genutzt. Vier Teilnehmer nutzten es ab Mai oder Juni wieder. Äußerer Anlass der Wiedernutzung war in den meisten Fällen (16 Nennungen), dass die Temperaturen relativ konstant über einer subjektiv wahrgenommenen Temperaturschwelle lagen⁹². Technische Probleme bei der Wiederinbetriebnahme des Pedelecs nach einer Winterpause werden mit einer Ausnahme⁹³ nicht berichtet.

⁹² Die Frage lautete: „Gab es einen bestimmten äußeren Anlass, warum Sie das Pedelec gerade zu diesem Zeitpunkt wieder in Betrieb genommen haben?“ 24 Winter-Nicht-Nutzer antworteten auf diese Frage.

⁹³ In diesem Fall hatte der Proband nach der Winterpause Probleme mit der Gangschaltung.

Für den nachfolgenden Winter 2014/15 planten 82 % (115 Nennungen), das Pedelec genauso wie im beforschten Winter zu nutzen⁹⁴. 11 % (16 Nennungen) planten, das Pedelec häufiger einzusetzen. Nur zwei Teilnehmer (1 %) wollten das Pedelec im nachfolgenden Winter seltener einsetzen.

Eine genaue Kenntnis der Nicht-Nutzungsgründe kann Ansatzpunkte liefern, ob und auf welche Weise die Nutzung bspw. durch geeignete Maßnahmen auf die Herbst- und Wintermonate ausgedehnt werden kann. Aus den Interviewaussagen heraus wurde eine Fragebatterie zusammengestellt, um innerhalb des größeren Online-Teilnehmerkreises eine weitergehende Analyse der Nicht-Nutzungsgründe vornehmen zu können. Im Folgenden sind zunächst die Angaben der Online-Teilnehmer zusammengefasst, die für alle vorgegebenen 17 Items innerhalb der T3-Befragung eine Antwortauswahl getroffen haben. Die ursprünglich 7-stufigen Antwortoptionen von 7 (stimme voll und ganz zu) bis 1 (stimme überhaupt nicht zu⁹⁵) sind in den folgenden Abbildungen der Übersichtlichkeit halber zu drei Stufen und thematisch zusammengefasst worden⁹⁶.

Bitte geben Sie jeweils an, wie sehr die Aussagen auf Sie zutreffen: Ich fahre seltener oder vorerst gar nicht mehr mit dem Elektrofahrrad/Pedelec, ... (N = 75)

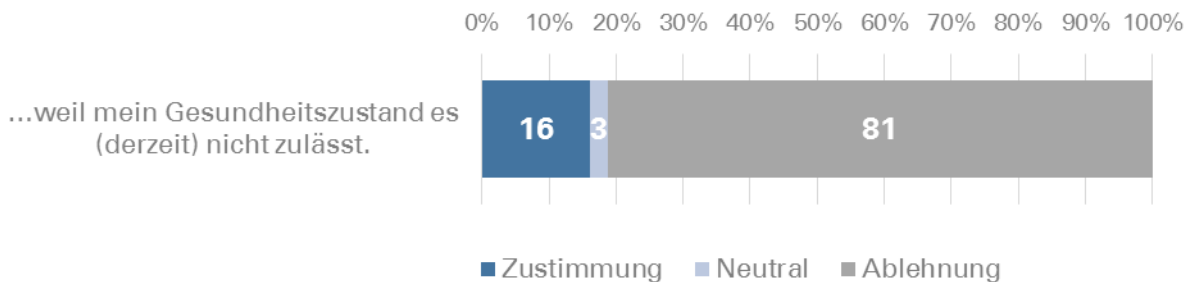


Abbildung 48: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Gesundheit

Gesundheitliche Gründe sind offenbar nur für die wenigsten Befragten ein Nicht-Nutzungsgrund (s. Abbildung 48).

⁹⁴ Die genaue Frage lautete: „Planen Sie Ihr Pedelec im kommenden Winter 2014/15 genauso einzusetzen wie im vergangenen Winter?“ 141 Teilnehmende antworteten auf diese Frage.

⁹⁵ Die dazwischen liegenden Antworten waren nicht verbal verankert.

⁹⁶ 7-5: Zustimmung, 4: Neutral, 3-1: Ablehnung.

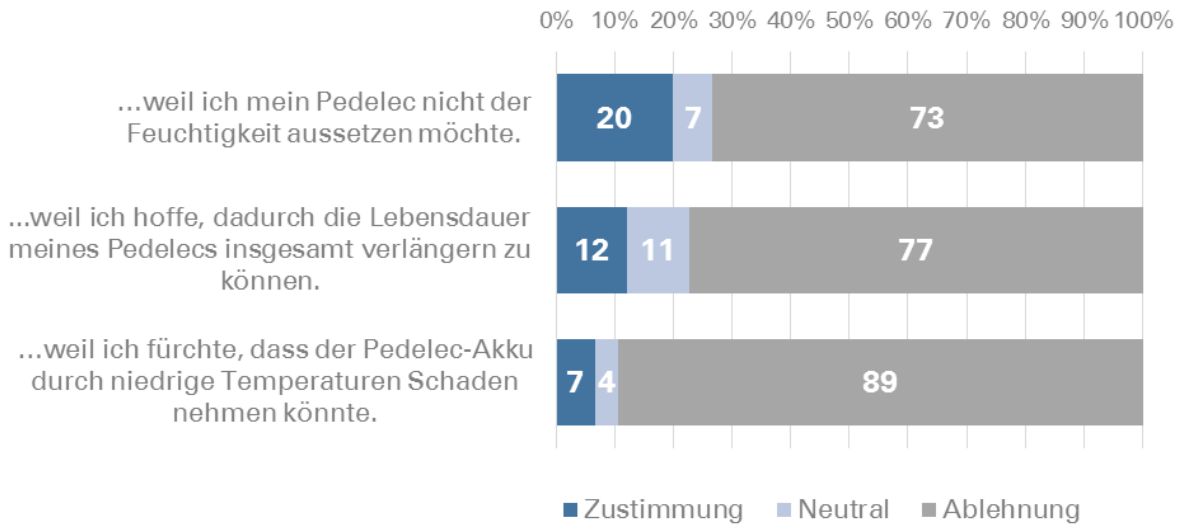


Abbildung 49: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Schonung des Pedelecs

Auch die Schonung des Pedelecs spielt für die meisten Antwortenden eine eher untergeordnete Rolle (s. Abbildung 49).

Entscheidender sind offenbar jene Faktoren, die den Nutzer in der wahrgenommenen Flexibilität einschränken und damit die Bequemlichkeit der Pedelec-Nutzung im Vergleich zu den sonstigen Mobilitätsoptionen reduzieren. Bereits die Nicht-Nutzung aufgrund des höheren Aufwands der Einkleidung trifft auf höhere Zustimmung (s. Abbildung 50).

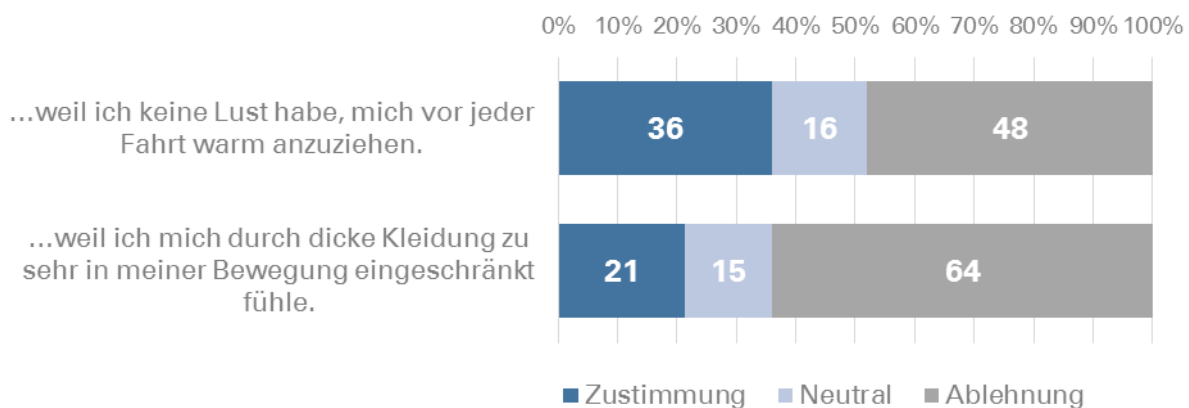


Abbildung 50: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Bekleidung

Bequemlichkeit, Sicherheit und Schnelligkeit der Erreichbarkeit der üblichen Ziele sind über alle Antwortenden hinweg betrachtet mit die wichtigsten Faktoren, die zu einer Nicht- oder Seltennutzung führen (s. Abbildung 51).

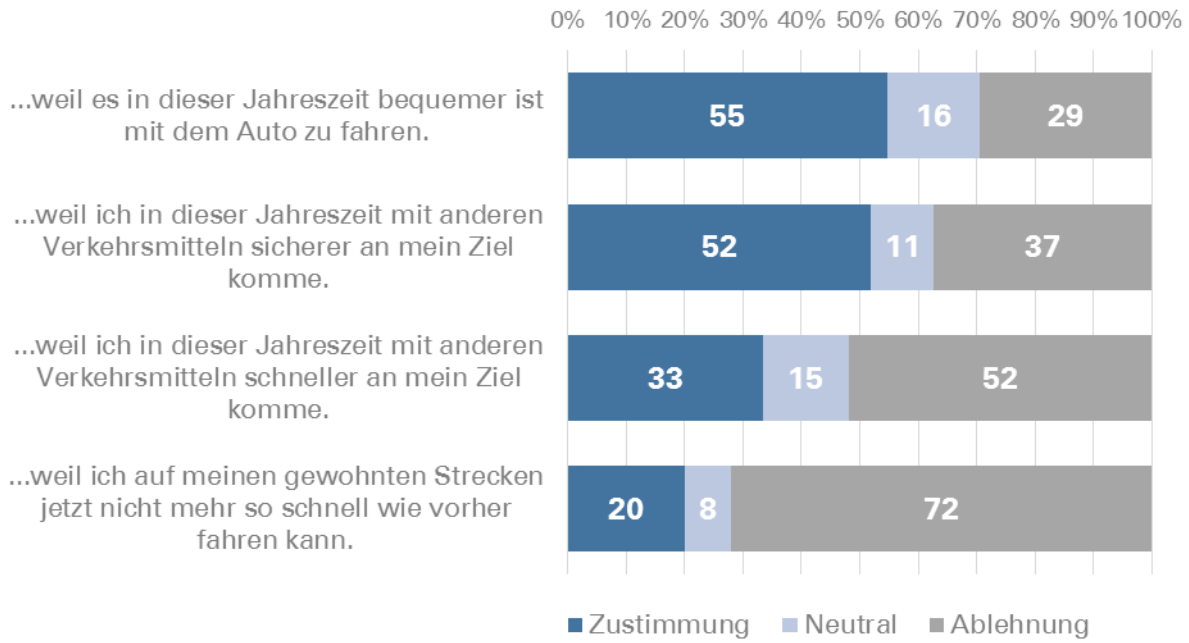


Abbildung 51: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Bequemlichkeit, Sicherheit, Schnelligkeit

Darüber hinaus sind auf der Einstellungsebene grundsätzliche Haltungen, Vorerfahrungen und Gewohnheiten von zentraler Bedeutung (s. Abbildung 52). Hier zeigt sich sehr plastisch, dass Mobilität offenbar tatsächlich „im Kopf“ beginnt und dass auf dieser Ebene ein großes Potenzial besteht, ökobilanziell günstige Nutzungsmuster zu fördern (vgl. Kapitel 5.6).

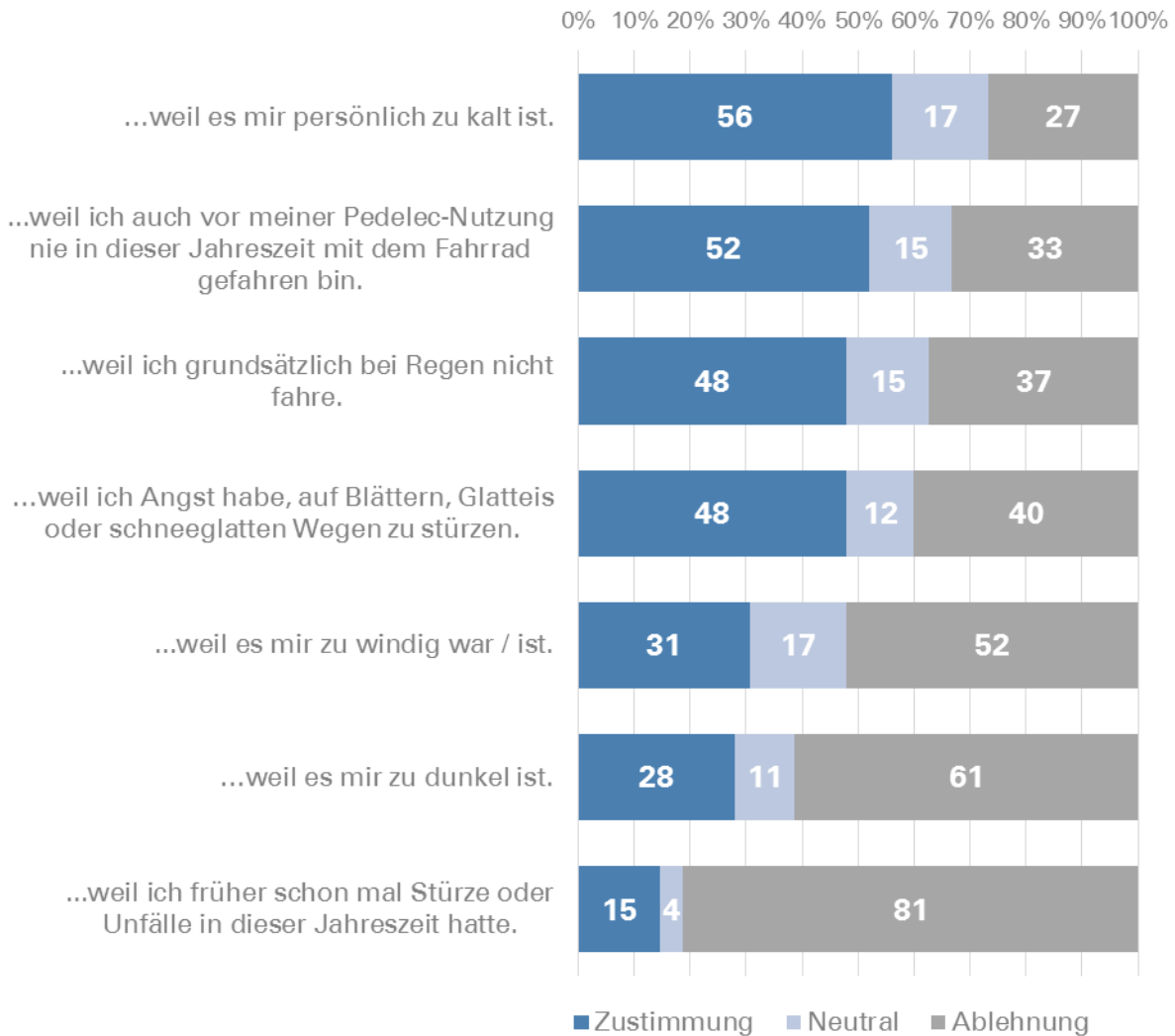


Abbildung 52: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Einstellung zu Witterung und Vorerfahrung(en)

Vor allem Alltagsnutzer und Pendler könnten durch eine verstärkte Herbst- und Winternutzung zu einer weiteren Senkung von Treibhausgasemissionen beitragen (vgl. Kapitel 3.8.3), da der Nutzungsgrund im Gegensatz zu Freizeitfahrern hier ganzjährig besteht. Deswegen werden in der folgenden Abbildung die global wichtigsten Items (Anteil der Zustimmung über 40 %) für die drei Nutzertypen aufgeschlüsselt dargestellt. Zusätzlich sind die Mittelwerte der antwortenden Frauen und der unter 45-Jährigen aufgenommen worden, da sich bei diesen zum Teil deutlich von der Gesamtheit abweichende Antworttendenzen beobachten lassen (s. Abbildung 53). Auch wenn die Fallzahlen zu niedrig sind, um daraus allgemeingültige Schlussfolgerungen ziehen zu

können⁹⁷, deuten sich unterschiedliche Wirkmechanismen zwischen den Gruppen an. Bei den Pendlern gibt es über alle Items eine geringere Zustimmung. Bequemlichkeit, Sicherheit und subjektiv geprägte Haltungen gegenüber Witterung führen bei den Pendlern in etwa gleich stark zu einer Reduzierung bzw. einer Nicht-Nutzung in den Herbst- und Wintermonaten. Niedrige Temperaturen und mehr Bequemlichkeit mit dem Auto sind bei den Pendlern im Vergleich zu den anderen betrachteten Gruppen weniger ein Nicht-Nutzungsgrund.

Bei den Freizeitnutzern fällt auf, dass die mentale Referenzkategorie für die Nicht-Nutzung offenbar die vorherige Fahrradnutzung in der Jahreszeit ist: Wer zuvor sein Fahrrad im Herbst und Winter nicht für Freizeit Zwecke genutzt hat, nutzt auch nicht das Pedelec. Auch die unter 45-Jährigen weisen hier einen hohen Wert auf. In diesen Gruppen scheinen bisherige Verkehrsmittelnutzungsgewohnheiten bestimmend für die aktuelle Nicht-Nutzung zu sein.

Bei den Frauen fallen die vergleichsweise niedrigen Werte zu den gleichen Items auf: Frauen lassen sich bei ihrer Nicht-Nutzung scheinbar weniger von Vorerfahrungen oder „mentalen Saisonkennzeichen“ leiten – wobei die teilnehmenden Frauen möglicherweise auch weniger Vorerfahrungen mit dem Fahrrad als „Datenbasis“ mitbringen. Als zu niedrig empfundene Temperaturen und Angst vor Stürzen erhalten von den Frauen die höchste Zustimmung als Gründe für eine Nicht-Nutzung. Bei den Alltagsnutzern deuten sich Bequemlichkeit, subjektiv empfundene Witterungsgrenzen und Angst vor Stürzen als Haupthemmnisse für die Ganzjahresnutzung an.

⁹⁷ Bei der Abbildung wurden die Antworten von 26 Pendlern, 32 Alltags- und 13 Freizeitnutzern, 20 Frauen und 8 unter 45-Jährigen in Beziehung zu den 75 insgesamt vorliegenden vollständigen Antworten gesetzt.

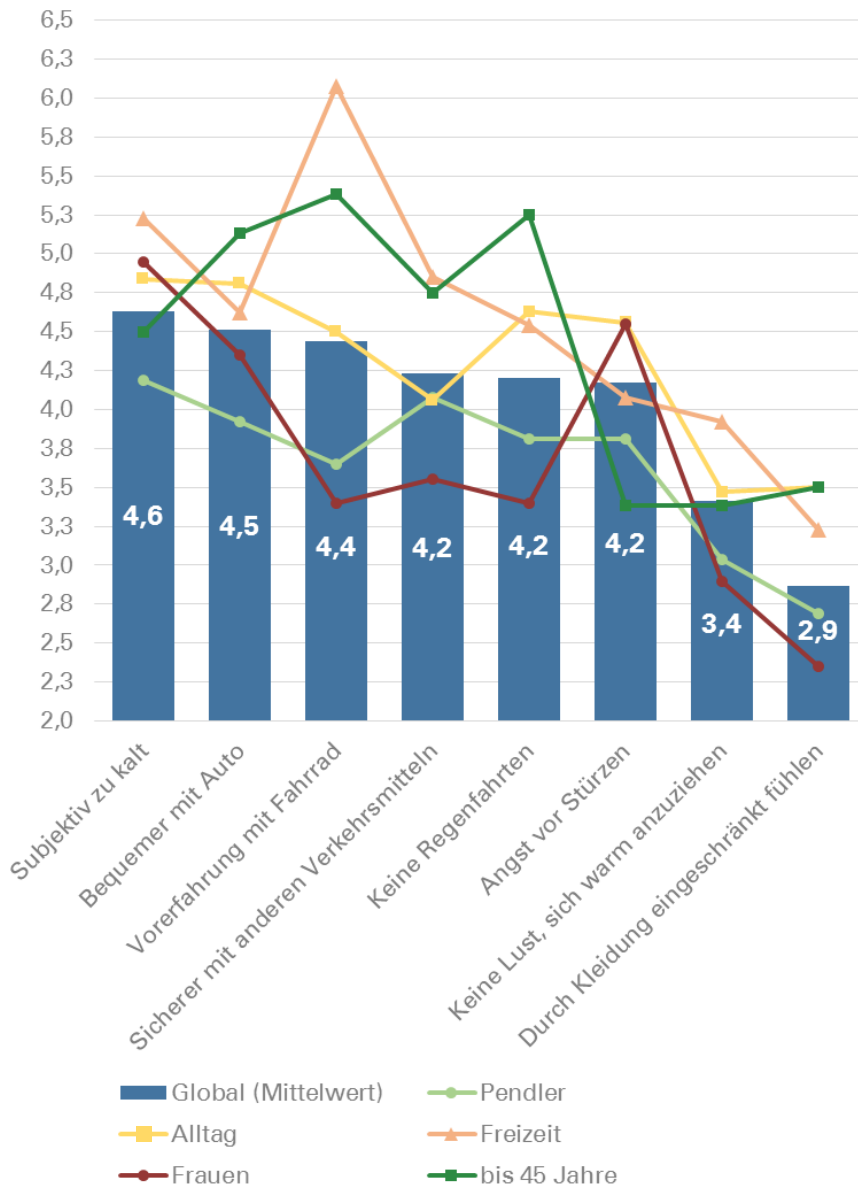


Abbildung 53: Hauptgründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Mittelwertprofile von Nutzungstypen, Frauen und unter 45-Jährigen

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht dabei, dass sich bei einzelnen Personen in Abhängigkeit von den Jahreszeiten der primäre Nutzungszweck verändert. Der Schwerpunkt der Nutzung wurde über die Daten der einwöchigen Wegeprotokolle bestimmt (vgl. Kapitel 3.2.1). Eingang in die Analyse hielten dabei nur Fälle, bei denen die Angaben zu mehr als einem Weg und Zweck pro Messzeitpunkt vorlagen.

Während insgesamt die Freizeitnutzung und die Nutzung des Pedelecs zum Pendeln vom Frühjahr zum Sommer zunehmen und die Alltagsnutzung abnimmt, zeigt sich, dass sich diese

Entwicklung zum Herbst hin wieder umkehrt. Zum Winter bleibt der Anteil der Freizeitnutzer stabil, während die Alltagsnutzung zunimmt und der Anteil an Pendlern wieder rückläufig ist. Gleichzeitig wird deutlich, dass der Anteil der gleichen Personen, die das Pedelec vorwiegend zum Pendeln nutzen, relativ konstant bleibt und vom Herbst zum Winter wieder abnimmt. In dem gleichen Beobachtungszeitraum sind bei den Freizeitnutzern und Alltagsnutzern im Vergleich hierzu deutlichere Veränderungen zu beobachten. So zeigt sich zum Beispiel, dass sich bei sieben Personen der Schwerpunkt von der Alltagsnutzung im Frühjahr hin zur Freizeitnutzung im Sommer verändert. Umgekehrt lässt sich z. B. beobachten, dass sich bei neun Personen der Schwerpunkt von der Freizeitnutzung im Sommer hin zur Alltagsnutzung im Herbst verschoben hat (s. Abbildung 54).

Im Längsschnitt wurde diese Analyse zusätzlich für jene 38 Nutzer durchgeführt, für die bei allen vier Messzeiträumen mehr als eine Pedelec-Fahrt dokumentiert wurde (s. Anhang D). Die Nicht-Nutzer in den Herbst- und Wintermonaten wurden der Übersichtlichkeit halber nicht in die Abbildungen aufgenommen.

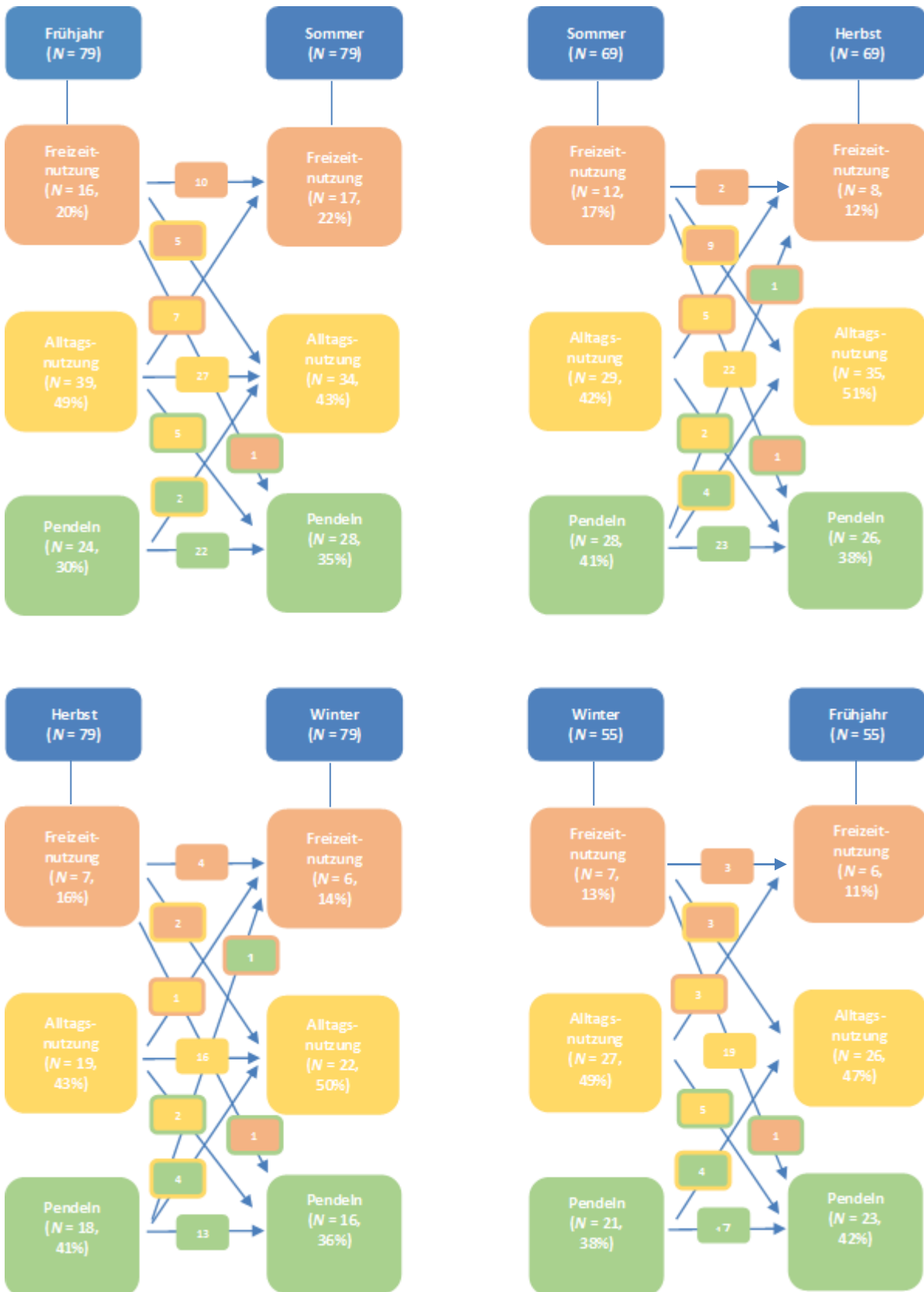


Abbildung 54: Verschiebung des Hauptnutzungszweckes über die Jahreszeiten

3.4.4. Veränderungen des Haushaltsfuhrparks

„Über das Pedelec bin ich von der E-Mobilität so überzeugt, dass ich nicht nur meine Autofahrten bereits substituieren, ich kann mir [...] vorstellen in Zukunft auch mit dem Pkw auf E-Mobilität umzusteigen [...].“ (Kommentar eines Online-Teilnehmers, T4)

In der zweiten und letzten Befragungsrunde wurden mögliche Veränderungen des Haushaltsfuhrparks erfasst. Forschungsleitende Frage war hier insbesondere, ob der Pedelec-Kauf und die Nutzung zu einer Reduktion des (motorisierten) Fuhrparks führen. Auf der Einstellungsebene zeigten die Teilnehmer eine vergleichsweise hohe Bereitschaft, auf mindestens ein Pkw im Haushalt zu verzichten (vgl. Kapitel 3.2.3.6). Sollte sich diese Einstellung auch auf der Verhaltensebene zeigen, also Pkw oder motorisierte Zweiräder im Projektverlauf tatsächlich abgeschafft worden sein, so wäre dies für die Gesamt-Ökobilanz ein zusätzlich positiver Effekt. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Bedeutung der ÖPNV-Nutzung (vgl. Kapitel 3.2.3.4) und den zu erwartenden sehr geringen Fallzahlen wurde auf die Untersuchung der An- oder Abschaffung von Zeit- / Monatskarten für den Regionalverkehr sowie von Bahn-Cards für den Fernverkehr verzichtet.

Von 240 Antwortenden haben sich im Verlauf der ersten Teilnahmemonate bei 26 Probanden (10,8 %) Änderungen des Haushaltsfuhrparks ergeben. Die meisten Angaben zur Änderung entfallen mit 4,6 % (11 Teilnehmer) auf die zusätzliche Anschaffung von einem oder mehreren Pedelec(s). Dabei wurden in zwei Fällen das / die bisher im Haushalt vorhandene/n Pedelec/s durch neue ersetzt. Bei vier der Neukäufe handelte es sich um S-Pedelecs. Die Neuanschaffung wurde dabei sowohl für die Eigennutzung (7 Fälle) als auch für den/die Partner/in getätigt (6 Fälle), wobei in zwei Fällen das neu angeschaffte Pedelec sowohl vom Teilnehmer als auch vom Partner genutzt werden sollte.

Bezüglich der An- / Abschaffung von Pkw im Haushalt gaben vier Probanden an sowohl Pkw an- als auch abgeschafft zu haben. Es ist davon auszugehen, dass in diesen Fällen der Haushaltsfuhrpark lediglich erneuert wurde ohne dass sich dadurch der zahlenmäßige Bestand des Fuhrparks geändert hat.

In der abschließenden Befragung wurde die bereits für T1 berichtete Zusammensetzung des Haushaltsfuhrparks erneut ermittelt (vgl. Kapitel 3.2.3.3). Die Abweichungen gegenüber der ersten Befragung sind in Abbildung 55 zu sehen. Insgesamt bleibt der Fahrzeugbestand in den Haushalten weitgehend stabil. Der Fahrrad- und Pkw-Bestand hat über alle Teilnehmer

betrachtet minimal abgenommen, wohingegen die Zahl der Pedelecs im Mittel leicht gestiegen ist. Bei den nicht aufgenommenen Verkehrsmitteln (Motorräder, Lkw bis 3,5 t und Sonstiges) ergaben sich keine bzw. äußerst marginale Unterschiede⁹⁸ im Vergleich der beiden Befragungszeitpunkte.

Zusätzlich wurden die Veränderungen des Haushaltsfuhrparks im Längsschnittdatensatz ($N = 83^{99}$) betrachtet, da nur in diesem eine eindeutige Aussage darüber möglich getroffen werden kann, dass die Veränderung nicht durch eine unterschiedliche Stichprobenszusammensetzung erklärbar ist. Die in den Querschnitten gefundenen Werte bestätigen sich in Höhe und Richtung weitgehend¹⁰⁰. Statistisch signifikant werden die gefundenen Differenzen nicht.

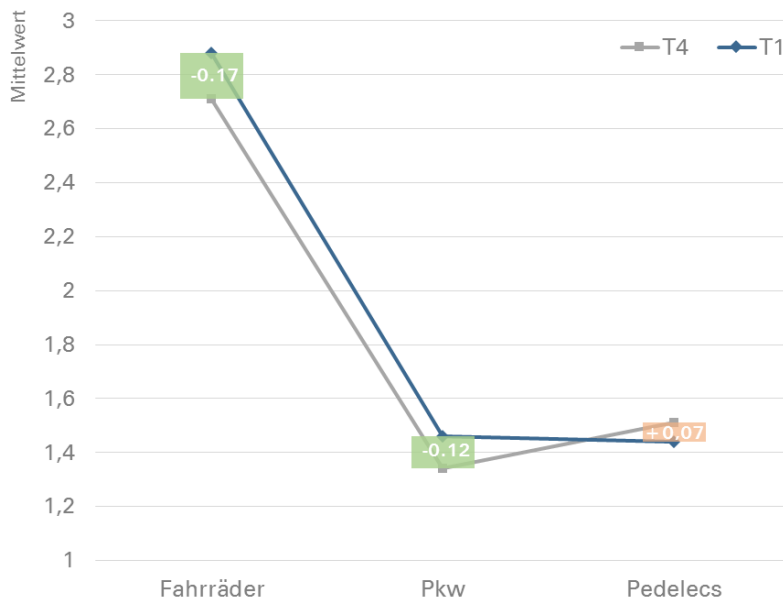


Abbildung 55: Abweichungen bei den Mittelwerten bezüglich der Anzahl an fahrbereiten Verkehrsmitteln im Haushalt ($N = 143$ (T4), $N = 344$ (T1))

Die Teilnehmenden wurden darüber hinaus um eine Einschätzung zu geplanten längerfristigen Veränderungen des Haushaltsfuhrparks gebeten. Von den 103 Antwortenden planen 70 (68 %) mittelfristig keine An- oder Abschaffung. Jeweils acht Personen (8 %) halten die Abschaffung

⁹⁸ Differenzen von maximal 0,02.

⁹⁹ Die Feldteilnehmer wurden zu diesem Punkt in den abschließenden Interviews befragt, weswegen von diesen keine quantitativen Daten gesondert erhoben wurden.

¹⁰⁰ Im Querschnitt besaßen die Teilnehmenden in T1 im Schnitt 2,64 Fahrräder, 1,44 Pedelecs und 1,26 Pkw und in T4 2,47 Fahrräder (- 0,17), 1,51 Pedelecs (+ 0,07) sowie 1,23 Pkw (- 0,03).

eines Pkw, die Anschaffung eines weiteren Pedelecs oder die Anschaffung eines Hybrid- oder Elektrokraftfahrzeuges für denkbar. Fünf Personen (5 %) planen die Anschaffung eines weiteren Pkw. Vier weitere Nennungen (4 %) entfallen auf sonstige An- oder Abschaffungen wie bspw. die Reduzierung des Fahrradbestandes. Interessant ist dabei – wie es auch das Eingangszitat zu diesem Abschnitt verdeutlicht – dass die Erfahrung mit dem Pedelec in einigen Fällen die Bereitschaft erhöht, auch bezüglich der Pkw-Nutzung auf Elektro- oder zumindest Hybrid-Antriebe zu setzen. Insgesamt sieht aber die große Mehrheit die Pedelec-Anschaffung nicht als ursächlich für Änderungen im Haushaltsfuhrpark. Lediglich 16 von 129 Antwortenden (14 %) führen die Ursache für Veränderungen im Fahrzeugbestand auf die Pedelec-Anschaffung zurück.

3.4.5. Veränderungen des Gesundheitszustands

„Also es könnte sich schon positiv auswirken. Es wirkt sich aber weniger so auf Leistung, Muskelkraft [oder] sonst etwas aus. Sondern eigentlich auf die Psyche. Es macht einfach uns Freude.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

Aufgrund der hohen Bedeutung, die die Teilnehmenden dem Nutzungsmotiv Bewegung bzw. Fitness beimessen (vgl. Kapitel 3.4.1.1), wurde in der letzten Erhebung nach möglichen positiven Einflüssen der Pedelec-Nutzung auf das eigene Wohlbefinden gefragt. Auf die Frage nach Verbesserungen des Gesundheitszustands durch die Pedelec-Nutzung in der letzten Befragung (Mehrfachnennungen möglich) berichten die Teilnehmer ($N = 86$) vor allem von mehr Beweglichkeit (36 %), mehr Ausdauer (44 %) und mehr Ausgeglichenheit (44 %). Eine Gewichtsreduktion tritt offenbar nur in wenigen Fällen ein (5 %). Daneben spielen auch die Reduktion von Herz- und/oder Kreislaufproblemen (11 %) sowie der Aufbau von Muskelmasse (16 %) eine Rolle¹⁰¹.

Dies zeigt sich auch in den freien Interviewäußerungen der Feldteilnehmer, wobei diese seltener Verbesserungen des (körperlichen) Gesundheitszustands beschreiben als die Online-Teilnehmer. Die Mehrheit berichtet jedoch ebenfalls von mehr Bewegung durch das Pedelec. Wie auch das Eingangszitat verdeutlicht, führt dies nicht unbedingt zu messbaren körperlichen

¹⁰¹ Werte bezogen auf die Angaben innerhalb des Längsschnittdatensatzes. Bei der Betrachtung des T4-Querschnitts liegen die Werte etwas über den Längsschnittwerten: Mehr Beweglichkeit (39 %, $N = 143$), mehr Ausdauer (46 %), mehr Ausgeglichenheit (52 %), weniger Herz- und/oder Kreislaufprobleme (15 %), mehr Muskelmasse (18 %), Gewichtsreduktion (8 %).

Veränderungen, aber das subjektive Wohlempfinden wird von vielen als verbessert beschrieben:

„Also was vielleicht ganz schön ist, ist vielleicht eher ein Einfluss auf den Gemütszustand: Morgens zur Arbeit zu fahren und [...] da dann eben noch mal bevor der Tag losgeht, so ein bisschen Ruhe zu haben und auch nicht im Bus sitzen zu müssen und sich das Gequatsche der anderen Leute anzuhören. Oder da im Stau zu stehen oder was auch immer. Sondern das ist mit dem Pedelec sehr viel angenehmer, sodass es eher so ein Einfluss ist auf [...] das Allgemeinbefinden aber nicht so sehr auf körperliche Fitness.“ (Interviewäußerung Feldteilnehmer)

In Äußerungen von Teilnehmern im Pedelection-Forum spiegelt sich wieder, dass Stressreduktion und körperliche Fitness durchaus auch einhergehen können:

„Die Hauptmotivation für die Anschaffung war Abbau von beruflichem Stress. Das hat hervorragend funktioniert und erheblich "Nebenwirkungen" hinterlassen. Mein Körpergewicht war blitzschnell auf Idealmarke. Einkäufe mache [ich] jetzt viel häufiger nebenbei, weil ich statt Umgehungsstraße durch den Ort fahre.“ (Äußerung eines Forenteilnehmers)

Innerhalb von Pedelection wurden die gesundheitlichen Auswirkungen der Pedelec-Nutzung nur am Rande miterfasst. Eine genauere Untersuchung von positiven Effekten der Pedelec-Nutzung auf den physischen und psychischen Gesundheitszustand bietet sich an (vgl. Kapitel 5.7).

3.5. Ökobilanzieller Verkehrsmittelvergleich

Die ökobilanzielle Einordnung der Pedelec-Mobilität im Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln ist zentrale Grundlage dieser Umweltbewertung. Erst auf dieser Grundlage können die Umweltentlastungspotenziale einer Verlagerung zuverlässig bestimmt werden. Im Feldtest wurden hierzu differenzierte Energieverbrauchsdaten erhoben, deren Validität und Bandbreite in einem ersten Schritt (Kapitel 3.5.1) analysiert wird. In einem zweiten Schritt werden aus den Verbrauchsdaten kilometerbezogen die entsprechenden Umweltwirkungen berechnet. Zusammen mit den Ergebnissen der Umweltbewertung von Herstellung und Entsorgung eines Pedelec werden schließlich die Umweltwirkungen über den gesamten Lebensweg eines Pedelecs (bezogen auf einen Kilometer) berechnet und den anderen Verkehrsmitteln gegenübergestellt (Kapitel 3.5.2).

3.5.1. Analyse des Energieverbrauchs von Pedelecs

Der elektrische Energieverbrauch eines Pedelecs hängt nicht nur von externen Faktoren wie Höhenprofil, Geschwindigkeit, Temperatur etc. ab, sondern auch von der gewählten Unterstützungsstufe. Entsprechend breit streut der durchschnittliche Energieverbrauch der Nutzer. Die Messungen liegen hier bis zu einem Faktor 10 auseinander (s. Abbildung 56), im Extremfall wurden Verbrauchswerte von unter 0,2 kWh/100km auf der einen Seite und bis 1,5 kWh/100km auf der anderen Seite gemessen. 50 % der gemessenen Werte liegen dabei zwischen 0,4 und 0,8 kWh pro 100 km. Im Durchschnitt über alle Messungen wurden 0,73 kWh/100 km verbraucht.

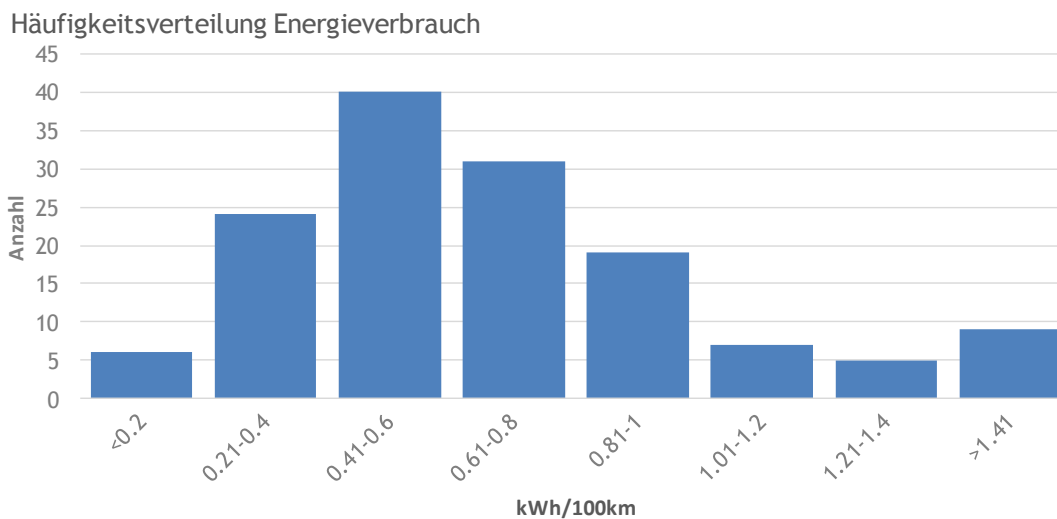


Abbildung 56: Verteilung des durchschnittlichen Energieverbrauchs.

Da die Daten zum Energieverbrauch durch die Nutzer separat mit Hilfe eines Energiemessgeräts beim Aufladen des Akkus und nicht direkt über den Bordcomputer des Pedelecs ermittelt wurden, unterliegen die Daten einer Reihe von Unsicherheiten und mussten daher zunächst gefiltert werden. Eine detaillierte Beschreibung dieser Unsicherheiten sowie weitere Informationen zu Eigenschaften des Ladevorgangs sind in Anhang E zu finden.

Gegenüber Stromverbrauchern, die direkt an das Netz angeschlossen sind, müssen bei Pedelecs (und natürlich auch Elektroautos) Stromverbrauch und Ladung nicht notwendigerweise zusammenfallen. Die Ladezeiten für Pedelecs weisen dabei eine deutliche Häufung in den Stunden des späten Nachmittags und frühen Abends auf. Dies deutet darauf hin, dass die Akkus schwerpunktmäßig nach Erledigung der täglichen Wege zu Hause aufgeladen werden. Auch in den Morgenstunden finden ab etwa 8 Uhr noch viele Ladevorgänge statt, die z. T. auch Ladungen am Arbeitsplatz sein könnten. Da Ladevorgänge allerdings nur in Zusammenhang mit dem Energiemessgerät dokumentiert werden konnten und davon auszugehen ist, dass nur einzelne Teilnehmer dieses Gerät mit sich führten, dürften die Ladevorgänge in erster Linie Ladevorgänge abbilden, die zuhause stattgefunden haben.

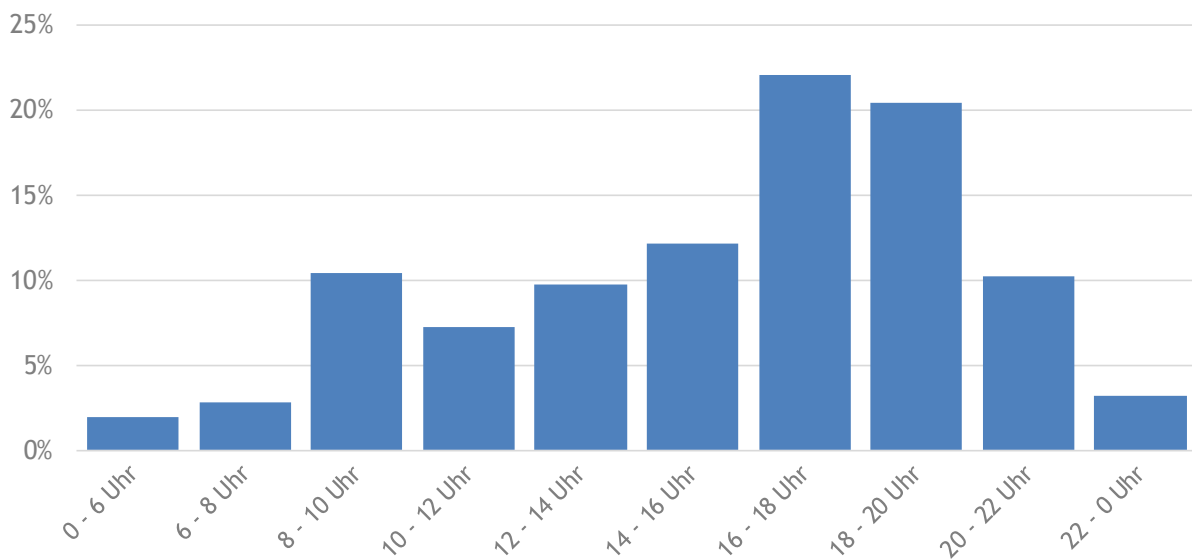


Abbildung 57: Verteilung der Ladestartzeiten für Pedelecs (N = 472)

3.5.2. Umweltbilanz über den Lebensweg

In der Umweltbilanz der verschiedenen Verkehrsmittel über den Lebensweg zeigt sich für die Treibhausgasemissionen¹⁰² (Abbildung 58), dass die Emissionen der Strombereitstellung beim Pedelec gegenüber den bei der Rad- und Batterieherstellung entstehenden CO₂-Emissionen gering sind. Die Bandbreite des Energieverbrauchs, die sich in der Praxis zeigt (s. vorangegangenes Kapitel) hat damit auf die Klimabewertung von Pedelecs im Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln nur einen geringen Einfluss. Bei den anderen motorisierten Verkehrsmitteln werden dagegen die CO₂-Emissionen auch in einer Lebenswegbetrachtung vor allem durch den Energieverbrauch der Nutzung bestimmt.

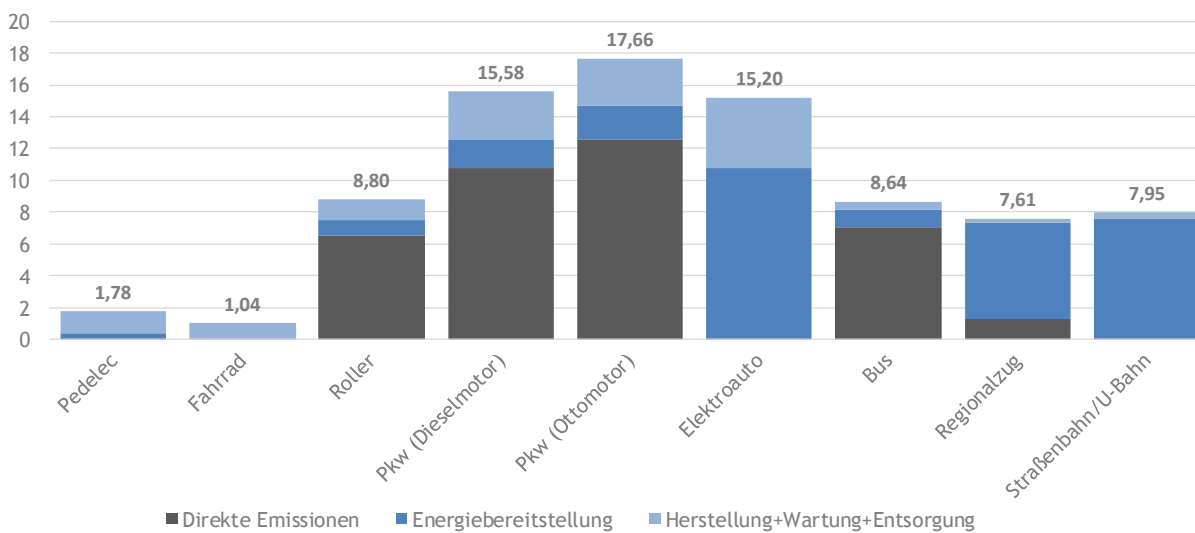
Fahrrad und Pedelec sind im Verkehrsmittelvergleich mit den weitaus geringsten Klimawirkungen verbunden. Diese sind zwar bei den Pedelecs höher als beim Fahrrad, der Unterschied geht jedoch weniger auf den Energieverbrauch für die Tretunterstützung, sondern vor allem auf die Pedelec-Herstellung (inklusive Akku) zurück. Insgesamt liegt die Klimawirkung bei ca. 18 Gramm pro Personenkilometer. Bei einem konventionellen Motorroller liegt die Klimawirkung dagegen mit etwa 80 Gramm pro Personenkilometer fast fünf Mal höher. Auch mit der Nutzung urbaner öffentlicher Verkehrsmittel (Bus, Straßen- und U-Bahnen sowie Regionalzügen) sind ähnliche Klimawirkungen von im Durchschnitt um die 80 Gramm pro Personenkilometer verbunden. Damit hat das Pedelec auch gegenüber den öffentlichen Verkehrsmitteln das Potenzial, die Klimabilanz zu verbessern. Noch deutlicher ist der Klimavorteil gegenüber dem Pkw, der mit einer durchschnittlichen Klimawirkung von 150 Gramm (mittlerer Diesel-Pkw) bis 170 Gramm (mittlerer Otto-Pkw) CO₂-Äquivalenten pro Personenkilometer zu Buche schlägt. Auch bei Elektroautos sieht die Bilanz bei Nutzung des heutigen deutschen Strommix mit fast 150 Gramm pro Personenkilometer nicht deutlich besser aus als bei einem Diesel-Pkw. Beim Energieeinsatz zeigt sich in der Tendenz ein sehr ähnliches Bild wie bei der Klimawirkung (untere Grafik, Abbildung 58).

Insgesamt wird damit deutlich, dass Pedelecs ein erhebliches Potenzial zur Klimaentlastung und Senkung des Energieverbrauchs haben, da der Energieeinsatz und die Klimawirkung pro Personenkilometer nur einen Bruchteil des Energieeinsatzes und der Klimawirkung anderer

¹⁰² Treibhausgasemissionen werden über die Einheit der CO₂-Äquivalente abgebildet. Dabei sind die relevanten Klimagase CO₂, Methan und Lachgas auf eine CO₂ Maßzahl normiert.

motorisierter Verkehrsmittel ausmacht. Allein gegenüber dem Fahrrad und natürlich dem Fußverkehr entsteht ein Energie- und Klimanachteil. Dieser fällt jedoch wesentlich geringer aus als der Vorteil gegenüber den anderen motorisierten Verkehrsmitteln. Das Pedelec als ein verhältnismäßig neues Element im Mobilitätsangebot kann damit also auch dann eine insgesamt positive Energie- und Klimabilanz aufweisen, wenn nur in geringem Umfang Fahrleistungen mit anderen Verkehrsmitteln substituiert werden. Damit kommt der Frage nach den Verlagerungseffekten in dieser Studie eine zentrale Bedeutung zu; diese werden in Kapitel 3.6.2 betrachtet.

kg CO₂-eq. pro 100 pkm



MJ pro 100 pkm

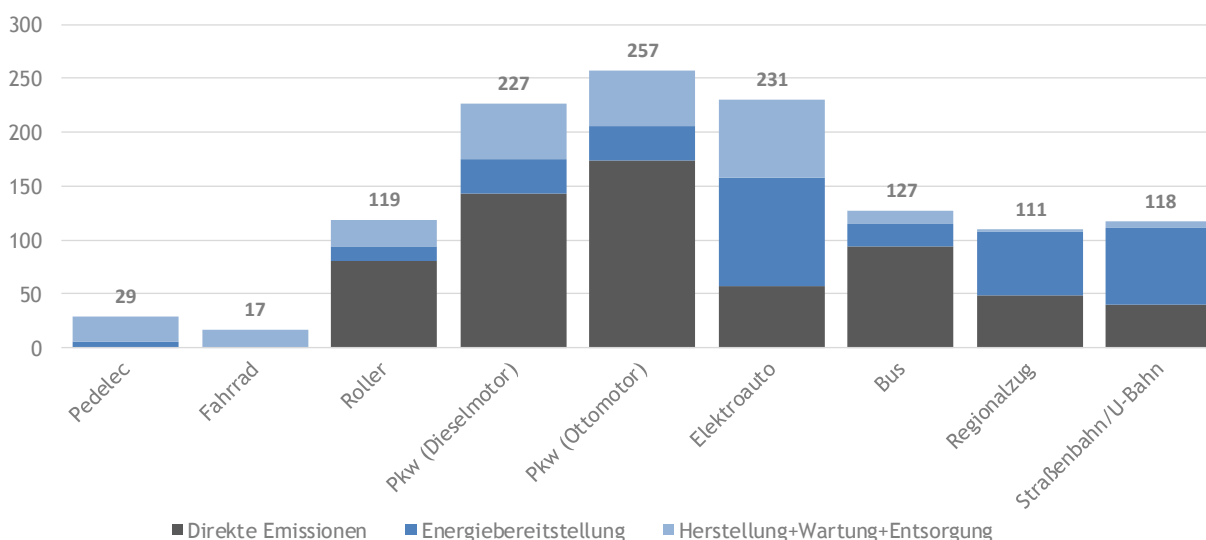
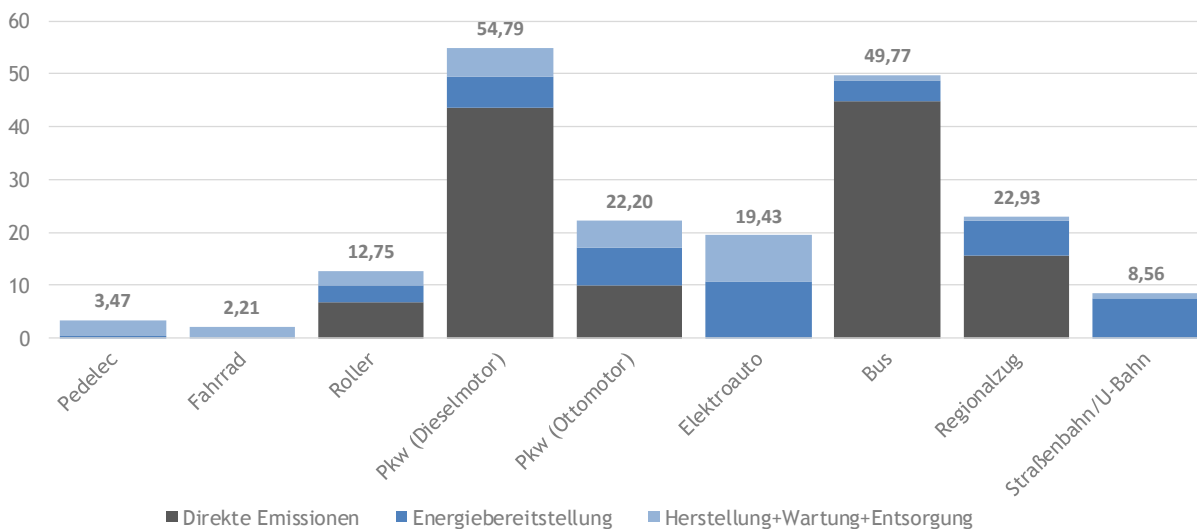


Abbildung 58: Klimawirkung und Energieeinsatz verschiedener Verkehrsmittel über den Lebensweg; deutscher Strommix (verschiedene Quellen, s. Kapitel 2.2.8)

Bei den im Rahmen der Luftreinhaltung schwerpunktmäßig diskutierten NOx- und Partikelemissionen zeigt sich ebenfalls eine günstige Bilanz des Pedelecs. Hier spielen vor allem die direkt in dicht bevölkerten Gebieten emittierten Auspuffemissionen (schwarzer Balken in Abbildung 59) eine wichtige Rolle. Pedelecs und Elektroautos fahren hier – wie auch elektrifizierte Straßen-, Stadt- und U-Bahnen – im Stadtgebiet emissionsfrei. Hohe direkte NOx-Emissionen werden dagegen vor allem von Diesel-Pkw und Dieselnissen verursacht. Bei der Partikelbelastung spielen auch konventionelle Motorroller eine wichtige Rolle. Während die NOx-Emissionen vom direkten Auspuffbeitrag dominiert werden, trägt beim Feinstaub auch die Fahrzeugherstellung stark zur gesamten Partikelbelastung über den Lebensweg bei. Dieser Beitrag ist insbesondere durch die Stahlherstellung getrieben, die allerdings häufig in weniger dicht besiedelten Gebieten stattfindet. Für eine differenzierte Analyse der Gesundheitsgefährdung wäre jedoch eine ökobilanzielle End-Point-Analyse bzw. eine umfassende Risikoanalyse notwendig, die den Rahmen dieser Studie übersteigt.

g NOx pro 100 pkm



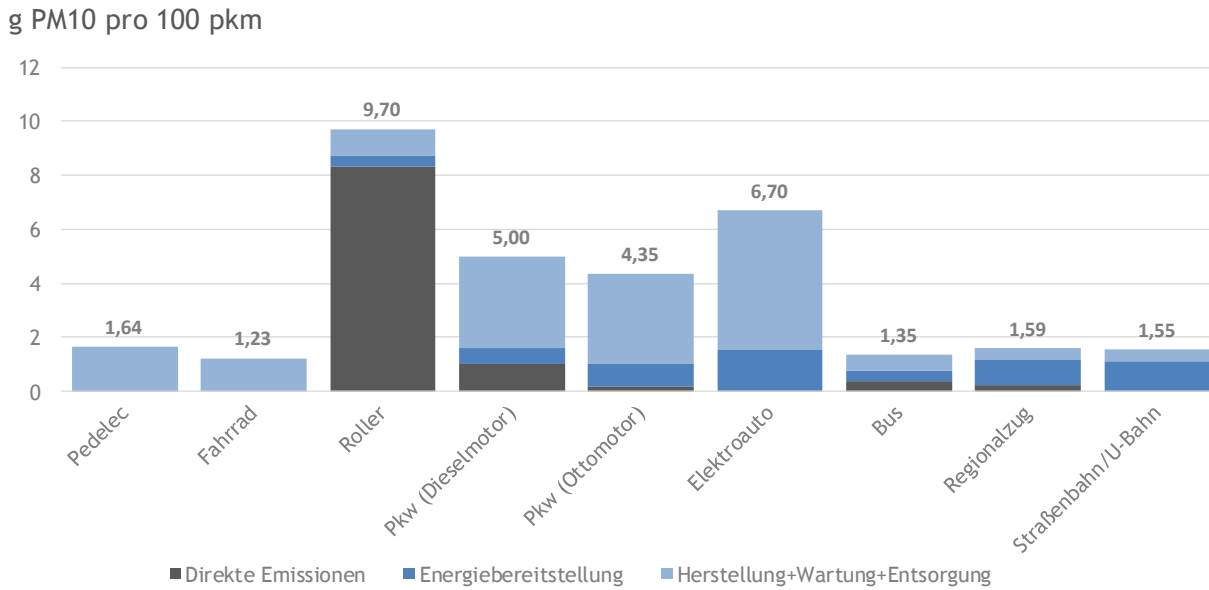


Abbildung 59: NOx und Partikelemissionen verschiedener Verkehrsmittel über den Lebensweg; deutscher Strommix (verschiedene Quellen, s. Kapitel 2.2.8)

Die Emissionen von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen wurden bei Otto-Pkw bereits deutlich reduziert und entstehen heute vor allem bei konventionellen Motorrollern. Der Grund für den vergleichsweise hohen Beitrag des Rollers liegt in der schwachen Regulierung der Fahrzeugemissionen von motorisierten Zweirädern. Hier bestand bisher keine dringende Notwendigkeit, da Zweiräder im motorisierten Individualverkehr eine untergeordnete Rolle spielen. Pedelecs (und auch E-Roller) bieten das Potenzial, diese Emissionen zukünftig vollständig zu vermeiden.

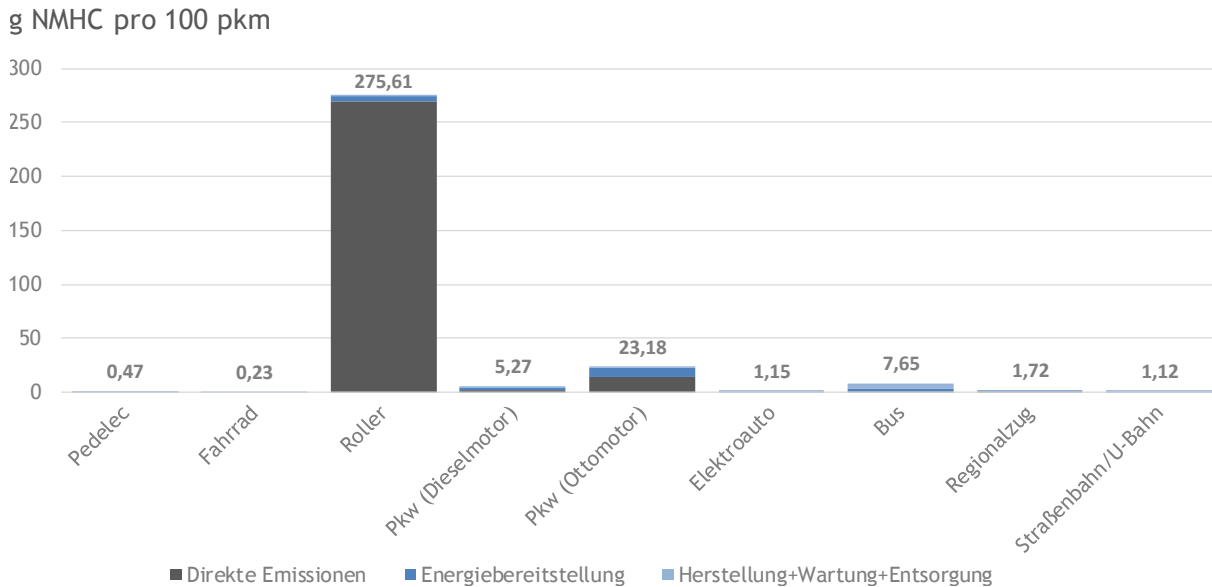


Abbildung 60: Emissionen nicht-methaner Kohlenwasserstoffe verschiedener Verkehrsmittel über den Lebensweg; deutscher Strommix (verschiedene Quellen, s. Kapitel 2.2.8)

3.5.3. Sensitivitäten der Klimabilanz von Pedelecs

Die Umweltbilanz von Fahrzeugen hängt stark von den Rahmen- und Nutzungsbedingungen ab. Der Umweltvergleich im vorangegangenen Kapitel setzt hier Durchschnittswerte für die Fahrzeuge an, die jedoch in der realen Nutzung eine hohe Variabilität aufweisen. Daher werden in diesem Abschnitt verschiedene Sensitivitäten der Umweltbilanz von Pedelecs aufgezeigt; berücksichtigt werden die Bandbreite des Energieverbrauchs und der Fahrleistung sowie die Akkunutzung und mögliche Auswirkungen eines Akkurecyclings.

3.5.3.1. Sensitivität bezüglich des Energieverbrauchs

In der Durchschnittsbetrachtung hat sich gezeigt, dass der mittlere Stromverbrauch der Pedelec-Nutzung von 7 Wh pro km bei Ladung des Akkus mit heutigem deutschen Strommix nur in geringem Umfang zur Klimabilanz der Pedelec-Nutzung beiträgt. Die Bandbreite beim Stromverbrauch ist jedoch erheblich und reicht von einem Verbrauch nahe null (d. h., das Pedelec wird quasi als Fahrrad genutzt) bis zu fast 15 Wh/km. Um bei der Sensitivitätsbetrachtung in Abbildung 61 Extremfälle auszuschließen, wird nur der Wertebereich mit einer Häufigkeit im Rahmen des 0,25- und 0,75-Quantils berücksichtigt. Dies entspricht einem Energieverbrauch zwischen 4 Wh pro km und 8 Wh pro km, der obere Wert liegt damit bereits recht nah am Mittelwert.

Daher ergibt sich auch bei relativ hohen Energieverbräuchen kein wesentlicher Einfluss der Nutzungsphase auf die Klimabilanz des Pedelecs. Nahezu komplett vermeiden lässt sich die mit dem Energieverbrauch zusammenhängende Klimawirkung bei Ladung mit Strom aus erneuerbaren Energien. Die gesamte Klimabilanz reduziert sich dadurch jedoch nur geringfügig.

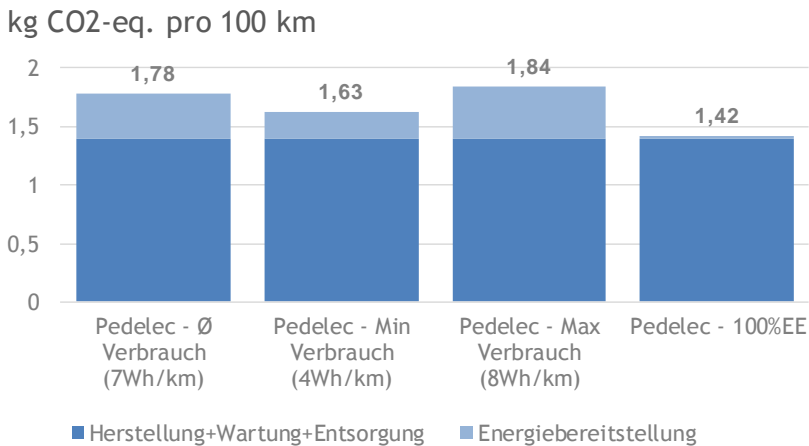


Abbildung 61: Klimabilanz Pedelec – Sensitivität Energieverbrauch

3.5.3.2. Sensitivität bezüglich der Fahrleistung

Dominiert wird die Klimabilanz – auch unter Berücksichtigung eines hohen Energieverbrauchs bei der Nutzung – von der Pedelec-Herstellung und Entsorgung. Dieser Teil der Klimawirkung ist dabei unabhängig von der Nutzung des Pedelecs und fällt nur einmal zu Beginn des Lebenswegs an (bzw. zusätzlich bei einem eventuellen Batteriewechsel). Die Klimawirkung pro gefahrenen Kilometer hängt damit stark von der mit dem Pedelec gefahrenen Strecke (der Fahrleistung) ab, auf die die Herstellungsemissionen „abgeschrieben“ werden. Aus der Probandenbefragung ergibt sich eine mittlere Jahresfahrleistung von 2.500 km (s. Kapitel 3.2.3.5). Als Lebensfahrleistung wird in (Ecoinvent, 2008) von 15.000 km ausgegangen; dies würde somit einer Lebensdauer von 6 Jahren entsprechen, was vor dem Hintergrund der Händlerbefragung (s. Kap. 3.1.1.3) als realistisch angesehen wird.

Die Bandbreite der Selbsteinschätzung ist jedoch groß und liegt zwischen 150 km und nahezu 10.000 km jährlich. Im Rahmen des 25 % und 75 % Perzentils ergibt sich eine Bandbreite von 1.000 km und 3.500 km die wir als obere und untere Werte der Sensitivätsbetrachtung zugrunde legen. Die Lebensfahrleistung liegt über 6 Jahre damit zwischen 6.000 km und 21.000 km (s. Tabelle 19).

Tabelle 19: Bandbreite der Jahres- und Lebensfahrleistung für Pedelecs

Szenario	Jahresfahrleistung (Kilometer)	Lebensfahrleistung (Kilometer)	Lebensdauer (Jahre)
Pedelec – Basis	2.500	15.000	6
Pedelec – hohe FL	3.500	21.000	6
Pedelec – geringe FL	1.000	6.000	6

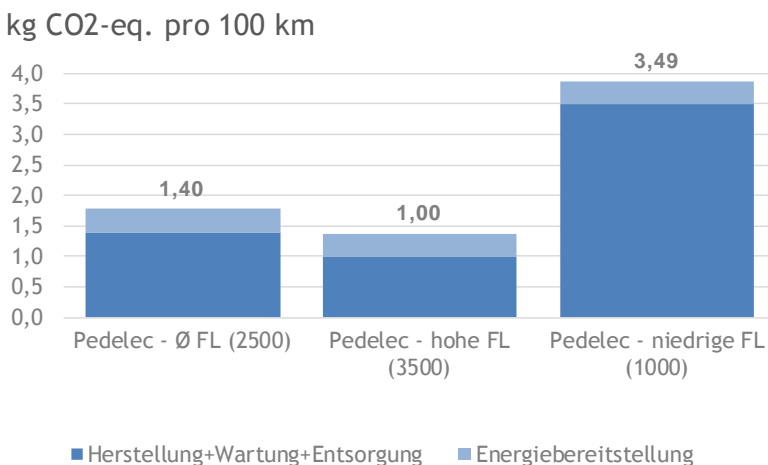


Abbildung 62: Klimabilanz Pedelec – Sensitivität Jahresfahrleistung

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass die Fahrleistung einen entscheidenden Einfluss auf die Umweltlasten eines Pedelecs hat. Nach der durchschnittlichen Fahrleistung im Feldtest verursacht die Herstellungsphase knapp 80 % der Klimawirkung über den Lebensweg. Selbst das Szenario mit einer hohen Fahrleistung kann diesen Anteil nur auf 72 % reduzieren. Eine niedrige Fahrleistung, wie sie bspw. für eine ausschließliche Freizeitnutzung (wenige Radtouren im Jahr) typisch ist, kann den Anteil der Herstellungslasten auf bis zu 90 % erhöhen. Die Klimawirkung des Pedelecs liegt jedoch auch dann noch bei nur etwa einem Viertel der Klimawirkung von Pkw und ist nur halb so groß wie im öffentlichen Verkehr.

Die Klimabilanz der Pedelec-Nutzung kann also vor allem durch intensive Nutzung (z. B. für den täglichen Arbeitsweg) noch einmal verbessert werden.

3.5.3.3. Sensitivität bezüglich der Akkunutzung

Die höhere Klimawirkung der Pedelec-Herstellung gegenüber dem konventionellen Fahrrad geht überwiegend auf den Akku zurück. In Abbildung 63 sieht man, dass bereits ein Akku mit

einer Kapazität von 300 Wh einen Beitrag von 16 % zu den Treibhausgasemissionen der Herstellung des Pedelecs hat, während die Herstellungsemissionen des Pedelecs insgesamt etwa 35 % über dem eines konventionellen Fahrrads liegen. Im Feldtest betrug die durchschnittliche Akkugröße sogar rund 370 Wh (vgl. Kapitel 3.3.3). Zudem werden von einigen Nutzern zwei (oder gar drei) Batterien eingesetzt, um die Reichweite zu verlängern oder die Ladezeiten zu überbrücken. In diesem Fall erhöht der Herstellungsaufwand der zusätzlichen Batterie(n) die Klimawirkung der Pedelec-Nutzung noch einmal (um 16 % für den Fall einer zweiten Batterie). Um diese zusätzlichen Emissionen über die Nutzung abzuschreiben, wäre eine um 12 % höhere Fahrleistung (300 zusätzliche Kilometer pro Jahr) notwendig, die durch die zweite Batterie jedoch auch komfortabler zu erreichen wäre.

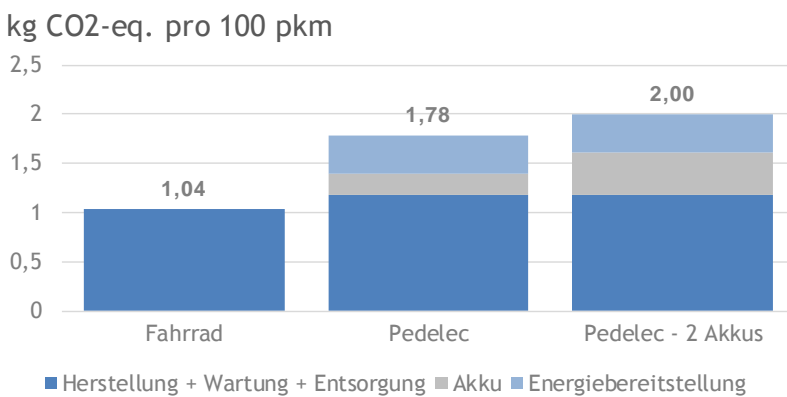


Abbildung 63: Klimabilanz Pedelec – Sensitivität Anzahl genutzter Batterien

13 % der Teilnehmer gaben an, einen solchen Ersatzakku zu besitzen. Die durchschnittliche Fahrleistung im Jahr 2013 beträgt für Teilnehmer mit mehr als einem Akku 3.221 km (*Min* = 800 km, *Max* = 20.000 km, *SD* = 4.182 km, *N* = 21) und fällt damit höher aus als die durchschnittliche Fahrleistung der Teilnehmer mit nur einem Akku (*M* = 2.515 km, *Min* = 150 km, *Max* = 9.749 km, *SD* = 2.079,13, *N* = 121)¹⁰³.

Die meisten Hersteller geben auf ihre Batterien eine Garantie zwischen 500 und 1000 Vollzyklen (Zedler, 2014). Bei durchschnittlicher Batteriegröße (370 Wh) und Verbrauch (7 Wh/km) erlauben selbst 500 Vollzyklen eine Fahrleistung von etwa 25.000 km, was weit über das für ein Pedelec realistisch Erwartbare hinausgeht (vgl. Kapitel 3.5.3.2). Dennoch können Pedelec-

¹⁰³ Statistisch signifikant wird dieser Unterschied nicht ($t(147) = 1,44, p = .152$), was vermutlich auch auf die geringe Stichprobengröße zurückzuführen ist.

Batterien unter bestimmten Bedingungen auch vor Erreichen dieser Zyklenzahl so stark an Kapazität verlieren, dass sie ausgetauscht werden müssen. Dies kann in erster Linie durch unsachgemäße Handhabung geschehen (z. B. längere Lagerung im völlig entleerten oder voll aufgeladenen Zustand bzw. Lagerung bei sehr hohen Temperaturen). Nach Einschätzung von Experten des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF) in Darmstadt spielt beim Verschleiß von Pedelec-Batterien zudem die mechanische Belastung (Erschütterungen) eine Rolle, da Pedelecs in der Regel weniger gut gefedert sind als bspw. Autos (Debes, 2015).

Laut Händlerbefragung tendieren einige Kunden schon bei der Anschaffung des Pedelec zu einem Vorratskauf, da wegen fehlender Standardisierung die Gefahr besteht, dass ein spezifisches Akkumodell nach wenigen Jahren nicht mehr erhältlich ist. Nachteilig wirkt sich dabei jedoch die kalendarische Alterung des Akkus aus, da die chemische Degradation im Lithium-Ionen-Akku auch bei Nichtnutzung zu einem sukzessiven Kapazitätsverlust führt. Wird ein Ersatzakku nicht aus betrieblichen Gründen benötigt, ist es daher sinnvoller, einen weiteren Akku erst dann anzuschaffen, wenn der verwendete Akku den täglichen Anforderungen nicht mehr genügt. Die fehlende Standardisierung und die zum Teil langen Lagerungszeiten von Akkus bis zum Verkauf wirken diesem Nutzerverhalten aktuell noch entgegen.

Ein zweiter Akku führt nicht nur zu höheren Umweltlasten, sondern erhöht auch die Gesamtkosten der Pedelec-Nutzung. Da der Lithium-Ionen-Akku die teuerste Komponente des Pedelecs ist, steigen die Kosten für ein Pedelec über den Lebensweg mit einem Ersatzakku deutlich an. In der Literatur werden Preise von 400 bis 800 Euro für einen Ersatzakku angegeben (ExtraEnergy, 2014; Rudolph, 2014), was bei einem Grundpreis von 2.500 € einer Erhöhung der Pedelec-Kosten von bis zu etwa einem Drittel entspricht.

3.5.4. Exkurs: Herstellung und Recycling von Lithium-Ionen-Batterien

Die Klimawirkung der Pedelec-Nutzung wird durch die Herstellungsphase dominiert und unterscheidet sich hier vom konventionellen Fahrrad vor allem durch die Batterie. Mögliche Stellschrauben zur Verbesserung der Umweltbilanz von Pedelecs sind daher effizientere Prozesse bei der Batterieherstellung, eine Erhöhung der Energiedichte der Batterien (sodass weniger Batteriematerial benötigt wird) und ein konsequentes Recycling der wesentlichen Zellmaterialien.

Pedelects verwenden im Allgemeinen die üblichen Lithium-Ionen-Zelltypen, die auch in der Unterhaltungselektronik (Notebooks, Handys, etc.) eingesetzt werden. Tabelle 20 gibt einen Überblick über die gängigen verwendeten Materialien in Lithium-Ionen-Zellen. Da keine Angaben vorliegen, welche Zelltypen insbesondere bei Pedelects zum Einsatz kommen, wird davon ausgegangen, dass Pedelect-Akkus aus einem Mix der in Tabelle 20 beschriebenen Materialien bestehen (Schweizer Bundesamt für Energie, 2013, S. 136). Die größte Bandbreite ergibt sich für das verwendete Aktivmaterial der Kathode. Aus Kostengründen könnte man annehmen, dass insbesondere Lithium-Eisenphosphat (LFP) und Lithium-Manganoxid (LMO) Kathoden zum Einsatz kommen. Diese Annahme lässt sich allerdings mit den verfügbaren Daten nicht verifizieren, da in den Pedelect-Datenblättern fast ausschließlich nur die Oberkategorie „Lithium-Ion Akku“ angegeben wird und selten die spezifische Zellchemie.

Tabelle 20: Übersicht verwendeter Materialien in typischen Lithium-Ionen Zellen

Akkukomponente	Material	Anmerkung
Elektrolyt	Lithiumhexafluorophosphat	
Anode (Aktivmaterial)	Graphit	Mit Kupferplatte als Anodenstromabnehmer
Kathode (Aktivmaterial)	Lithium-Eisenphosphat (LFP)	Preiswert, stabil, geringe Energiedichte
	Lithium Kobaltoxid (LCO)	Teuer, hohe Energiedichte
	Lithium Manganoxid (LMO)	Preiswert, stabil, geringe Energiedichte
	Lithium Nickel-Mangan-Kobaltoxid (NMC)	Teuer, hohe Energiedichte
	Lithium Nickel-Kobalt-Aluminiumoxid (NCA)	Teuer, hohe Energiedichte
Stromabnehmer Elektroden	Aluminium (Kathode)	
	Kupfer (Anode)	
Zell-Gehäuse	Stahl/Aluminium	Hauptsächlich Rundzellen und prismatische Zellen

Lithium-Ionen-Batterien befinden sich nach wie vor in einer sehr dynamischen technischen Entwicklungsphase. Bei Automotive-Batterien haben die Forschungsadministrationen bedeutender Batterieproduzenten Steigerungen der Energiedichte von im Mittel etwa 50 % bis zum Jahr 2020 als Ziel vorgegeben (ISI, 2012); zudem wird intensiv am Verständnis der Alterungsvorgänge in Batterien geforscht, um diese durch neue Materialien und Verfahren zu verlangsamen. In gewissem Umfang können von diesen Forschungsanstrengungen sicher auch die kleinformatischen Pedelect-Batterien profitieren, weswegen die Umweltlasten der Pedelect-

Batterieherstellung perspektivisch tendenziell sinken dürften und das Thema Haltbarkeit der Akkus an Bedeutung verlieren dürfte, was wiederum eine weitere Marktdurchdringung befördern dürfte.

Bezüglich des Batterierecyclings macht die EU-Richtlinie 2006/66/EG die Vorgabe, dass seit September 2009 „die Hersteller oder Dritte Systeme für die Behandlung und das Recycling von Altbatterien und -akkumulatoren einrichten und hierbei die besten verfügbaren Techniken im Sinne des Schutzes der Gesundheit und der Umwelt einsetzen“. Zudem müssen ab September 2011 bestimmte stoffliche Verwertungsquoten eingehalten werden – für Lithium-Ionen-Batterien sind dies 50 % ihres durchschnittlichen Gewichts. Das Batteriegesetz schränkt die Pflicht zur Nutzung der besten verfügbaren Verwertungstechniken auf die Nutzung des „wirtschaftlich zumutbaren“ ein. Die Berichterstattung des BMUB für das Jahr 2013 weist bei den „sonstigen“ Batterien, die zum großen Teil Lithium-Ionen-Batterien sein dürften, eine Sammelquote von 39 % und eine Recyclingeffizienz von 65 % aus (BMUB, 2014).

Die Auswirkungen von Recyclingverfahren für Lithium-Ionen-Akkus wurden bisher vor allem für Elektroauto-Akkus untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass es von der Zellchemie abhängt, inwiefern die Umweltbilanz durch Recycling verbessert werden kann. In heutigen industriellen Akkurecyclingverfahren werden insbesondere die teuren Metalle Kupfer, Nickel und Kobalt zurückgewonnen. Da Lithium-Ionen-Akkus relevante Mengen dieser Metalle aufweisen, ist die Rückgewinnung besonders im Fall von Nickel und Kobalt in vielen Fällen rentabel. Aktuell werden hydrometallurgische¹⁰⁴ und pyrometallurgische¹⁰⁵ Recyclingverfahren eingesetzt (B. Friedrich, Vest, Georgi-Maschler, & Wang, 2013), wobei sich bisher der pyrometallurgische Prozess im industriellen Maßstab etabliert hat. Hier werden zunächst das Gehäuse und das Batteriemanagementsystem mechanisch abgetrennt und das Zellmaterial im Schachtofen verbrannt. Hierbei können Nickel, Kupfer und Kobalt zu deutlich über 50 % zurückgewonnen werden. Das in den Akkus enthaltene Lithium gelangt aktuell in die Prozessschlacke und wird mit den restlichen Schlackenmineralien an die Industrie weitergegeben (Treffer, 2013). Zurück in die Prozesskette der Batterieherstellung gelangt diese Schlacke jedoch nicht.

¹⁰⁴ Nasschemische Prozesse bei niedrigen Temperaturen.

¹⁰⁵ Einsatz von Schmelzaggagaten bei hohen Temperaturen.

Der Einfluss eines Zellrecyclings auf die Herstellungsbilanz von Akkus für Elektro-Pkw wurde vom ifeu (2014b) untersucht. Dabei zeigte sich, dass das heute praktizierte pyrometallurgische Zellrecycling von Nickel und Kobalt auf die Klimabilanz von Elektrofahrzeugen keinen wesentlichen Einfluss hat, da zwar einerseits Treibhausgasemissionen bei Abbau und Raffination der Primärmetalle vermieden werden, andererseits durch die Verbrennung der Zellen (insbesondere des Kohlenstoffs im Anodengraphit) hohe CO₂-Emissionen entstehen. Eine deutliche Verbesserung zeigt sich für NMC und NCA-Zellen jedoch bei anderen Umweltwirkungskategorien, insbesondere bei der Versauerungswirkung¹⁰⁶ und beim Sommersmog-Potenzial¹⁰⁷. Relevante Verbesserungen sind für NMC und NCA-Zellen auch bei der Eutrophierungswirkung¹⁰⁸ und bei Feinstaubemissionen zu verzeichnen. Bei LFP-Zellen sind diese Verbesserungspotenziale jedoch weitaus geringer, da Kobalt und Nickel nicht im Aktivmaterial verwendet werden und demzufolge auch nicht wiedergewonnen werden können.

Derzeit zielen industrielle Recyclingverfahren von Lithium-Ionen Akkus nur auf die mechanisch abzutrennenden Materialien und die Aktivmaterialkomponenten Nickel und Kobalt ab. Eine Rückgewinnung von Lithium erfolgte bislang nur im Labormaßstab (Öko-Institut, 2011). Eine umfangreiche Lithium-Rückgewinnung sowie weitere Effizienzverbesserungen stellen wesentliche Herausforderungen für das zukünftige Akkurecycling dar und bergen gleichzeitig erhebliches Potenzial, den Einsatz von Primärmaterial in Akkusystemen zu reduzieren.

3.6. Auswertung der Wegeprotokoll-, Fahr- und Ladedaten

3.6.1. Allgemeine Mobilitätsmuster

Zur Ermittlung des tatsächlichen Mobilitätsverhaltens der Pedelec-Nutzer wurden die Wegeprotokolldaten und die GPS-Datensätze (vgl. Kapitel 2.3.1 und 2.3.3) ausgewertet. Aufgrund von Ungenauigkeiten bei der Aufzeichnung der GPS-Wege konnten die Datensätze nur unzureichend zusammengeführt werden. Daher wurde für die Auswertung der Wegelänge und Fahrdauer der Wegeprotokolldatensatz verwendet und bei der Betrachtung der Fahrtgeschwindigkeit auf die GPS-Daten zurückgegriffen.

¹⁰⁶ Vermehrter Säureeintrag vor allem durch SO₂ und NO_x. Bewirkt pH-Wert Senkung in Boden und Gewässer.

¹⁰⁷ Eintrag schädlicher Spurengase, wie z. B. Stickoxid und Kohlenwasserstoff, die in Verbindung mit UV-Strahlung zur Bildung von bodennahem Ozon führen.

¹⁰⁸ Vermehrter Eintrag von Nährstoffen in Böden und Gewässer. Bewirkt Verringerung der Artenvielfalt auf Böden und in Gewässern.

3.6.1.1. Wegelänge und Fahrdauer

Die Motorisierung des Pedelecs ermöglicht größere Wegelängen und/oder kürzere Fahrdauern gegenüber dem konventionellen Fahrrad. Die durchschnittliche Wegelänge eines Pedelecs liegt bei 11,4 km und die durchschnittliche Fahrdauer bei 49 Minuten. Tabelle 21 stellt diese Werte den Durchschnittswerten von Fahrrad und Auto im Feldtest gegenüber. Daraus ist ersichtlich, dass in Bezug auf die Wegelänge das Pedelec noch näher am Fahrrad liegt als am Auto. Die Fahrdauer zeigt ein anderes Bild: Hier ist die durchschnittliche Fahrdauer sowohl gegenüber Fahrrad als auch Pkw höher. Dies ist zum einen auf die Erhebungsmethodik der Daten zurückzuführen und zum anderen auf die starke Nutzung des Pedelecs als Freizeitverkehrsmittel:

- Wege wurden nach 30 Minuten Stillstand als separat betrachtet. Kürzere Stillstandzeiten sind somit als Pausen in den einzelnen Wegen enthalten.
- Weiterhin enthält der Datensatz auch Urlaubswege, die mit hohen Fahrleistungen und Fahrdauern verbunden sind. Diese Effekte führen dazu, dass die Durchschnittswerte im Vergleich zur Studie „Mobilität in Deutschland“ ca. um das Doppelte höher liegen (vgl. Follmer u. a., 2010, S. 57).

Tabelle 21: Durchschnittliche Wegelängen und Fahrdauern im Feldtest

	Pedelec	Fahrrad	Auto
Wegelänge (km)	11,4	7,1	26,5
Fahrdauer (min)	49	38	42

Die Häufigkeitsverteilung der Wegelängen und Fahrdauer zeigt, dass 90 % aller Fahrten unter 26 km und 120 Minuten liegen (vgl. Abbildung 64). 50 % aller Wege sind dabei mit unter 8 km und 30 Minuten auch deutlich kürzer. Die Häufigkeitsverteilung der Wegelängen zeigt einen eindeutigen Höhepunkt bei vier Kilometern, danach nimmt die Verteilung gleichmäßig ab. Das Verteilungsmaximum bei den Fahrdauern liegt zwischen 20 und 30 Minuten, danach erfolgt ein weniger gleichmäßiger Abfall der Häufigkeitsverteilung mit zwei großen Sprüngen.

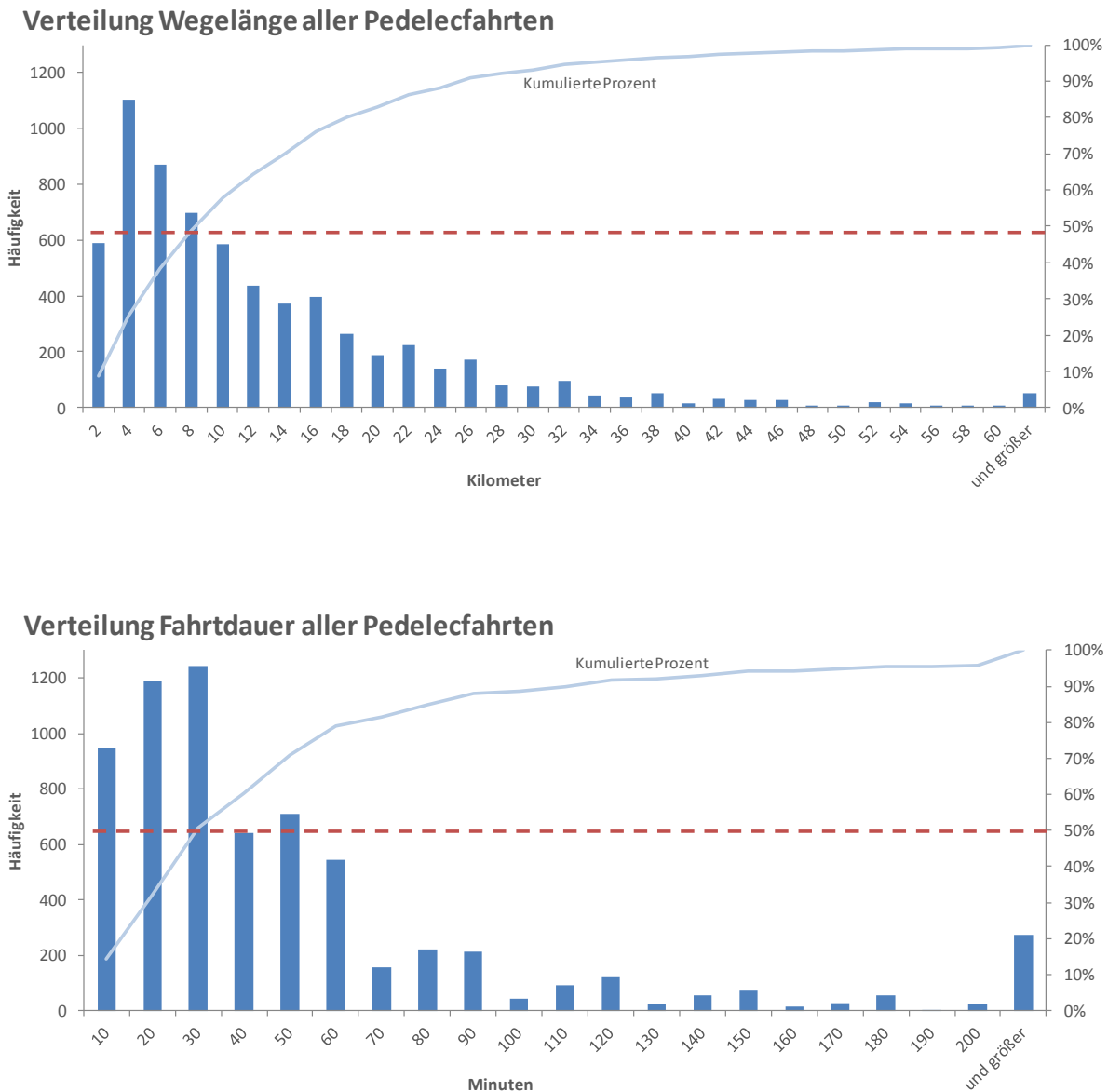


Abbildung 64: Verteilung der Fahrtstrecke und der Fahrtdauer aller Pedelec-Wege

3.6.1.2. Hauptzweck der Fahrtstrecke

Im Rahmen des Feldtests waren 38 % aller Fahrten Wege zum/vom Arbeitsplatz und zusammen mit anderen beruflichen Fahrten entfallen auf den Hauptzweck „Arbeit“ 40 % aller Fahrten (vgl. Abbildung 65). Pendelstrecken sind damit trotz des Durchschnittsalter der Stichprobe von 55,6 Jahre (vgl. Kapitel 3.2.2.1) gut repräsentiert. Gegenüber Ergebnissen der Studie „Mobilität in Deutschland“ (MiD) liegt der Anteil der berufsbedingten Fahrten damit sogar überdurchschnittlich hoch (vgl. Abbildung 66), da nach MiD nur 35 % aller Wege (zurückgelegt von Fahrern eines Pkw) dem Zweck „Arbeit“ dienen (Follmer u. a., 2010).

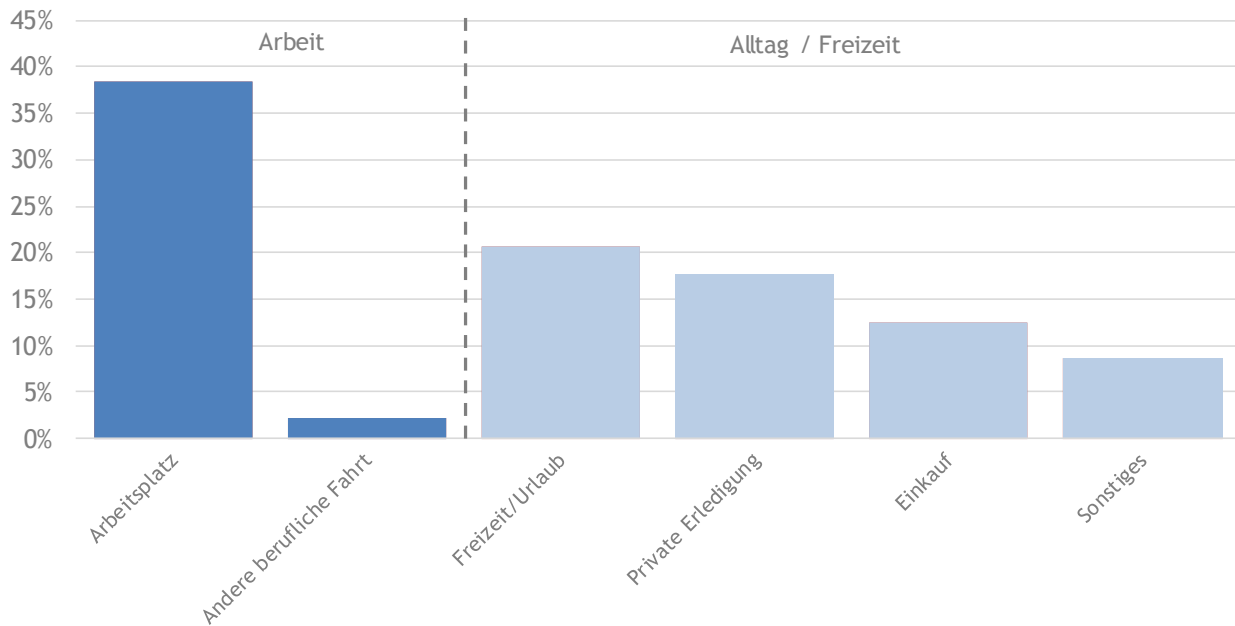


Abbildung 65: Hauptzweck der Pedelec-Fahrten im Feldtest

Für die Pedelec-Nutzung während der Freizeit ergibt sich ein differenziertes Bild: Nur 20 % aller Fahrten waren allein durch „klassische“ Freizeitaktivitäten (z. B. Urlaub) motiviert, der Wert liegt damit nahe an dem Anteil reiner Freizeitwege nach MiD. Diese Wege könnten gegenüber dem vorherigen Mobilitätsverhalten durch das neue Fahrvergnügen auch zusätzlich erzeugt worden sein und wären dann mit zusätzlichen Emissionen verbunden. Alternative Freizeitaktivitäten könnten jedoch auch mit motorisierten Verkehrsaktivitäten verknüpft sein, sodass nicht genau ermittelt werden kann, ob durch Pedelec-Nutzung während der Freizeit tatsächlich höhere Emissionen entstehen (vgl. Kapitel 3.6.2.1).

Etwa 30 % der Pedelec-Fahrten und damit die Hälfte aller Fahrten waren dagegen durch Einkäufe und private Erledigungen motiviert und sind damit gegenüber den Mobilitätsmustern aus der MiD-Studie mit einem Anteil von 34 % für Einkäufe/Erledigungen leicht unterrepräsentiert.

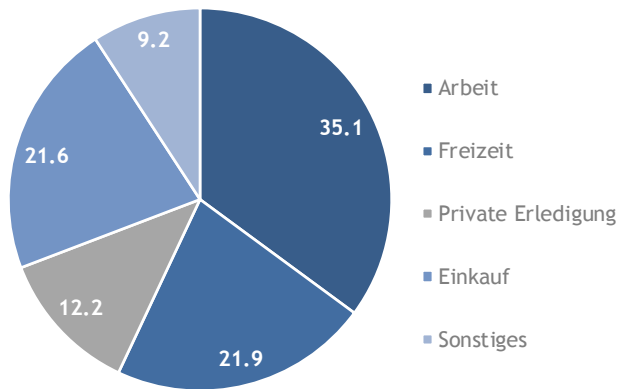


Abbildung 66: Hauptzweck der Fahrten im motorisierten Individualverkehr (Fahrer) nach MiD 2008 (Follmer u. a., 2010)

Die Distanz eines Pedelec-Weges (durchschnittlich 11,4 km) hängt signifikant vom Wegezweck ab: Arbeitswege liegen mit einer durchschnittlichen Strecke von 11,5 km genau im Durchschnitt, während Freizeit/Urlaubswege mit 17,8 km deutlich länger und Wege für private Erledigung mit durchschnittlich 7,5 km und Einkaufsfahrten mit durchschnittlich 6,1 km deutlich kürzer sind.

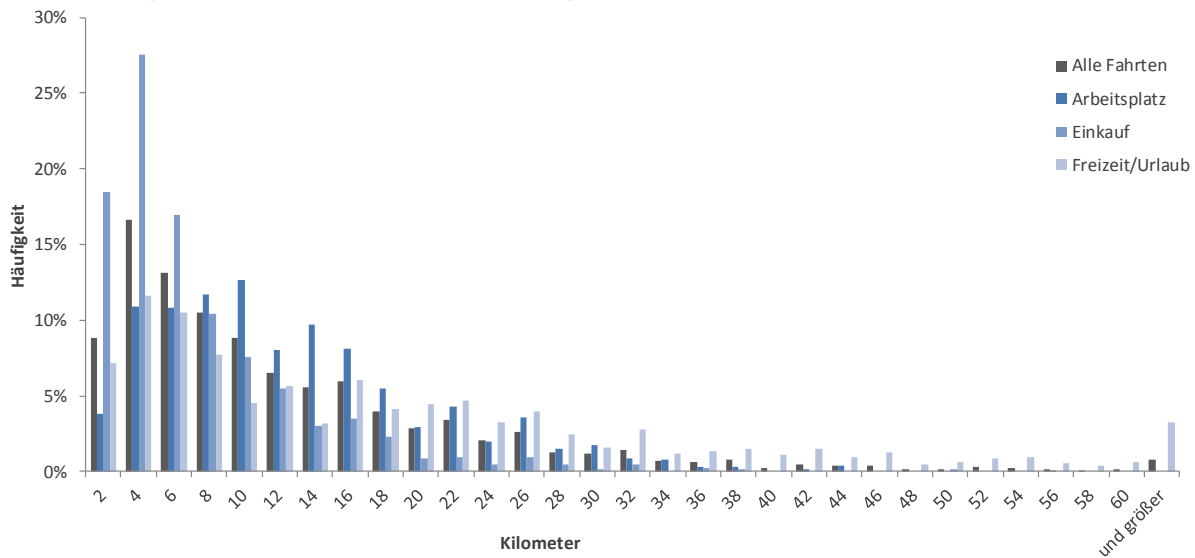
Die Häufigkeitsverteilung der Fahrtstrecke nach Wegezweck (Abbildung 67) zeigt, dass

- Einkaufswege vor allem unter 6 km,
- Arbeitswege zwischen 8 km und 30 Kilometer und
- Freizeit und Urlaubsfahrten ab 20 km

dominieren.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Fahrtdauer nach Wegezweck. Die Arbeitswege haben eine überdurchschnittliche Häufigkeit bei Fahrtauern zwischen 10 und 70 Minuten. Bei Fahrtauern zwischen 10 und 40 Minuten stehen die Arbeitswege sogar an erster Stelle. Einkaufsfahrten treten gehäuft bei Fahrtauern zwischen 40 und 60 Minuten auf. Die Freizeit und Urlaubsfahrten liegen bis 70 Minuten unterhalb des Durchschnitts und stellen danach die meisten Fahrten. Der ungleichmäßige Abfall der Dauer bei den Einkaufswegen und seiner vergleichsweise hohen Bedeutung auch nach 60 Minuten ist wohl zum Teil auf die Datenerhebung zurückzuführen: Gerade bei Einkaufs- und Freizeitwegen sind häufig Fahrten mit Unterbrechung enthalten.

Verteilung Fahrtstrecke Pedelec nach Wegezweck



Verteilung Fahrtdauer nach Wegezweck

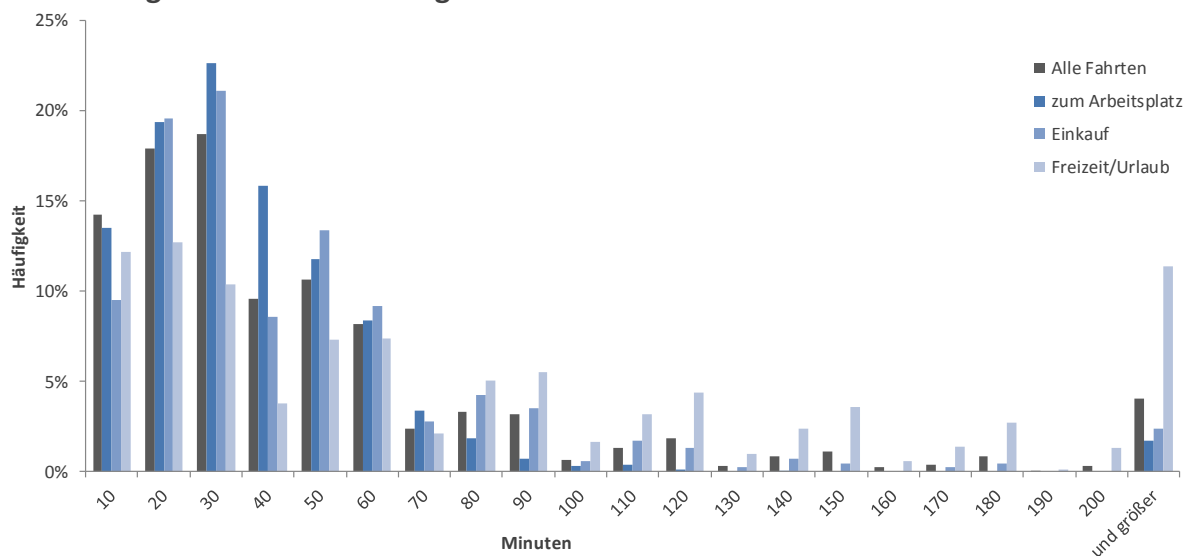


Abbildung 67: Verteilung Wegelänge und Fahrtdauer nach Wegezweck

3.6.1.3. Verteilung der Fahrtgeschwindigkeiten, Trittfrequenz und positiver Höhenunterschied

Durch die Tretunterstützung sind beim Pedelec gegenüber dem konventionellen Fahrrad deutlich höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten zu erwarten. Gemittelt über alle Pedelec-Wege wurde im Feldtest eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 15 km/h (4,5 m/s) gefahren, wobei die meisten Wege mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen 12 und 20 km/h zurückgelegt wurden. Ab 20 km/h kommt es zu einem deutlichen Abfall der Verteilung, was wahrscheinlich durch die (außer bei S-Pedelecs) Geschwindigkeitsbegrenzung der

Tretunterstützung auf 25 km/h bedingt ist. Die wenigen Fälle mit Durchschnittsgeschwindigkeiten über 25 km/h sind überwiegend auf S-Pedelegs in der Stichprobe zurückzuführen. Ein deutlicher Unterschied ergibt sich bei der Betrachtung verschiedener Nutzergruppen: S-Pedelec-Fahrten weisen mit 19,6 km/h eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit als Pedelec-25-Fahrten mit durchschnittlich 14,3 km/h. Die Pendler-Gruppe legt ihre Wege durchschnittlich mit 17 km/h zurück, während Alltags- und Freizeitnutzer mit durchschnittlich 13 km/h unterwegs sind.

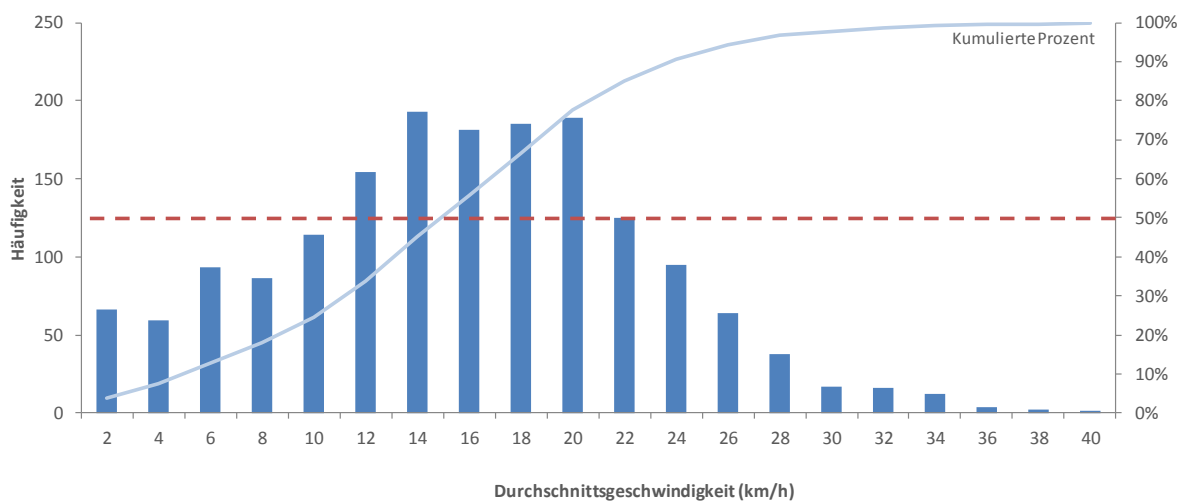


Abbildung 68: Verteilung Durchschnittsgeschwindigkeit aller Pedelec-Fahrten in km/h

Schleinitz et al. kommen hier zu ähnlichen Ergebnissen: Die durchschnittliche Geschwindigkeit (mit Standzeiten) mit dem Pedelec 25 wird auf 16 km/h, mit dem Pedelec 45 auf 21,8 km/h beziffert. Damit liegen beide Durchschnittswerte über dem mit herkömmlichen Fahrrädern gemessenen Wert von 13,9 km/h (2014, S. 80 f.).

Bei einigen Probanden konnte zusätzlich die Trittfrequenz erhoben werden, die im Durchschnitt der Feldteilnehmer bei 59 Umdrehungen pro Minute liegt. Damit liegt die Trittfrequenz der Pedelec-Fahrer tendenziell unter der Trittfrequenz von durchschnittlichen Fahrradfahrern im Bereich von 60 - 70 Umdrehungen pro Minute¹⁰⁹. Radsportler fahren mit höheren Trittfrequenzen zwischen 90 und 110 Umdrehungen pro Minute. Nach (DHBW, 2014) beträgt der Unterschied der Trittfrequenz zwischen Fahrrad und Pedelec etwa 30 %. Abbildung 69 zeigt, dass die durchschnittliche Trittfrequenz mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit im Trend

¹⁰⁹ Smolik, Christian (2000) unter http://www.smolik-velotech.de/glossar/tu_TRITTFREQUENZ.htm (zuletzt zugegriffen am 18.05.2013).

leicht ansteigt. Dabei ist zu erkennen, dass sich die Trittfrequenzen hauptsächlich auf einen Korridor zwischen 40 und 80 Umdrehungen pro Minute verteilen. Dabei gibt es zusätzliche Hinweise darauf, dass Pedelec-Fahrer weniger kontinuierlich treten als Fahrradfahrer, da Pedelecs eine schnellere Beschleunigung und anschließende Ausrollphasen ermöglichen (DHBW, 2014).

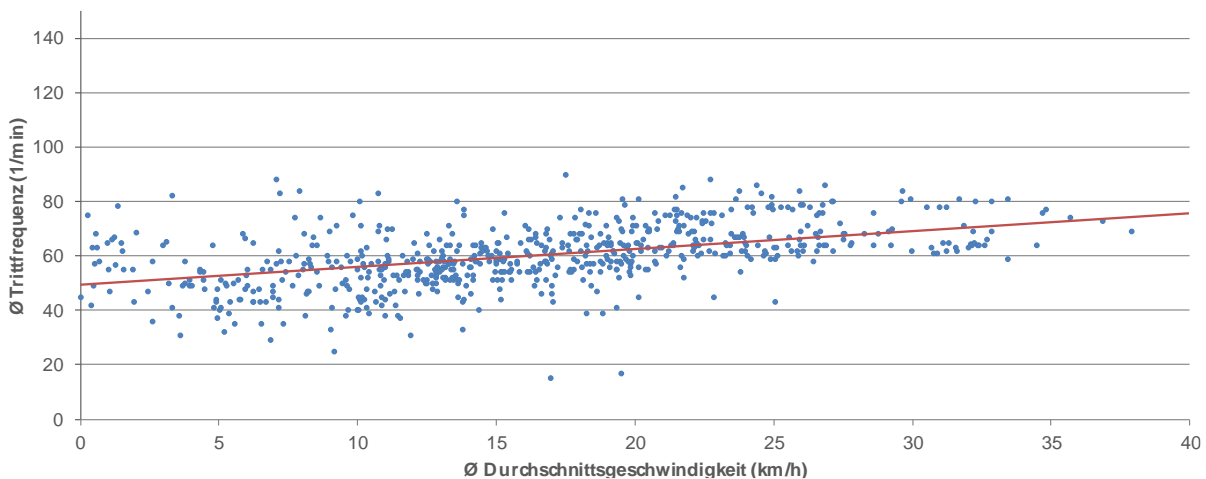


Abbildung 69: Zusammenhang durchschnittliche Trittfrequenz und Geschwindigkeit

Weiterhin konnte der positive Höhenunterschied der Pedelec-Fahrten aufgezeichnet werden. Pedelecs ermöglichen dem Fahrer eine kraftsparende Überwindung von Anstiegen. Im Feldtest haben allerdings 45 % der aufgezeichneten Fahrten weniger als 20 Höhenmeter überwunden (vgl. Abbildung 70). Nur bei ungefähr 30 % der Fahrten wurden mehr als 50 Höhenmeter bewältigt. Insbesondere bei kürzeren Fahrten im städtischen Raum und für alltägliche Wegezwecke wurden wenige Höhenmeter überwunden, wie Abbildung 70 zeigt. Mit der Länge der Fahrten steigen die überwundenen Höhenmeter deutlich an, wobei in den südlichen Feldtestregionen Großraum Frankfurt und München erwartungsgemäß größere Höhenunterschiede (Ø 68 Höhenmeter) gemessen wurden als in den nördlichen Erhebungsregionen (Ø 35 Höhenmeter).

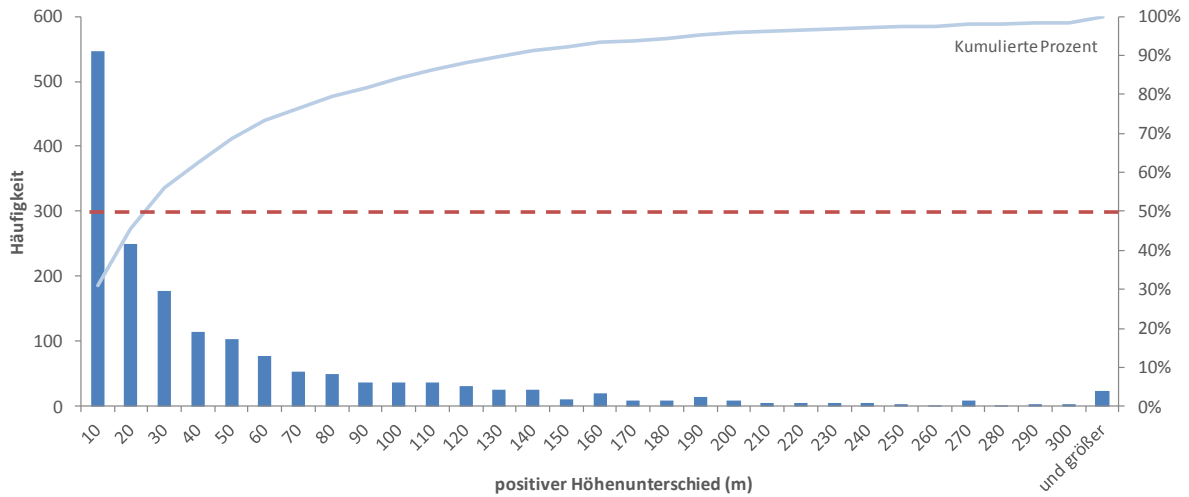


Abbildung 70: Verteilung positiver Höhenunterschied aller Pedelec-Fahrten

3.6.2. Verlagerungspotenziale

Durch seine Motorisierung ist das Pedelec nicht direkt mit dem Verkehrsmittel Fahrrad in Bezug auf das Fahrverhalten gleichzusetzen. Mit Hilfe des elektrischen Antriebs können größere Distanzen und anspruchsvollere Topografien bewältigt werden. Damit vergrößert sich der Aktionsradius im Vergleich zum Fahrrad, sodass auch Wege des „klassischen“ motorisierten Individualverkehrs und öffentlichen Verkehrs leichter ersetzt werden können. Da theoretisch zwar alle Fahrradwege, aber nur ein Teil der MiV-Wege ersetzt werden können, nimmt das Pedelec eine Zwischenposition innerhalb des Individualverkehrs mit größerer Nähe zum Fahrrad ein (vgl. Abbildung 71).

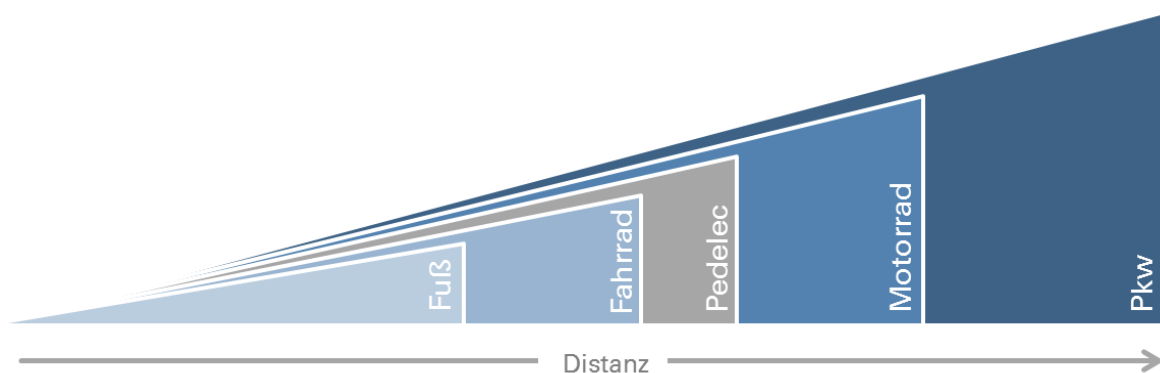


Abbildung 71: Potenzielle Reichweite von Individualverkehrsmitteln

Neben der potenziell größeren Reichweite von Pedelecs gegenüber Fahrrädern spielen aber noch eine Reihe weiterer Faktoren eine Rolle, die den Nutzer dazu motivieren, das Pedelec

anstatt eines anderen Verkehrsmittels einzusetzen (vgl. Kapitel 3.3.8). In dem Feldtest wurde über die Wegeprotokolle die tatsächliche Verkehrsmittelnutzung abgefragt und wie diese Wege vorher zurückgelegt wurden. Abbildung 85 zeigt die ursprünglich genutzten Verkehrsmittel für die im Feldtest gefahrenen Pedelec-Wege jeweils nach Anzahl der Wege (blauer Balken) und nach zurückgelegten Pedelec-Kilometern (grauer Balken). Demnach wurden 41 % der zurückgelegten Pedelec-Wege vorher mit dem Auto bewältigt und 45 % der Pedelec-Kilometer vorher mit dem Auto gefahren. An zweiter Stelle der ersetzten Fahrten kommt das Fahrrad, mit dem vor dem Pedelec-Besitz 38 % der Wege nach Anzahl zurückgelegt wurden. 32 % der Pedelec-Kilometer wurden vorher mit dem Fahrrad gefahren. Mit weitem Abstand folgen andere Verkehrsmittel: mit 7 % der öffentliche Verkehr, mit 4 % (1 % der Kilometer) der Fußverkehr und mit 6 % völlig neue Wege, denen kein vorheriges Verkehrsmittel zugeordnet werden kann. Die prozentuale Abweichung zwischen den Balken „Anzahl“ und „Pedelec-Kilometer“ ist auf die Unterschiede der durchschnittlichen Wegelängen nach Verkehrsmittel zurückzuführen. So ist ein ersetzter Pkw-Weg tendenziell länger als ein ersetzter Fahrrad-Weg. Besonders eindrücklich wird dies an den Fußwegen deutlich, die zwar tendenziell pro Wege sehr kurz sind, dafür aber häufig (Anzahl).

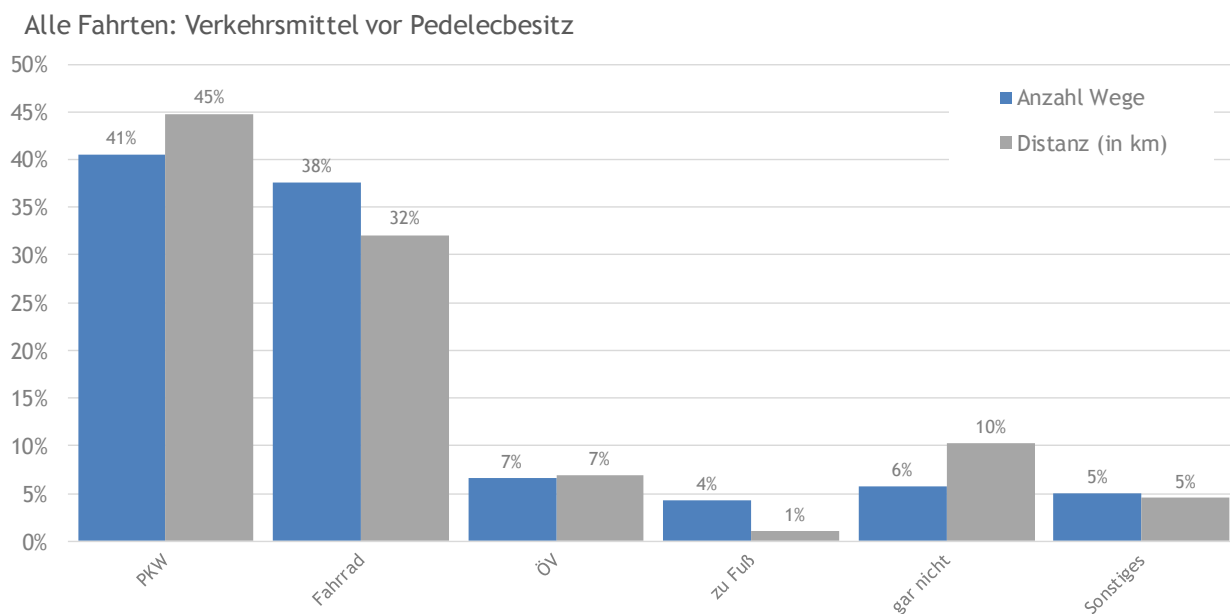


Abbildung 72: Verlagerungspotenzial von anderen Verkehrsmitteln zum Pedelec

Aus der Abbildung wird weiterhin deutlich, dass das größte Verlagerungspotenzial den motorisierten und unmotorisierten Individualverkehr betrifft. Der öffentliche Verkehr spielt bei

der Betrachtung aller Pedelec-Wege mit 7 % nur eine untergeordnete Rolle. 10 % der Pedelec-Kilometer wurden vorher „gar nicht“ erbracht und sind deshalb als zusätzlich induzierter Verkehr zu betrachten. Das kann zum einem an dem „neuen“ Fahrspaß als auch an einem verbesserten Zugang zur Mobilität liegen.

3.6.2.1. Verlagerungspotenzial nach Nutzergruppen

Um genauer zu analysieren, welche Voraussetzungen eine bestimmte Verkehrsmittelverlagerung begünstigen oder hemmen, wurden die Verlagerungsmuster nach Nutzergruppen gefiltert. Die Gruppenbildung orientiert sich an sozioökonomischen Angaben der Probanden als auch am Nutzungsprofil (z. B. Pendler, Vielfahrer). Die Gruppenzuordnung entspricht dabei derjenigen in Kapitel 3.2.1. Tabelle 22 stellt die statistischen Zusammenhangsmaße für die Variablen Verkehrsmittelverlagerung und Gruppenzugehörigkeit zusammen. Daraus lässt sich ablesen, dass alle Zusammenhänge statistisch signifikant ($p < .001$) sind. Die Ergebniszeilen sind nach dem Kontingenzkoeffizienten¹¹⁰ sortiert und zeigen die Rangfolge des Zusammenhangs an. Der größte Zusammenhang ergibt sich für die Variablen Beschäftigungssituation, Nutzertyp, Alter und Pedelec-Typ, die daher näher betrachtet werden. Weniger auffällig ist der Zusammenhang von Geschlecht, Fahrleistung und Teilnehmerart mit der Verkehrsmittelverlagerung.

Tabelle 22: Zusammenfassung der statistischen Zusammenhangsmaße der Variablen Verkehrsmittelverlagerung und Gruppenzugehörigkeit

	Gültig	Fehlend	Chi- Quadrat	df	Signifikanz	Kontingenz- koeffizient
Beschäftigungssituation	6243	425	963.0	10	0.000	0.366
Nutzertyp	6620	48	863.5	10	0.000	0.340
Alter	6265	403	423.3	10	0.000	0.252
Pedelec-Typ	6266	402	408.6	10	0.000	0.247
Ortsgröße	6128	540	316.1	10	0.000	0.221
BMI	6167	498	304.6	20	0.000	0.217
Teilnehmerart	6639	29	313.0	5	0.000	0.212
Fahrleistung	6626	42	302.7	10	0.000	0.209
Geschlecht	6223	445	68.8	5	0.000	0.105

¹¹⁰ Der Kontingenzkoeffizient beschreibt die Stärke des Zusammenhangs zwischen zwei (oder mehreren) nominalen oder ordinalen Variablen. Er vergleicht die tatsächlich ermittelten Häufigkeiten der Merkmale mit den Häufigkeiten, die man bei Unabhängigkeit dieser Merkmale erwartet hätte.

Die Berechnung der Zusammenhangsmaße ergibt sich aus der Anzahl der Fälle. In der folgenden Betrachtung werden die vier Gruppen mit dem größten Zusammenhang genauer betrachtet. Es wird allerdings nicht die Wegeanzahl dargestellt, sondern die gesamten Pedelec-Kilometer (grauer Balken in Abbildung 72).

Der größte Zusammenhang besteht bei der Betrachtung der Gruppe nach „Beschäftigungssituation“ und „Nutzertyp“. Zwischen diesen beiden Gruppen kommt es zum Teil zu einer Überlagerung, da der Nutzertyp „Pendler“ auch der Beschäftigungssituation „berufstätig“ entspricht. Abbildung 73 zeigt, dass die Gruppe der Berufstätigen einen mehr als doppelt so hohen Verlagerungseffekt vom Pkw auf das Pedelec hat wie die nicht berufstätigen Personen. Der Verlagerungseffekt vom Fahrrad auf das Pedelec ist bei den nicht Berufstätigen wiederum mehr als doppelt so hoch. Dies zeigt, dass insbesondere Berufstätige häufiger Pendel- und Alltagswege, die vorher mit dem Auto unternommen wurden, auf das Pedelec verlagern.

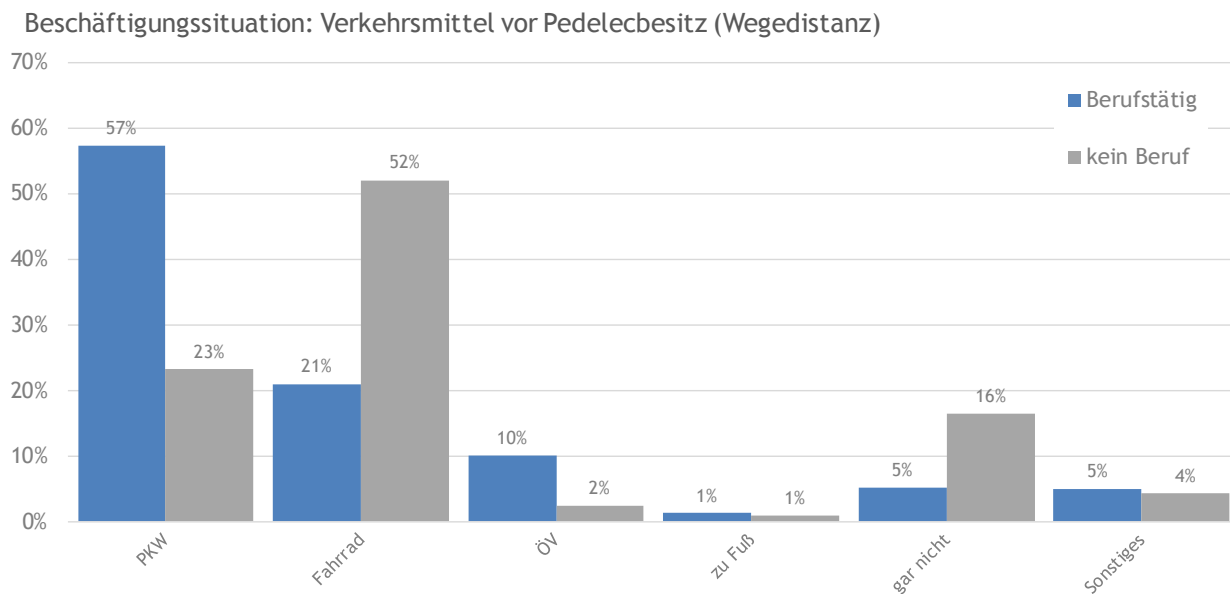


Abbildung 73: Verlagerungseffekte nach Beschäftigungssituation

Der Effekt wird noch deutlicher bei der Betrachtung der Nutzertypen – Pendler, Alltagsnutzer und Freizeitfahrer (Abbildung 74). Bei der Betrachtung der Pedelec-Kilometer der Pendler wurden 62 % der Kilometer vorher mit dem Pkw zurückgelegt. Zum Vergleich: der Durchschnitt aller Nutzer liegt bei 45 % (vgl. Abbildung 72, grauer Balken). Die Alltagsnutzer verlagern im Vergleich zu allen Nutzern eher unterdurchschnittlich sowohl vom Pkw als auch vom Fahrrad auf das Pedelec. Die Freizeitfahrer weisen erwartungsgemäß den höchsten Verlagerungseffekt

vom Fahrrad auf das Pedelec auf (61 %). Außerdem wurden knapp 20 % der Pedelec-Kilometer von den Freizeitfahrern vorher nicht unternommen.

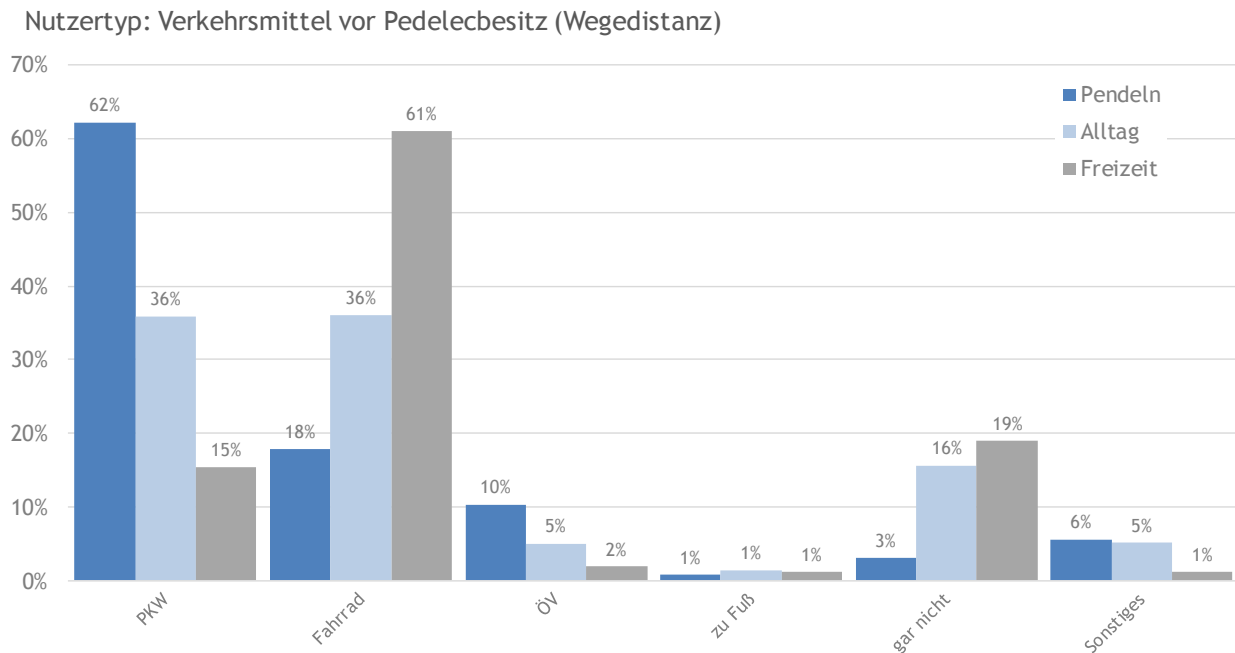


Abbildung 74: Verlagerungseffekte bei Pendlern, Alltagsnutzern und Freizeitfahrern

Bei der näheren Betrachtung der Altersgruppen zeigt sich, dass die jüngeren Pedelec-Nutzer (< 45 Jahre) überdurchschnittlich von Pkw auf Pedelec verlagern (50 - 57 %) und entsprechend unterdurchschnittlich von Fahrrad auf Pedelec (15 - 28 %). Auch diese Gruppe weist mit der Gruppe „Beschäftigungssituation“ und Nutzertyp einen Zusammenhang auf, da überwiegend ältere Menschen auch gleichzeitig nicht mehr berufstätig sind und das Pedelec primär für Alltags- und Freizeitfahrten benutzen.

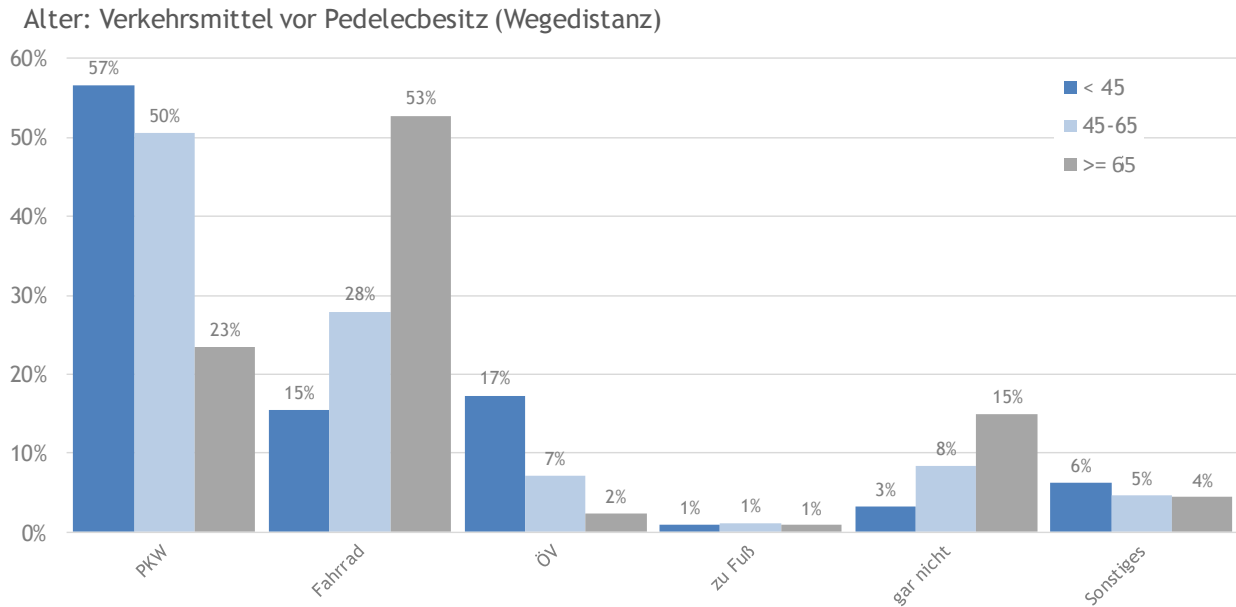


Abbildung 75: Verlagerungseffekte nach Altersklassen

Ein weiterer interessanter Zusammenhang besteht bei der Betrachtung des Pedelec-Typs. Die große Mehrheit der Probanden verfügt über ein Pedelec 25, was auch den Bestand in Deutschland widerspiegelt (vgl. Kapitel 1.1). Nur knapp 10 % der Probanden besaßen während des Feldtests ein Pedelec 45 (oder auch S-Pedelec). Betrachtet man das Verlagerungspotenzial der beiden Pedelec-Typen, zeigt sich, dass die Pedelec-Kilometer der schnellen Variante (P-45) zu 71 % vorher mit dem Auto zurückgelegt wurden und nur sehr wenige (12 %) mit dem Fahrrad. Dieser Effekt ist dem Umstand geschuldet, dass es sich bei einem meldepflichtigen S-Pedelec eher um ein Kleinkraftrad als um ein Fahrrad handelt. Entsprechend größer sind die potenzielle Reichweite und die Konkurrenz zum Auto.

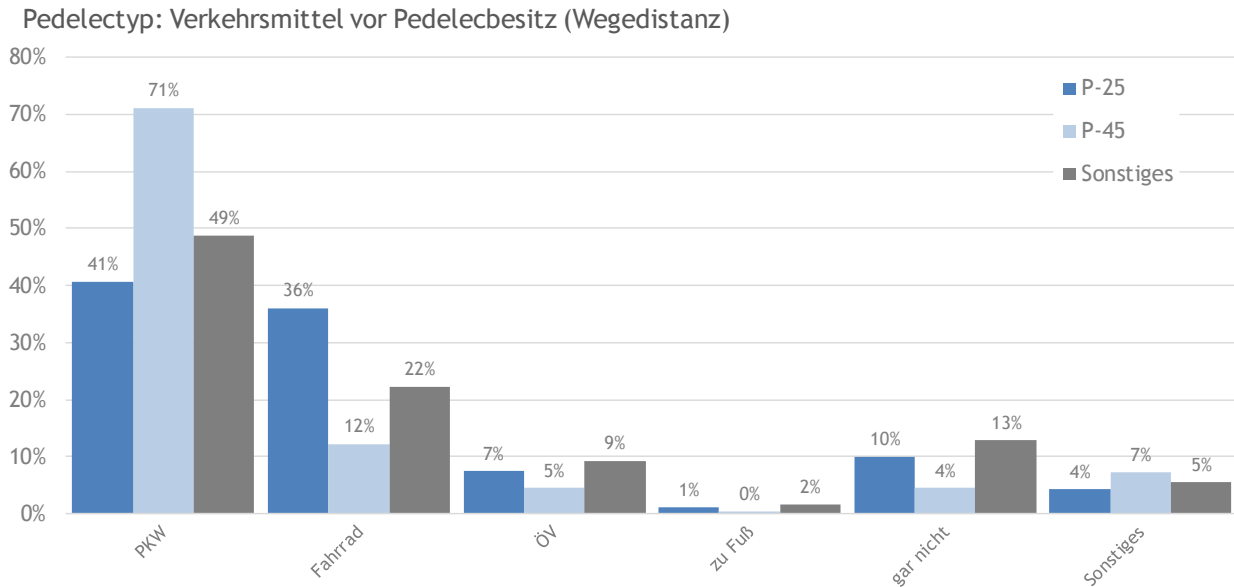


Abbildung 76: Verlagerungseffekte nach Pedelec-Typ

3.6.2.2. Verlagerungspotenzial nach Wegezweck

In Kapitel 3.6.2.2 wurden bereits die wesentlichen Wegezwecke von Pedelec-Fahrten beschrieben. In dieser Betrachtung soll nun der Verlagerungseffekt nach den jeweiligen Wegezwecken aufgegliedert werden. Abbildung 88 zeigt die Verlagerung von anderen Verkehrsmitteln auf das Pedelec nach Wegezweck. Es lässt sich deutlich erkennen, dass der Verlagerungseffekt stark vom Wegezweck abhängt. Die stärkste Verlagerung vom Auto weg zeigt sich bei Arbeitsfahrten (57 %). Neben einem Anteil von 23 % Fahrradwegen werden hier auch 11 % ÖV-Wege durch das Pedelec ersetzt. Bei allen anderen Wegezwecken wird der größte Teil der Wege vom Fahrrad weg verlagert, bei einem immer noch erheblichen Anteil von Verlagerungen vom Pkw. Andere Verkehrsmittel spielen hier bei der Verlagerung eine untergeordnete Rolle.

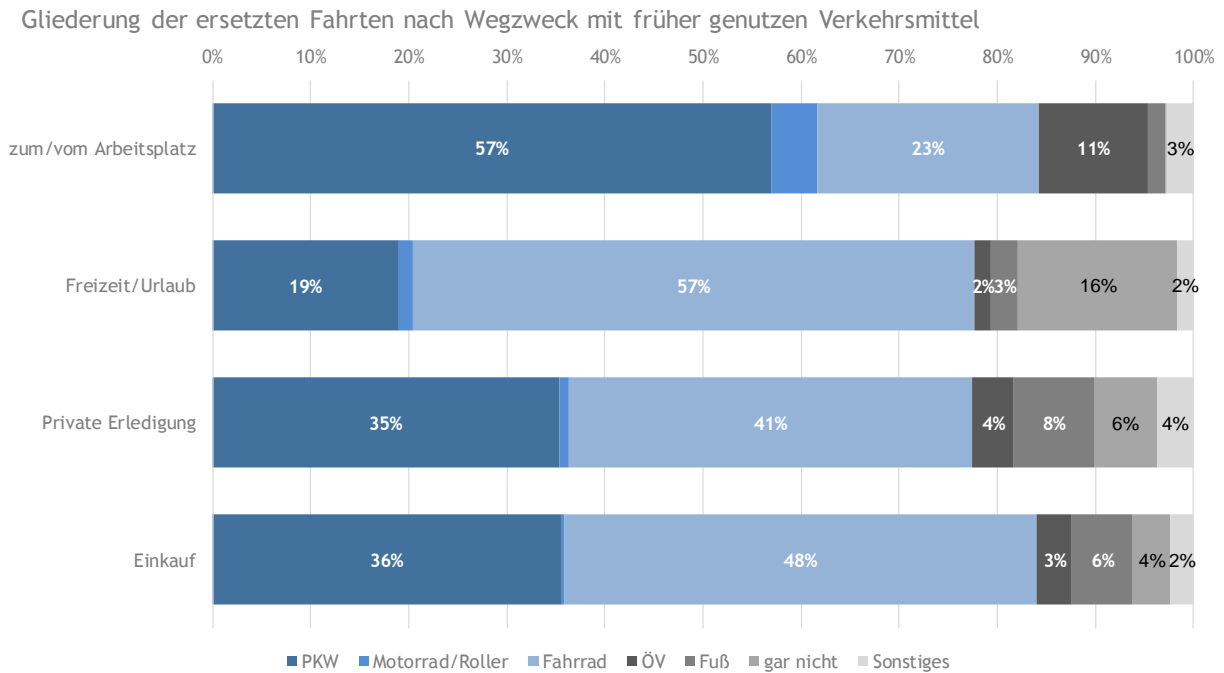


Abbildung 77: Verlagerungseffekte nach Wegzweck

3.6.2.3. Verlagerungspotenzial nach Jahreszeit und Wetter

Neben den Angaben zu Dauern, Distanzen und Zwecken wurden auch Wetterverhältnisse abgefragt, die gemeinsam mit der über das Datum abgeleiteten Jahreszeit ausgewertet werden können. An dieser Stelle sei allerdings anzumerken, dass insbesondere der Frühling 2013 durch sehr schlechtes Wetter gekennzeichnet war und der Winter 2013/2014 äußerst mild einzustufen ist (DWD, 2013, 2014). Insgesamt verteilen sich die Pedelec-Wege mehrheitlich (> 70 %) auf die Monate April bis September. Weniger als 30 % der Wege entfallen auf die Herbst- und Winterzeit, wobei im Herbst noch doppelt so viele Wege zurückgelegt wurden wie im Winter (vgl. Abbildung 78). Der durchschnittliche Pedelec-Weg war im Frühling mit 12 km am längsten und im Winter mit 10 km am kürzesten.

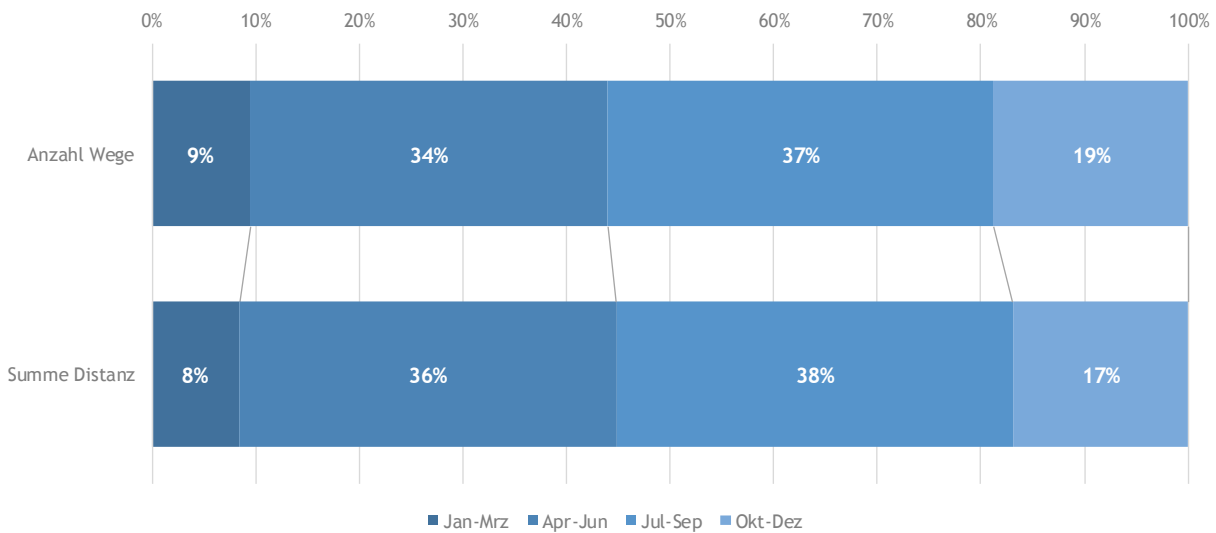


Abbildung 78: Verteilung der Pedelec-Wege und -Kilometer auf das Jahr

Bei der Betrachtung der Wetterverhältnisse während der Pedelec-Fahrten fällt auf, dass nur 10 % der Fahrten bei schlechtem Wetter (Regen, Gewitter) zurückgelegt wurden. Bei 50 % der Fahrten herrschte kaum Wind und bei 8 % wurde starker Wind angegeben. Daraus ist ersichtlich, dass schlechte Wetterverhältnisse im Sinne von Niederschlag und Wind die Pedelec-Nutzung beeinflussen. Wobei die Wetterverhältnisse in Deutschland überwiegend von niederschlagsfreien Stunden geprägt sind (> 90 %). Zur Straßenqualität wurden von den Nutzern nur für etwa 30 % der Fahrten Angaben gemacht; in 93 % der Fälle wurden dabei die Straßenverhältnisse als „normal“ beschrieben. Schlechte Straßenverhältnisse spielten demnach keine große Rolle, wobei insbesondere der Winter 2013/14 sehr mild war und nur selten Straßen vereist waren. Abbildung 79 zeigt die Verteilung der Niederschlagsverhältnisse nach Wegezweck. Dabei ist zu erkennen, dass Freizeitwege insbesondere bei sonnigen und heiteren Verhältnissen zurückgelegt wurden. Schlechte Wetterverhältnisse (Regen und Gewitter) treten insbesondere bei Arbeitsfahrten auf, was wohl drauf zurückzuführen ist, dass diese Fahrten nicht verschoben werden können und insbesondere auf dem Heimweg nicht immer ein anderes Verkehrsmittel genutzt werden kann. Auch die Freizeitfahrten zeigen bei Gewitter einen großen Ausschlag (33 %), was zum Teil auf die kleine Fallzahl (nur 1 % aller Pedelec-Fahrten wurden bei Gewitter unternommen) zurückzuführen ist und zum Teil auf Wetterüberraschungen während langer Urlaubsfahrten.

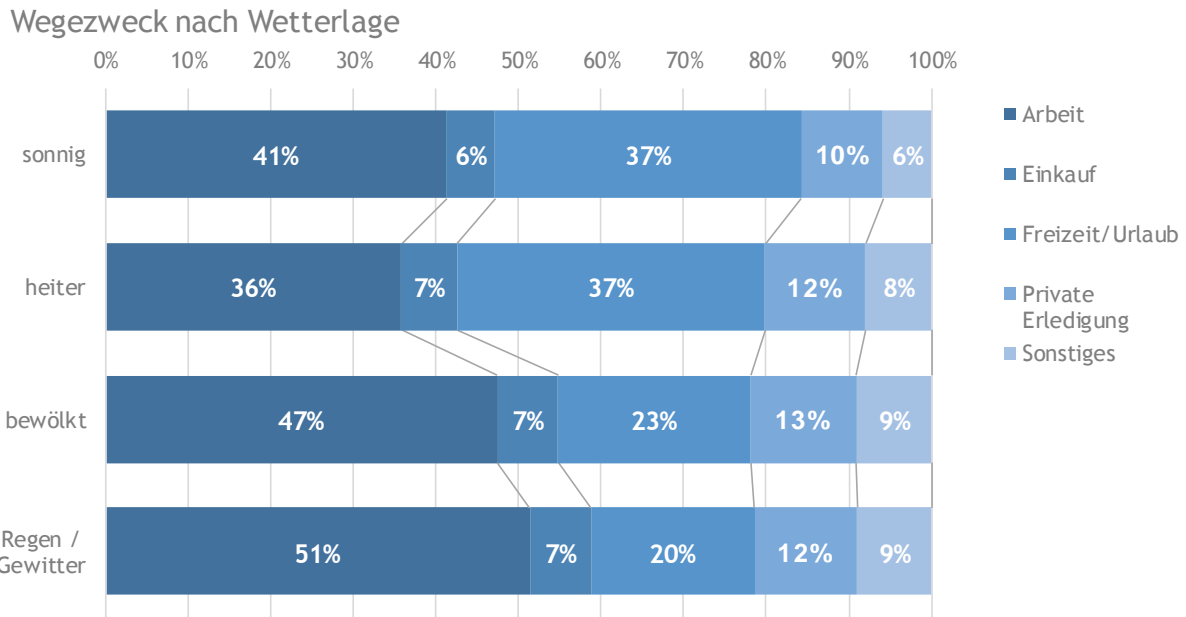


Abbildung 79: Wegezweck nach Wetterlage

3.7. Räumliche Verhaltensmuster

In dieser Fallbeispielbetrachtung sollen anhand von zwei Nutzertypen die aufgezeichneten GPS-Daten exemplarisch ausgewertet werden. Aufgrund der geringen Fallzahl und wegen zu großer Unsicherheiten der erhobenen GPS-Daten werden hier lediglich zwei Fallbeispiele dargestellt, die sich nicht ohne weiteres verallgemeinern lassen. Im Folgenden sind alle Darstellungen aus Gründen des Datenschutzes stark generalisiert. Die Analysemöglichkeiten räumlicher Datensätze von Pedelec-Nutzern bergen noch weiteres Forschungspotenzial und versprechen zusätzlichen Erkenntnisgewinn für die Zweiradforschung.

Die meisten Probanden nutzten das Pedelec vorwiegend zum Pendeln oder für den Alltagsgebrauch. Die folgenden Fallbeispielbetrachtungen sollen räumliche Verhaltensmuster in Bezug auf die Wegenutzung analysieren. Die aufgezeichneten Wege wurden mit freien

räumlichen Datensätzen von OpenStreetMap¹¹¹ verrechnet, um die Wegenutzung näher zu betrachten¹¹².

3.7.1. Fallbeispiel StadtpendlerIn

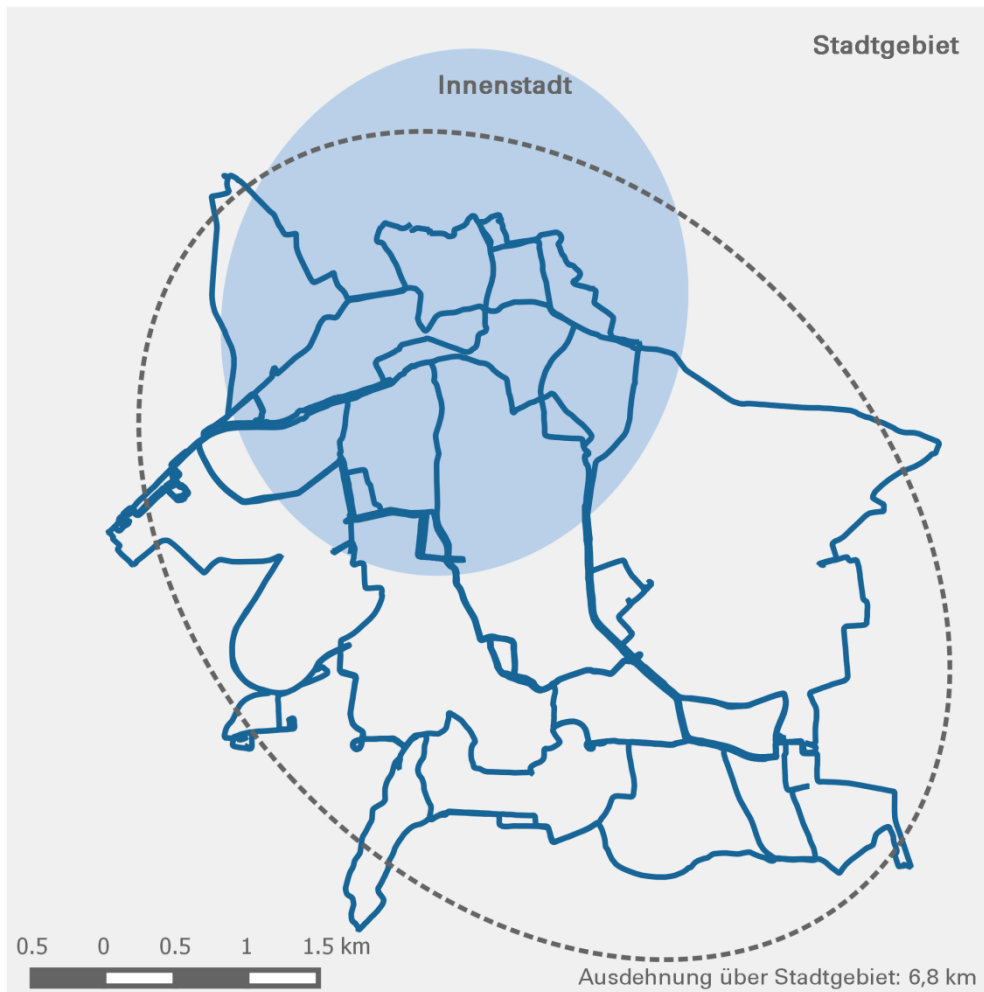
Ausgewählt wurde das Bewegungsmuster eines Probanden, der stadtnah wohnt und zu seinem Arbeitsplatz in der Stadt pendelt. Weitere Auswahlkriterien waren die Datenqualität und ein hinreichender Umfang des Datensatzes. Abbildung 80 zeigt das Bewegungsmuster des Fallbeispiels StadtpendlerIn, welches 22 Wege und 140 km beinhaltet (Mai 2013 - März 2014).

Der Bewegungsraum reicht sowohl in die Innenstadt als auch in das weitere Stadtgebiet, konzentriert sich allerdings auf bestimmte Achsen des Pendelns und der Alltags-Erledigungen. Das Fallbeispiel StadtpendlerIn hat eine gesamte Ausdehnung von ca. 6,8 km auf das Stadtgebiet und eine mittlere Wegstrecke von 6,4 km.

¹¹¹ OpenStreetMap ist ein OpenSource Projekt, das räumliche Daten zu Wegen und Flächen der Erdoberfläche sammelt und in einem einheitlichen Format zur Darstellung oder Auswertung zur Verfügung stellt. Der Datensatz zu den Wegen hat über 230 Felder, die in Kombination verschiedene Wegekategorien definieren. So lässt sich das Straßennetz differenziert nach Wegkategorie abbilden. An dieser Stelle sei anzumerken, dass die Qualität und Vollständigkeit der Datensätze stark variiert. Mittlerweile ist die Untergliederung des Straßennetzes in Deutschland auf der obersten Ebene (Wegkategorie und Bezeichnung) weit fortgeschritten. Die weitere Untergliederung ist jedoch noch lückenhaft, so auch die Ausweisung, ob die Straße über einen Radweg verfügt und wie dieser angelegt ist (mit auf der Fahrbahn, ein-/zweispurig, etc.).

¹¹² In diesem Verrechnungsschritt gehen aufgrund von Messungenauigkeiten des GPS-Gerätes einige Datenpunkte verloren, die sich ohne manuelle Anpassung nicht im Wege-Netz von OpenStreetMap verorten lassen.

Fallbeispiel: Bewegungsraum StadtpendlerIn



Aufgezeichnet während Feldtest:

Zeitraum: Mai 2013 bis März 2014
Kilometer: 140 km

Wege: 22
Mittlere Wegstrecke: 6,4 km

Abbildung 80: Bewegungsraum StadtpendlerIn

Abbildung 81 zeigt die Auswertung der Wege nach genutzter Wegkategorie des Fallbeispiels StadtpendlerIn. Dabei ist ersichtlich, dass ein Großteil der Strecke auf untergeordneten Wegkategorien erfolgt, hier hauptsächlich Wege, Gemeindestraßen, Erschließungsstraßen (Wirtschaftswege) oder Fußwege (für den Radverkehr freigegeben). Geringere Bedeutung haben Landes-, Kreis- und sonstige Straßen. Auch die Nutzung von explizit ausgewiesenen Radwegen hat mit 5 % eine auffällig geringe Bedeutung. Fast 10 % der Wege waren keiner Kategorie zugeordnet. Es ist bei dieser Gruppe jedoch davon auszugehen, dass es sich hier um kleinere Straßen/Wege handelt.

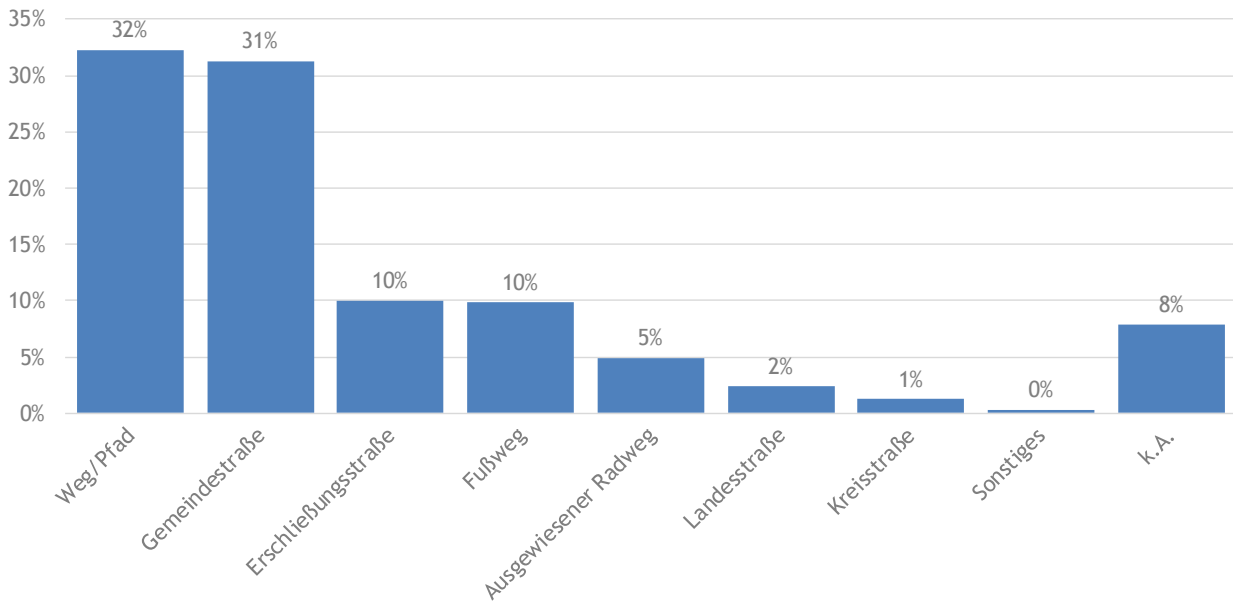


Abbildung 81: Fallbeispiel StadtpendlerIn: Pedelec-Strecken nach Wegkategorie

In Abbildung 82 ist die Verteilung der Wege nach ihrer Nutzungsfreigabe für Fahrräder abgebildet. Dabei ist zu unterscheiden zwischen offiziellen Radwegen (blaues Radwegschild) und Wegen, bei denen die Mitnutzung freigegeben ist (häufig mit einem „Fahrrad frei“-Schild gekennzeichnet). In dem Fallbeispiel werden mit 46 % diese ausgewiesenen und freigegebenen Wege genutzt. Allerdings weist die große Anzahl von keiner Angabe (53 %) auf die schon erwähnte lückenhafte Datenqualität dieser Untergliederung hin, wobei hier auch eher die kleineren Wege/Straßen betroffen sind.

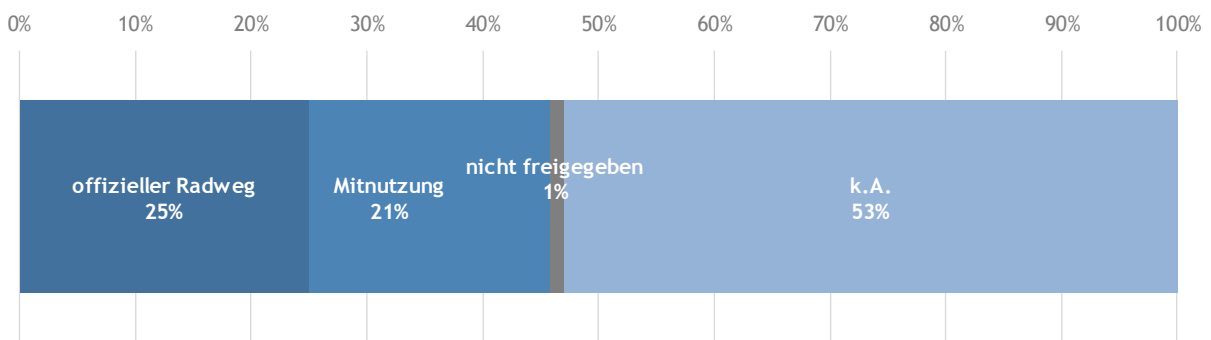


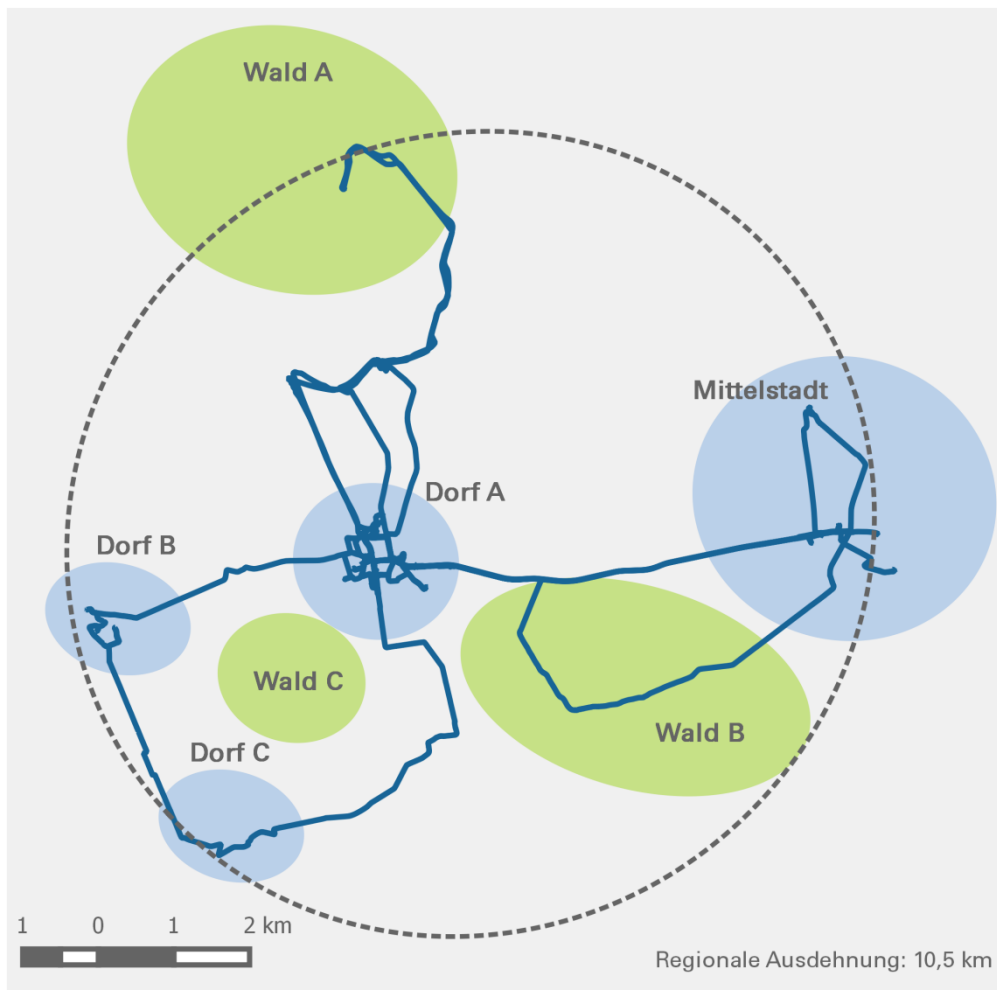
Abbildung 82: Fallbeispiel StadtpendlerIn: Fahrrad-Freigabe auf genutzten Wegen

3.7.2. *AlltagsnutzerIn im ländlichen Raum*

Ausgewählt wurde das Bewegungsmuster eines Probanden, der im ländlichen Raum wohnt und das Pedelec hauptsächlich für Alltagsfahrten nutzt. Abbildung 83 zeigt das Bewegungsmuster des/der AlltagsnutzerIn, welches 18 Wege und 111 km beinhaltet Juni 2013 - Mai 2014.

Der Bewegungsraum des Fallbeispiels AlltagsnutzerIn konzentriert sich auf den Heimatort mit einzelnen Fahrten ins Umland für private Erledigungen und Ausflugsfahrten insbesondere in benachbarte Waldgebiete. Regelmäßige Fahrten bestanden außerdem in die nächste Mittelstadt, die über einen Radweg entlang der Bundesstraße ohne Umwege gut zu erreichen ist. Das Fallbeispiel hat eine gesamte Ausdehnung von ca. 10,5 km und eine mittlere Wegstrecke von 6,1 km.

Fallbeispiel: Bewegungsraum AlltagsnutzerIn auf dem Land

Aufgezeichnet während Feldtest:

Zeitraum: Juni 2013 bis Mai 2014 Wege: 18
 Kilometer: 111 km Mittlere Wegstrecke: 6,1 km

Abbildung 83: Bewegungsraum AlltagsnutzerIn im ländlichen Raum

Abbildung 84 zeigt die Auswertung der Wege nach genutzter Wegkategorie des Fallbeispiels AlltagsnutzerIn im ländlichen Raum. Wie auch in dem Fallbeispiel StadtpendlerIn entfällt ein Großteil (46 %) der Strecke auf kleinere Wege und Gemeindestraßen. Mit 27 % machen ausgewiesene Radwege die zweithäufigste Wegkategorie aus, was zum Großteil auf den häufig genutzten Radweg in die nächste Mittelstadt zurückzuführen ist. Erschließungsstraßen und freigegebene Fußwege spielen im Gegensatz zu dem städtischen Fallbeispiel eine untergeordnete Rolle. Kreisstraßen werden hingegen regelmäßig genutzt. Der OSM-Datensatz hat in 98 % der Wegstrecke des Fallbeispiels keine Angabe zu der Nutzungsfreigabe für

Fahrräder hinterlegt. Das liegt zum einen daran, dass die Datenqualität der Fahrradinfrastruktur-Angaben im ländlichen Raum schlechter ist und zum anderen besteht eine geringere Notwendigkeit für die explizite Freigabe von Straßen für Fahrräder in Regionen mit geringer Verkehrsdichte.

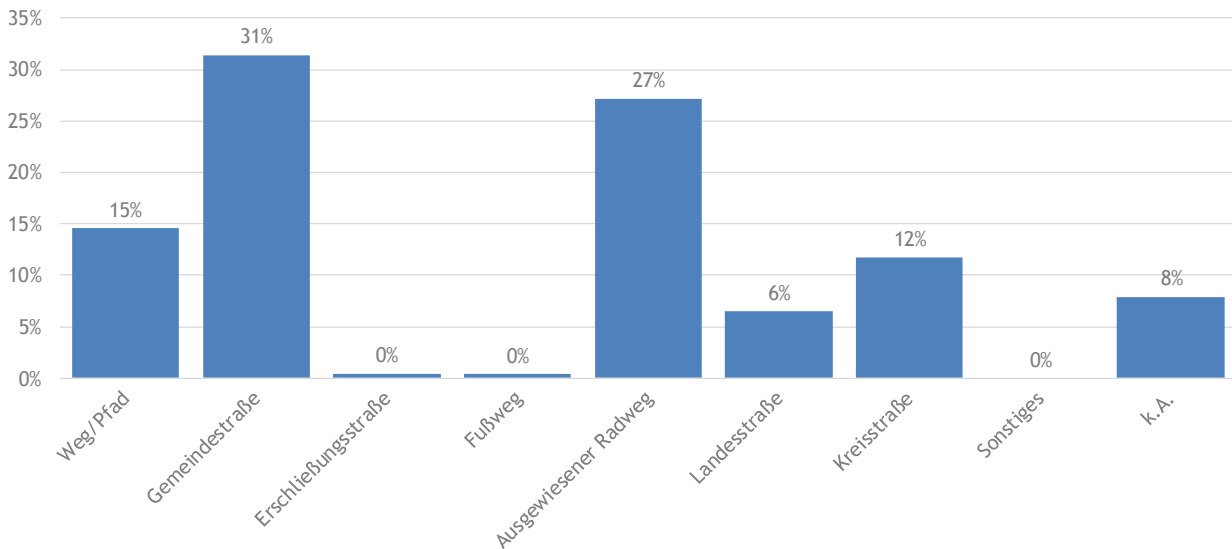


Abbildung 84: Fallbeispiel AlltagsnutzerIn im ländlichen Raum: Pedelec-Strecken nach Wegkategorie

3.8. Treibhausgas-Minderungspotenzial von Pedelects in Deutschland

3.8.1. Klimabilanz Feldtest

Im Rahmen des Feldtests wurden die Verlagerungseffekte der Probanden detailliert ermittelt. Verknüpft mit den durchschnittlichen Umweltwirkungen der Verkehrsmittel (vgl. Kapitel 3.5) kann damit eine durchschnittliche Klimabilanz für das Mobilitätsverhalten der Probanden ermittelt werden (s. Abbildung 85). Die Emissionsfaktoren für die einzelnen Verkehrsmittel sind dabei Durchschnittswerte und spiegeln insofern nicht notwendigerweise die im Einzelfall genutzten Fahrzeuge wider. Insbesondere bei Pkw kann hier je nach Fahrzeugtyp ein deutlicher Unterschied bei den Treibhausgasemissionen bestehen. Ziel dieser Studie ist es jedoch, die Verlagerungseffekte und nicht die individuellen Fahrzeuge abzubilden.



Abbildung 85: Potenzielle wöchentliche Klimabilanz der Probanden (N = 376) (auf x-Achse sind Probanden abgetragen)

Es zeigt sich für fast 80 % der untersuchten Probandenprofile eine positive Klimabilanz – im Projektverlauf wären bei durchschnittlichem Emissionsverhalten der genutzten Verkehrsmittel pro Woche im Schnitt 2.400 kg CO₂-eq. eingespart worden. Darüber hinaus wird deutlich, dass die negativen Klimaeffekte durch Verlagerung vom Fahrrad auf das Pedelec oder durch zusätzlich generierte Wege gegenüber den potenziellen Einsparungen sehr gering ausfallen – im Projektzeitraum wurden pro Woche im Schnitt 50 kg CO₂-eq. zusätzlich emittiert. So hat die Gruppe der Probanden mit einer negativen Klimabilanz im Erhebungszeitraum durchschnittliche 0,6 kg Treibhausgase pro Erhebungswoche und Proband zusätzlich emittiert, während die Teilnehmer mit einer positiven Klimabilanz durchschnittlich 8,4 kg Treibhausgase pro Erhebungswoche durch die Pedelec-Nutzung vermeiden konnten. Die wöchentliche Einsparung der 284 Probanden mit einer positiven Klimabilanz entspricht den durchschnittlichen Treibhausgasemissionen pro Woche von 12 Einwohnern in Deutschland¹¹³; d. h., die mittleren Emissionen dieser Personengruppe konnten um etwa 4 % gesenkt werden.

¹¹³ Die durchschnittlichen jährlichen THG-Emissionen eines deutschen Einwohners betragen ca. 11,5 Tonnen. Datengrundlage: (Destatis, 2015; European Environment Agency, 2015).

3.8.2. Treibhausgas-Einsparpotenzial durch Pedelec-Flotte in Deutschland

Da Pedelecs-25 – im Gegensatz zu Kraftfahrzeugen – nicht zentral gemeldet und erfasst werden, unterliegen Angaben zum Bestand stets einer gewissen Unsicherheit. Der Pedelec-Bestand wird hier auf Basis der Verkaufszahlen abgeschätzt. Insbesondere nach Markteintritt sind die Verkaufszahlen zwischen 2007 und 2011 stark angestiegen, dieses Wachstum hat sich danach jedoch zunächst abgeschwächt (s. Abbildung 86). Marktszenarien aus dieser Zeit (z. B. Brüsch, 2010; Budde u. a., 2012) überschätzen daher tendenziell die zukünftigen Verkaufszahlen. Angesichts der Unsicherheiten bei der weiteren Entwicklung, wird der zukünftige Pedelec-Bestand auf Basis von Jellinek, Hildebrandt, Pfaffenbichler, & H., 2013; ZIV, 2013 in zwei Szenarien abgeschätzt, die von einer Sättigung des Marktes bis 2030 bei einem Marktanteil der Pedelecs am gesamten Fahrradverkauf von 25 % bzw. 35 % ausgehen (s. Tabelle 23).

Tabelle 23: Ableitung der Verkaufszahlen von Pedelecs gegenüber dem gesamten Fahrradmarkt

	Mittelfristiger Marktanteil (2017-2020)	Langfristiger Marktanteil (Sättigung 2030)
Konservatives Szenario	15 % (ZIV, 2013) 20 % (Jellinek u. a., 2013)	25 %*
Optimistisches Szenario	15 % (ZIV, 2013) 20 % (Jellinek u. a., 2013)	Eigene Annahme: 35 %
* Nach (Jellinek u. a., 2013) angenommene Sättigung des niederländischen Marktes		

Die Marktentwicklung wurde auf dieser Grundlage wie in Abbildung 86 dargestellt angenommen. Dabei erfolgt bis etwa 2023 ein relativ stetiges Wachstum des Marktanteils mit einer anschließenden Sättigung bis 2030. Damit liegen die angenommenen jährlichen E-Bike-Verkaufszahlen 2030 im Bereich von 950.000 (konservativ) bis 1.350.000 (optimistisch).

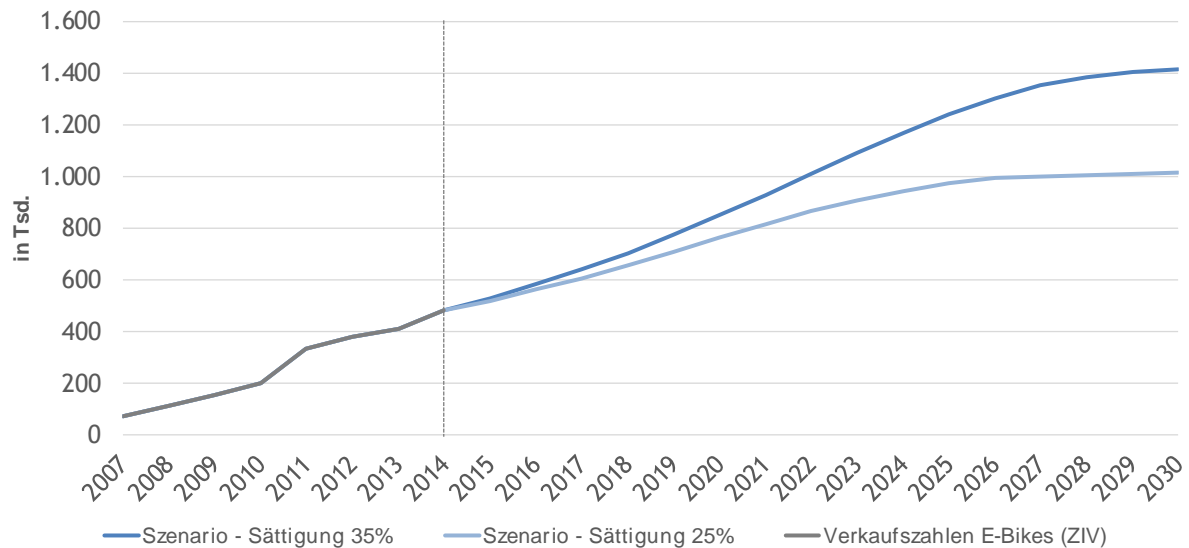


Abbildung 86: Entwicklung der Verkäufe von Pedelecs und E-Bikes (ab 2015 Szenarien)

Die Bestandszahlen werden anschließend unter der Annahme einer mittleren Lebensdauer der Pedelecs von 7 Jahren ermittelt. Der Pedelec-Bestand (s. Abbildung 87) steigt in den Szenarien damit von heute knapp 2 Millionen auf 6 Millionen (konservativ) bzw. über 8 Millionen (optimistisch) an. Der Anteil der E-Bikes am gesamten Fahrradbestand¹¹⁴ in Deutschland liegt damit bei 9 % bzw. 12 %.

Damit sind auch relevante Materialströme bei den Pedelec-Akkus verbunden, die eine neue und zusätzliche Komponente im Zweiradmarkt darstellen. Unter Annahme eines Akkus pro Pedelec und einem Gewicht von ca. 3 kg pro Akku sind bis 2030 nach dem konservativen Szenario Pedelec-Akkus mit einem Gesamtgewicht von fast 20 Kilotonnen in Deutschland im Verkehr. Unter der angenommenen Lebensdauer von Pedelecs gehen ab 2030 jährlich etwa 1 Mio. alte Pedelecs aus dem Bestand. Dies entspricht etwa 3 Kilotonnen Akkumaterial, das bei Verbesserung der Recyclingverfahren bis 2030 ein wichtiger Sekundärrohstoff werden könnte.

¹¹⁴ Hier wird von einem gleich bleibenden Gesamtbestand an E-Bikes und Fahrrädern ausgegangen (ca. 71 Mio.).

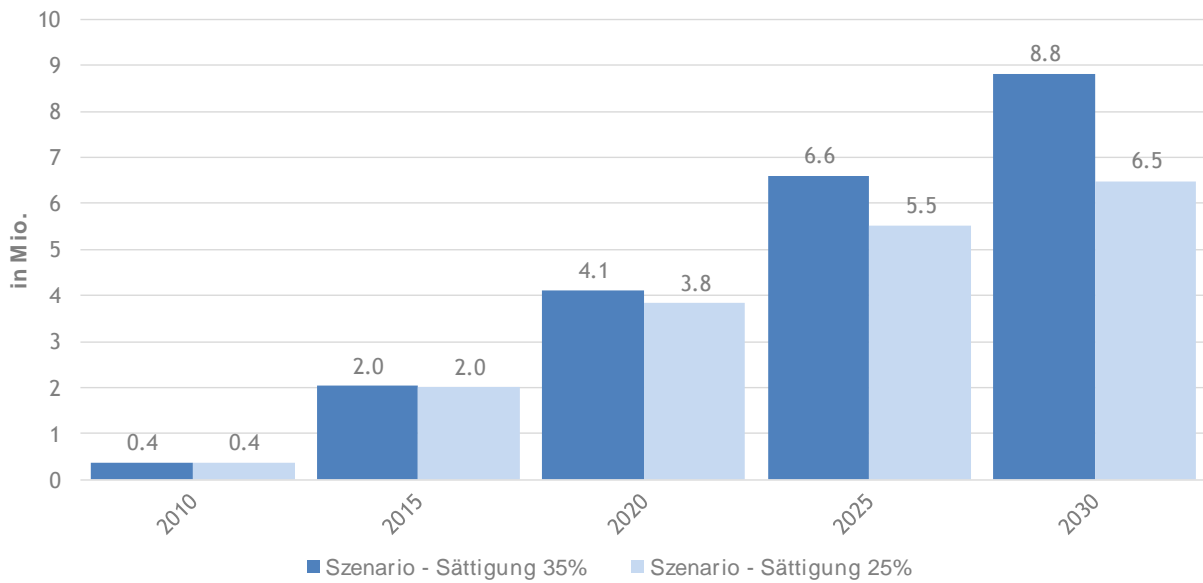


Abbildung 87: Szenarien zur Entwicklung des Pedelec-Bestands

Es konnte im Abschnitt 3.8.1 gezeigt werden, dass Pedelecs schon beim Ersetzen weniger Pkw-Kilometer eine günstigere Klimabilanz aufweisen. Auch gegenüber öffentlichen Verkehrsmitteln ist die Klimabilanz positiv. Im Durchschnitt wurden daher durch jeden Pedelec-Kilometer im Feldtest 70 g Treibhausgase eingespart. Verknüpft mit einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung von 2.500 Kilometer¹¹⁵ und den berechneten Szenarien zur Bestandsentwicklung können die Treibhausgas-Einsparpotenziale durch Pedelec-Nutzung in Deutschland abgeschätzt werden (s. Tabelle 24). Im Jahr 2020 könnten durch Pedelecs um die 700 Kilotonnen Treibhausgasemissionen eingespart werden. 2030 läge der jährliche Minderungseffekt dann bei ca. 1.1 Mio. t im konservativen und 1.5 Mio. t im optimistischen Szenario. Letzteres entspricht den gesamten jährlichen Emissionen von mehr als 100.000 Bundesbürgern – also einer Großstadt.

Tabelle 24: Einsparpotenzial Treibhausgasemissionen durch Pedelec-Nutzung

		2010	2015	2020	2025	2030
Szenario - Sättigung 25% - Jahr	Tsd. t	64	349	664	955	1.124
Szenario - Sättigung 25% - kumuliert	Tsd. t		628	1.266	1.856	2.229
Szenario - Sättigung 35% - Jahr	Tsd. t	64	351	711	1.144	1.525
Szenario - Sättigung 35% - kumuliert	Tsd. t		630	1.345	2.195	2.995

¹¹⁵ Ermittelte durchschnittliche Fahrleistung im Pedelec-Feldtest.

3.8.3. THG-Einsparpotenziale durch Pendlerverkehr in Deutschland

Besonders hohe Treibhausgasminderungen wurden im Feldtest von Berufspendlern erreicht, die sowohl hohe Fahrleistungen mit dem Pedelec erreichen, als auch überdurchschnittlich häufig für das Pedelec ihr Auto stehen lassen. Abbildung 88 zeigt die Aufteilung der Verkehrsleistung nach Wegezweck pro Tag nach der Erhebung Mobilität in Deutschland (Quelle: Follmer u. a., 2010). Daraus wird ersichtlich, dass pro Tag 674 Mio. Personenkilometer für den Zweck Arbeit zurückgelegt werden. Der Modalsplit der Arbeitsweg-Kilometer nach MiD weist einen Anteil von ca. 80 % Pkw (Fahrer und Mitfahrer), 12 % ÖPNV und 2,1 % Fahrrad aus. Daraus ergeben sich ca. 534 Mio. Pkm, die pro Tag mit dem Auto und zu dem Zweck Arbeit zurückgelegt werden. Hochgerechnet auf das Jahr entspräche dies ca. 195 Mrd. Pkm.

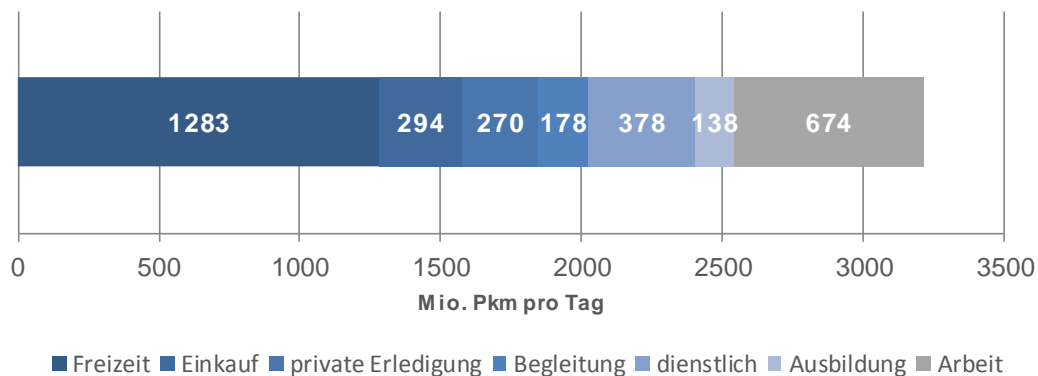


Abbildung 88: Verkehrsleistung pro Tag nach Mobilität in Deutschland 2008 (Quelle: Follmer u. a., 2010)

Nicht alle Pkw-Wege können durch das Pedelec substituiert werden, da das Auto eine größere Reichweite hat und die Insassen gegenüber ungünstigen Witterungsverhältnissen abgeschirmt sind. Nichtsdestotrotz werden mit dem Pkw auch viele Kurzstrecken zurückgelegt, die einen relevanten Anteil an den gesamten Pkw-Fahrten haben: Nach Anzahl sind 50 % der Arbeitswege mit dem Pkw nicht länger als 10 km (Follmer u. a., 2010). Diese Wege entsprechen jedoch nur 9 % der Gesamtkilometer.

Abbildung 89 zeigt die kumulierte prozentuale Verteilung der Pkw-Kilometer (nur Arbeitswege) auf die Streckenlänge (hellblaue Linie). Die dunkelblaue Linie zeigt die logarithmische Trendlinie der statistischen Verteilung.

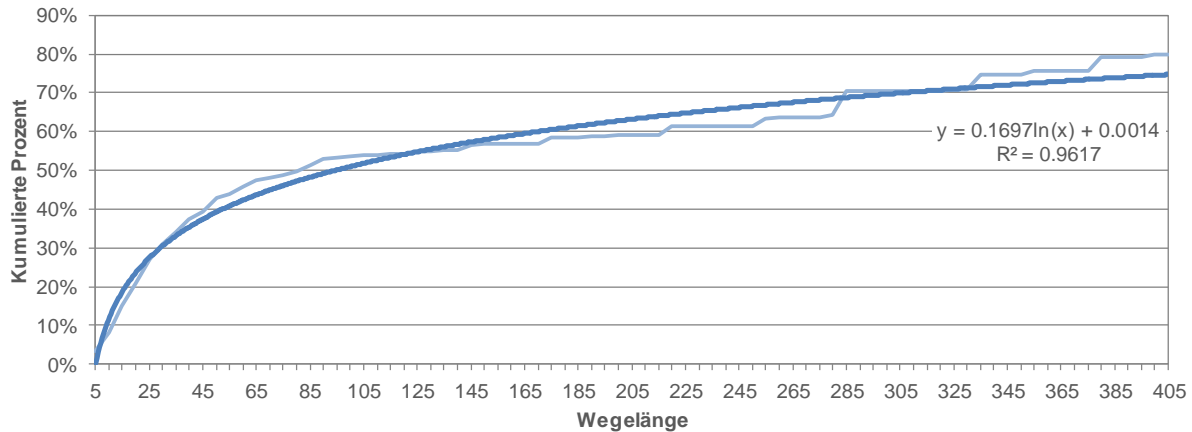


Abbildung 89: Häufigkeitsverteilung der Pkw-Pendelstrecken nach Distanz (Quelle: Follmer u. a., 2010)

Der Feldtest hat für die Arbeitsfahrten mit dem Pedelec eine durchschnittliche Entfernung von 11,25 km ergeben, die Spannweite reicht allerdings von 0,5 bis 45 km. Zur Potenzialabschätzung der Pkw-Arbeitswege, die durch Pedelecs substituiert werden können, wird vereinfachend angenommen, dass Arbeitswege bis zu einer gewissen Entfernung vollständig mit dem Pedelec getätigt werden. Für diese maximale Entfernung wurden drei Werte gewählt:

- 5 km (hierunter fällt ein Viertel aller Pedelec-Pendelstrecken im Feldtest, 1. Quartil)
- 9 km (hierunter fällt die Hälfte aller Pedelec-Pendelstrecken im Feldtest, 2. Quartil)
- 15 km (hierunter fallen drei Viertel aller Pedelec-Pendelstrecken im Feldtest, 3. Quartil)

Abbildung 90 zeigt die statistischen Lagemaße der Arbeitsfahrten und die gewählten Werte für die Potenzialbetrachtung.

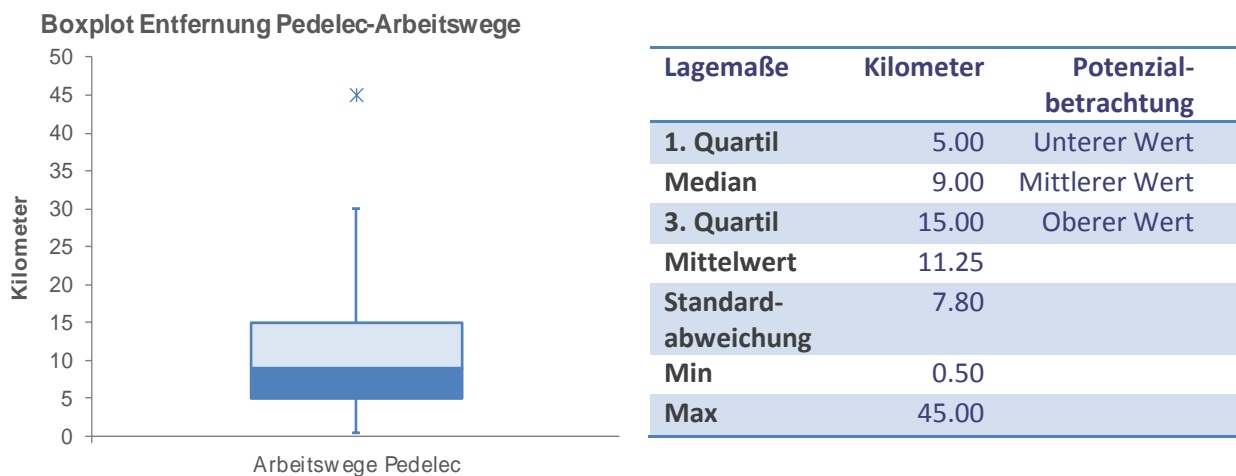


Abbildung 90: Lagemaße der Entfernung von Pedelec-Arbeitswegen im Feldtest

Verrechnet man die Verkehrsleistung mit den gewählten Entfernungsklassen, so ergibt sich für die Klasse bis 5 km Pendelentfernung eine Verkehrsleistung von 18,5 Mio. Pkm pro Tag und für die Klasse bis 15 km eine Verkehrsleistung von ca. 80 Mio. Pkm pro Tag. Die mittlere Klasse (bis 9 km Entfernung), die im Feldtest die Hälfte aller Pedelec-Pendelstrecken beinhaltet, liegt bei ca. 34 Mio. Pkm pro Tag und auf das Jahr hochgerechnet bei 12,4 Mrd. Pkm. Die in Kapitel 3.5.2 ermittelten Werte des ökobilanziellen Verkehrsmittelvergleichs werden nun zur Ermittlung des Treibhausgas-Einsparpotenzials herangezogen. Für einen mittleren Pkw ergeben sich pro Kilometer 166,2 g THG-Emissionen gegenüber 17,8 g THG-Emissionen für ein Pedelec. Bei Substitution eines Pkw-Kilometers durch einen Pedelec-Kilometer werden demnach 148,4 g THG-Emissionen eingespart. Hochgerechnet auf die Verkehrsleistung, die Pedelecs potenziell auf Arbeitswegen in einem Jahr realisieren können, ergibt sich ein unterer Wert von 1 Mio. t eingesparter THG-Emissionen (wenn nur auf Strecken ≤ 5 km substituiert wird) und ein oberer Wert von 4,3 Mio. t THG-Emissionen (wenn alle Strecken ≤ 15 km substituiert werden). Der mittlere Wert liegt bei 1,8 Mio. t THG-Emissionen pro Jahr, was den jährlichen THG-Emissionen von 164.000 deutschen Einwohnern entspricht. Tabelle 25 fasst die Ergebnisse der Hochrechnung zusammen.

Tabelle 25: Potenzialbetrachtung des Ersatzes von Pkw-Kilometern auf Arbeitswegen durch das Pedelec und damit verbundene Einsparungen von THG-Emissionen

	Potenzial Mio. Pkm/Tag	Potenzial Mio. Pkm/Jahr	Einsparung Tsd. t CO ₂ -eq./Jahr
Unterer Wert	18,5	6745	1001
Mittlerer Wert	34,0	12366	1836
Oberer Wert	80,0	29135	4325

4. Zusammenführung und Reflexion der Ergebnisse

Im Vergleich mit bisherigen Nutzerstudien ist die Pedelection-Stichprobe in Bezug auf die betrachteten sozioökonomischen und -demografischen Merkmale deutlich heterogener und beinhaltet das komplette Nutzer- und Nutzungsspektrum, sodass fundierte Rückschlüsse auf Nutzer und Nutzung anhand der Daten möglich sind. Bei der Interpretation sind gleichwohl einige Spezifika hinsichtlich der Stichprobe (4.1.1) sowie der eingesetzten Befragungsunterlagen (4.1.2) zu berücksichtigen, die im Folgenden näher beschrieben werden. Vor den abschließenden Handlungsempfehlungen (vgl. Kapitel 5) werden zudem die Ergebnisse der Studie zusammenfassend betrachtet und reflektiert.

4.1. Methodik und Datengrundlage

4.1.1. Zur Stichprobe und Analyse der Pedelec-Nutzer

Die Auswahl der Probanden ist aufgrund der Selbstselektion durch eine aktive Anmeldung nicht im statistischen Sinne repräsentativ für die Pedelec-Nutzer in Deutschland. Die vergleichsweise geringen Incentivierungssummen pro Befragungszeitraum, der zeitliche Aufwand, der von den Teilnehmern trotzdem erbracht wurde und ein hoher Anteil von Teilnehmenden, der auf die Gutscheinvorgabe verzichtete (in T1 lag der Anteil bei 27 %) sprechen für eine hohe intrinsische Teilnahmemotivation. Unter den Teilnehmenden sind somit vermutlich etliche Fahrrad- / Pedelec-Begeisterte, die in dieser Ausprägtheit u. U. nicht typisch für die Pedelec-Nutzer in Deutschland sind.

Gegenüber der deutschen Gesamtbevölkerung und repräsentativen Umfragen von Fahrradnutzenden sind Frauen in der Studie unterrepräsentiert, wobei vor dem Hintergrund der Händleraussagen insbesondere die Gruppe von Frauen über 65 Jahren deutlich seltener im Teilnehmerkreis vertreten ist als zu erwarten war (vgl. Kapitel 3.2.2.1). Trotz Ansprache über „analoge Medien“ und die Möglichkeit, die Anmeldung auch über einen Papierfragebogen zu tätigen, ist es hier nur bedingt gelungen, weniger technik- und internetaffine Pedelec-Nutzer für eine Teilnahme zu gewinnen. Auch wenn mittlerweile über 80 % aller Haushalte in Deutschland über einen Internetzugang verfügen: In der Altersgruppe der über 65-Jährigen nutzen nur 56 % das Internet, bei den Frauen liegt der Anteil nur bei 36 % (Statistisches Bundesamt, 2015, S. 9 u. 17). Um gerade auch diese Altersgruppe anzusprechen, könnten künftige Untersuchungen

ergänzend noch stärker auf konservative Kommunikationsmedien wie Brief und Telefon zurückgreifen.

Die neuen Bundesländer sind in der Stichprobe der Online-Teilnehmer ebenfalls deutlich unterrepräsentiert (vgl. Kapitel 3.2.2.3). Die Teilnehmenden kommen überwiegend aus sechs Bundesländern, wobei gut ein Viertel ihren Wohnsitz in Niedersachsen hat. Aufgrund der zu geringen Fallzahlen konnte im Rahmen der Studie nicht geklärt werden, ob und welche Unterschiede ggf. zwischen den einzelnen Bundesländern und Kreisen innerhalb der Bundesländer bestehen.

Hinsichtlich der Verteilung der Teilnehmenden nach Gemeindegrößenklassen wurde weitestgehend die Verteilung in Deutschland reproduziert. Auffallend ist hier lediglich die leichte bis deutliche Überrepräsentanz von Ortschaften mit weniger als 1.000 und 5.0000 Einwohnern und das deutlich seltenere Vorkommen von Kleinstädten bis 20.000 Einwohnern (vgl. Kapitel 3.2.2.3). Pedelects scheinen für Nutzer damit vor allem in wenig verdichteten räumlichen Kontexten und in hoch verdichteten Ballungsgebieten interessant zu sein.

Offen ist, ob der Bildungsgrad von Pedelect-Nutzern tatsächlich höher ist als im bundesdeutschen Durchschnitt oder ob Nutzer mit Hauptschulabschluss in der Stichprobe aufgrund von Methodenartefakten unterrepräsentiert sind (vgl. Kapitel 3.2.2.1). Anzunehmen ist, dass dies auf jeden Fall für die teilnehmenden über 65-Jährigen gilt, da der Hauptschulabschluss für diese Jahrgänge der üblichste Schulabschluss ist.

Die Typisierung in Pendler, Alltags- und Freizeitnutzer hat sich bei der Zusammenführung von qualitativen und quantitativen Daten als hilfreich erwiesen (vgl. Kapitel 3.2.1). Der hohe Anteil an Mischnutzern mit unterschiedlich stark ausgeprägter Schwerpunktsetzung in einem der drei Bereiche lässt – insbesondere unter Einbeziehung der qualitativen Analysen – wesentlich differenzierte Typisierungen zu, die im Rahmen dieses Abschlussberichts nicht gesondert dargestellt werden konnten.

4.1.2. Zum Aufbau der Wegeprotokolle / Online-Befragungen und zur Qualität der erhobenen Daten

Trotz genauer Anleitungen zum Ausfüllen der Wegeprotokolle deuten die Auswertungen darauf hin, dass nicht alle Teilnehmenden ihre Fahrten und Gänge wie vorgesehen dokumentiert

haben. Einzelne Teilnehmende haben offenbar nur ihre Pedelec-Fahrten, nicht aber ihre Wege mit weiteren Verkehrsmitteln festgehalten. In der Summe dürfte dieses Ausfüllverhalten aber zu keinen nennenswerten Verzerrungen der Werte führen.

Fußwege werden in der Selbstwahrnehmung des eigenen Verkehrshandelns oftmals vergessen (vgl. Deffner, 2011, S. 367). Die tatsächliche Zahl an Fußwegen dürfte dementsprechend über alle Teilnehmenden höher als angegeben sein. In Hinblick auf die Fragestellung von Pedelection – die Potenzialabschätzung von Pedelecs – dürften Wege, die im Rahmen der Protokollierung gar nicht als solche wahrgenommen werden, die also automatisiert in der alltäglichen Routine stattfinden, wenig ins Gewicht fallen. Es ist nicht davon auszugehen, dass solche mehr oder weniger unbewusst zurückgelegten Wege von Relevanz für Verlagerungseffekte sind.

Die berichteten Kilometer für die verschiedenen Verkehrsmittel könnten nach einer im Vorfeld der MiD 2002 durchgeführten Methodenstudie systematisch überschätzt worden sein (vgl. Lanzendorf & Busch-Geertsema, 2011, S. 63). Eine Reduktion der Angaben wie innerhalb der MiD-Studie bei den Fuß- und Radwegen um 2 %, bei den ÖV-Wegen um 10 % und bei allen anderen Wegen um 5 % wurde nicht vorgenommen. Anders als noch vor einigen Jahren stehen Probanden heutzutage mehr Möglichkeiten zum „Selbst-Monitoring“ zur Verfügung: Neben den im Feldtest eingesetzten GPS-Geräten sind dies bspw. auch Apps zur Aufzeichnung des eigenen Mobilitätsverhaltens. Dadurch könnten Wegeprotokolldaten im Vergleich zu früheren Befragungen genauer geworden sein. Im Teilnehmerkreis befanden sich etliche Probanden, die unabhängig von der Projektteilnahme ihre Fahrten regelmäßig dokumentierten.

Vor dem Hintergrund der geringen Teilnehmerzahl, für die eine regelmäßige ÖPNV-Nutzung von Bedeutung war (vgl. Kapitel 3.2.3.4), erfolgte keine genaue Erfassung von intermodaler Verkehrsmittelnutzung sowie von Mitfahrern im eigenen oder Mitfahrten in einem fremden Pkw. Differenzierte Aussagen zu diesen Punkten sind im Rahmen der Studie daher nicht möglich.

Die Ermittlung der Verkehrsmittelwechseleffekte basiert auf den retrospektiv von den Teilnehmern getroffenen Aussagen auf die Frage, mit welchem Verkehrsmittel eine Pedelec-Fahrt vor dem Pedelec-Kauf zurückgelegt wurde. Da bei einigen Teilnehmern der Kauf einige Zeit zurückliegt, ist die Beantwortung gerade für spontane Fahrten mit Vorsicht zu interpretieren (vgl. Bortz & Döring, 2006, S. 269; Fahrenberg, Myrtek, Pawlik, & Perrez, 2007).

Eine ursprünglich geplante „Baseline-Messung“ (Wegeprotokolle vor dem Pedelec-Kauf) ließ sich im Rahmen von Pedelection aufgrund der geringen Anzahl von Teilnahmeinteressierten, die ihr Pedelec noch nicht erworben hatten, nicht realisieren.

Um eine Einschätzung der Qualität der berichteten Kilometerzahlen zu gewinnen, wurde der Zusammenhang zwischen den subjektiv berichteten Jahreskilometern 2013 (vgl. Kapitel 3.2.3.5) und den über die vier Fahrwochen insgesamt dokumentierten Fahrleistungen (vgl. Kapitel 3.6.1.1) ermittelt. In der Regel hängen zwar die in den Fahrwochen berichteten und die für das Jahr 2013 insgesamt berichteten Kilometerwerte signifikant zusammen, in einigen Fällen wurde aber offenbar entweder die Jahresleistung oder die Angaben zu den einzelnen Wegen unter- oder überschätzt. Zum Teil erklären sich Abweichungen der dokumentierten Fahrleistungen mit den subjektiv für das Gesamtjahr 2013 berichteten Werten durch untypische Fahrwochen (z. B. Urlaub, Krankheit, schlechtes Wetter). 16 Teilnehmende (11 %, $N = 146$) gaben in der abschließenden Befragung zudem an, dass sich im Projektverlauf Veränderungen bezüglich der Personen- und / oder Haushaltsmerkmale ergeben hatten. Auch hierdurch erklären sich im Einzelnen Veränderungen der Mobilitätsmuster, die Einfluss auf die Gesamtzusammenhänge nehmen. Darüber hinaus versuchten in Einzelfällen Teilnehmer in den jeweiligen Fahrwochen „möglichst viele Fahrten zu unternehmen, um viele Daten zu sammeln“ (5 Teilnehmer, 3 %, $N = 172$) oder „möglichst viele Pedelec-Fahrten zu unternehmen“, die ohne die Teilnahme am Projekt nicht unternommen worden wären (3 Teilnehmer, 2 %, $N = 172$).

Um die Validität der erhobenen Fahrdaten zu erhöhen, wären weitere Messzeiträume wünschenswert, die sich im Rahmen von Pedelection nur in Einzelfällen realisieren ließen. Auch eine stärker automatisierte Aufzeichnung der Fahrparameter bei einer größeren Teilnehmerzahl (z. B. durch Smart-Watches) wäre wünschenswert, um weniger fehleranfällige und für die Teilnehmenden weniger aufwendige Aufzeichnungsvorgänge zu ermöglichen.

4.1.3. Zur Datenbasis der Umweltbewertung

Die Umweltbewertung von Pedelecs erfolgt erstmals nicht auf Basis theoretisch angenommener Werte, sondern auf den Nutzungsmustern von Privatnutzern. Die Ermittlung des Energieverbrauchs der Pedelecs basiert auf den aggregierten, von den Teilnehmern übermittelten, Daten des Energiemessgeräts. Auch wenn eine aufwendige Plausibilitätsprüfung und Bereinigung der Rohdaten stattgefunden hat, ist dabei nicht gänzlich auszuschließen, dass

in Einzelfällen durch Bedien- oder Gerätefehler fehlerhafte Daten in die Auswertung eingeflossen sind. Mit 37 bis 64 Teilnehmern, die ihre Ladedaten pro Befragungszeitraum übermittelt haben und 472 auswertbaren Datensätzen (vgl. Kapitel 2.2.6.1), ist die Datenbasis zwar recht solide – allerdings wären auch bezüglich der Ladedaten weitere Messzeiträume wünschenswert, um ggf. untypische Fahrwochen (vgl. 4.1.2) und damit auch untypisches Ladeverhalten stärker ausgleichen zu können. Insgesamt spielt der Energieverbrauch der Pedelecs jedoch in der Gesamtbilanz nur eine untergeordnete Rolle.

Die Ermittlung der Klimawirkung anderer Verkehrsmittel beruht auf Durchschnittswerten für typische Fahrzeuge (vgl. Kapitel 3.5). Dabei bestehen sowohl bei öffentlichen Verkehrsmitteln, als auch bei Pkw je nach Fahrzeugtyp deutliche Unterschiede in den Treibhausgasemissionen. Diese individuellen Unterschiede werden bei der Bewertung der Klimawirkung und -bilanz nicht berücksichtigt. Im Einzelfall ergeben sich z. B. durch den Ersatz eines SUV durch ein Pedelec größere Entlastungseffekte als durch den Ersatz eines Kleinwagens. Ziel dieser Studie war jedoch die Darstellung der (potenziellen) Verlagerungseffekte insgesamt und nicht die Abbildung individueller Fahrzeuge.

Bei der Berechnung des Einsparpotenzials durch die Pedelec-Nutzung ist zudem zu berücksichtigen, dass mit dem Pedelec partiell andere Streckenführungen zur Erreichung der Ziele als mit dem Pkw oder dem Fahrrad gewählt werden. Teilweise werden mit dem Pedelec längere Wege zurückgelegt (z. B. spontane Radtour bei schönem Wetter auf der Heimfahrt von der Arbeit), teilweise auch kürzere (z. B. Abkürzung der Pkw-Route durch Wald- / Nebenwege).

Im Bereich der NO_x- und Partikelemissionen, die im Rahmen der Luftreinhaltung schwerpunktmäßig diskutiert werden und hier im Rahmen der Umweltbilanz im Verkehrsmittelvergleich analysiert werden (vgl. Kapitel 3.5.2), ist insbesondere der Beitrag der Stahlherstellung zur Feinstaubbelastung im Verlauf der Fahrzeugherstellung bislang wenig erforscht. Hier wäre eine umfassende Risikoanalyse bzw. eine ökobilanzielle End-Point-Analyse notwendig, die diesen Aspekt mit Zahlen unterlegen kann.

4.2. Pedelec-Nutzer und -Nutzung

4.2.1. Analyse von Motiven, Treibern und Hemmnissen

4.2.1.1. Treiber der Nutzung

Für aller Nutzergruppen spielen Bewegung, sportliche Betätigung und der Erhalt bzw. die Verbesserung der eigenen Gesundheit eine wichtige Rolle. Auch der hohe Spaßfaktor, der über das Erleben des eigenen Körpers und von Natur in Verbindung mit der höheren Geschwindigkeit ein Gefühl von Freiheit vermittelt, findet sich über alle Nutzer hinweg (vgl. Kapitel 3.3.8 und 3.3.9).

Für Pendler ist in diesem Kontext insbesondere der Faktor Entspannung / Stressreduktion von Relevanz. Infrastrukturelle Vorteile und Umweltaspekte werden von Pendlern ebenfalls betont, wobei letztere auch von Alltagsnutzern erwähnt werden. Zusätzlich ist die Planbarkeit der Fahrdauer ein großer Pluspunkt für die Pendler: Die Fahrdauer mit dem Pedelec kann – unabhängig von Wind- und Wettereinfluss – sehr genau kalkuliert werden.

In der Alltagsnutzung wird vor allem der hohe Grad an Flexibilität hervorgehoben. Bei älteren Nutzern spielt dabei auch der Erhalt bzw. die Rückgewinnung von individueller Alltagsmobilität eine Rolle. Bei Freizeitnutzern sind der vergleichsweise hohe Komfort und die elektrische Unterstützung an sich wichtige Treiber.

In den Interviewaussagen fällt bei einigen Pendlern und Alltagsnutzern eine ähnliche positive Attribuierung des Pedelecs mit Begriffen rund um Freiheit und Unabhängigkeit auf wie sie häufig in Bezug auf die Pkw-Nutzung geäußert werden: Auch auf emotionaler Ebene scheint das Pedelec damit zunehmend Bedürfnisse erfüllen zu können, die zuvor in erster Linie an den Pkw gekoppelt waren. Auffallend ist gleichzeitig die häufige Bezeichnung des Pedelecs als „Fahrrad“. Offenbar ist die Motorunterstützung des Pedelec bereits so selbstverständlich, dass diese Eigenschaft keine besondere Erwähnung mehr findet.

4.2.1.2. Veränderungen der Nutzungsmotive

Veränderungen in den Nutzungsmotiven im Projektverlauf ergeben sich vor allem hinsichtlich eines Rückgangs des Autoverzichts als Nutzungsmotiv und einer Zunahme des zügigen von A nach B Kommens (vgl. Kapitel 3.4.3). Ob die Abnahme des Autoverzichts als Nutzungsmotiv bei den männlichen Teilnehmenden dadurch zu erklären ist, dass tatsächlich weniger Fahrten mit

dem Pkw durch das Pedelec ersetzt werden konnten als von den Teilnehmern angenommen oder ob das Motiv vor dem Hintergrund der weiteren Motive (z. B. Spaßfaktor höher als erwartet) lediglich „verblasst“, kann anhand der Daten nicht abschließend geklärt werden.

Größere Veränderungen lassen sich im Projektverlauf bei den Kauf- und Nutzungskriterien beobachten (vgl. Kapitel 3.4.1.2). Insgesamt zeigt sich eine signifikante Zunahme der Relevanz für die Punkte:

- geeignete Parkmöglichkeiten an den jeweiligen Zielorten
- Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum (besonders bei Frauen und 45 < 65-Jährigen)
- Diebstahlsicherheit (besonders bei den 45 < 65-Jährigen)
- kurze Ladezeiten
- geringes Gewicht
- geeignete Parkmöglichkeiten zu Hause (besonders bei Frauen und 45 < 65-Jährigen)
- Umweltfreundlichkeit (besonders bei den über 65-Jährigen)
- hohe Reichweite (besonders bei Frauen und 45 < 65-Jährigen)
- einfache Handhabung (besonders bei Frauen und 45 < 65-Jährigen)
- geringe Betriebskosten (besonders bei Frauen und 45 < 65-Jährigen)
- höhere Geschwindigkeit als bei herkömmlichen Fahrrädern (besonders bei den über 65-Jährigen)
- hoher Fahrkomfort (besonders bei 45 < 65-Jährigen)

Mit Ausnahme des Nutzungskriteriums „Weniger Anstrengung als mit dem herkömmlichen Rad“, bei dem die Zustimmung ganz leicht abnimmt, gewinnen auch alle weiteren Kriterien minimal an Relevanz.

Interessant ist dabei die Bedeutungszunahme von Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum. Auch wenn der Punkt in der letzten Befragung mit einem Mittelwert von etwas über dem Skalenmittelpunkt innerhalb der anderen Items immer noch mit dem niedrigsten Grad an Zustimmung erreicht, könnte die Zunahme darauf hindeuten, dass eine öffentliche Ladeinfrastruktur durchaus für einige Nutzertypen von Interesse ist. Eine Studie vom Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung fand ähnlich niedrige Werte für die Bedeutsamkeit der Ladeinfrastruktur. Zugleich belegt die Studie, dass die Wichtigkeit von Lademöglichkeiten im

öffentlichen Raum bei hohem Grad an Elektrofahrradnutzung schwächer ausfällt ($r = - .16$) (Preißner u. a., 2013, S. 52 f.), sodass das Thema Ladeinfrastruktur möglicherweise eher ein psychologisches ist, dass durch entsprechende Nutzungserfahrung abgebaut werden kann. Auch innerhalb der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung zu den Pedelec-Projekten im Rhein-Main-Gebiet geben zwar 45 % der befragten Nutzer an, dass eine Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum eventuell notwendig ist, wobei wiederum nur knapp die Hälfte davon eine solche als absolut notwendig ansieht (vgl. Schäfer & Schmidt, 2011c, S. 78).

Bei den über 65-Jährigen gewinnt zusätzlich die Marke des Herstellers an Bedeutung. Gleichzeitig würde knapp ein Fünftel dieser Altersgruppe nicht noch einmal das gleiche Pedelec kaufen. Möglicherweise zeigt sich hier, dass die über 65-Jährigen häufig einen Kauf auf Basis von Erfahrungen anderer tätigen und bei dem Kauf die eigenen Bedürfnisse nicht genügend Berücksichtigung gefunden haben.

Die Bewertung der Alltagstauglichkeit ist dabei in allen Nutzergruppen mit einer Durchschnittsnote zwischen eins und zwei sehr positiv ausgeprägt, wobei Pendler ihre Pedelecs tendenziell am besten bewerten, gefolgt von den Alltags- und Freizeitnutzern (vgl. Kapitel 3.4.1.3).

Bei der mathematischen Modellierung von Nutzungsmotiven erweist sich insbesondere der Wunsch nach einem häufigeren Autoverzicht als bedeutsam für die tatsächliche CO₂-Einsparung (vgl. Kapitel 3.4.2.2).

4.2.1.3. Hemmnisse für die Nutzung

Hemmnisse sind bei den Pendlern Termindruck, Dienstreisen und andere besondere Anlässe, bei denen eine angemessene Kleidung eine Rolle spielt. Der Transport von schweren bzw. großen Gegenständen ist nutzergruppenübergreifend ein häufig genanntes Nicht-Nutzungsmotiv. Wobei die Definition sehr unterschiedlich ausfällt: Während einige Teilnehmer mit Anhängern, Kindersitzen etc. durchaus große Lasten transportieren, stellt für andere bereits der Kauf einer Getränkebox ein absolutes Nicht-Nutzungskriterium dar (vgl. Kapitel 3.3.10 und 3.3.11).

Die Angst vor Diebstahl ist bei den Alltagsnutzern geringer ausgeprägt als bei den beiden Vergleichsgruppen. Hier lässt sich vermuten, dass ein häufiger Einsatz in Alltagssituationen oder die im Vergleich zu Pendlern kürzeren Abstellzeiten die Angst reduziert.

Bei den S-Pedelec-Nutzern mit einem Pendel-Nutzungsschwerpunkt erweist sich die rechtliche Einordnung als Kraftfahrzeug und das daraus resultierende Verbot, die Radinfrastruktur zu nutzen als großes Hemmnis. Einzelne Teilnehmer haben ihr S-Pedelec im Projektverlauf verkauft, weil sie den alltäglichen Einsatz als unzumutbar erlebt haben.

Die Länge der Wegstrecke ist für Pendler ein weniger starkes Hemmnis als für Freizeit- und Alltagsnutzer.

Witterungsbedingungen stellen ein starkes Nutzungshemmnis dar. Im Projektverlauf wurden nur 10 % der Fahrten bei schlechtem Wetter (Regen, Gewitter) zurückgelegt (vgl. Kapitel 3.6.2.3). Das Wetter selber lässt sich nicht beeinflussen – aber die Analysen zeigen, dass die Wahrnehmungen von Wetter als „schlechtem Wetter“ weit auseinandergehen und dass das zugrundeliegende Hemmnis häufiger ein „mentales Saisonkennzeichen“ bzw. eine mentale Barriere darstellt als objektive Gründe (vgl. Kapitel 3.4.3.2). Diese Barrieren aufzuweichen bzw. weiter in Richtung einer Steigerung der Nutzungsintensität zu verschieben, kann durch entsprechende Anreize gelingen, die langfristig Umdenkprozesse fördern (vgl. Kapitel 5.6). Viele der Nicht-Nutzungsgründe beruhen auf Bequemlichkeit (z. B. keine Lust dazu haben, sich vor jeder Fahrt warm anzuziehen) bzw. auf Gewohnheiten, die durch neue Erfahrungen durchaus verändert werden können. Daneben stellen das Gefühl einer sinkenden Sicherheit und Schnelligkeit der Erreichbarkeit der üblichen Ziele in den Wintermonaten ein Nutzungshemmnis dar.

Im vergleichbar milden Winter im Jahr 2013 / 2014 nutzte zwar knapp die Hälfte der Befragten ihr Pedelec seltener als in dem vorhergehenden Befragungszeitraum, aber nur ein kleiner Teil der Probanden (17 %) stellte die Pedelec-Nutzung in den Wintermonaten ab Anfang November durchschnittlich für vier Monate komplett ein. Etwa ein Drittel nutzte das Pedelec zumindest gelegentlich. Damit liegt der Anteil der Ganzjahresnutzer noch deutlich höher als im Projekt „Landrad“ mit 27 % (vgl. Kapitel 1.2.1). In der Tendenz neigen Frauen, Freizeitnutzer und über 65-jährige eher dazu die Pedelec-Nutzung im Winter komplett einzustellen, wobei diese

Aussage aufgrund der geringen Fallzahlen zunächst eine Annahme darstellt, die einer genaueren Überprüfung mit einer größeren Fallzahl bedarf. Perspektivisch planen die Befragten, ihr Pedelec auch im nachfolgenden Winter mit der gleichen Häufigkeit einzusetzen.

4.2.2. Analyse der Pedelec-Nutzung und Verlagerungspotenziale

Auch wenn ältere Nutzer mit hauptsächlichlicher Freizeitnutzung in der Studie möglicherweise weniger zahlreich vertreten sind als es für die Grundgesamtheit aller Pedelec-Nutzer in Deutschland der Fall ist, fällt auf, dass die Teilnehmer ihre Pedelecs selten ausschließlich zum Pendeln oder für Freizeitfahrten nutzen. In den meisten Fällen überwiegt eine Mischnutzung von Pendel-, Alltags- und Freizeitfahrten. Die Nutzungsschwerpunkte unterliegen dabei über die dokumentierten vier Zeiträume jahreszeitlichen Schwankungen (vgl. Kapitel 3.4.3.2).

Bei einer intensiven Pedelec-Nutzung mit rund 60 % (fast) täglicher Nutzung und weiteren 34 % mit mindestens einem Nutzungstag pro Woche im ersten Befragungszeitraum sowie einer vergleichsweise niedrigen Nutzungsintensität des Pkw (vgl. Kapitel 3.2.3.3) – machen Pedelec-Fahrten im Schnitt einen Anteil von 18 % an der Jahresgesamtfahrleistung aus (vgl. Kapitel 3.2.3.5). Männer berichten dabei eine fast doppelt so hohe Pedelec-Fahrleistung (2.874,6 km) wie Frauen (1.455,5 km). Für eine genauere Analyse bundeslandspezifischer Unterschiede werden weitere und größere Fallmengen benötigt, die z. B. im Rahmen einer übergeordneten Mobilitätsstudie wie „Mobilität in Deutschland“ auf repräsentativer Basis gesammelt werden können (vgl. Kapitel 5.7).

Wege zum / vom Arbeitsplatz und andere berufliche Fahrten stellen mit 40 % den höchsten Anteil an den berichteten Fahrten dar. Nur 20 % aller Fahrten waren reine Freizeitfahrten (z. B. Urlaub). 70 % der Pedelec-Wege wurden in den Monaten April bis September zurückgelegt. Weniger als 30 % der Wege entfielen auf den Herbst und Winter – wobei im Herbst noch doppelt so viele Wege wie im Winter zurückgelegt wurden (vgl. Kapitel 3.6.2.3). Der vergleichsweise hohe Wert an Winternutzung – im Projekt „Landrad“ entfielen nur 17 % der Fahrleistung auf den Winter (vgl. Kapitel 1.2.1.2) – ist zumindest in Teilen auf den milden Winter im Projektverlauf zurückzuführen.

Bei den Pedelec-Fahrten ergibt sich eine durchschnittliche Wegelänge von 11,4 km und eine Fahrdauer von 49 min, wobei Wege bis 10 km und einer Dauer bis 30 min am häufigsten sind (vgl. Kapitel 3.6.1.1). Dabei liegen Einkaufswege vor allem im Bereich unterhalb von 6 km

($M = 6,1$ km), Arbeitswege zwischen 8 km und 30 km ($M = 11,5$ km) und Freizeit- / Urlaubsfahrten ab 20 km ($M = 17,8$ km) (vgl. Kapitel 3.6.1.2).

Gemittelt über alle Pedelec-Wege wurde mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 15 km/h gefahren (vgl. Kapitel 3.6.1.3). Damit liegt die Durchschnittsgeschwindigkeit geringfügig über dem auch mit herkömmlichen Fahrrädern erzielten Wert von etwa 14 km/h (vgl. Schleinitz u. a., 2014, S. 80 f.). Deutlich höher fallen die Durchschnittsgeschwindigkeiten von S-Pedelec-Fahrern (rund 20 km/h) und Pendlern (17 km/h) aus.

41 % der Pedelec-Wege und 45 % der Pedelec-Kilometer wurden vor dem Pedelec-Kauf mit dem Pkw zurückgelegt. Bei den Berufstätigen ist das Verlagerungspotenzial vom Pkw auf das Pedelec mehr als doppelt so hoch wie bei nicht erwerbstätigen Personen. Bei Pendlern ersetzte das Pedelec 62 % der Kilometer, die zuvor mit dem Pkw zurückgelegt wurden. Die S-Pedelec-Nutzer ersetzten im Projektverlauf am meisten Pkw-Kilometer: 71 % der S-Pedelec-Kilometer wären vor dem Kauf mit dem Auto zurückgelegt worden. Der relativ hohe Anteil an S-Pedelec-Nutzern bei Teilnehmenden mit dem Nutzungsschwerpunkt Pendeln unterstreicht das hohe Potenzial von S-Pedececs als Pendlerfahrzeug. Mit Blick auf die Wegezwecke zeigt sich die stärkste Verlagerung vom Auto weg bei Arbeitsfahrten (57 %) (vgl. Kapitel 3.6.2.1).

38 % der Pedelec-Wege und 32 % der Kilometer wären vor dem Pedelec-Kauf mit einem konventionellen Fahrrad unternommen worden. Besonders hoch ist der Anteil an Fahrradsubstitution bei den nicht Erwerbstätigen – im Vergleich liegt er doppelt so hoch wie bei Berufstätigen. Bei der reinen Freizeitnutzung liegt der Anteil bei 61 %, außerdem wurden knapp 20 % der Pedelec-Kilometer von Freizeitnutzern vor dem Pedelec-Kauf nicht unternommen. Die unter 45-Jährigen verlagern mit 15 bis 28 % unterdurchschnittlich von Fahrrad auf Pedelec.

Alltagsnutzer verlagern im Vergleich zu allen Nutzern eher unterdurchschnittlich – mit je 36 % sowohl vom Pkw als auch vom Fahrrad.

Andere Verkehrsmittel werden von den Teilnehmenden nur marginal substituiert. Nur bei dem Wegezweck „Arbeit“ werden mit 11 % auch nennenswert ÖV-Wege durch das Pedelec ersetzt. Mit rund 6 % ist der Anteil an Wegen, die durch das Pedelec neu generiert werden (Fahren um des Fahrens willen oder verbesserter Zugang zu Mobilität), eher gering.

In dem methodisch ähnlich angelegten Projekt „Landrad“ (vgl. Kapitel 1.2.1.2) ergab sich ebenfalls ein hohes Verlagerungspotenzial von Fahrrad (52 %) und Pkw (35 %) auf das Pedelec. Im Vergleich mit der österreichischen Studie zeigt sich innerhalb von Pedelec also ein ökobilanziell noch positiveres Verlagerungsmuster. Es ist allerdings anzunehmen, dass gerade in topografisch anspruchsvollen Gebieten die Substitution von konventionellen Fahrrädern noch höher ausfällt. In urbanen Kontexten hingegen steigt der Anteil der substituierten ÖPNV-Fahrten. Zwischenauswertungen aus dem Berliner Projekt „EBikePendeln“ zeigen beispielsweise, dass während der Pedelec-Testnutzungsphase die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln leicht zurückgeht. Während zuvor knapp 36 % der Probanden den ÖPNV an mindestens ein bis drei Tagen pro Woche nutzen, sinkt der Anteil während der Testphase auf 25 % ($N = 67$) (Czowalla, 2015).

Die Nutzungsgewohnheiten hinsichtlich Abstellen und Parken, Laden, der Wahl der am häufigsten genutzten Unterstützungsstufe sowie der Nutzung weiterer Verkehrsmittel sind relativ stabil. Nur bei einem Viertel der Teilnehmenden ergeben sich zwischen der zweiten und dritten bzw. der dritten und vierten Befragung Veränderungen. Am häufigsten werden hier witterungsbedingte Veränderungen der sonstigen Verkehrsmittelnutzung und eine Veränderung der gewählten Unterstützungsstufe berichtet. Dabei tendieren mehr Nutzer zu einer Reduktion der Unterstützungsstufe als zu einer Erhöhung. Auch das Fahren ganz ohne Motorunterstützung spielt in der letzten Befragung bei einigen Teilnehmenden eine Rolle. Neben dem Wunsch nach einer erhöhten Trainingsleistung ist dabei auch das Nachlassen der Akkuleistung von Bedeutung. Die Interviewäußerungen lassen den Rückschluss zu, dass insbesondere Alltagsnutzer zu einer Reduktion der Unterstützungsstufe neigen bzw. generell eine niedrigere Unterstützungsstufe wählen als die beiden Vergleichsgruppen. Freizeitfahrer wählen in der Regel eher eine mittlere Unterstützungsstufe, Pendler nutzen auf dem Hinweg häufiger eine höhere Unterstützung als auf dem Rückweg, wobei meistens mindestens eine mittlere Unterstützung gewählt wird (vgl. Kapitel 3.4.3).

Eine Ermittlung der genauen Unterstützungsstufe pro Pedelec-Fahrt erfolgte im Rahmen von Pedelec nicht. Zum einen, weil es eine Vielzahl an Abstufungen je nach Hersteller und Modell gibt und zum anderen, weil neben dem Unterstützungsfaktor u. a. auch Gewicht des Fahrers, Zuladung, Witterungsbedingungen und Steigung die Akkuleistung beeinflussen. Die

ökobilanziellen Auswirkungen einer Reduktion der Unterstützungsstufe kann daher nicht genau quantifiziert werden.

4.2.3. Einfluss des Pedelecs auf den Haushaltsfuhrpark

Die teilnehmenden Pedelec-Nutzer weisen einen hohen Motorisierungsgrad auf: 41 % der Teilnehmenden besitzen mindestens zwei Pkw pro Haushalt. Gleichzeitig geben 48 % an, sich die Abschaffung des Zweit- oder des Erstwagens vorstellen zu können. Bei 16 % hat eine solche Abschaffung bereits stattgefunden. Damit haben die Pedelec-Nutzung und die weitere Verbreitung von Pedelecs ein großes Potenzial, den Motorisierungsgrad von Privathaushalten weiter zu reduzieren (vgl. Kapitel 3.4.4).

Innerhalb der Studie konnte allerdings kein signifikanter Zusammenhang von der Pedelec-Nutzung auf die Zusammensetzung des Haushaltsfuhrparks festgestellt werden. Auch wenn die Bereitschaft zum Autoverzicht recht hoch ausgeprägt ist, führte diese nicht in nennenswerter Zahl zu einer tatsächlichen Abschaffung von Pkw oder anderen motorisierten Fahrzeugen im Projektverlauf. Zwischen der ersten und der letzten Befragung reduzierte sich der Pkw- und Fahrradbestand nur minimal. Dies liegt zum einen daran, dass gerade bei den Online-Teilnehmenden das Pedelec schon länger im Haushalt vorhanden war und Abschaffungen teilweise schon im Vorfeld vorgenommen wurden – die allerdings von 86 % der Befragten nicht ursächlich auf die Pedelec-Nutzung zurückgeführt wurden. Zum anderen liegt es sicher auch an der betrachteten Zeitspanne: Für eine Abschaffung des Zweit- oder Erstwagens lagen für diejenigen Teilnehmer, die das Pedelec erst kurz vor Projektstart erworben hatten, vermutlich noch zu wenige Erfahrungswerte vor. Festzuhalten ist, dass die positiven Erfahrungen mit dem Pedelec bei einigen zu der Überlegung geführt haben, auch bei der Anschaffung anderer Fahrzeuge im Haushalt auf einen elektrischen Antrieb zu setzen.

4.3. Umweltbewertung

In die Umweltbewertung flossen aufgrund des Untersuchungsdesigns ausschließlich fahrzeugbezogene Werte ein. Bei der Pedelec-Nutzung gibt jedoch auch der Fahrer Energie ab. In einzelnen Ansätzen wurde bereits skizziert (Blondel, Mispelon, & Ferguson, 2011; Engel, 2008), dass die Reduktion der menschlichen Leistungsabgabe durch die Motorunterstützung die ökobilanzielle Bilanz gegenüber einem herkömmlichen Fahrrad noch weiter verbessern kann. Bei der Pedelec-Nutzung werden demgemäß gegenüber der Fahrrad-Nutzung Kalorien gespart.

Unter Berücksichtigung des deutschen Nahrungsmittelmixes und der Energie, die für die Herstellung und Lieferung der Lebensmittel benötigt werden, kann diese Betrachtungsweise zu einer Egalisierung oder gar zu einer besseren Ökobilanz von Pedelecs gegenüber herkömmlichen Fahrrädern führen.

Bei den Teilnehmenden lag der durchschnittliche Verbrauch des Pedelecs bei 0,73 kWh/100 km, wobei die Messungen bis zu einem Faktor 10 auseinanderliegen (vgl. Kapitel 3.5.1). Insgesamt fallen die Werte etwas niedriger aus als bisher angenommen (vgl. u. a. Wachotsch, Kolodziej, Specht, Kohlmeyer, & Petrikowski, 2014, S. 15).

4.3.1. Klimawirkung von Pedelecs

Damit ergeben sich auf der Fahrzeugebene gegenüber dem herkömmlichen Fahrrad vor allem durch die Batterieherstellung etwas höhere Klimawirkungen. Die Tretunterstützung schlägt bei der Betrachtung der Klimawirkungen kaum zu Buche und liegt bei Ladung mit Strom aus erneuerbaren Energien nahezu bei Null.

Mit durchschnittlich deutlich unter 20 Gramm pro Personenkilometer fallen die Klimawirkungen von Pedelecs gegenüber einem konventionellen Motorroller sowie gegenüber der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel etwa 5 Mal niedriger aus. Der deutlichste Klimavorteil ergibt sich durch die Verlagerung vom Pkw auf das Pedelec: Mit 150 Gramm (mittlerer Diesel-Pkw und Elektroauto bei heutigem deutschem Strommix) und 170 Gramm CO₂-Äquivalenten pro Personenkilometer (mittlerer Otto-Pkw) liegt die Klimawirkung von Pkw bis zu 11 Mal höher (vgl. Kapitel 3.5.2). Damit liegt der hier ermittelte Faktor zwar deutlich unterhalb der bislang angenommenen Werte: In der Studie „E-Rad macht mobil“ wurde zur Klimawirkung des Pedelecs etwa ein Faktor 39 im Vergleich zu einem Otto-Pkw angenommen (Wachotsch u. a., 2014, S. 15). In dieser Studie wurden allerdings auch nur die direkten Emissionen und die Emissionen der Energievorkette verglichen. In dem ökobilanziellen Vergleich im Rahmen von Pedelection wurde der komplette Lebensweg der Fahrzeuge (inklusive Fahrzeugherstellung, Wartung und Entsorgung) und nach durchschnittlichem Auslastungsgrad mit dem Pedelec verglichen. Auch bei der Betrachtung des kompletten Lebenswegs haben Pedelecs ein erhebliches Potenzial zur Klimaentlastung, selbst dann, wenn nur in geringem Umfang Fahrleistungen mit anderen Verkehrsmitteln substituiert werden.

Bei der Betrachtung des gesamten Lebensweges haben Herstellung und Entsorgung mit knapp 80 % den größten Anteil an der Klimabilanz von Pedelecs. Allein ein Akku mit einer Kapazität von 300 Wh trägt 16 % zu den Treibhausgasemissionen bei der Pedelec-Herstellung bei. Die gesamten Herstellungsemissionen liegen etwa 35 % über dem eines herkömmlichen Fahrrades. Da die Herstellungsemissionen nur einmal zu Beginn des Lebensweges anfallen, hängt die Klimawirkung stark von der Lebensdauer und der in dieser Zeit zurückgelegten Strecke ab, auf die die Herstellungsemissionen „abgeschrieben“ werden können (vgl. Kapitel 3.5.3.3). Eine intensive Nutzung – hier wurde ein Wert von 3.500 km pro Jahr über den Zeitraum von sechs Jahren zugrunde gelegt – kann den Anteil auf 72 % reduzieren. Bei einer Lebensfahrleistung von 6.000 km erhöht sich der Anteil der Herstellungslasten auf bis zu 90 % (vgl. Kapitel 3.5.3.2).

Der zusätzliche Kauf eines Zweit- oder Drittakkus erhöht die Klimawirkung jeweils um ca. 16 %. Um diese zusätzlichen Emissionen über die Nutzungsphase abzuschreiben, wäre eine Erhöhung der jährlichen Fahrleistung um etwa 300 km pro zusätzlichem Akku notwendig (vgl. Kapitel 3.5.3.3). Vor diesem Hintergrund sollte der Erwerb von Zusatzakkus mit Bedacht geschehen: Vorratskäufe oder der Verkauf von Pedelecs mit zwei Akkus sind nur bei einer hohen Fahrleistung ökologisch (und ökonomisch) sinnvoll (vgl. Kapitel 5.3).

In urbanen Ballungsräumen ist dabei auch die günstige Bilanz von Pedelecs bei NO_x- und Partikelemissionen bedeutsam: Pedelecs fahren – wie andere elektrifizierte Verkehrsmittel – im Stadtgebiet emissionsfrei und können so zur Luftreinhaltung beitragen. Auch die Emission von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen, die aufgrund der schwachen Regulierung insbesondere bei konventionell motorisierten Zweirädern anfallen, können durch den Einsatz von Pedelecs vollständig vermieden werden (vgl. Kapitel 3.5.2).

4.3.2. Treibhausgas-Minderungspotenzial von Pedelecs

Ersetzt das Pedelec einen Pkw-Kilometer werden pro Kilometer 148,4 g Treibhausgasemissionen eingespart. Rund 80 % der Teilnehmenden haben im Projektverlauf durch die Pedelec-Nutzung pro Woche im Schnitt 2.400 kg CO₂-eq. eingespart, was in etwa den wöchentlichen Treibhausgasemissionen von 12 Einwohnern in Deutschland entspricht. 20 % der Probanden haben durch die Pedelec-Nutzung zusätzliche Emissionen generiert: z. B. durch Freizeitwege, die vorher gar nicht unternommen worden wären. Allerdings fallen diese

zusätzlichen Emissionen mit insgesamt 50 kg CO₂-eq. pro Woche bei der Gesamtbetrachtung kaum ins Gewicht (vgl. Kapitel 3.8.1).

Die auf dieser Basis getroffenen Ableitungen zum Einsparpotenzial aller privat genutzten Pedelecs in Deutschland bis zum Jahr 2030 gehen von einem wachsenden Anteil an Pedelecs am Fahrradmarkt aus. Bei einem angenommenen Anteil von 25 % werden die jährlichen Verkaufszahlen 2030 im Bereich von 950.000 Pedelecs liegen, zu einem Bestand von 6 Millionen Pedelecs und zu einem jährlichen Treibhausgasminderungseffekt von 1,1 Millionen Tonnen führen können. Im optimistischen Szenario mit einem angenommenen Anteil von 35 % am Fahrradmarkt werden 2030 bis zu 1.350.000 Pedelecs jährlich verkauft. Der Bestand könnte in diesem Fall auf über 8 Millionen Pedelecs anwachsen. Damit würden 1,5 Millionen Tonnen Treibhausgasemissionen eingespart werden. Dieser Wert entspricht den gesamten jährlichen Emissionen von mehr als 100.0000 Bundesbürgern (vgl. Kapitel 3.8.2).

Bei einer vollständigen Verlagerung von Arbeitswegen auf das Pedelec im Entfernungsbereich bis 15 km pro Pendelweg kann mit bis zu 4,3 Millionen Tonnen eingesparter Treibhausgasemissionen gerechnet werden (vgl. Kapitel 3.8.3).

Bei einer weiteren Verbreitung von Pedelecs vor allem auch in betrieblichen Fahrzeugflotten (z. B. ambulante Pflegedienste oder Lieferverkehr auf den letzten Meilen) kann die Klimawirkung von Pedelecs noch größer ausfallen als im Rahmen dieser Studie ermittelt wurde.

5. Ableitung von Handlungsempfehlungen

Die Analyse der Klimabilanz des Pedelection-Feldtests ergab für einen großen Teil der Teilnehmer erhebliche CO₂-Einsparungen gegenüber der Situation ohne Pedelec. Die Klimaentlastung ist dabei vor allem dort hoch, wo hohe Anteile und Distanzen an Pkw-Fahrten durch Pedelecs ersetzt werden. Dies ist insbesondere im Pendelverkehr der Fall. Das deutschlandweite Treibhausgas-Einsparpotenzial der für Pedelec-Nutzung geeigneten Pendelstrecken ist dabei erheblich und sollte verstärkt aktiviert werden, zumal die Gruppe der Pendler über den Arbeitgeber auch gezielt angesprochen werden kann. Auch die Potenziale im Alltagseinsatz (z. B. für Versorgungsfahrten) sind groß. Dabei gilt es, die vorhandenen Verlagerungspotenziale zukünftig stärker nutzbar zu machen und Rahmenbedingungen zu schaffen, die die Pedelec-Nutzung befördern. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse werden in den nachfolgenden Abschnitten Handlungsempfehlungen für Adressaten aus unterschiedlichen Bereichen abgeleitet: zu gesetzlichen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen (5.1 und 5.2), technischen Anforderungen und möglichen Weiterentwicklungen (5.3 und 5.4), adressatenspezifischen Kommunikations- und Anreizstrategien (5.5 und 5.6) sowie weiterem Forschungsbedarf und möglichen Forschungsthemen (5.7).

5.1. Gesetzliche Rahmenbedingungen für Pedelecs überprüfen

Vor dem Hintergrund des sich rasant erweiternden Modell- / Antriebsangebots im Bereich elektrisch unterstützter zwei- und dreirädriger (mehr oder weniger) fahrradähnlicher Fahrzeugkonzepte scheint ein grundlegendes Überdenken der Zuordnung zu Fahrzeugklassen angebracht. Die grundsätzliche Abgrenzung in „Fahrrad oder Kraftfahrzeug“, die derzeit auf Basis der EG-Richtlinie 2002/24/EG vorgenommen wird, könnte sich als großes Hemmnis für die Integration von neuen Fahrzeugkonzepten in den Straßen- / Fahrradverkehr erweisen.

Während es im automobilen Bereich völlig absurd erscheinen würde, bestimmte Straßen für Fahrzeuge zu sperren, weil sie aufgrund einer hohen Motorleistung theoretisch deutlich schneller fahren könnten als es die StVO und / oder die Gegebenheiten zulassen, ist dies im Pedelec-Bereich der Fall. S-Pedelecs bzw. prinzipiell alle mit Hilfsantrieb ausgestatten fahrradähnlichen Verkehrsmittel, die die maximale Nenndauerleistung von 250 Watt überschreiten und / oder über die 25 km/h-Grenze hinaus Unterstützung abgeben, gelten

derzeit als Kraftfahrzeug und werden weitestgehend von der Radinfrastrukturnutzung ausgeschlossen. Bei im Wesentlichen gleicher Bau- und Funktionsweisen dürfen solche Pedelects Radwege nur im Ausnahmefall nutzen – unabhängig davon mit welcher Geschwindigkeit sie tatsächlich unterwegs sind. Die Ermittlung von Durchschnittsgeschwindigkeiten mit S-Pedelects zeigen, dass diese zwar höher ausfallen als mit Pedelect 25 oder herkömmlichen Fahrrädern: Im Vergleich mit sportlichen Rennrad- oder Mountainbike-Fahrern, die ebenfalls auf Radwegen unterwegs sind, rechtfertigt dies aber nicht den pauschalen Ausschluss von der Radwegenutzung.

S-Pedelect-Fahrer innerhalb von Pedelection weisen ein besonders hohes Einsparpotenzial auf (vgl. Kapitel 3.6.2.1). Die bisher eher geringe Verbreitung von S-Pedelects in Deutschland ist laut den Teilnehmenden zu großen Teilen auf die mangelnde Integration dieser Fahrzeugklasse in den Straßenverkehr zurückzuführen. Insbesondere das Nutzungsverbot auf innerörtlichen Radwegen und teilweise auch Radwegen außerorts gestaltet den Einsatz von S-Pedelects im Alltag äußerst schwierig (und teilweise gefährlich). Das S-Pedelect kann für Pendler eine echte Alternative zum Auto darstellen. Für eine weitere Verbreitung und damit eine größere Ausschöpfung von Einsparpotenzialen bedarf es einer Änderung der StVO mit einer weitgehenden Gleichstellung von S-Pedelects mit Pedelects und Fahrrädern. Erste Weichenstellungen in diese Richtung wurden auf politischer Ebene bereits gefordert, z. B. im Rahmen einer kleiner Anfrage der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN im Deutschen Bundestag (Gastel u. a., 2015). In der Antwort auf die kleine Anfrage kündigte das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur an, „den zuständigen Straßenverkehrsbehörden durch eine Änderung der StVO die Freigabe von Radwegen für E-Bikes durch Einführung eines Zusatzzeichens „E-Bikes frei“ zu ermöglichen (BMVI, 2015, S. 1). Besser als eine kleinteilige Freigabe von einzelnen Streckenabschnitten, die für die zuständigen Straßenverkehrsbehörden einen hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand bedeutet, wäre eine grundsätzliche Lösung z. B. von Geschwindigkeitsgrenzen anstatt einer rigiden Orientierung an der Nenn-Dauerleistung. Diese könnten bspw. auch als „Stadtmodus“ in die Unterstützungsstufen von Pedelects integriert werden.

Wenn nichts an der bestehenden rechtlichen Einordnung von S-Pedelects geändert wird, dann müssten zumindest die anderen Verkehrsteilnehmer (insbesondere Auto-Fahrer) stärker für S-Pedelects sensibilisiert werden, um Konflikt- und Gefahrensituationen zu vermeiden.

Ebenfalls als überdenkenswert wird die bisherige gesetzliche Regelung der Leistungs- bzw. Geschwindigkeitsabriegelung gesehen. Von Händlern und Nutzern wurde oftmals angemerkt, dass die standardmäßige Abriegelung von Pedelec-Antrieben auf 25 km/h dazu führe, dass diese Pedelecs von jüngeren Käuferschichten nicht als attraktiv wahrgenommen werden. Geschwindigkeiten von 25 km/h werden von geübteren Fahrradfahrern auch mit dem herkömmlichen Fahrrad leicht erzielt. Eine Erhöhung der zugelassenen maximalen Unterstützungsgeschwindigkeit auf etwa 32 km/h, wie sie auch in anderen Ländern¹¹⁶ üblich ist, bietet sich an, um diese Käuferschichten stärker anzuziehen (vgl. Budde u. a., 2012, S. 73). In Tempo 30-Zonen würde dadurch gleichzeitig eine bessere Integration in den Autoverkehr ermöglicht.

Von den Nutzern wurde zudem angemerkt, dass bei gesundheitlichen Einschränkungen die Eigentretleistung auf teilweise ca. 40 Watt reduziert ist. Das maximal gelieferte Drehmoment des Pedelec 25 von 50 bis 60 Nm reiche in diesen Fällen nicht aus, um starke Steigungen zu bewältigen, insbesondere bei hohem Körpergewicht.

Generell ist die Festlegung einer Nenn-Dauerleistung mit Blick auf die Nutzung in hügeligen / bergigen Regionen mit längeren Anstiegen – in denen der Einsatz von Pedelecs sich prinzipiell besonders anbietet – wenig sinnvoll. Auch Lastenpedelecs benötigen in solchen Topografien eine stärkere Motorunterstützung, um mit Zuladung solche Strecken überwinden zu können (sollten aber rechtlich immer noch als Fahrrad unterwegs sein können).

Sinnvoller als die Festlegung auf eine Definition der Nenn-Dauerleistung, erscheint eine an die Muskelleistung und ggf. topografische Gegebenheiten angepasste Leistungsregulierung mit einer definierten maximalen Beschleunigung und Spitzenleistung. Empfehlungen hierzu werden im Go-Pedelec-Handbuch getroffen (Budde u. a., 2012, S. 73):

- Muskel-Leistung kleiner 50 Watt
= maximale Unterstützungs-Geschwindigkeit bis 15 km/h
- Muskel-Leistung kleiner 100 Watt
= maximale Unterstützungs-Geschwindigkeit 20 km/h
- Muskel-Leistung kleiner 150 Watt

¹¹⁶ z. B. in den USA und Kanada; in China liegt die zugelassene Höchstgeschwindigkeit bei 30 km/h

= maximale Unterstützungs-Geschwindigkeit 25 km/h

- Muskel-Leistung über 150 Watt

= maximale Unterstützungs-Geschwindigkeit 32 km/h

Die genaue Parametrisierung der Leistungsabgabe könnte im Zuge der Beratung und des Verkaufs von Pedelecs erfolgen und – wie bei einigen Modellen bereits möglich – über das Smartphone durch den Nutzer selbst. So können zudem Gefahrensituationen vermieden werden, die durch ungewohnt hohe Geschwindigkeiten entstehen. Eine sukzessive Anpassung, z. B. an einen durch die Nutzung gesteigerten Fitnessgrad oder ein höheres Sicherheitsgefühl, sollte dabei stets möglich sein.

Vor dem Hintergrund der Nutzerbefragungen ist eine solche grundsätzliche Parametrisierung aber eher für Pedelecs im Reha-Bereich empfehlenswert. Der hohe Fahrspaß, der beim Pedelec-Fahren erlebt wird, entsteht gerade durch die vergleichsweise hohe Beschleunigung und dem Erreichen von Geschwindigkeiten, die mit reiner Muskelkraft auf einem normalen Fahrrad nicht (mehr) oder nur mit Mühe zu erreichen wären.

5.2. Infrastrukturelle Rahmenbedingungen verbessern

Die Umweltentlastungspotenziale von nichtmotorisiertem Verkehr sowie von Pedelecs sind hoch, während die Kosten für verbesserte Nutzungsbedingungen wie etwa den Ausbau und die Schaffung geeigneter Infrastrukturen, Raum / Flächenumnutzungen etc. vergleichsweise gering sind (vgl. Deffner, 2011, S. 362).

Trotz politischem Konsens, z. B. den Radverkehrsanteil sukzessiv zu steigern (BMVBS, 2012), schlagen sich die Bemühungen auf nationaler Ebene bislang kaum in Zahlen nieder. Lange Zeit lag das Hauptbetätigungsfeld auf Bundesebene lediglich im Bereich des Baus von Radwegen an Bundesstraßen (Deffner, 2011, S. 371): 2014 wurden zu diesem Zweck 80 Millionen Euro im Bundeshaushalt bereit gestellt (Bracher & Hertel, 2014, S. 5). Zum Vergleich: Für das Jahr 2013 wurden insgesamt 22,9 Milliarden Euro im Verkehrsbereich zur Verfügung gestellt (Radke, 2014, S. 114). Die Finanzausweisungen der Länder an die Kommunen liegen schwerpunktmäßig meist auf dem Radwegebau außerorts. Dabei liegt es im Ermessen der Kommunen selbst, in welcher Höhe sie Investitionen in die Radinfrastruktur tätigen:

„Das wichtigste Finanzierungsinstrument des Bundes, um die Kommunen bei baulichen Maßnahmen für den nichtmotorisierten Verkehr zu unterstützen, war bis 2007 das

Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG). Es ist in das Gesetz zur Entflechtung von Gemeinschaftsaufgaben und Finanzhilfen (EntflechtG) modifiziert übernommen worden. Verkehrsentwicklungspläne sind bisher die gängigsten Instrumente, um Ziele für den nichtmotorisierten Verkehr festzuschreiben, die stadtpolitisch abgesichert werden. Weiterhin werden in vielen Städten spezielle Fahrrad- und seltener auch Fußverkehrskonzepte ausgearbeitet, die jedoch keinen bindenden Charakter haben.“ (Deffner, 2011, S. 371 f.)

Prinzipiell gilt, dass für Pedelecs keine eigene bzw. spezielle Infrastruktur benötigt wird. Eine Verbesserung der Radwegeinfrastruktur sowie von Abstellmöglichkeiten kommt sowohl der Pedelec-Nutzung als auch der Nutzung herkömmlicher Fahrräder zugute bzw. kann dazu beitragen, den Radverkehrsanteil insgesamt zu steigern. Die bestehende Radwegeinfrastruktur wird von den Teilnehmenden häufig als ungenügend bzw. als in schlechtem Zustand empfunden. Um die Potenziale von Pedelecs zu nutzen und Nutzungskonkurrenzen bezüglich der Infrastruktur mit Fahrradfahrern zu minimieren, sollten bei der Planung einer fahrradfreundlichen Infrastruktur die partiell höheren Anforderungen von Pedelecs an die Infrastruktur und die Straßenraumgestaltung berücksichtigt werden: z. B. größere Kurvenradien, Vermeiden von Absperrpfosten und anderen Hindernissen, Überholmöglichkeiten, genügend Platz für Gespanne und Lastenpedelecs. Dabei sind die 2010 überarbeiteten „Empfehlungen zur Errichtung von Radverkehrsanlagen“ (ERA) und die „Richtlinien für Lichtsignalanlagen“ (RiLSA) auch für Pedelecs im Wesentlichen ausreichend – die darin empfohlenen Standards bezüglich Mindestbreiten oder Oberflächenqualität werden vielerorts allerdings nicht umgesetzt. Hier wäre eine länderübergreifende verbindliche Übernahme in bestehende Bausatzungen mittelfristig wünschenswert. In diesem Zuge wäre die Berücksichtigung von Pedelecs (und insbesondere auch eine mögliche Zunahme von Lastenpedelecs und Gespannen) bei Anforderungskatalogen für Neubauten im Bereich von Wohn- und Geschäftshäusern, Einkaufszentren etc. ebenfalls von Bedeutung (Budde u. a., 2012, S. 80).

Investitionen in den Radverkehr entlasten den Haushalt mittel- bis langfristig und bringen Städte und Kommunen schon früher dahin, „wo sie in ein paar Jahrzehnten sowieso ankommen werden“ (Lanzendorf & Busch-Geertsema, 2011, S. 164). Vor allem kleine Kommunen sollten stärkere finanzielle Unterstützung erhalten, um auch Radverkehrsprojekte finanzieren zu können, die unterhalb der Bagatellgrenze von 100.000 Euro liegen. Denkbar wäre hier die Anpassung oder Schaffung von Sonderwerkzeugen im Bereich der Bagatellregelung wie z. B. die

Vereinfachung einer Bündelung von Projekten (vgl. Lanzendorf & Busch-Geertsema, 2011, S. 164). Auch bei der Entwicklung von Radverkehrskonzepten bietet sich eine stärkere Unterstützung an.

Die Ausgestaltung des Radverkehrsnetzes sowie die Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs obliegt weitestgehend den Kommunen. Gerade für kleinere Kommunen ist es in der Regel nicht leistbar, sich jeweils auf dem aktuellsten Stand der Zweirad-Forschung zu halten und daraus Schlussfolgerungen für ihre spezifischen regionalen Gegebenheiten zu ziehen oder eigene Nutzerbefragungen für die Weiterentwicklung der Radinfrastruktur umzusetzen. Neben dem bereits existierenden Angebot der nationalen Fahrradakademie, das eine Netzwerkbildung zwischen den Kommunen befördern soll, wäre die Einrichtung von länderspezifischen Plattformen sinnvoll. Hierbei sollten Datenbanken eingerichtet werden, die u. a. Planungs- und Beratungsbüros, Forschungseinrichtungen und weitere Zweirad-Experten in den Ländern sammeln (vgl. Lanzendorf & Busch-Geertsema, 2011, S. 151).

Für die Koordination und Entwicklung von überregionalen Radverkehrsverbindungen / -strategien wäre zudem eine übergeordnete Planungsstelle wünschenswert, die Bedarfe zwischen Städten und Kommunen bspw. anhand von Pendelverflechtungen und Touristenbewegungen ermittelt und die Bedarfe an die Kommunen kommuniziert.

Mehr Radschnellstrecken könnten den Arbeitsweg mit dem Fahrrad / Pedelec auch auf mittleren und längeren Strecken attraktiver machen und den zeitlichen Vorteil des Pkw auf Distanzen über 10 km verringern. An welchen Achsen der Bau von Schnellstrecken besonders effektiv ist, müssen vertiefte Analysen der Pendlerströme ergeben. Ansätze und erste konkrete Umsetzungen gibt es u. a. in Göttingen mit dem „eRadschnellweg“ (www.eradschnellweg.de), mit der geplanten „RS1“ im Ruhrgebiet (vgl. Regionalverband Ruhr, 2014), mit Radschnellverbindungen in München und Umland (vgl. Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München, 2015) und Planungen von Radschnellverbindungen in der Metropolregion Nürnberg (vgl. Jülich & Verkehrsplanungsamt Stadt Nürnberg, 2015). Der weitere Ausbau von Schnellradwegen ist gerade in Regionen mit hohen Pendelverflechtungen wie im Rhein-Main-Gebiet zu empfehlen, damit Zweiradfahrer schnell und auf einfachem Weg in die Städte und Wohnorte gelangen können.

Für alle Nutzergruppen ist eine integrierte Radverkehrsplanung anzustreben, bei der nach und nach „alle wesentlichen Quell- und Zielpunkte“ (BMVBS, 2012, S. 17) verbunden werden. Aufgrund teilweise unterschiedlicher Nutzerbedürfnisse und -anforderungen ergibt sich u. U. die Notwendigkeit verschiedener Streckenführungen: Während Pendler und Alltagsfahrer in der Regel möglichst schnell zum Zielort kommen wollen, streben Freizeitfahrer eher nach landschaftlich attraktiven und verkehrsarmen Streckenführungen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Pendler mit höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten unterwegs sind als Alltags- und Freizeitfahrer (vgl. Kapitel 3.6.1.3). Für eine in sich konsistente Radnetzentwicklung ist eine stärkere Zusammenarbeit der Kommunen notwendig. Analog zum „Scherbentelefon“ könnten Rad- und Pedelec-Fahrer durch eine entsprechende App und / oder ein Internetportal wahrgenommene Lücken, Engstellen und sonstige Probleme im Radwegenetz und in der Radwegführung melden¹¹⁷. Nutzer können auf diesem Wege zu einer systematischen Zustandserfassung des Wegenetzes beitragen und wertvolle Informationen zum Erhalt, zur Sanierung und zum weiteren Ausbau liefern.

Die Unzufriedenheit mit der Abstellssituation insbesondere an Bahnhöfen und Haltestellen zeigt sich in vielen Untersuchungen als Nutzungshemmnis für Fahrräder und Pedelecs (Sinus - Markt- und Sozialforschung GmbH, 2013, S. 16; Verkehrsclub Deutschland, 2013, S. 5). Hier besteht ein dringender Nachbesserungsbedarf. Die Zufriedenheit mit den Abstellmöglichkeiten zuhause ist insgesamt zwar deutlich höher, allerdings gilt dies in erster Linie für Nutzer in ländlichen Gebieten bzw. im städtischen Umland. In städtischen Ballungszentren sind fehlende Abstellmöglichkeiten auch am Wohnort durchaus ein Kauf- und Nutzungshemmnis. Hier besteht ebenfalls ein Bedarf nach Neuschaffung von geeigneten Abstellplätzen. Dies kann zum einen durch eine Umnutzung von Tiefgaragen oder Pkw-Parkflächen geschehen, die bei einer weiteren Erhöhung des Radverkehrsanteils zukünftig frei werden, aber auch durch neue und bewirtschaftbare Lösungen wie z. B. „Fahrrad-Bäume“, bei denen Zweiräder „in der Luft“

¹¹⁷ Von Mitte Juli bis Anfang August 2014 wurde im Rahmen eines Projekts der Süddeutschen Zeitung ein Gefahrenatlas für München erstellt, bei dem Radfahrer knapp 5.800 Orte zusammentrugen: http://www.sueddeutsche.de/thema/360%C2%B0_Problemstra%C3%9Fen_in_M%C3%BCnchen. Letzter Aufruf am 21.08.2015.

geparkt und Pedelecs über eine integrierte Solaranlage aufgeladen werden können und die gleichzeitig wertvollen Stadtraum freigeben¹¹⁸.

Auch eine Verbesserung der Beleuchtung der Radwege ist ein wichtiges Anliegen – in den Herbst- und Wintermonaten könnte dadurch ggf. die Nutzungsintensität gesteigert werden (Sinus - Markt- und Sozialforschung GmbH, 2013, S. 116). Gleiches gilt für den Winterdienst auf Radwegen: Eine Priorisierung der Räumung von Radwegen nach Dringlichkeitsstufen wie bspw. in Kopenhagen könnte die Winternutzungsintensität deutlich steigern (vgl. Lindholm, o. J.).

Ampelschaltungen innerhalb von Städten orientieren sich in aller Regel an den Geschwindigkeiten der Pkw. Eine Priorisierung von Radfahrern bei der Ampelschaltung erhöht die Attraktivität des Zweirads, da Wege dadurch noch schneller zurückgelegt werden können (vgl. Lindholm, o. J.) und der Vorteil gegenüber der Autonutzung weiter wächst (vgl. Schramek & Butz, 2012).

Zudem ist eine stärkere Verzahnung von ÖPNV und Fahrradverkehr anzustreben: Die Kopplung ist wichtig, um den Anteil des motorisierten Individualverkehrs langfristig weiter senken zu können. Gerade bei Distanzen oberhalb von 15 Kilometern liegt hier ein großes Potenzial.

Die Schaffung einer flächendeckenden öffentlichen Ladeinfrastruktur erscheint vor dem Hintergrund bisheriger Forschungsergebnisse nicht notwendig. Allerdings besteht neben touristischen Anlaufpunkten offenbar auch an zentralen Plätzen durchaus Bedarf an öffentlichen Lademöglichkeiten (vgl. Kapitel 3.4.1.2). Von den Teilnehmern werden hier als Beispiele Behördenzentren, Bahnhöfe, Supermärkte oder Krankenhäuser genannt. Darüber hinaus wird vereinzelt auch der Wunsch nach besseren Informationen zu solchen Lademöglichkeiten genannt (z. B. Abrufmöglichkeit aller verfügbaren öffentlichen Lademöglichkeiten in der Nähe per App). Möglicherweise könnten durch mehr Lademöglichkeiten und eine gute öffentliche Sichtbarkeit dieser Ladeoptionen Anschaffungen von Zweit-Akkus für längere Strecken reduziert werden und somit die Kosten- und Umweltbilanz der Pedelec-Nutzung weiter verbessert werden.

¹¹⁸ vgl. hierzu z. B. den im Rahmen der „Urban Mobility Challenge: Berlin 2030“ vorgestellten „BikeTree“ (<https://localmotors.com/vokkoj/the-biketree-improving-cycling-infrastructure/>). Letzter Aufruf am 21.08.2015.

Zusätzlich zu den hier genannten Punkten wurden von den Projektteilnehmenden die folgenden Wünsche zur Verbesserung der Infrastruktur geäußert (vgl. auch Kapitel 3.3.15):

- Änderungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit innerorts – auch für andere Verkehrsteilnehmer (z. B. für Pkw auf 30-40 km/h und Pedelecs 30 km/h)
- Fahrradmarkierungen auf der Straße anstelle von geteilten Fuß- und Radwegen
- Besserer Belag, bessere Reinigung von Radwegen
- Beseitigung von Falschparkern auf Radwegen
- Bordsteinkanten vermeiden
- Radwegbenutzungspflicht aufheben
- Verbesserung der Ausschilderung von geeigneten Radwegen (neben materieller Beschilderung auch Integration in Apps und / oder Fahrradnavis)
- Verbesserungen der intermodalen Nutzung (Probleme bei der Mitnahme, leichterer Einstieg, Möglichkeit der ICE-Nutzung)
- Fahrradrampen in Mehrfamilienhäusern / Mietshäusern

5.3. Umgang mit den Pedelec-Akkus optimieren

Die Akkubehandlung bis zum Verkauf sollte neu geregelt werden und am besten getrennt vom Rad erfolgen, da ansonsten u. U. schon ein erheblicher Kapazitätsverlust aufgetreten ist, bevor ein Akku tatsächlich vom Endkunden genutzt wird (vgl. Kapitel 3.1.1.5). Händler regen in diesem Zusammenhang an, dass Akkus erst beim Verkauf eines Pedelecs frisch ab Werk von den Herstellern geliefert werden. Zu empfehlen wäre auch eine Ausweitung von Mietangeboten wie sie von einzelnen Herstellern bereits umgesetzt wurden (vgl. Budde u. a., 2012, S. 73). Für Pedelec-Käufer hat das Mieten des Akkus den zusätzlichen Nutzen, dass der Anschaffungspreis eines Pedelecs sich deutlich reduziert.

Endkunden wird davon abgeraten, einen Zweitakku direkt mit dem Pedelec zu kaufen, wenn ein solcher nicht zwingend zur Bewältigung der alltäglichen Strecken benötigt wird. Auch wenn aufgrund fehlender Standardisierung eine berechtigte Sorge besteht, ob eine entsprechende Akkutechnologie nach einigen Jahren der Nutzung noch erworben werden kann, führt die chemische Degradation im Lithium-Ionen-Akku bei Nicht-Nutzung zu einem Kapazitätsverlust, sodass der Nutzwert des Zusatzakkus eingeschränkt ist.

Ein weiteres Problem könnte sich mit der ersten Akkurückgabewelle und einem relativ kontinuierlichen Rückfluss in den kommenden Jahren ergeben. Erste größere und regelmäßige Rückläufe sind – basierend auf den steigenden Absatzahlen ab 2009/2010 und einer anzunehmenden Akkulebensdauer von etwa sechs Jahren – ab 2015/16 zu erwarten. Bislang kamen jährlich nur einige tausend Pedelec-Akkus zurück, sodass sich die Rücknahme-Verpflichtung, die das deutsche Batteriesgesetz (BattG¹¹⁹) Batterieherstellern und -vertriebern stellt, als noch nicht problematisch erwiesen hat.

Die Stiftung „Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien“ (GRS) (vgl. GRS Batterien, 2013a), über die bislang etwa 40 Pedelec-Hersteller dem Fahrrad Einzelhandel einen Abholservice für gebrauchte Batterien anbieten, ist ein guter Ansatz, um eine reibungslose Rückführung der Akkus zu gewährleisten (vgl. GRS Batterien, 2013b, S. 4). 2013 belief sich der Anteil nach Masse zurückgenommener Systeme durch das GRS bei einer Gesamtmenge von 12.146 t auf 2,8 % Lithium-Ionen-, 3,8 % Nickel-Mangan-, 6,1 % Nickel-Cadmium und 5,3 % Blei-Akkus (GRS Batterien, 2013b, S. 7). Insbesondere der Anteil an Lithium-Ionen-Akkus dürfte in den nächsten Jahren deutlich steigen. Bis 2030 könnten Pedelec-Akkus mit einem Gesamtgewicht von etwa 20 Kilotonnen im Verkehr sein und zu einem jährlichen Rücklauf von etwa 3 Kilotonnen Akkumaterial führen (vgl. Kapitel 3.8.2). Recycling-Prozesse bedürfen hier weiterer Verbesserungen. Dabei sind auch die Hersteller gefragt: Für den Recycling-Prozess von Lithium-Ionen-Akkus ist eine vollständige Entladung sehr wichtig. Wenn alle Pedelec-Akkus die gleichen Standards nutzen, könnten diese im Recycling-Unternehmen leichter entladen werden. Auch vor diesem Hintergrund ist eine Vereinheitlichung der Akkusockel und Ladesysteme sowie des genutzten Protokolls zwischen Akku und Ladegeräten unbedingt zu fordern und zu fördern. Der auf dem CAN-Protokoll basierende Energy Bus bietet hier gute Lösungsansätze (vgl. EnergyBus, 2014).

Nutzer sollten zudem dazu angeregt werden (z. B. beim Neukauf eines Akkus), ihre nicht mehr genutzten Akkus zurückzugeben, damit diese nicht ungenutzt im Haushalt verbleiben oder gar über den Haushaltsmüll entsorgt werden. Händler und Hersteller sollten sich möglichst flächendeckend dem System anschließen.

¹¹⁹ Der genaue Wortlaut des Gesetzes findet sich unter:
<http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/battg/gesamt.pdf>. Letzter Aufruf am 21.08.2015.

5.4. Technische Anforderungen und Weiterentwicklungen

Sowohl die Analyse der Händlerinterviews als auch der Projektteilnehmer zeigt, dass der Wunsch nach einer „Upgrade-Fähigkeit“ des Produkts Pedelec besteht. Trotz oder gerade aufgrund der vergleichsweise hohen Innovationsrate im Batterie- und Antriebssektor sollten Nach- und Umrüstungen auch nach einigen Jahren der Nutzung noch möglich sein. Auch vor diesem Hintergrund erscheint die Einführung einheitlicher Standards aus Nutzersicht unbedingt erstrebenswert.

Da die Klimawirkung des Pedelecs maßgeblich durch die Batterieherstellung mitbeeinflusst wird, stellen effizientere Prozesse bei der Herstellung, eine Erhöhung der Energiedichte und damit verbunden eine Reduktion des benötigten Batteriematerials sowie ein konsequentes Recycling der wesentlichen Zellmaterialien Stellschrauben zu einer weiteren Verbesserung der Umweltbilanz dar. Hier sind insbesondere die Rückgewinnung von Zellmaterialien sowie weitere Effizienzverbesserungen wesentliche Herausforderungen für das zukünftige Akkurecycling.

Die Analyse der Ladekurven zeigt, dass Akkus einiger Hersteller auch nach Beenden des Ladevorgangs periodisch weiter Strom ziehen (vgl. Anhang E). Hier wäre eine Netzfreeschaltung des Ladegeräts nach Abschluss des Ladegangs wünschenswert, um Energieverluste durch den Stand-By der Ladegeräte zu vermeiden (vgl. Strele, 2010, S. 29).

Klassische Fahrradkomponenten wie Kette, Schaltung etc. sollten stärker an die höheren Laufleistungen und physikalischen Beanspruchungen angepasst werden, um den Verschleiß zu reduzieren und die Lebensdauer zu erhöhen. Neben der weiteren Verbesserung der Komponenten kann dabei auch stärker auf eine Kommunikation zwischen Pedelec und Nutzer gesetzt werden, um dem Nutzer Rückmeldungen über den Zustand von Verschleißteilen sowie Wartungsempfehlungen zu geben (vgl. Grüling, 2015).

Eine Gewichtsreduktion wird von den Pedelec-Nutzenden – insbesondere von Frauen – durchgängig gewünscht.

Um das Fahren im Winter bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt und / oder auf mit Salz gestreuten Wegen zu ermöglichen, wären zudem entsprechende Schutzvorrichtungen wünschenswert. Die Äußerungen der Teilnehmenden lassen darauf schließen, dass auch Interesse an beheizbaren Griffen oder Sätteln besteht.

Die Handhabung des Displays wird häufig kritisiert. Gerade jüngere Nutzer favorisieren eher eine Steuerung und Parametrisierung des Pedelecs via Smartphone und wünschen sich einen Wegfall des vorhandenen Displays bzw. die Reduktion auf nur wenige Steuerungstasten am Lenker.

Neben der – zumindest für geübtere Radfahrer – relativ geringen Maximal-Geschwindigkeit, wird das abrupte Aussetzen der Unterstützung bei Erreichen der Höchstgeschwindigkeit als sehr unangenehm empfunden. Bei einem Heraufsetzen der zulässigen Maximalgeschwindigkeit (vgl. Kapitel 5.1) könnte ein vorgegebenes sukzessives – und damit kaum spürbares – Reduzieren der Unterstützungsleistung mit steigender Geschwindigkeit die Attraktivität des Alltagseinsatzes von Pedelecs gerade für Jüngere weiter steigern (vgl. Strele, 2010, S. 29).

Der Angst vor Diebstahl und fehlenden sicheren Abstellmöglichkeiten könnte zumindest zum Teil durch integrierte elektronische Wegfahrsperren entgegengewirkt werden, wie sie in einigen Modellen bereits zum Einsatz kommen.

5.5. Nutzer gezielt ansprechen und neue Segmente erschließen

Bei der Betrachtung der Zusammenhänge von Schulbildung und Nutzungsschwerpunkt zeigt sich, dass ökonomisch besonders günstige Pedelec-Nutzung (Pendeln und Alltagsfahrten) vermehrt von Personen mit höherem Bildungsabschluss berichtet werden, wohingegen Teilnehmer mit Hauptschulabschluss ihr Pedelec vermehrt für Freizeitfahrten einsetzen. Eine Betonung des Pedelecs als Mobilitätsgarant und „cooles“ Verkehrsmittel könnte mittel- bis langfristig auch bei diesen Nutzergruppen zu einer Neubewertung und Erweiterung des Nutzungsspektrums führen.

Bei Frauen unter 60 scheint sich ebenfalls ein negativeres Bild von Pedelecs gehalten / entwickelt zu haben. Jüngere weibliche Nutzer im Rahmen von Pedelection nutzen das Pedelec häufiger aufgrund körperlicher Defizite als Männer: Hier könnten zielgruppenspezifische Werbeaktionen ansetzen, um den sportlichen, aber auch den alltagspraktischen Nutzen (Pendlerfahrzeug, Transport von Einkäufen, Kindern) speziell für Frauen stärker in den Vordergrund zu rücken.

Jugendliche und junge Erwachsene nutzen Pedelecs derzeit selten. Dabei hat das Pedelec nach Händlernaussagen durchaus das Potenzial, eine „Generation Pedelec / E-Bike“ analog zur „Mofa-

Generation“ zu schaffen, die durch entsprechende Produkte und Image- bzw. Preisgestaltung als weiteres Nutzungssegment hinzugewonnen werden könnte.

Perspektivisch sollten Kommunen auch den demografischen Wandel in ihrer Region – mit steigendem Anteil an Hochbetagten über 74 Jahren gerade im ländlichen Umfeld – berücksichtigen und frühzeitig Mobilitätskonzepte entwickeln, bei denen ÖPNV und Pedelecs zusammenwirken. Gerade bei den älteren Nutzern über 65 Jahren nimmt der Anteil an reinen Freizeitfahrern allerdings zu. Von dieser Nutzergruppe wird das Pedelec tendenziell weniger als vollwertiges Verkehrsmittel angesehen. Neben der Ansprache von Pendlern, die noch kein Pedelec nutzen, sollten daher auch die über 65-Jährigen zur vermehrten Alltagsnutzung angeregt werden.

Bei einigen Teilnehmern sinkt die Zufriedenheit mit dem Pedelec mit zunehmender Verfügbarkeit von neuen Modellen mit besserer (technischer) Ausstattung. Denkbar wäre es, für diese Klientel ein wie im Pkw- oder Handybereich gängiges Leasing-Modell zu entwickeln, bei dem jährlich oder alle zwei Jahre das jeweils neueste Modell genutzt werden kann. Auf diese Weise bleibt der Anreizcharakter zur Nutzung erhalten. Die gebrauchten Pedelecs sollten dann über entsprechende Gebrauchtmärkte einer weiteren Nutzung zugeführt werden.

Wenn das Fahren mit dem eigenen Pedelec Freude macht, wird es auch gerne und häufig genutzt. Bei der Zufriedenheit mit dem Pedelec spielen offensichtlich alle verbauten Komponenten eine Rolle. Auch der Verschleiß von „klassischen“ Fahrradkomponenten schmälert daher das Nutzungsvergnügen. Hier könnten Händler ihren Pedelec-Kunden regelmäßig (z. B. in Form von Newslettern) Pflegetipps geben und zu Inspektionen einladen, um Pedelec-Ausfällen durch Schäden an Verschleißteilen vorzubeugen. Da etliche Nutzer ihr Pedelec spätestens ab November deutlich seltener oder gar nicht mehr nutzen, bietet sich zu diesem Zeitpunkt zudem eine Information über die optimale Pflege und Lagerung des Akkus an, um die Lebensdauer insgesamt zu erhöhen.

Wie die Händlerbefragung zeigt, neigen besonders ältere Käufer dazu, Sicherheitskäufe zu tätigen, die auf den Erfahrungen von Nachbarn oder Bekannten beruhen, aber nicht zwingend zu den eigenen Bedürfnissen passen. Gerade bei den über 65-Jährigen sollte also bei der Kaufberatung gezielt nach den Einsatzorten und -zwecken sowie ggf. vorhandenen körperlichen

Einschränkungen gefragt werden und passende Modelle zum Testen im Alltag zur Verfügung gestellt werden. Ein Test-Parcours in Ladennähe reicht nach den Erfahrungen der Nutzer hierfür in der Regel nicht aus.

5.6. Auch Zweirad-Mobilität beginnt im Kopf: Anreize schaffen

Bei Nicht-Nutzern von Pedelecs bestehen nach wie vor Vorurteile. Eine weitere Förderung von Kampagnen, Marketingaktionen und interaktiven Veranstaltungsplattformen ist vor diesem Hintergrund sinnvoll, um möglichst vielen das Testen von Pedelecs zu ermöglichen (vgl. Preißner u. a., 2013, S. 67).

Bei den Nutzern hemmen zum Teil Einstellungen die ganzjährige und witterungsunabhängige Nutzung. Anreize durch den Arbeitgeber oder die Krankenkasse können helfen, mental verankerte Nutzungsbarrieren zu überwinden und bspw. auch bei Regen oder unterhalb der Wohlfühltemperatur zu fahren. Hier bieten sich im Bereich des betrieblichen Mobilitätsmanagements vielfältige Anknüpfungspunkte: Eine Verknüpfung mit Corporate Social Responsibility Initiativen oder Umweltmanagementsystemen fördert eine ökologische und soziale Akzentsetzung und kann eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Betriebskultur öffentlichkeitswirksam sichtbar machen (Krondorfer, 2010, S. 264 f.). Im Bereich des betrieblichen Mobilitätsmanagements gibt es bereits Beispiele von Unternehmen, die im Sinne eines nachhaltigen Mobilitätskonzepts u. a. gezielt auf die Förderung der Rad- / Pedelec-Nutzung setzen: Bei der Firma „Roche“ an den Standorten Basel und Kaiseraugst haben nur Mitarbeiter mit besonders langen Anfahrtswegen (über 45 Minuten mit dem ÖPNV) ein Anrecht auf einen Parkplatz. Nutzen Mitarbeiter den ÖPNV oder das Rad, erhalten Sie einen jährlichen Lohnbonus. Mitarbeiter, die auf die Nutzung der bewirtschafteten Parkplätze verzichten und stattdessen mit dem ÖPNV und / oder dem Rad pendeln, erhalten einen jährlichen Bonus von 480 Schweizer Franken (vgl. Adam, 2013).

In Deutschland wurden bislang 20 Unternehmen¹²⁰ als fahrradfreundlich nach dem Kriterienkatalog „ADFC Zertifizierung fahrradfreundlicher Betrieb“¹²¹ ausgezeichnet. Unter der

¹²⁰ Die Liste ist online einsehbar unter:

http://www.adfc.de/misc/filePush.php?mimeType=application/pdf&fullPath=http://www.adfc.de/files/2/35/43/130212_Uebersicht_zertifizierte_Betriebe.pdf. Letzter Aufruf am 21.08.2015.

¹²¹ Der Kriterienkatalog ist online abrufbar unter:

http://www.adfc.de/misc/filePush.php?mimeType=application/pdf&fullPath=http://www.adfc.de/files/2/35/43/120912_Kriterien_fahrradfreundlicher_Betrieb.pdf. Letzter Aufruf am 21.08.2015.

Webseite www.fahrrad-fit.de sind Praxisbeispiele und -hilfen gebündelt, die Betriebe darin unterstützen, den Radanteil zu erhöhen. Darunter fallen:

- „Basismaßnahmen“ wie die Teilnahme an der Aktion „Mit dem Fahrrad zur Arbeit“, die seit 2001 jährlich vom ADFC und der AOK durchgeführt wird;
- „Maßnahmen mit geringem Aufwand“ wie eine Kilometerpauschale für Radfahrer, bei der die Fahrradnutzung auf Dienstfahrten vergolten wird;
- „Maßnahmen ohne / mit geringen Kosten“, z. B. durch die Gestaltung eigener Radfahrerseiten im Intranet, auf der aktuelle Informationen zum Thema gebündelt werden;
- „Maßnahmen mit hohem Einsparpotenzial“ mit Umsteigeaktionen wie „Tausche Parkplatz gegen Fahrrad“, bei der Unternehmen Fahrräder / Pedelecs zur Verfügung stellen, wenn Mitarbeiter auf einen Parkplatz verzichten, wodurch die Herstellungs- und Betriebskosten für Pkw-Stellplätze enorm reduziert werden können;
- „Maßnahmen mit hohem Spaßfaktor“ wie die Organisation eines Fahrrad-Lottos, bei dem nach dem Zufallsprinzip Preise wie zusätzliche Urlaubstage, Gutscheine etc. gewonnen werden können, wenn die ausgeloste Person an diesem Tag mit dem Rad zur Arbeit gefahren ist.

In Betrieben, in denen der Radverkehrsanteil bereits vergleichsweise hoch ist, empfehlen sich zusätzliche Anreize besonders in den Herbst- und Wintermonaten und Variationen wie bspw. ein Schlecht-Wetter-Fahrrad-Lotto oder die Organisation von „Schlecht-Wetter-Fahrgemeinschaften“. Auch die Einrichtung von Rad-Shuttles / -Bussen auf Hauptein- / Auspendler Routen in Städten kann Anreizcharakter haben, das Fahrrad / Pedelec anstelle des Pkw zu nutzen¹²². Hierbei wird § 27 der Straßenverkehrsordnung genutzt, nach dem mehr als 15 Räder einen geschlossenen Verband bilden und sich damit verkehrsrechtlich als ein Fahrzeug bewegen dürfen und von der Radbenutzungspflicht entbunden sind. Ein weiterer Vorteil bei dem Fahren im Verbund ist, dass hierdurch u. U. auch andere Verkehrsteilnehmer für das Thema Zweirad sensibilisiert werden. Eine Integration der freien Nutzung von Fahrrad- / Pedelec-

¹²² Vgl. u. a.: <https://www.greencity.de/projekt/radl-shuttle/>. Letzter Aufruf am 21.08.2015.

Verleihsystemen in Jobtickets wäre eine weitere Option, berufliche Fahrten noch stärker auf das Zweirad zu verlagern.

Kommunikationsmaßnahmen zum besseren Miteinander aller Verkehrsteilnehmer gehören mit zu den dringlichsten Wünschen an die Politik (Sinus - Markt- und Sozialforschung GmbH, 2013, S. 116). Besonders in Städten mit hoher Verkehrsdichte sind infrastrukturelle Veränderungen nicht ohne Weiteres möglich. Das im §1 der Straßenverkehrsordnung verankerte Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme gilt es, hier auch durch Image- / Kommunikationskampagnen umzusetzen.

Die Bereitschaft zum Autoverzicht ist bei Pendlern und den unter 45-Jährigen besonders ausgeprägt. Eine leicht zu nutzende und niederschwellige Leihmöglichkeit von Lastenpedelecs, Fahrradanhängern und / oder einem Auto (entweder bei größeren Arbeitgebern oder am Wohnort) könnte die durchaus vorhandene Bereitschaft, mindestens einen Pkw im Haushaltsfuhrpark abzuschaffen, erhöhen. Nicht selten stand das Auto bei den Projektteilnehmenden über Wochen in der Garage und wurde nur noch für die seltenen Fahrten bspw. zum Baumarkt vorgehalten.

Eine staatliche Förderung der Anschaffung eines Pedelecs scheint vor dem Hintergrund der Verkaufszahlen zunächst nicht notwendig. Eine stärkere Kommunikation der Anschaffungsmöglichkeit über die seit Ende 2012 analog zum Dienstwagen-Privileg geltende Dienstrad-Regelung könnte allerdings die Zielgruppe der Pendler vermehrt zum Kauf anregen. Ein geeignetes Informationspaket für Arbeitgeber für die Umsetzung der Dienstfahrradregelung könnte helfen, dass mehr Arbeitnehmer diese in Anspruch nehmen können. Für finanziell benachteiligte Gruppen könnte eine Bezuschussung eines Pedelec-Kaufs (z. B. durch die Krankenkassen) aber durchaus sinnvoll sein.

Größere Betriebe könnten ihre Arbeitnehmer durch finanzielle Boni, geeignete Rad- und Zubehörunterbringungsmöglichkeiten sowie durch die Erlaubnis, Akkus während der Arbeitszeit aufzuladen, zusätzlich in der Kaufentscheidung unterstützen. Die potenzielle Ersparnis für Arbeitgeber u. a. durch gesündere Arbeitnehmer und durch eine Reduktion der vorzuhaltenden Pkw-Parkflächen steht diesen Ausgaben positiv gegenüber.

5.7. Forschung im Pedelec- / Zweiradbereich verstetigen

Fahrräder – ob mit oder ohne elektrischem Antrieb, mit zwei oder mehr Rädern, mit oder ohne Gespann oder Verkleidung – stellen ein ernstzunehmendes Verkehrsmittel dar und sind eine echte Alternative auf kurzen und mittleren Wegen bis etwa 15 Kilometern, in Verbindung mit öffentlichen Verkehrsmitteln auch deutlich darüber hinaus. In der Forschung wurde das Thema Zweirad, sowohl was die Zahl an Projekten als auch die finanzielle Förderung betrifft, über lange Zeit vernachlässigt, trotz erheblicher positiver Umwelt-, Raum- und Gesundheitseffekte. Auch wenn während der Projektlaufzeit von Pedelec einige weitere Projekte hinzugekommen und zusätzliche in Planung sind, besteht in Deutschland Nachholbedarf. Dabei geht es auch um eine Verstetigung der Forschung und eine enge Verzahnung von Anwendung und Begleitforschung sowie die Aufbereitung und Kommunikation der Ergebnisse für bzw. an beteiligte Akteure.

Das Thema Zweirad ist dabei – stärker als im automobilen Bereich – stets als Teil des gesamten Mobilitätssystems zu denken. Dieses wiederum ist geprägt von regionalen Gegebenheiten wie bereits vorhandene öffentliche Infrastrukturen, topografische Unterschiede oder unterschiedliche Mobilitätsbedürfnisse. Anwendungsorientierte Forschung im Zweiradbereich sollte diese Gegebenheiten berücksichtigen. Um Forschungs- / Anwendungsfragen im Bereich der Pedelec- und Zweirad-Nutzung allgemein ggf. auch leichter in kleineren, regionalen Forschungsvorhaben adressieren zu können (und um diese in Form von Metaanalysen auswertbar zu machen), sollte die Entwicklung von Befragungs- und Messstandards vorangetrieben werden. Ansätze dazu finden sich u. a. im Bereich des betrieblichen Mobilitätsmanagements (vgl. u. a. EcoLibro GmbH, 2014).

Ein steigender Anteil an Pedelec- und Fahrradfahrten trägt nicht nur zur Verbesserung / Veränderung des Mobilitätssystems und der Umweltbilanz bei, sondern bringt nach ersten Studien auch ökonomische Vorteile mit sich (Blondel u. a., 2011, S. 27). Für die weitere Steigerung des Radverkehrsanteils – gerade auch in Städten / Regionen Deutschlands mit bisher unterdurchschnittlichem Anteil – erscheint eine genauere Quantifizierung des monetären Vorteils hilfreich. Eine solche Quantifizierung der Einsparung von externen Umweltkosten bzw. Gesundheitskosten kann die Bedeutsamkeit des Zweiradverkehrs untermauern und die Implementierung von Pedelec- / Zweiradprojekten sowie konkrete Umsetzungsmaßnahmen

vorantreiben. Dass der monetäre Nutzen durchaus beträchtlich sein kann, zeigen Zahlen aus den Nachbarländern: Jeder mit dem Rad in Kopenhagen zurückgelegte Kilometer bringt der Gesellschaft nach Berechnungen der Stadt Kopenhagen einen Nutzen von rund 16 Cent, wohingegen jeder Autokilometer gesellschaftliche Kosten von rund 15 Cent verursacht (City of Copenhagen, 2013, S. 11)¹²³. Vergleichbare Rechnungen in den Niederlanden kommen sogar auf einen gesellschaftlichen Vorteil von 41 Cent pro Kilometer, wenn das Rad statt des Autos genutzt wird (Spapé, 2013, S. 11).

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch der Faktor Gesundheit: Jeder gefahrene Fahrradkilometer erzeugt nach dem Kopenhagener Modell einen individuellen Gesundheitsnutzen von 47 Cent sowie einen gesellschaftlichen Gesundheitsnutzen von 16 Cent. Forschungen über das Einkaufsverhalten zeigen zudem, dass Menschen, die mit einem Rad in der Stadt unterwegs sind, in der Summe etwas mehr Geld ausgeben als Autofahrer (vgl. u. a. City of Copenhagen, 2013, S. 18).

Empirische Belege für solche monetären Vorteile und entsprechende Größenordnungen für Deutschland liegen unseres Wissens nach bislang nicht vor. Forschungen auf diesen Gebieten könnten neue Akteursgruppen für die finanzielle Unterstützung von (Um-)Baumaßnahmen motivieren. Daher empfehlen wir auch vor diesem Hintergrund eine Stärkung und Verstetigung der Zweiradforschung und die regelmäßige Bereitstellung von Fördersummen für Forschungsvorhaben im Zweiradbereich.

Das Online-Fahrradportal Nationaler Radverkehrsplan (www.nationaler-radverkehrsplan.de) des Deutschen Instituts für Urbanistik, das im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur aufgebaut wurde, bietet die Möglichkeit, sich umfassend über Fördermöglichkeiten, bisherige Forschung zum Thema Radverkehr und Good-Practice-Beispiele zu informieren. Auf internationaler Ebene informieren u. a. die Online-Portale der European Cyclists' Federation (www.ecf.com) und „Eltis – the urban mobility observatory“ der Europäischen Kommission (www.eltis.org) über Radverkehrsthemen.

¹²³ Die dafür maßgeblichen Faktoren (basierend auf Vorgaben des Verkehrsministeriums) umfassen u. a. Transportkosten, Gesundheit, Sicherheits- und Unfallspekte, Komfort sowie Werbungs- und Tourismuseffekte (City of Copenhagen, 2011, S. 18).

Schwerpunkte weiterer Forschungsarbeiten könnten u. a. beinhalten:

- Systematische Analysen von Nutzerverhalten in Abhängigkeit von technischen Eigenschaften der Pedelecs sowie von geografischen und sozialen Randbedingungen; eine im statistischen Sinne repräsentative Studie innerhalb der Gruppe der Pedelec-Nutzer ist nach derzeitigem Stand nicht möglich. Als Grundlage hierfür wäre eine herstellerübergreifende Registrierung der Pedelec-Käufer notwendig und eine Zusammenführung bzw. Zurverfügungstellung in eine(r) gemeinsame Datenbank für Forschungszwecke wünschenswert.
- Konsequenter Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologie, um Messgenauigkeit und Fehlerresistenz zu verbessern (z. B. Nutzung des eigenen Smartphones oder der Smart-Watch mit einfach zu bedienenden Tracking-Apps); ggf. Schaffung von geeigneten Gerätepools, auf die verschiedene Forschungsvorhaben zugreifen können.
- Für die Ermittlung von flächendeckenden und aktuellen Kenngrößen zum Radverkehr wird eine deutschlandweite repräsentative Mobilitätsstudie benötigt, um genauere Parameter zu länderspezifischen Unterschieden zu sammeln. Hierbei wäre die Aufnahme von Pedelecs und E-Fahrzeugen als eigene Verkehrsmittel wünschenswert. Dies könnte sinnvollerweise im Rahmen der nächsten Neuauflagen bisheriger, großangelegter Mobilitätsbefragungen wie „Mobilität in Deutschland“ (Follmer u. a., 2010), dem deutschen Mobilitätspanel (Streit u. a., 2013) oder „Mobilität in Städten“ geschehen (Ahrens u. a., 2009; Ahrens, Wittwer, Hubrich, Wittig, & Ließke, 2015).
- Gesundheitsförderliche Effekte der Pedelec-Nutzung (z. B. bei bestimmten physischen oder psychischen Erkrankungen (vgl. Cantoreggi & Diallo, 2006)) und im hohen Alter zum Erhalt bzw. zur Rückgewinnung selbstbestimmter Mobilität (z. B. durch Vergleichsuntersuchungen von rein elektrisch betriebenen Krankenstühlen und Pedelec-Dreirädern) sollten genauer quantifiziert werden; Bei positiven Befunden wäre z. B. eine finanzielle Förderung der Pedelec-Anschaffung durch Krankenkassen bei entsprechenden Indikationen denkbar.
- Untersuchungen zur Weiterentwicklung von Gesetzen, Verordnungen und Empfehlungen (z. B. Anpassung / Öffnung der Fahrzeugklassensystematik für neue fahrradähnliche Verkehrsmittel mit und ohne elektrischem Antrieb);

- Systematische Auswertung von bisher durchgeführten Kampagnen wie „Nürnberg steigt auf“ oder „Radlhauptstadt München“: Aufbereitung der Erkenntnisse für die Planung von Kommunikationsmaßnahmen (vgl. BMVBS, 2012, S. 36).
- Weitere Studien zur Bedeutung subjektiver Aspekte (Umfeld-, Infrastrukturqualität) bei der Wahl des Fahrrades / Pedelecs (vgl. Deffner, 2011, S. 372 f.);
- Grundlagenforschung zur Modellierung von verkehrsrelevanten Einstellungen auf das tatsächliche Verkehrsmittel(wahl)verhalten;

Auch die Datenbasis von Pedelection selber bietet die Möglichkeit zu weitergehenden Analysen bzw. zu Auswertungen mit anderen Schwerpunktsetzungen und Fragestellungen. Die exemplarisch an zwei Fallbeispielen ausgewerteten GPS-Daten in Form räumlicher Verhaltensmuster (vgl. Kapitel 3.7) können beispielsweise Anhaltspunkte für die infrastrukturelle Planung von Wegenetzen und / oder Abstellmöglichkeiten geben. Die qualitativen Daten können bei entsprechender Auswertung für viele Pedelec-Anwendungsfälle Aussagen und Antworten geben, die weit über die Hauptfragestellungen von Pedelection hinausreichen (z. B. zum Thema subjektives Sicherheitsempfinden).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verlagerungseffekte unterschiedlicher Nutzergruppen	10
Abbildung 2: Inhaltsübersicht des Berichts	13
Abbildung 3: E-Bikes und Pedelecs (eigene Darstellung)	18
Abbildung 4: Verkaufte Pedelecs und E-Bikes in Deutschland von 2005 bis 2014.....	20
Abbildung 5: Treiber für die Pedelec-Nutzung im Rahmen des Projekts Bike + Business (Hochstein, 2011)	25
Abbildung 6: Jahreszeitliche Schwerpunkte der vier Befragungsrunden.....	36
Abbildung 7: Beispiel eines Presseberichts im Rahmen der Probandenakquise.....	37
Abbildung 8: Geografische Verteilung der Feldteilnehmer (Humanitarian OpenStreetMap Team, o. J.; OpenStreetMap, 2015)	41
Abbildung 9: Bilder des verwendeten Lade-Aufzeichnungsgeräts	56
Abbildung 10: Der eingesetzte Fahrradcomputer „Garmin Edge 800“ – Detailaufnahmen	59
Abbildung 11: Lebenszyklusbetrachtung eines Pedelecs	62
Abbildung 12: Schematischer Ablauf der Datenzusammenführung im Rahmen des Feldtests. 65	
Abbildung 13: Screenshot der eingesetzten Auswertungssoftware MAXQDA 10 (T1)	70
Abbildung 14: Verarbeitung der GPS-Daten am ifeu	72
Abbildung 15: Verarbeitung der Ladedaten am ifeu	73
Abbildung 16: Anteil von Pendlern, Alltags- und Freizeitnutzern in der Stichprobe.....	87
Abbildung 17: Verteilung nach höchstem Schulabschluss und Altersgruppen	89
Abbildung 18: Prozentuale Anteile von Nutzern mit eingeschränkter Mobilität nach Geschlecht, Nutzungstyp und Altersgruppen	91
Abbildung 19: Verteilung der Befragungsteilnehmer nach Projektregionen und Nutzungstypen (T1).....	94
Abbildung 20: Verteilung der Befragungsteilnehmer nach Bundesländern.....	94
Abbildung 21: Führerscheinbesitz der Teilnehmenden.....	95
Abbildung 22: Erreichbarkeit der üblichen Ziele vom Wohnort aus mit Auto, Pedelec, Fahrrad und ÖPNV	96
Abbildung 23: Fahrbereite Fahrzeuge im Haushalt der Teilnehmenden	97

Abbildung 24: Motorisierungsgrad der Pedelec-Teilnehmer ($N = 344$) im Vergleich zur Studie "Mobilität in Städten 2008" (SrV) ($N = 7.594$ ungewichtet) und „Mobilität in Deutschland 2008 (MiD) (25.000 Haushalte).....	98
Abbildung 25: Nutzungshäufigkeit der im Haushalt vorhandenen Verkehrsmittel im Vergleich zur MiD-Studie 2008.....	99
Abbildung 26: Nutzungshäufigkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln und Leihfahrzeugen	100
Abbildung 27: Geschätzte Jahreskilometer 2013 über verschiedene Verkehrsmittel	101
Abbildung 28: Boxplots der geschätzten Jahresgesamtkilometer 2013 nach Alter und Geschlecht über die Nutzungstypen	102
Abbildung 29: Anteile verschiedener Verkehrsmittel an der Jahresgesamtkilometerzahl	104
Abbildung 30: Boxplot der korrigierten subjektiven Pedelec-Fahrleistung in Kilometern in T3 ($N = 176$)	106
Abbildung 31: Bereitschaft für Autoverzicht (Erst- und / oder Zweitwagen).....	107
Abbildung 32: Affinität zu Verkehrsmitteln	109
Abbildung 33: Subjektiv empfundene Veränderung der Verkehrsmittelnutzung seit Pedelec-Kauf.....	110
Abbildung 34: Verteilung von Pedelec-Typen in der Gesamtstichprobe und bei Pendlern.....	111
Abbildung 35: Preisklassen der von den Teilnehmern genutzten Pedelecs im Vergleich.....	113
Abbildung 36: Hauptinformationsquellen vor dem Pedelec-Kauf.....	116
Abbildung 37: Pedelec-Fahrerfahrung vor dem Kauf	117
Abbildung 38: Weitere Pedelecs im Haushalt über verschiedene Nutzergruppen	120
Abbildung 39: Einsatzkontext des Pedelecs für die drei Nutzertypen	123
Abbildung 40: Mit dem Pedelec genutzte Verkehrsinfrastruktur im Jahr 2013	134
Abbildung 41: Wünsche der Online-Teilnehmer an die Infrastruktur	135
Abbildung 42: Nutzungsgründe für das Pedelec in T1 und T4 (Mittelwerte)	137
Abbildung 43: Kauf- und Nutzungskriterien (Mittelwerte) im T1- und T4-Querschnitt.....	141
Abbildung 44: Nutzergruppenspezifischer Anteil der Teilnehmenden, die sich das gleiche Pedelec nicht wieder kaufen würden.....	148
Abbildung 45: Subjektive Nutzungshäufigkeit des Pedelecs über das Jahr 2013.....	160
Abbildung 46: Nutzung im Herbst/Winter in den drei Altersklassen	164
Abbildung 47: Tatsächliche Winternutzung (T4)	165

Abbildung 48: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Gesundheit	166
Abbildung 49: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Schonung des Pedelecs...	167
Abbildung 50: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Bekleidung.....	167
Abbildung 51: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Bequemlichkeit, Sicherheit, Schnelligkeit.....	168
Abbildung 52: Gründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Einstellung zu Witterung und Vorerfahrung(en).....	169
Abbildung 53: Hauptgründe für Nicht- oder Seltennutzung im Winter – Mittelwertprofile von Nutzungstypen, Frauen und unter 45-Jährigen	171
Abbildung 54: Verschiebung des Hauptnutzungszweckes über die Jahreszeiten	173
Abbildung 55: Abweichungen bei den Mittelwerten bezüglich der Anzahl an fahrbereiten Verkehrsmitteln im Haushalt ($N = 143$ (T4), $N = 344$ (T1)).....	175
Abbildung 56: Verteilung des durchschnittlichen Energieverbrauchs.	178
Abbildung 57: Verteilung der Ladestartzeiten für Pedelecs ($N = 472$)	179
Abbildung 58: Klimawirkung und Energieeinsatz verschiedener Verkehrsmittel über den Lebensweg; deutscher Strommix (verschiedene Quellen, s. Kapitel 2.2.8).....	181
Abbildung 59: NO _x und Partikelemissionen verschiedener Verkehrsmittel über den Lebensweg; deutscher Strommix (verschiedene Quellen, s. Kapitel 2.2.8).....	183
Abbildung 60: Emissionen nicht-methaner Kohlenwasserstoffe verschiedener Verkehrsmittel über den Lebensweg; deutscher Strommix (verschiedene Quellen, s. Kapitel 2.2.8).....	184
Abbildung 61: Klimabilanz Pedelec – Sensitivität Energieverbrauch.....	185
Abbildung 62: Klimabilanz Pedelec – Sensitivität Jahresfahrleistung.....	186
Abbildung 63: Klimabilanz Pedelec – Sensitivität Anzahl genutzter Batterien.....	187
Abbildung 64: Verteilung der Fahrtstrecke und der Fahrdauer aller Pedelec-Wege.....	193
Abbildung 65: Hauptzweck der Pedelec-Fahrten im Feldtest	194
Abbildung 66: Hauptzweck der Fahrten im motorisierten Individualverkehr (Fahrer) nach MiD 2008 (Follmer u. a., 2010)	195
Abbildung 67: Verteilung Wegelänge und Fahrdauer nach Wegezweck	196
Abbildung 68: Verteilung Durchschnittsgeschwindigkeit aller Pedelec-Fahrten in km/h.....	197
Abbildung 69: Zusammenhang durchschnittliche Trittfrequenz und Geschwindigkeit	198

Abbildung 70: Verteilung positiver Höhenunterschied aller Pedelec-Fahrten.....	199
Abbildung 71: Potenzielle Reichweite von Individualverkehrsmitteln	199
Abbildung 72: Verlagerungspotenzial von anderen Verkehrsmitteln zum Pedelec.....	200
Abbildung 73: Verlagerungseffekte nach Beschäftigungssituation	202
Abbildung 74: Verlagerungseffekte bei Pendlern, Alltagsnutzern und Freizeitfahrern	203
Abbildung 75: Verlagerungseffekte nach Altersklassen	204
Abbildung 76: Verlagerungseffekte nach Pedelec-Typ.....	205
Abbildung 77: Verlagerungseffekte nach Wegezweck	206
Abbildung 78: Verteilung der Pedelec-Wege und -Kilometer auf das Jahr	207
Abbildung 79: Wegezweck nach Wetterlage	208
Abbildung 80: Bewegungsraum StadtpendlerIn	210
Abbildung 81: Fallbeispiel StadtpendlerIn: Pedelec-Strecken nach Wegkategorie	211
Abbildung 82: Fallbeispiel StadtpendlerIn: Fahrrad-Freigabe auf genutzten Wegen	211
Abbildung 83: Bewegungsraum AlltagsnutzerIn im ländlichen Raum.....	213
Abbildung 84: Fallbeispiel AlltagsnutzerIn im ländlichen Raum: Pedelec-Strecken nach Wegkategorie	214
Abbildung 85: Potenzielle wöchentliche Klimabilanz der Probanden ($N = 376$)	215
Abbildung 86: Entwicklung der Verkäufe von Pedelecs und E-Bikes (ab 2015 Szenarien).....	217
Abbildung 87: Szenarien zur Entwicklung des Pedelec-Bestands.....	218
Abbildung 88: Verkehrsleistung pro Tag nach Mobilität in Deutschland 2008 (Quelle: Follmer u. a., 2010).....	219
Abbildung 89: Häufigkeitsverteilung der Pkw-Pendelstrecken nach Distanz (Quelle: Follmer u. a., 2010).....	220
Abbildung 90: Lagemaße der Entfernung von Pedelec-Arbeitswegen im Feldtest.....	220

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stichprobengrößen, Kennwerte der Altersverteilung und Panelmortalität sowie Rücklaufquoten	40
Tabelle 2: Inhalte der Befragungswellen T1 bis T4 (ohne Wegeprotokollangaben)	48
Tabelle 3: Zeitraum, Dauer und übergeordnete Themen der Interviews	53
Tabelle 4: Datenbasis Ladedaten	57
Tabelle 5: Datenbasis Fahr- / GPS-Daten	60
Tabelle 6: Variablenzahlen und Fälle innerhalb der Befragungszeiträume	66
Tabelle 7: Anzahl der Wege und Distanzen aus Wegeprotokollen	67
Tabelle 8: Personenmerkmale der Befragungsteilnehmer	89
Tabelle 9: Haushaltsmerkmale der Befragungsteilnehmer	92
Tabelle 10: Subjektive Schätzung der Jahreskilometerleistung 2013 für Geschlecht, Alter, Erwerbssituation, Projektregionen, Nutzungs- und Pedelec-Typ	103
Tabelle 11: Korrigierte durchschnittliche Pedelec-Fahrleistung im Jahr 2013 über verschiedene sozioökonomische und soziodemografische Merkmale	105
Tabelle 12: Preisklassen der genutzten Pedelecs nach soziodemografischen, sozioökonomischen und weiteren Merkmalen	114
Tabelle 13: Angaben zum Energiegehalt, zur Ladungskapazität, Spannung und Gewicht der eingesetzten Akkus	118
Tabelle 14: Vergleich der Mittelwertsunterschiede der Nutzungsgründe im Längsschnitt	138
Tabelle 15: Mittelwertsunterschiede der Kauf- / Nutzungskriterien im Längsschnitt	143
Tabelle 16: Regressionsanalysen zur Vorhersage von CO ₂ -Einsparung und Umwelt schonen	152
Tabelle 17: Regressionsanalysen zur Vorhersage der tatsächlichen CO ₂ -Einsparung	153
Tabelle 18: Angaben zur Nutzung im Winter (Nutzungstypen und Geschlecht)	163
Tabelle 19: Bandbreite der Jahres- und Lebensfahrleistung für Pedelecs	186
Tabelle 20: Übersicht verwendeter Materialien in typischen Lithium-Ionen Zellen	189
Tabelle 21: Durchschnittliche Wegelängen und Fahrdauern im Feldtest	192
Tabelle 22: Zusammenfassung der statistischen Zusammenhangsmaße der Variablen Verkehrsmittelverlagerung und Gruppenzugehörigkeit	201

Tabelle 23: Ableitung der Verkaufszahlen von Pedelecs gegenüber dem gesamten Fahrradmarkt	216
Tabelle 24: Einsparpotenzial Treibhausgasemissionen durch Pedelec-Nutzung	218
Tabelle 25: Potenzialbetrachtung des Ersatzes von Pkw-Kilometern auf Arbeitswegen durch das Pedelec und damit verbundene Einsparungen von THG-Emissionen	221

Literaturverzeichnis

- Adam, G. (2013). Mobilitätskonzept Roche. Veranstaltung Schweizerischer Städteverband. 14.06.13. Abgerufen 5. Juli 2015, von http://staedteverband.ch/cmsfiles/g_adam_mobilitatskonzeptroche.pdf
- Ahrens, G.-A., Ließke, F., Wittwer, R., & Hubrich, S. (2009). *Endbericht zur Verkehrserhebung „Mobilität in Städten – SrV 2008“ und Auswertungen zum SrV-Städtepegel*. Dresden.
- Ahrens, G.-A., Wittwer, R., Hubrich, S., Wittig, S., & Ließke, F. (2015). *Sonderauswertung zum Forschungsprojekt „ Mobilität in Städten – SrV 2013 “*. Dresden.
- Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V., & Sinus Sociovison. (2009). *Fahrradland Deutschland. ADFC-Monitor 2009*. Heidelberg.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (2006). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung* (11. Aufl.). Berlin: Springer.
- Barz, M. (2013). *Marktchancen der „S-Pedelecs“ in Deutschland*. Verwaltungs- und Wirtschafts-Akademie Berlin.
- Bauer, C. (2010). *Ökobilanz von Lithium-Ionen Batterien: Analyse der Herstellung von Energiespeichern für den Einsatz in Batteriefahrzeugen*. Villigen: Eine Studie im Auftrag der Volkswagen AG. Paul Scherrer Institut, Labor für Energiesystem-Analysen (LEA).
- BBSR. (2012). *Raumordnungsbericht 2011*. Bonn.
- Blondel, B., Mispelon, C., & Ferguson, J. (2011). *CyCle more often 2 Cool down the planet ! Quantifying Co2 savings of Cycling*.
- BMUB. (2014). Altbatterien - Verkäufe, Sammlung, Sammelquote, Recyclingeffizienz und Recyclingniveau. Abgerufen von <http://www.bmub.bund.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/statistiken/altbatterien/>
- BMVBS. (2011). Deutschland: Bund fördert Trend zum Fahrrad - BMVBS-Staatssekretär Bomba auf der EUROBIKE 2011 in Friedrichshafen. 2011. Abgerufen 12. Januar 2015, von <http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/neuigkeiten/news.php?id=3388>
- BMVBS. (2012). *Nationaler Radverkehrsplan 2020*. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- BMVI. (2014). Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Matthias Gastel, Harald Ebner, Bärbel Höhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Drucksache 18/2233. Abgerufen 1. September 2014, von <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/022/1802233.pdf>

- BMVI. (2015). Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Matthias Gastel, Stephan Kühn (Dresden), Tabea Rößner, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Drucksache 18/5184. *Bundestag*. Abgerufen 3. Juli 2015, von <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/054/1805438.pdf>
- Bogner, A., & Menz, W. (2002). Das theoriegenerierende Experteninterview – Erkenntnisinteresse, Wissensform, Interaktion. In A. Bogner, B. Littig, & W. Menz (Hrsg.), *Das Experteninterview – Theorie, Methode, Anwendung*. Opladen: Leske & Budrich.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation. für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überar.). Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg.
- Bracher, T., & Hertel, M. (2014). *Radverkehr in Deutschland: Zahlen, Daten, Fakten*. (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Hrsg.). Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.
- Brüsch, S. (1999). *Pedelecs: Fahrzeuge der Zukunft*. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- Brüsch, S. (2010). Die Branche ist elektrifiziert: ExtraEnergy Marktreport. *ExtraEnergy: Die Testberichte. Schwerpunkt Design*, 4–5.
- Buchwald, F., Spoden, C., Fleischer, J., & Leutner, D. (2013). Verzweigte Lernumgebungen und Tests mit EFS Survey 8. *Diagnostica*, 59(2), 113–117. doi:10.1026/0012-1924/a000080
- Budde, A., Dagers, T., Fuchs, A., Lewis, T., Neupert, H., Manthey, N., ... Vogt, W. (2012). *Go Pedelec! Handbuch*. Utrecht: Go Pedelec Projektkonsortium.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3., aktual.). München u.a.: Pearson Studium.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, B., & Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, N. G. (2011). *Umsetzungsbericht zum Förderprogramm »Elektromobilität in Modellregionen« des BMVBS. Stand Mai 2011*.
- Bundesregierung. (2011). *Regierungsprogramm Elektromobilität*.
- Cantoreggi, N., & Diallo, T. (2006). *Evaluation d'impact sur la santé. Promotion du vélo à assistance électrique (VAE). Rapport final*. Genf.
- City of Copenhagen. (2011). *Copenhagen - City of Cyclists- Bicycle Account 2010*. Kopenhagen.
- City of Copenhagen. (2013). *Copenhagen - City of Cyclists- Bicycle Account 2012*. Kopenhagen.
- Czowalla, L. (2015). *Vortrag & Workshop zum Projekt „EBikePendeln“ am 12.06.2015 in Wolfenbüttel. Unveröffentlichte Präsentation*.
- Debes, C. (2015). *Persönliche Kommunikation*.

- Deffner, J. (2011). Fuß- und Radverkehr - Flexibel, modern und postfossil. In O. Schwedes (Hrsg.), *Verkehrspolitik. Eine interdisziplinäre Einführung. Perspektiven der Gesellschaft* (S. 361–387). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Del Duce, A. (2011). Life Cycle Assessment of conventional and electric bicycles. Friedrichshafen: EMPA.
- Destatis. (2015). *GENESIS V3.700P1 - 2015*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Deutscher Wetterdienst. (2013). *Deutscher Wetterdienst zur klimatologischen Einordnung des Winters 2012/2013. Pressemitteilung*. Offenbach.
- Deutscher Wetterdienst. (2014). *Winter 2013/2014 in Deutschland. Pressemitteilung*. Offenbach.
- DHBW. (2014). *Pedelec vs. Fahrrad: Vergleich Leistungsbezogener Daten auf einer Langstrecke*. Friedrichshafen: Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW).
- Diekmann, A. (2001). *Empirische Sozialforschung – Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Dunn, J. B., Gaines, L., Sullivan, J., & Wang, M. Q. (2012). Impact of recycling on cradle-to-gate energy consumption and greenhouse gas emissions of automotive lithium-ion batteries. *Environmental science & technology*, 46(22), 12704–10. doi:10.1021/es302420z
- DWD. (2013). *Deutschlandwetter im Frühling 2013*. Offenbach: Pressemitteilung vom 29. Mai 2013. Deutscher Wetterdienst (DWD).
- DWD. (2014). *Deutschlandwetter im Winter 2013/14*. Offenbach: Pressemitteilung vom 27. Februar 2014. Deutscher Wetterdienst (DWD).
- E WIE EINFACH, & TNS Emnid. (2013). Repräsentative Umfrage zur Energieversorgung der deutschen Haushalte. Befragungszeitraum: September/Oktober 2013. Abgerufen 7. April 2015, von <http://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/kategorie/akzeptanz>
- Ecoinvent. (2008). *Ecoinvent Database Version 2.2*. Zürich: Ecoinvent Centre.
- EcoLibro GmbH. (2014). JobMOBILEETY: Intelligente Mitarbeitermobilität auf dem Arbeitsweg. Abgerufen 1. September 2014, von <http://www.ecolibro.de/de/angebote-loesungen/jobmobileety/>
- EnergyBus. (2014). *Ready for the Future? EnergyBus, the one open standard for all electric components of Light-Electric-Vehicles*. Tanna.
- Engel, T. (2008). *Energieverbrauch und CO₂-Bilanz von Pedelecs*. Köln.

- European Commission. (2014). *Special Eurobarometer 422a: Quality of Transport*. doi:10.2 832 / 783021
- European Environment Agency. (2015). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014*. Kopenhagen: European Energy Agency (EEA).
- EWE AG, E3/DC GmbH, Next-Energy, EWE Forschungszentrum für Energietechnologie e. V., OFFIS e. V., & Institut für Transportation Design. (2011). *Verbundprojekt GridSurfer. Öffentlicher Abschlussbericht*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- ExtraEnergy. (2014). *Pedelec & E-Bike Magazin: Test 2014*. Tanna.
- Fahrenberg, J., Myrtek, M., Pawlik, K., & Perrez, M. (2007). Ambulantes Assessment - Verhalten im Alltagskontext erfassen. *Psychologische Rundschau*, 58(1), 12–23. doi:10.1026/0033-3042.58.1.12
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS (and sex and drugs and rock “n” roll)* (3. Aufl.). Los Angeles u. a.: SAGE Publications.
- Flick, U. (2009). *Qualitative Sozialforschung: Eine Einführung*. Reinbek: Rowohlt.
- Focus online. (2014). Die Deutschen und ihr Auto: Fortbewegungsmittel statt Statussymbol. 14.10.2014. Abgerufen 8. August 2015, von http://www.focus.de/kultur/vermishtes/studie-die-deutschen-und-ihr-auto-fortbewegungsmittel-statt-statussymbol_id_4200572.html
- Follmer, R., Gruschwitz, D., Jesske, B., Quandt, S., Lenz, B., Nobis, C., ... Mehlin, M. (2010). *Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht Struktur - Aufkommen - Emissionen - Trends*. Bonn, Berlin.
- Follmer, R., & Lenz, B. (2008). *Mobilität in Deutschland 2008 - Tabellenband*. Berlin.
- Friedrich, B., Vest, M., Georgi-Maschler, T., & Wang, H. (2013). Recycling als Teil der Wertschöpfungskette. In A. Kampker, D. Vallée, & A. Schnettler (Hrsg.), *Elektromobilität: Grundlagen einer Zukunftstechnologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Friedrich, K., Riecke, W., & Deutschländer, T. (2012). *Die Witterung in Deutschland 2012*.
- Früh, W. (1981). *Inhaltsanalyse, Theorie und Praxis*. München: Ölschlager.
- Gastel, M., Kühn, S., Rößner, T., Tressel, M., Wilms, V., & BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. (2015). Kleine Anfrage: Fahrradfreundliche Reform der Straßenverkehrs-Ordnung. Abgerufen 3. Juli 2015, von <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/051/1805184.pdf>
- Gottschalck, U., Bartol, S., & Ernstberger, P. (2012). Stellenwert des Fahrradverkehrs für die Bundesregierung. Antwort auf die Kleine Anfrage. Drucksache 17/9110. Abgerufen 23. Juli 2015, von <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/091/1709110.pdf>

- Graff, A., Dauert, S. K. A. M. U., & Feigenspan, S. (2014). *Luftqualität 2013: Vorläufige Auswertung*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- GRS Batterien. (2013a). Batteriebrief 2013.
- GRS Batterien. (2013b). *Erfolgskontrolle 2013* (Bd. 15). Hamburg.
- Grüling, B. (2015). Wie das Fahrrad neu erfunden wird. *06.04.2015*. Abgerufen 1. August 2015, von <http://www.welt.de/wissenschaft/article139178005/Wie-das-Fahrrad-neu-erfunden-wird.html>
- Hallerbach, B., & Biehl, E. (2010). *Eigenstudie „Pedelec: Nutzerpotenziale“*. Trier.
- Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G., & Strømman, A. H. (2013). Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17(1), 53–64. doi:10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x
- Helms, H., Jöhrens, J., Hanusch, J., Höpfner, U., Lambrecht, U., & Pehnt, M. (2011). *UMBRaLA. Umweltbilanzen Elektromobilität. Ergebnisbericht*.
- Hochstein, J. (2011). *bike + business 2.0. Pedelects als Bestandteil des betrieblichen Mobilitätsmanagements*. Frankfurt am Main: Regionalverband FrankfurtRheinMain.
- Humanitarian OpenStreetMap Team. (o. J.). No Title. Abgerufen 24. August 2015, von <http://hotosm.org/>
- Ifeu. (2014a). *Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030 (TREMOD) für die Emissionsberichterstattung 2015 (Berichtsperiode 1990-2013) Projekt-Nr. 40625*.
- Ifeu. (2014b). *Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen*. Heidelberg: Institut für Energie und Umweltforschung (ifeu) im Auftrag des Umweltbundesamtes. In Druck.
- ISI. (2012). *Technologie-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030*. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung.
- Jellinek, R., Hildebrandt, B., Pfaffenbichler, P., & H., L. (2013). *Verkehrssicherheit von E-Fahrrädern. Auswirkungen der Entwicklung des Marktes für E-Fahrräder auf Risiken, Konflikte und Unfälle auf Radinfrastrukturen (MERKUR)*. Wien.
- Jülich, F., & Verkehrsplanungsamt Stadt Nürnberg. (2015). Radschnellverbindungen in der Metropolregion Nürnberg. Präsentation vom 24.07.2015. Abgerufen 8. August 2015, von <http://www.pv-muenchen.de/export/download.php?id=1375>
- Kraftfahrt-Bundesamt. (2014). Fahrzeugzulassungen im Juni 2014, (19), 267–268.

- Kraftfahrt-Bundesamt. (2015). Anzahl der Elektroautos in Deutschland von 2006 bis 2014. 2014. Abgerufen 12. Januar 2015, von <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/265995/umfrage/anzahl-der-elektroautos-in-deutschland/>
- Krondorfer, K. (2010). Betriebliches Mobilitätsmanagement als Instrument zur nachhaltig orientierten Gestaltung des Personenverkehrs in Unternehmen. In *Corporate Sustainability - Der Beitrag von Unternehmen zu einer nachhaltigen Entwicklung in Wirtschaft und Gesellschaft* (S. 247–266). Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Kuckartz, U. (2010). *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten* (3. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kuhnke, R. (2005). *Methodenanalyse zur Panelmortalität im Übergangspanel. Arbeitsbericht im Rahmen der Dokumentationsreihe: Methodische Erträge aus dem*. München: Deutsches Jugendinstitut.
- Kurz, A., Stockhammer, C., Fuchs, S., & Meinhard, D. (2009). Das problemzentrierte Interview. In R. Buber & H. H. Holzmüller (Hrsg.), *Qualitative Marktforschung. Konzepte - Methoden - Analysen* (2. überarb., S. 465–475). Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage.
- Landeshauptstadt München. (2010). *Mobilität in Deutschland (MiD): Alltagsverkehr in München, im Münchner Umland und im MVV-Verbundraum*. München.
- Lanzendorf, M., & Busch-Geertsema, A. (2011). *Mobilität 2050 - Impulsgeber für eine neue Mobilität: Fahrradmobilität in Hessen*. Frankfurt am Main: Goethe-Universität Frankfurt am Main.
- Leuenberger, M., & Frischknecht, R. (2010). *Life Cycle Assessment of Two Wheel Vehicles* (Bd. 2). Uster: ESU-services Ltd.
- Lindholm, L. (o. J.). Cycling in Copenhagen - The easy Way. Abgerufen 4. August 2015, von <http://denmark.dk/en/green-living/bicycle-culture/cycling-in-copenhagen---the-easy-way/>
- Majeau-Bettez, G., Hawkins, T. R., & Strømman, A. H. (2011). Life cycle environmental assessment of lithium-ion and nickel metal hydride batteries for plug-in hybrid and battery electric vehicles. *Environmental science & technology*, 45(10), 4548–54. doi:10.1021/es103607c
- Merten, K. (1995). *Inhaltsanalyse. Einführung in Theorie, Methode und Praxis*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Mikrozensus. (2014). Durchschnittliche Körpermaße der Bevölkerung (Größe in m, Gewicht in kg). Gliederungsmaße: Jahre, Deutschland, Alter, Geschlecht. Abgerufen 26. Januar 2015, von https://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/WS0100/_XWD_PR_OC?_XWD_2/4/xs_setlinie/1/_XWD_28#SVG

- MOP. (2014). Zeitreihe Mobilitätspanel 2013/2014. Abgerufen 29. Juli 2015, von http://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/downloads/Statistik_MOP_13_14.xlsx
- Mose, I., Brummer, V., & Schröder, I. (2010). *Was bewegt die Oldenburger? Ergebnisse der Haushaltsbefragung 2009 zum Verkehrsverhalten*. Oldenburg: Verkehrsplanung Stadt Oldenburg.
- Notter, D. a, Gauch, M., Widmer, R., Wäger, P., Stamp, A., Zah, R., & Althaus, H.-J. (2010). Contribution of Li-ion batteries to the environmental impact of electric vehicles. *Environmental science & technology*, 44(17), 6550–6. doi:10.1021/es903729a
- Öko-Institut. (2011). *Ökobilanz zum Recycling von Lithium-Ionen-Batterien (Projekt LithoRec)* (Bd. 49). Freiburg: M. Buchert, W. Jenseit, C. Merz, D. Schüler. Öko-Institut.
- Oortwijn, J. (2015). Bike Market in Germany Thrived in 2014. Abgerufen 20. März 2015, von <http://www.bike-eu.com/Sales-Trends/Market-Report/2015/3/Bike-Market-in-Germany-Thrived-in-2014-1731131W/>
- OpenStreetMap. (2015). OpenStreetMap: Deutschlandkarte. Abgerufen 24. August 2015, von <http://www.openstreetmap.org>
- Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München. (2015). *Radschnellverbindungen in München und Umland*. München: Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München.
- Preißner, C. L., Kemming, H., & Wittowsky, D. (2013). *Einstellungsorientierte Akzeptanzanalyse zur Elektromobilität im Fahrradverkehr*.
- Radke, S. (2014). *Verkehr in Zahlen 2014/2015*. (BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Hrsg.). Hamburg: DVV Media Group GmbH.
- Regionalverband Ruhr. (2014). *Machbarkeitsstudie. Radschnellweg Ruhr RS1. Endbericht*. Essen: Regionalverband Ruhr.
- Robert Koch-Institut. (2014). *Beiträge zur Gesundheitsberichtserstattung des Bundes. Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell 2012“*. Berlin. doi:10.1016/j.khinf.2010.03.002
- Rudolph, F. (2014). *Klimafreundliche Mobilität durch Förderung von Pedelecs: Lokale Langfristszenarien über die Wirkung von Instrumenten und Maßnahmen*. Wuppertal, Gießen: Dissertation an der Bergischen Universität Wuppertal.
- Sandner, P. G., & Größler, A. (2007). *Methoden der Längsschnittanalyse in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften*.
- Schäfer, P. K., & Schmidt, K. (2011a). *Begleitforschung zur Elektromobilität in der Modellregion Rhein-Main. Abschlussveranstaltung*.

- Schäfer, P. K., & Schmidt, K. (2011b). *Sozialwissenschaftliche Begleitforschung zur Elektromobilität in der Modellregion Rhein-Main. Einzelbericht für das Demonstrationsvorhaben des Regionalverbands FrankfurtRheinMain Bike + Business 2.0.* Frankfurt/Main.
- Schäfer, P. K., & Schmidt, K. (2011c). *Sozialwissenschaftliche Begleitforschung zur Elektromobilität in der Modellregion Rhein-Main. Schlussbericht.* Frankfurt/Main.
- Schlager, K., & Oltersdorf, K. M. (2011). Ist die Zukunft heute schon möglich? Ein Zwischenfazit der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung im Projekt Grid- Surfer. In S. Rammler & M. Weider (Hrsg.), *Das Elektroauto – Bilder für eine zukünftige Mobilität* (S. 121–137). Münster: LIT.
- Schleinitz, K., Franke-Bartholdt, L., Petzoldt, T., Schwanitz, S., Gehlert, T., & Kühn, M. (2014). *Pedelec-Naturalistic Cycling Study* (Forschungs.). Berlin: Unfallforschung der Versicherer.
- Schneider, H. (2007). Nachweis und Behandlung von Multikollinearität. In S. Albers, D. Klapper, U. Konradt, A. Walter, & J. Wolf (Hrsg.), *Methodik der empirischen Sozialforschung* (2. Aufl., S. 183–198). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Schramek, M., & Butz, H. (2012). *Schweriner Versuch. Verkehrsmittelvergleich von ÖPNV, Fahrrad, Pedelec, Pkw und Motorrad in der Stadt-Umland-Beziehung von Pendlerströmen. Studie im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplans.* (U. Onnen-Weber, Hrsg.). Wismar: Kompetenzzentrum ländliche Mobilität an der Hochschule Wismar.
- Schweizer Bundesamt für Energie. (2013). *E-Scooter – Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz.*
- Sinus - Markt- und Sozialforschung GmbH. (2012). *Fahrrad-Monitor Deutschland 2011: Ergebnisse einer repräsentativen Online Befragung.*
- Sinus - Markt- und Sozialforschung GmbH. (2013). *Fahrrad-Monitor Deutschland 2013. Ergebnisse einer repräsentativen Online-Befragung.* Heidelberg.
- Spapé, I. (2013). *Radschnellwege – Handlungsempfehlungen für ein Zukunftsthema der Radverkehrsförderung. Vortrag auf der Fahrradakademie „Pedelec & Co: Zukunftsthemen des Radverkehrs in Deutschland“ des Deutschen Institut für Urbanistik am 4.11.13.*
- Statistisches Bundesamt. (2013). *Statistisches Jahrbuch: Deutschland und Internationales.* Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt. (2015). *Wirtschaftsrechnungen. Private Haushalte in der Informationsgesellschaft – Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien* (Bd. 15). Wiesbaden.

- Streit, T., Chlond, B., Vortisch, P., Kagerbauer, M., Weiss, C., & Zumkeller, D. (2013). Deutsches Mobilitätspanel (MOP) - Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2013/2014: Alltagsmobilität und Fahrleistungen, 1–138.
- Strele, M. (2010). *Landrad. Neue Mobilität für den Alltagsverkehr in Vorarlberg*. Bregenz.
- Thiemann-Linden, J. (2013). Pendeln und Pedelecs - Neue Chancen zur Substituierung von Pkw-Fahrten? In Difu (Hrsg.), *Nicht weniger unterwegs, sondern intelligenter? - Neue Mobilitätskonzepte*.
- Thiemann-Linden, J., Thiele, J., & Van Boeckhout, S. (2011). Pedelecs: Rad fahren mit Elektrounterstützung - Integration ins Verkehrssystem. *Forschung Radverkehr, Analysen A*, 1–4.
- TNS Infratest. (2011). Umfrage zur Akzeptanz der Erneuerbaren Energien im Auftrag der Agentur für Erneuerbarer Energien. Abgerufen 7. April 2015, von http://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/kategorie/akzeptanz/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NI|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D/auswahl/459-besitz_von_erneuerba/#goto_459
- Treffer, F. (2013). Lithium-Ionen-Batterie-Recycling. In R. Korthauer (Hrsg.), *Handbuch Lithium-Ionen Batterien* (Springer., S. 345–355). Berlin, Heidelberg.
- UBA. (2014). *E-Rad macht mobil: Potenziale von Pedelecs und deren Umweltwirkung*. Dessau-Roßlau: Hintergrundpapier. Ulrike Wachotsch, Andrea Kolodziej, Bernhard Specht, Regina Kohlmeyer und Falk Petrikowski. Umweltbundesamt (UBA).
- VCÖ. (2013). In welchen Städten Europas am meisten Rad gefahren wird. *02.06.2013*. Abgerufen 3. Juli 2015, von <http://www.vcoe.at/de/presse/aussendungen-archiv/details/print/true/items/vcoe-untersuchung-in-welchen-staedten-europas-am-meisten-rad-gefahren-wird-02062013>
- Verkehrsclub Deutschland. (2013). *Das E-Rad - mit Recht Hoffnungsträger urbaner Mobilität? Projekt „Besser E-Radkaufen“*.
- VSF. (2015). E-Mobilität ist beim Fahrrad bereits Wirklichkeit. *18.08.2015*. Abgerufen 26. August 2015, von [https://www.vsf.de/presse/pressemitteilungen/detail/news/e-mobilitaet-ist-beim-fahrrad-bereits-wirklichkeit/?tx_news_pi1\[controller\]=News&tx_news_pi1\[action\]=detail&cHash=eb4ef7b325a2820dfe5bcacfddb1b25c](https://www.vsf.de/presse/pressemitteilungen/detail/news/e-mobilitaet-ist-beim-fahrrad-bereits-wirklichkeit/?tx_news_pi1[controller]=News&tx_news_pi1[action]=detail&cHash=eb4ef7b325a2820dfe5bcacfddb1b25c)
- Wachotsch, U., Kolodziej, A., Specht, B., Kohlmeyer, R., & Petrikowski, F. (2014). *E-Rad macht mobil. Potenziale von Pedelecs und deren Umweltwirkung*. Dessau-Roßlau.
- Weinert, J. (2007). *The Rise of Electric Two-wheelers in China: Factors for their Success and Implications for the Future*. University of California.
- Weinert, J., Ma, C., & Cherry, C. (2007). The transition to electric bikes in China: History and key reasons for rapid growth. *Transportation*, 34, 301–318.


- Wermuth Verkehrsforschung Infrastrukturplanung GmbH. (2013). *Mobilitätsuntersuchung für den Großraum Braunschweig*. Braunschweig.
- Witzel, A. (1982). *Verfahren der qualitativen Sozialforschung. Überblick und Alternativen*. Frankfurt am Main: Campus.
- Zedler, D. (2014). E-Bike-Akkus: Was Sie schon immer wissen wollten. *e-bike - das Pedelec-Magazin*.
- ZIV. (2013). *Pressemitteilung: E-Bikes bescheren der Fahrradindustrie weiterhin gute Umsätze*. Bad Soden: Zweirad-Industrie-Verband (ZIV).
- Zweirad-Industrie-Verband. (2014). *Pressemitteilung: Zahlen – Daten – Fakten zum Deutschen E-Bike-Markt 2014*. Abgerufen 24. Juli 2015, von http://ziv-zweirad.de/fileadmin/redakteure/Downloads/Marktdaten/PM_2015_18.03.2015_E-Bikes.pdf
- Zweirad-Industrie-Verband e.v. (2013). *ZIV Jahresbericht 2013*. doi:10.1515/vfzg.2013.04_inhalt


Anhang

A. Eingesetzte Befragungsinstrumente	275
A1. Wegeprotokolle am Beispiel der in T4 eingesetzten Papierfassung	275
A2. Erläuterungen zu den Wegeprotokollen	278
A3. Verkehrsmittelnutzungstabelle (während der T1-Befragungen im Rahmen der Interviews eingesetzt).....	280
A4. Im Rahmen der Interviews eingesetzte Postskripte am Beispiel der T4-Befragung.....	281
A5. Screenshot der Pedelection-Startseite vom 13.01.2013 (Ausschnitt)	286
A6. Screenshot des Pedelection-Forums vom 01.07.2015	287
B. Kurze Erläuterung der eingesetzten statistischen Verfahren	288
B1. Grundbegriffe der Statistik	288
B2. In der Studie eingesetzte inferenzstatistische Verfahren	292
B3. Verfahren und Kriterien der Regressionsanalyse	295
C. Dokumentation zusätzlicher Auswertungen von Kaufkriterien und Nutzungsgründen	297
C1. Kaufkriterien nach Geschlecht im Längsschnitt.....	297
C2. Kaufkriterien nach Altersgruppen im Längsschnitt	300
C3. Nutzungsgründe nach Geschlecht	302
C4. Nutzungsgründe nach Altersgruppen	304
D. Verschiebung der Hauptnutzungszwecke im Laufe der Jahreszeiten im Längsschnitt (ohne Nicht-Nutzer)	306
E. Energieverbrauch Pedelec	307

A. Eingesetzte Befragungsinstrumente

A1. Wegeprotokolle am Beispiel der in T4 eingesetzten Papierfassung



Wegeprotokolle T4 | Seite 1
Tag 1
Tag 2 Tag 3 Tag 4 Tag 5 Tag 6 Tag 7
Datum: _____


1. Mein Teilnehmercode lautet:
 Sie finden Ihren Code jeweils auf der ersten Seite der Bedienanleitungen

Welche Fahrten und Gänge haben Sie heute unternommen?
Bitte tragen Sie alle Fahrten/Gänge ein, auch solche, die Sie nicht mit dem Pedelec zurückgelegt haben.

Fahrt 1
 Fahrt 2
 Fahrt 3
 Fahrt 4

2. Tragen Sie hier bitte ein, wo und wann die jeweilige Wegstrecke begann bzw. wo und wann sie endete. Bei einer Unterbrechung von länger als 30 Minuten gilt eine Fahrt als beendet. Tragen Sie die Weiterfahrt dann als neue Fahrt ein.
 Sie haben heute keine Fahrt/keinen Gang unternommen? Bitte weiter auf Seite 3

Start (PLZ)	_____	_____	_____
Beginn (Uhrzeit) ca.	_____	_____	_____
Ziel = Ausgangsort? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Anderes Ziel (PLZ):	_____	_____	_____
Ende (Uhrzeit) ca.	_____	_____	_____

3. Welches Verkehrsmittel haben Sie für diese Wegstrecke hauptsächlich genutzt? (Bitte nur eine Auswahl treffen)

Pedelec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahrrad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zu Fuß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PKW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Motorrad / Motorroller o.ä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Straßenbahn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bahn (Regional- / Fernverkehr)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schiff / Fähre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anderes:	_____	_____	_____	_____

4. Entfernung **ca.** _____ km **ca.** _____ km **ca.** _____ km **ca.** _____ km

5. Hauptzweck der Fahrt (Bitte nur eine Auswahl treffen)

Fahrt zum Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vom Arbeitsplatz nach Hause	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anderer berufliche Fahrt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausbildung / Schule / Universität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einkauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Private Erledigung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Freizeit / Urlaub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges:	_____	_____	_____	_____

6. Wäre das Ziel für Sie persönlich auch mit einem anderen Verkehrsmittel erreichbar gewesen (Mehrfachauswahl möglich)?

Nein

Ja, und zwar:

Mit dem Pedelec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem Fahrrad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zu Fuß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem PKW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem Motorrad / Motorroller o.ä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit ÖPNV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit der Bahn (Regional- / Fernverkehr)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit:	_____	_____	_____	_____

7. Mit welchem Verkehrsmittel wäre dieser Weg vor dem Pedelec-Kauf zurückgelegt worden? (Bitte nur eine Auswahl treffen)

Mit dem Fahrrad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zu Fuß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem PKW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem Motorrad / Motorroller o.ä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit ÖPNV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit der Bahn (Regional- / Fernverkehr)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gar nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit:	_____	_____	_____	_____

Bitte wenden >>



Welche Fahrten und Gänge haben Sie heute unternommen?

🕒 Fahrt 5
🕒 Fahrt 6
🕒 Fahrt 7
🕒 Fahrt 8

2. Tragen Sie hier bitte ein, wo und wann die jeweilige Wegstrecke begann bzw. wo und wann sie endete. Bei einer Unterbrechung von länger als 30 Minuten gilt eine Fahrt als beendet. Tragen Sie die Weiterfahrt dann als neue Fahrt ein.

Start (PLZ)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Beginn (Uhrzeit) ca.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ziel = Ausgangsort?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Anderes Ziel (PLZ):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ende (Uhrzeit) ca.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3. Welches Verkehrsmittel haben Sie für diese Wegstrecke hauptsächlich genutzt? (Bitte nur eine Auswahl treffen)

Pedelec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahrrad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zu Fuß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PKW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Motorrad / Motorroller o.ä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Straßenbahn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bahn (Regional- / Fernverkehr)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schiff / Fähre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anderes:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

4. Entfernung **ca.** km **ca.** km **ca.** km **ca.** km

5. Hauptzweck der Fahrt (Bitte nur eine Auswahl treffen)

Fahrt zum Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vom Arbeitsplatz nach Hause	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anderer berufliche Fahrt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausbildung / Schule / Universität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einkauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Private Erledigung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Freizeit / Urlaub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

6. Wäre das Ziel für Sie persönlich auch mit einem anderen Verkehrsmittel erreichbar gewesen (Mehrfachauswahl möglich)?

Nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja, und zwar:			
Mit dem Pedelec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem Fahrrad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zu Fuß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem PKW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem Motorrad / Motorroller o.ä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit ÖPNV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit der Bahn (Regional- / Fernverkehr)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

7. Mit welchem Verkehrsmittel wäre dieser Weg vor dem Pedelec-Kauf zurückgelegt worden? (Bitte nur eine Auswahl treffen)

Mit dem Fahrrad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zu Fuß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem PKW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit dem Motorrad / Motorroller o.ä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit ÖPNV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit der Bahn (Regional- / Fernverkehr)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gar nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Bitte wenden >>

A2. Erläuterungen zu den Wegeprotokollen



Erläuterungen zum Ausfüllen der Wegeprotokolle | 4. Fahrwoche | T4

Allgemeine Informationen

In den sogenannten Wegeprotokollen, die wieder den Hauptanteil dieser Befragung bilden, sollen möglichst alle Wege festgehalten werden, die Sie in Ihrer Fahrwoche zurücklegen (den Termin haben Sie per Mail von uns erhalten).

Jedes von Ihnen erreichte Ziel entspricht einer Fahrt. Fahren Sie zum Beispiel morgens zur Arbeit und nachmittags wieder nach Hause, entspricht das zwei Fahrten (Sie können in der Online-Befragung bis zu zehn Fahrten pro Tag eingeben).

Ausnahmen sind sogenannte verbundene Fahrten. Wenn Sie z. B. morgens auf dem Weg zur Arbeit noch einen kurzen Zwischenhalt einlegen, um dann weiter zur Arbeit zu fahren, zählt dies nur als ein Weg. Zwischenhalte sind kurze Stopps, um z. B. Kinder zum Kindergarten oder in die Schule zu bringen, oder um z. B. kurz noch beim Bäcker einzukaufen. Als Richtlinie gilt:

Verbundene Fahrten sollten höchstens 30 Minuten unterbrochen werden. Bei allen Unterbrechungen, die länger als 30 Minuten dauern oder ein neues Ziel haben, gilt die Weiterfahrt als neue Fahrt. Sie sollte dann als neue Fahrt im Wegeprotokoll eingetragen werden. **Beispiel:** Sie fahren nach dem Einkaufen mit Ihrem Pedelec noch bei Bekannten vorbei und verweilen dort eine Stunde. Dann haben Sie zwei Fahrten getätigt: Die erste Fahrt von zu Hause zum Supermarkt und weiter zu Ihrem Bekannten und die zweite Fahrt von der Wohnung des Bekannten nach Hause.

Bitte tragen Sie in der vereinbarten Woche jeden Weg ein, auch wenn er nicht mit dem Pedelec zurückgelegt wurde. Uns interessieren alle Ihre Wege und alle Verkehrsmittel, die Sie verwenden. Das gilt auch, wenn Sie zu Fuß unterwegs sind.

Datenschutz

Sie helfen uns, wenn Sie möglichst alle Fragen komplett beantworten, denn nur mit den vollständigen Antworten können wir repräsentative Analysen durchführen. Die Angaben, die Sie in den Wegeprotokollen tätigen, sind natürlich freiwillig. Es entstehen Ihnen keine Nachteile, wenn Sie Fragen nicht beantworten.

Wir halten die Bestimmungen des Datenschutzes ein. Alle Angaben, die Sie tätigen, werden anonymisiert ausgewertet. Für die Verknüpfung Ihrer Befragungs- und Fahrdaten werden wir

den Teilnehmercode verwenden, den Sie zu Beginn der Befragung wieder selber erstellen. Da nur Sie diesen Teilnehmercode kennen, kann er auch nicht mit Ihren Adressdaten verknüpft werden.

Ausfüllhinweise

- Nutzen Sie immer denselben Rechner, um den Online-Fragebogen auszufüllen.
- Damit die Befragung einwandfrei funktioniert, müssen Sie für den Befragungszeitraum Cookies zulassen.
- Bitte löschen Sie in dem Zeitraum, in dem Sie die Wegeprotokolle online ausfüllen, nicht die Chronik Ihres Browsers (insbesondere nicht Cookies und Cache).
- Rufen Sie die Befragung jeweils unter dem von uns geschickten Link wieder auf: <https://ww3.unipark.de/uc/Pedelection/Wegeprotokolle/T4/>.

A4. Im Rahmen der Interviews eingesetzte Postskripte am Beispiel der T4-Befragung



Postskript – T4

Interviewer_in: _____

Teilnehmercode: _____

Datum: _____

Region: _____

Gesprächsvorbereitung

Zweistellige Ziffer bezieht sich auf die Kalenderwoche der Fahrwoche; Datum auf den Gesprächszeitpunkt

1. Zeitpunkt T1:	Zeitpunkt T2:	Zeitpunkt T3:	Fahrwoche T4:
------------------	---------------	---------------	---------------

2. Alle Daten vorhanden?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein, es fehlt/fehlen:	Fahrdaten T1	<input type="checkbox"/>
			Ladedaten T1	<input type="checkbox"/>
			Wegeprotokolle T1	<input type="checkbox"/>
			Fahrdaten T2	<input type="checkbox"/>
			Ladedaten T2	<input type="checkbox"/>
			Wegeprotokolle T2	<input type="checkbox"/>
			Fahrdaten T3	<input type="checkbox"/>
			Ladedaten T3	<input type="checkbox"/>
			Wegeprotokolle T3	<input type="checkbox"/>

3. Anmerkungen zu den Fahr- / Ladedaten:

4. Angegebene Schulnote in T1:

Angaben zur Pedelecnutzung im Winter während der T3-Befragung

Weitere Nutzung -> nein

Pedelec wird (gar) nicht mehr genutzt seit:

Voraussichtliche Wieder-Nutzung ab / im:

Weitere Nutzung -> ja

Pedelec wird seltener genutzt seit:

Pedelec wird voraussichtlich gar nicht mehr genutzt ab / im Zeitraum von ... bis :

Angaben zur Akkunutzung

Anzahl der genutzten Akkus:

Sonstige Angaben zu den Akkus:

Wichtige Punkte aus T1-T3, die aufgegriffen werden könnten / sollten:

Beginn des eigentlichen T4-Postskripts

Schulnote in T4:

1. Bitte hier die T4-Schulnote eintragen:
2. Begründung der Schulnote (Stichworte):

Autoverzicht denkbar?

Ja

Nein

Anmerkungen:

Gesamteindruck

3. Die Gesprächsatmosphäre war insgesamt:

Eindrücke zum Gesprächsverlauf

4. Zu meinem Gesprächspartner(n) ist mir folgendes aufgefallen:
 - a) Gesprächspartner 1:

 - b) Evtl. Gesprächspartner 2:

5. Zu meinem eigenen Gesprächsverhalten ist mir (währenddessen oder im Nachhinein) aufgefallen:

6. Falls es problematische Gesprächsentwicklungen gab: **Welche Probleme sind aufgetreten und woran könnte es gelegen haben, dass sich das Gespräch in diese Richtung entwickelt hat?**

Bemerkungen zu den Inhalten des Gesprächs

7. Folgende Fragen des Leitfadens haben Probleme bereitet (Verständnisprobleme etc.):

8. Ich habe die folgenden Themen / das folgende Thema als Schwerpunkt/e unseres Gesprächs wahrgenommen:

9. Wenn du bereits erste Gesprächserfahrungen gesammelt hast: **Ich fand das gesamte Gespräch oder Teile daraus im Vergleich zu den bisherigen Gesprächen spannend (es wurden u. a. folgende Aspekte genannt, die ich so noch nicht von anderen gehört habe):**

Anmerkungen zur Rückgabe bzw. zum Kauf der Geräte

Bitte Probleme, Schäden, fehlende Teile etc. an / bei den Geräten immer so genau wie möglich dokumentieren.

10. Garmin-Fahrradcomputer:

- Teilnehmer_in hat den Garmin **gekauft**.
- Teilnehmer_in hat den Garmin an den Interviewer **zurückgegeben**.

11. Fehlende Teile / Bekannte Schäden, Funktionsstörungen beim **Garmin**:

12. **Voltcraft-Energy-Logger**:

Teilnehmer_in hat den Voltcraft **gekauft**.

Teilnehmer_in hat den Voltcraft an den Interviewer **zurückgegeben**.

13. Fehlende Teile / Bekannte Schäden, Funktionsstörungen beim Voltcraft:

Sonstige Anmerkungen

14. Anmerkungen zum Forum / zur Internetseite:

15. Rückmeldungen zum Projekt (Erwartungen, Wünsche, Beobachtungen von TN zu ihren eigenen Daten):

Sonstiges

16. Beobachtungen / Anmerkungen, die unter keine andere Kategorie fallen:

A5. Screenshot der Pedelection-Startseite vom 13.01.2013 (Ausschnitt)

PEDELECTION Start Das Projekt Teilnehmen Fragen und Antworten

Gefördert durch:
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

1. 2. 3. 4. >

Der Untersuchungsablauf von "Pedelection": 1. Private Käufer nutzen ihr Pedelec ganz normal im Alltag. 2. Sie sammeln ihre Fahr- und Ladedaten und nehmen 3. an Befragungen teil. 4. Die Daten werden u.a. in ökobilanzielle Modelle umgesetzt.

ELEKTROFAHRRÄDER IN DER WISSENSCHAFT

TEILNEHMEN	ZUM HINTERGRUND	DIE PROJEKTZIELE	WER WIR SIND
<p>Sind Sie bereits Besitzer eines Pedelecs oder planen Sie in der Zukunft die Anschaffung eines Elektrofahrrads? Wollten</p>	<p>Elektrofahrräder schaffen ein erweitertes Einsatzspektrum für Zweiräder. Die wachsende Verbreitung von Pedelecs im</p>	<p>Das Forschungsprojekt geht im Sinne einer übergeordneten Begleitforschung Fragen zu Verlagerungseffekten nach,</p>	<p>Durchgeführt wird die Studie vom Institut für Transportation Design der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig</p>

A6. Screenshot des Pedelection-Forums vom 01.07.2015

PEDELECTION Start Das Projekt

Index Aktuell Suche

Willkommen, Gast
 Benutzername: Passwort: Angemeldet bleiben: Anmelden
 Passwort vergessen? Benutzername vergessen?

Forum* Index

VIELEN DANK!!!

03 MÄR 2015
 Die offizielle Projektlaufzeit von Pedelection hat mit dem 28.02.2015 geendet. Wir danken allen Teilnehmenden für ihre tatkräftige Unterstützung! Die Auswertungen sind soweit abgeschlossen. Das Forscherteam arbeitet nun daran, die Ergebnisse zusammenzuführen und zu verschriftlichen. Auch Ihre Beiträge in diesem Forum fließen in den Endbericht ein. Bis zur Veröffentlichung der Ergebnisse schließen wir dieses Forum für weitere Beiträge. Wir danken allen Beitragenden für ihre Mitarbeit und wünschen Ihnen auch weiterhin viel Freude mit Ihrem Pedelec!

Kategorien Los

PEDELECTION FORUM

Willkommen im Pedelection-Forum Benutzungshinweise und Forumregeln	2 Themen	2 Antworten	Letzter Beitrag: Aktuelles und Neuigkeiten ... von Jörn Höpfer 1 Jahr 8 Monate her
Vorstellungsrunde Stellen Sie sich den Mitgliedern dieses Forums vor!	37 Themen	87 Antworten	Letzter Beitrag: 2015 von Andreas 6 Monate 3 Tage her
Technik-Ecke Austausch rund um alles, was das Technik-Herz begehrt	24 Themen	219 Antworten	Letzter Beitrag: Solartankstelle von Andreas 4 Monate 5 Tage her
Aktuelles zum Projekt Immer auf dem neuesten Pedelection-Stand sein	8 Themen	3 Antworten	Letzter Beitrag: Empirische Forschung ... von Kai Günter 9 Monate 4 Wochen her
Rund um ihre Fahrwoche Fragen, Erfahrungen etc. rund um Ihre Fahrwoche	4 Themen	3 Antworten	Letzter Beitrag: meine erste Fahrwoch ... von Estaminet 1 Jahr 7 Monate her
Mitforschen Eigene Fragestellungen einbringen und diskutieren	16 Themen	108 Antworten	Letzter Beitrag: Thema und Akzeptanz? von Andreas 7 Monate 2 Wochen her
Regionale Treffpunkte Tauschen Sie sich mit TeilnehmerInnen aus Ihrer Umgebung aus	5 Themen	19 Antworten	Letzter Beitrag: Solartankstelle von Andreas 4 Monate 5 Tage her
Ihre Wünsche rund ums Forum Gestalten Sie dieses Forum mit	4 Themen	22 Antworten	Letzter Beitrag: Leasing von Pedelects von Andreas 11 Monate 3 Wochen her
Sonstige Themen Für andere relevante Dinge	8 Themen	134 Antworten	Letzter Beitrag: Wasserstoff oder Nat ... von Andreas 4 Monate 1 Tag her

WER IST ONLINE

Benutzer online: 0 Mitglieder und 6 Gäste Online
 Legende: Administrator, Supermoderator, Moderator, Gebannt, Benutzer, Gast

PEDELECTION FORUM-STATISTIK

Gesamte Beiträge: 705 Gesamte Themen: 108 Mitglieder insgesamt: 645 Neuestes Mitglied: Lucas Czowalla
 Gesamte Sektionen: 1 Gesamte Kategorien: 25
 Heute begonnen: 0 Gestern begonnen: 0
 Heutige Antworten: 0 Gestrige Antworten: 0

Mitgliederliste - Mehr Statistiken -

Forum* Index

Ladezeit der Seite: 0,164 Sekunden Powered by Kunena Forum

AUF EINEN BLICK	ERGEBNISSE	UNSER FORUM	KONTAKT
Startseite Das Projekt	Das Projekt ist seit Februar 2015 beendet. Die Ergebnisse liegen vor und werden in Berichtsform voraussichtlich ab August 2015 öffentlich zugänglich sein.	Für die Teilnehmer unserer Studie stand ein Forum zum Austausch über persönliche Erfahrungen, Fragen und Wissenswertes rund um das Thema Pedelec zur Verfügung.	Lucas Czowalla Institut für Transportation Design 38122 Braunschweig 0531 391 9369 info@pedelection.de

B. Kurze Erläuterung der eingesetzten statistischen Verfahren

Quantitative Verfahren eignen sich dazu, viele ähnliche Phänomene zu erklären und Aussagen auf Grundlage von mathematisch erfassbaren und verarbeitbaren Daten hinsichtlich identifizierbarer Regel- bzw. Gesetzmäßigkeiten zu treffen (Flick, 2009, S. 41 f.). Im Wesentlichen funktioniert dies so, dass einer Antwort eine Codezahl zugewiesen wird (z. B. weiblich = 1, männlich = 2). Mit diesen Zahlen oder Merkmalsausprägungen können dann mit statistischen Verfahren u. a. Aussagen über Unterschiede zum Beispiel zwischen Männern und Frauen oder Rentnern und Berufstätigen bezüglich dieser Merkmalsausprägungen ermittelt werden.

B1. Grundbegriffe der Statistik

Im Folgenden werden grundlegende Begriffe der Statistik und inferenzstatistischer Verfahren erläutert, die im Rahmen von Pedelection Verwendung finden (vgl. Bortz & Döring, 2006; Bühner, 2011; Field, 2009), um auch „Nicht-Statistikern“ Auswertungsschritte und Interpretationen dieser Studie ein Stück weit näher zu bringen.

Grundgesamtheit	Bezeichnet die Gesamtheit aller statistischen Einheiten, zu denen eine Aussage getroffen werden soll, z. B. alle Pedelec-Nutzenden in Deutschland.
Stichprobengröße (N)	Nur selten kann eine Vollerhebung durchgeführt werden, bei der die komplette Grundgesamtheit untersucht wird. Die Stichprobengröße gibt Auskunft über die Anzahl der Personen, die stellvertretend für die Grundgesamtheit befragt wurden bzw. über die Anzahl an Fällen, die für die jeweilige Fragestellung vorliegen (z. B. die Anzahl der gesammelten Wege oder Ladevorgänge).
Panel-Untersuchung (Längsschnitt)	In Längsschnittstudien werden Untersuchungseinheiten (z. B. Pedelec-Nutzer) wiederholt hinsichtlich derselben Variablen untersucht. Bei Paneluntersuchungen wird dabei dieselbe Stichprobe über längere Zeit und zu mindestens zwei Zeitpunkten / -räumen beobachtet. Das Auftreten von Panelmortalität ist dabei

normal, d. h. eine gewisse Anzahl an Teilnehmenden steht nicht bis zum Ende der Untersuchung zur Verfügung.

Variable Eine Variable ist ein Symbol für eine Menge von Merkmalsausprägungen. Die Variable „Geschlecht“ umfasst bspw. die Ausprägungen „weiblich“ und „männlich“. Sofern die Ausprägungen nicht bereits Zahlen sind – wie bei Kilometer- oder Datumsangaben – wird diesen Ausprägungen eine Zahl zugewiesen (z. B. weiblich = 1, männlich = 2). Variablen sind Ausschnitte aus der beobachtbaren Realität, über deren Zusammenhang und genauen Ausprägung im Forschungsprozess Hypothesen formuliert und geprüft werden.

Skalenniveau Wird auch als Skalentyp oder Messniveau bezeichnet. In der empirischen Forschung werden Nominal- (z. B. Geschlecht), Ordinal- (z. B. Altersklassen), Intervall- (z. B. Temperatur in °C) und Verhältnisskala (z. B. Distanz in Kilometern) unterschieden. Die Nominalskala hat dabei das niedrigste Skalenniveau, die Verhältnisskala das höchste. Das Messniveau ist bei der Berechnung von Kennwerten (z. B. Durchschnitt) und der Auswahl von Signifikanztests zu berücksichtigen, da viele Rechenoperationen nur auf höherem Messniveau zulässig sind.

Minimum (*Min*) und Maximum (*Max*) Minimum und Maximum geben den niedrigsten und höchsten Wert einer Variablen innerhalb der Stichprobe an.

Mittelwert (*M*) Beschreibt den Durchschnittswert der vorliegenden Daten. Zur Berechnung wird die Summe aller Datenwerte gebildet und durch die Stichprobengröße geteilt. Die Bildung eines Mittelwerts ist nicht für alle Datenwerte möglich bzw. sinnvoll. In der Regel verwendet man den Mittelwert für metrische Variablen bzw. für Variablen ab Intervallskalenniveau (z. B. für Kilometerangaben).

Median	Der Median beschreibt ebenfalls einen Durchschnittswert und kann auch bei nominal- und ordinalskalierten Variablen angewendet werden. Wenn alle Daten einer Variablen in aufsteigender Reihenfolge sortiert werden, bezeichnet der Median den Wert in der Mitte. Liegt eine gerade Anzahl an Fällen vor, ist der Mittelwert der beiden Werte in der Mitte zu bilden.
Standardabweichung (<i>SD</i>)	Die Standardabweichung ist ein absolutes Streuungsmaß für Daten und gibt Auskunft über die durchschnittliche Abweichung der einzelnen Daten vom Mittelwert. Je größer die Standardabweichung, desto weniger einheitlich sind die Antworten ausgefallen. Auch einzelne Ausreißer mit z. B. extrem hohen oder niedrigen Werten für eine Variable können zu einer hohen Standardabweichung führen.
Verteilung	Den meisten statistischen Tests liegen Annahmen über die Verteilung der Merkmale in der Stichprobe zugrunde. Ein häufig angenommenes Verteilungsmodell ist die Normalverteilung. Im Normalverteilungsmodell liegen 68 % der Daten nicht weiter als eine Standardabweichung von dem Mittelwert entfernt, 95 % nicht weiter als zwei Standardabweichungen. Auch die Darstellung von Daten als „Boxplot“ innerhalb der Studie greift auf die Normalverteilung zurück.
Quantil / Perzentil	Ein Quantil ist ein sogenanntes Lagemaß, das Schwellenwerte einer Verteilung kennzeichnet. Das 0,25-Quantil ist beispielsweise der Datenwert, den innerhalb der Stichprobe 25 % der Teilnehmenden nicht überschreiten. Das 0,5-Quantil ist identisch mit dem Median. Das Prinzip von Perzentilen, sogenannten Prozenträngen ist im Wesentlichen identisch: Das 75 %-Perzentil ist somit der Datenwert, der nur von 25 % der Teilnehmenden überschritten wird.

Hypothesen (H_0 und H_1)	Jeder Test auf Signifikanz beruht auf der Annahme von zwei Hypothesen, die gegeneinander getestet werden. Wenn ermittelt werden soll, ob ein Unterschied in der durchschnittlichen Jahresfahrleistung von Männern und Frauen besteht, dann bezeichnet die sogenannte Nullhypothese (H_0) die Annahme, dass kein Unterschied in der Verteilung zwischen den Geschlechtern besteht. Die Alternativhypothese (H_1) ist die eigentliche Forschungshypothese, bei der ein Verteilungsunterschied angenommen wird.
Signifikanz / signifikante Unterschiede	Mit Signifikanztests wird ermittelt, ob ein Unterschied zwischen Gruppen nur zufällig auftrat oder charakteristisch für die Gruppen ist. Dabei wird ermittelt, wie wahrscheinlich bestimmte Werte auftreten, wenn man Annahmen über die Grundgesamtheit, aus der die Stichprobe stammt, trifft. Um Signifikanz anzunehmen, wurde hier ein Alpha-Niveau von 5 % verwendet. Ist die Wahrscheinlichkeit für das Zutreffen der Nullhypothese z. B.: Die Verteilung der Jahresfahrleistung zwischen Männern und Frauen ist identisch – kleiner als 5 % ($p < .050$), dann wird die Nullhypothese zurückgewiesen und der Unterschied als statistisch signifikant betrachtet.
P-Wert (p)	Der P-Wert beziffert die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen der Nullhypothese. Mit dem durch einen Signifikanztest berechneten P-Wert wird die Nullhypothese entweder bestätigt – d. h. dass z. B. angenommene Unterschiede mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht vorliegen – oder die Nullhypothese wird abgewiesen. In letzterem Fall kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass z. B. bei den betrachteten Gruppenunterschieden von zwei unterschiedlichen Verteilungen ausgegangen werden kann und sich die Gruppen hinsichtlich des betrachteten Merkmals systematisch voneinander unterscheiden.

Irrtumswahrscheinlichkeit Die Irrtumswahrscheinlichkeit bezeichnet die Wahrscheinlichkeit für den sogenannten Alpha-Fehler. Wird ein Test signifikant, kann mit 95%iger Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die Nullhypothese abgelehnt werden kann. Es besteht aber weiterhin eine 5%ige Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Alternativhypothese (es besteht ein Unterschied) angenommen wurde, obwohl die Nullhypothese (es liegt kein systematischer Unterschied vor) gilt. Die sogenannte Beta-Fehlerwahrscheinlichkeit wird im Rahmen dieser Studie (und in den meisten anderen ebenfalls) nicht beziffert. Als Beta-Fehler bezeichnet man die Entscheidung für die Nullhypothese, obwohl die Alternativhypothese gilt.

Freiheitsgrade (df) (degrees of freedom) Die Freiheitsgrade spielen bei Wahrscheinlichkeitsverteilungen eine wichtige Rolle, mit denen anhand der Stichprobe Hypothesentests durchgeführt werden. Die Statistik-Software ermittelt anhand der Anzahl der Freiheitsgrade die passende Verteilung aus der der jeweiligen Verteilungsfamilie (z. B. F-Verteilungen, t-Verteilungen). Grundsätzlich sind dabei die Anzahl der unabhängigen Beobachtungswerte abzüglich der Anzahl der schätzbaren Parameter von Bedeutung.

B2. In der Studie eingesetzte inferenzstatistische Verfahren

Im Rahmen von Pedelection interessiert, ob sich bestimmte Nutzergruppen in der Ausprägung von einstellungs- oder nutzungsspezifischen Variablen signifikant unterscheiden. Legen beispielsweise Freizeitnutzer weniger Fahrten im Winter zurück als die beiden Vergleichsgruppen? Oder fahren Männer weitere Distanzen als Frauen? Um solche und ähnliche Fragen beantworten zu können, wurden die folgenden Verfahren eingesetzt:

t-Test Verfahren, das zur Überprüfung des Unterschiedes zweier Stichprobenmittelwerte eingesetzt wird. Dabei können unabhängige Stichproben (z. B. die Werte von Männern und

Frauen) als auch abhängige Stichproben (z. B. die Werte von Männern im ersten und letzten Befragungszeitraum) verglichen werden. Der t-Test ist ein sogenanntes parametrisches Verfahren, d. h. dass die Daten einige Voraussetzungen erfüllen müssen, damit der t-Test sinnvoll durchgeführt werden kann. Beim t-Test sind dies: das Vorliegen einer Normalverteilung und mindestens Intervallskalenniveau. Beim unabhängigen t-Test wird zusätzlich Varianzhomogenität (d. h. eine ähnliche Streuung der Werte) und Unabhängigkeit der Werte vorausgesetzt (d. h. dass keine systematischen Zusammenhänge zwischen den Werten der einen mit der anderen Gruppe bestehen dürfen). Die Prüfung dieser Voraussetzungen wird im Ergebnisteil nicht im Einzelnen dargestellt. Im Rahmen dieser Studie wurden t-Tests zweiseitig durchgeführt (d. h. es wurde keine Vorannahme über die Richtung des Mittelwertunterschieds getroffen) und die Ergebnisse werden wie folgt berichtet: $t(176.559) = -5.06, p < .001$. Dabei gibt der Wert in Klammern die Höhe der Freiheitsgrade an. In Abhängigkeit von der Anzahl der Freiheitsgrade wird für die Prüfung der Signifikanz die passende Verteilung gewählt. Der Wert nach dem Gleichheitszeichen ist die eigentliche Prüfgröße und der P-Wert gibt Auskunft über die Signifikanz des Tests (s. o.).

χ^2 -Test

Chi-Quadrat-Tests sind eine Gruppe von Verfahren, mit denen Analysen von Häufigkeitsverteilungen durchgeführt werden können. Getestet werden die empirisch ermittelten Werte gegen Werte wie sie zufällig zu erwarten gewesen wären. Im Rahmen von Pedelection wird der Test eingesetzt, um Unterschiede zwischen nominalskalierten / ordinalskalierten Variablen zu ermitteln, z. B. mögliche Differenzen in der Häufigkeitsverteilung zwischen Nutzertyp und Haushaltseinkommen. Das Ergebnis wird

in der Studie so dargestellt: $\chi^2 (1) = 5,03, p = .025$). Die Interpretation ist analog zu der des t-Tests.

Wilcoxon-Test

Der Wilcoxon-Test ist ähnlich dem t-Test bei unabhängigen Stichproben. Er wurde im Rahmen von Pedelection eingesetzt, um mögliche nutzergruppenspezifische Unterschiede bei nicht-normalverteilten Variablen bestimmen zu können (z. B. Nutzungsgründe). Im Zusammenhang mit den Ergebnissen werden der z-Wert als Prüfwert für die Verteilung sowie der P-Wert zur Beurteilung der Signifikanz berichtet: $z = 2.96, p = .003$. Hier deutet das Ergebnis auf einen signifikanten Unterschied zwischen den getesteten Gruppen hin.

Einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA)

Dieses Verfahren wurde verwendet, um Mittelwertsunterschiede zwischen Gruppen mit mehr als zwei Ausprägungen zu bestimmen (z. B. drei Altersklassen hinsichtlich der Jahresfahrleistung). Ergebnisse von Varianzanalysen werden wie folgt wiedergegeben: $F(2, 144) = 3,36, p = .038$. Auch hier geben die Werte in Klammern Auskunft über die Freiheitsgrade. Da die Varianzanalyse nur Auskunft darüber gibt, ob sich die Ausprägungen zwischen den betrachteten Gruppen überhaupt unterscheiden und nicht darüber, ob sich nur einzelne Gruppen oder alle voneinander unterscheiden und in welcher Richtung diese Differenz(en) ausfallen, dienen die berichteten Mittelwerte als zusätzliche Informationsbasis.

Korrelationen

Korrelationen werden berechnet, um festzustellen, ob es einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen zwei Merkmalsausprägungen gibt. Steigt die Pedelection-Jahresfahrleistung mit dem Kaufpreis? Wäre dies der Fall, könnte man von einem positiven Zusammenhang von Kaufpreis und Fahrleistung sprechen (je mehr von dem einen, desto mehr von dem anderen). Bei einem negativen Zusammenhang würde ein

steigender Kaufpreis mit einer sinkenden Jahresfahrleistung korrelieren (je mehr von dem einen, desto weniger von dem anderen). Im Rahmen von Pedelection wurde in der Regel zweiseitig der Pearson-Korrelationskoeffizient (r) ermittelt. Der Wertebereich von „ r “ liegt zwischen -1 und 1 , wobei 1 einen perfekten linearen Zusammenhang kennzeichnet. Als Groborientierung kann ab einem signifikanten Wert von $r = 0,1$ von einer geringen, ab $r = 0,3$ von einer mittleren / mäßigen und ab $r = 0,5$ von einer hohen Korrelation gesprochen werden. Die Berechnung des Kontingenzkoeffizienten findet Verwendung bei der Ermittlung von Zusammenhängen zwischen nominalskalierten oder ordinalen Merkmalen. Er vergleicht die tatsächlich ermittelten Häufigkeiten der Merkmale mit den Häufigkeiten, die man bei Unabhängigkeit dieser Merkmale erwartet hätte. Die Interpretation des Kontingenzkoeffizienten ist im Wesentlichen identisch mit der des Korrelationskoeffizienten.

B3. Verfahren und Kriterien der Regressionsanalyse

Mit der multiplen Regressionsanalyse werden die Wirkungszusammenhänge zwischen mehreren unabhängigen Variablen (Prädiktoren) und einer abhängigen Variable (Kriterium) analysiert. Dem Verfahren liegt die Annahme zugrunde, dass zwischen den unabhängigen und der abhängigen Variable eine lineare Beziehung besteht. Die sogenannten Regressionskoeffizienten geben die Richtung und Stärke des Einflusses der unabhängigen Variablen auf die Zielvariable an. Das Bestimmtheitsmaß R^2 gibt an, welcher Anteil der Varianz der Zielvariable aufgeklärt werden kann. Die Signifikanzprüfung des Regressionsmodells erfolgt über den sogenannten F -Test. Wenn dieser signifikant ist, muss die Nullhypothese zufällig entstandener Zusammenhänge zugunsten systematischer Wirkzusammenhänge zwischen den Variablen in der Grundgesamtheit zurückgewiesen werden. Überdies werden auch die einzelnen Regressionskoeffizienten einem Signifikanztest unterzogen (Backhaus, Erichson, Plinke, & Weiber, 2006; Bortz & Döring, 2006) und geprüft, ob Multikollinearität vorliegt. Maße zur Beurteilung der Stärke von Kollinearität sind die Toleranzwerte und VIF-Werte (Variance Inflation Factor). Dabei weisen Toleranzwerte $< .4$ bereits auf das Vorliegen mittlerer

Kollinearität hin. Hohe VIF-Werte, die den Kehrwert der Toleranz beschreiben, deuten auf das Vorliegen hoher Kollinearität hin. Als kritisch gelten Werte größer als 10. Die im Ergebnisteil berichteten Regressionsmodelle sind gegenüber diesen Kriterien völlig unproblematisch (vgl. Schneider, 2007). Der ebenfalls ausgewiesene Durbin-Watson-Wert kann einen Wert zwischen 0 und 4 annehmen. Hier gelten Werte zwischen 1.5 und 2.5 gelten als unproblematisch (Backhaus u. a., 2006). Die Prüfung dieser Voraussetzungen wird im Ergebnisteil nicht im Einzelnen dargestellt.

C. Dokumentation zusätzlicher Auswertungen von Kaufkriterien und Nutzungsgründen

C1. Kaufkriterien nach Geschlecht im Längsschnitt¹²⁴

		<i>Wilcoxon-Test</i>					
		<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
<i>Geeignete Parkmöglichkeiten an den Zielorten</i>	Frauen	T1	31	3.94	2.00	3.28	.001**
		T4	31	5.48	1.69		
	Männer	T1	49	3.35	1.97	4.74	.000***
		T4	49	5.12	2.12		
<i>Diebstahlsicherheit</i>	Frauen	T1	29	4.86	1.81	3.87	.000***
		T4	29	6.31	1.00		
	Männer	T1	48	4.77	2.05	2.91	.004**
		T4	48	5.63	1.54		
<i>Kurze Ladezeiten</i>	Frauen	T1	31	4.23	1.84	3.29	.001**
		T4	31	5.61	1.59		
	Männer	T1	50	4.40	1.76	2.30	.022*
		T4	50	4.96	1.71		
<i>Lademöglichkeit im öffentlichen Raum</i>	Frauen	T1	32	2.69	1.87	3.41	.001**
		T4	32	4.09	2.02		
	Männer	T1	49	2.73	1.88	1.95	.052
		T4	49	3.39	2.10		
<i>Geeignete Parkmöglichkeiten zu Hause</i>	Frauen	T1	31	4.13	2.43	2.48	.013*
		T4	31	5.65	1.98		
	Männer	T1	49	4.18	2.38	1.94	.053
		T4	49	4.88	2.37		
<i>Geringes Gewicht</i>	Frauen	T1	30	4.33	1.85	2.45	.014*
		T4	30	5.33	1.61		

¹²⁴ Auf einer Skala von 1 = gar nicht wichtig bis 7 = äußerst wichtig.

						<i>Wilcoxon-Test</i>	
		<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
	Männer	T1	48	3.94	1.79	2.38	.017*
		T4	48	4.56	1.75		
	Frauen	T1	32	5.13	1.74	2.71	.007**
		T4	32	6.03	1.51		
<i>Hohe Reichweite</i>	Männer	T1	48	5.96	1.25	.72	.470
		T4	48	6.17	1.08		
	Frauen	T1	32	5.19	1.77	2.54	.011*
		T4	32	6.00	1.05		
<i>Umweltfreundlichkeit</i>	Männer	T1	49	5.29	1.65	1.28	.202
		T4	49	5.57	1.71		
	Frauen	T1	32	5.31	1.84	2.40	.019*
		T4	32	5.80	1.31		
<i>Einfache Handhabung</i>	Männer	T1	51	5.49	1.58	1.23	.218
		T4	51	5.69	1.59		
	Frauen	T1	32	5.88	1.26	1.48	.139
		T4	32	6.19	1.12		
<i>Hoher Fahrkomfort</i>	Frauen	T1	31	3.52	2.34	.164	.101
		T4	31	4.16	2.37		
	Männer	T1	49	4.47	2.19	1.18	.238
		T4	49	4.82	2.16		
<i>Höhere Geschwindigkeit als herkömmliche Fahrräder</i>	Frauen	T1	32	4.25	1.67	3.14	.002**
		T4	32	5.34	1.60		
	Männer	T1	49	4.86	1.93	-1.80	.857
		T4	49	4.73	2.05		
<i>Geringe Betriebskosten</i>	Frauen	T1	32	3.84	1.71	1.58	.115
		T4	32	4.34	1.66		

		<i>Wilcoxon-Test</i>					
		<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
<i>Design des Pedelecs</i>	Männer	T1	50	4.00	1.86	.23	.820
		T4	50	4.06	1.78		
	Frauen	T1	30	3.53	1.74	1.10	.270
		T4	30	3.87	1.74		
<i>Weniger Anstrengung als mit herkömmlichen Rad</i>	Männer	T1	50	3.58	1.91	-.55	.579
		T4	50	3.48	1.63		
	Frauen	T1	32	6.59	.95	-1.06	.291
		T4	32	6.31	1.09		
<i>Fahrsicherheit</i>	Männer	T1	51	5.84	1.61	.41	.684
		T4	51	5.94	1.22		
	Frauen	T1	33	5.91	1.51	1.07	.283
		T4	33	6.15	1.42		
<i>Marke des Herstellers</i>	Frauen	T1	32	3.50	2.17	-1.38	.169
		T4	32	3.09	2.22		
	Männer	T1	50	3.04	1.99	1.14	.253
		T4	50	3.34	1.94		

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

C2. Kaufkriterien nach Altersgruppen im Längsschnitt

		<i>Wilcoxon-test</i>					
		<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
<i>Geeignete Parkmöglichkeiten an den Zielorten</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	52	3.77	1.99	4.36	.000***
		T4	52	5.35	2.00		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	24	2.96	1.97	3.55	.000***
		T4	24	4.96	2.12		
<i>Diebstahlsicherheit</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	50	4.52	2.01	4.40	.000***
		T4	50	5.92	1.48		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	24	5.63	1.58	1.18	.240
		T4	24	6.00	1.14		
<i>Kurze Ladezeiten</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	52	4.31	1.68	3.34	.001**
		T4	52	5.13	1.68		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	24	4.38	2.04	2.36	.018*
		T4	24	5.46	1.87		
<i>Lademöglichkeit im öffentlichen Raum</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	52	2.56	1.78	3.56	.000***
		T4	52	3.73	2.20		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	24	3.08	1.95	1.34	.182
		T4	24	3.71	1.99		
<i>Geeignete Parkmöglichkeiten zu Hause</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	51	3.76	2.35	3.73	.000***
		T4	51	5.33	2.10		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	25	4.88	2.44	.126	.899
		T4	25	4.88	2.51		
<i>Geringes Gewicht</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	51	3.92	1.86	2.70	.007**
		T4	51	4.75	1.79		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	24	4.42	1.64	2.16	.031*
		T4	24	5.17	1.58		
<i>Hohe Reichweite</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	52	5.65	1.47	2.11	.035
		T4	52	6.15	1.18		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	23	5.57	1.70	1.28	.199
		T4	23	6.09	1.51		
<i>Umweltfreundlichkeit</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	52	5.35	1.73	1.31	.190
		T4	52	5.60	1.60		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	24	5.04	1.65	2.06	.040*
		T4	24	5.96	1.33		
<i>Einfache Handhabung</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	53	5.36	1.71	2.53	.012*
		T4	53	5.81	1.53		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	25	5.72	1.62	2.04	.838
		T4	25	5.80	1.53		
<i>Hoher Fahrkomfort</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	52	5.58	1.43	2.23	.026*
		T4	52	6.04	1.08		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	25	6.20	1.47	-.41	.683
		T4	25	6.08	1.29		
<i>Höhere Geschwindigkeit als herkömmliche Fahrräder</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	51	4.37	2.34	1.02	.308
		T4	51	4.63	2.30		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	25	3.20	1.89	2.32	.020*
		T4	25	4.36	2.23		
<i>Geringe Betriebskosten</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	53	4.68	1.77	2.84	.005**
		T4	53	5.30	1.64		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	25	4.32	2.02	-.32	.749
		T4	25	4.12	2.21		
<i>Günstige Anschaffungskosten</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	53	3.77	1.75	1.32	.188
		T4	53	4.13	1.70		

					<i>Wilcoxon-test</i>						
					<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>	
					>= 65 Jahre	T1	25	4.04	1.81	.73	.464
						T4	25	4.36	1.78		
<i>Design des Pedelecs</i>					45 < 65 Jahre	T1	51	3.59	1.89	-.15	.879
						T4	51	3.55	1.67		
					>= 65 Jahre	T1	25	3.44	1.66	.61	.545
						T4	25	3.72	1.67		
<i>Weniger Anstrengung als mit herkömmlichen Rad</i>					45 < 65 Jahre	T1	52	6.08	1.53	-.61	.545
						T4	52	5.92	1.33		
					>= 65 Jahre	T1	26	6.19	1.33	.63	.528
						T4	26	6.35	.89		
<i>Fahrsicherheit</i>					45 < 65 Jahre	T1	51	6.06	1.35	.48	.632
						T4	51	6.15	1.42		
					>= 65 Jahre	T1	24	6.46	.78	-.54	.589
						T4	24	6.25	1.39		
<i>Marke des Herstellers</i>					45 < 65 Jahre	T1	52	3.27	2.02	-1.41	.158
						T4	52	2.94	2.02		
					>= 65 Jahre	T1	25	3.08	2.12	1.98	.048*
						T4	25	3.76	2.01		

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

C3. Nutzungsgründe nach Geschlecht

		<i>Wilcoxon-Test</i>					
		<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
<i>...weil ich aus gesundheitlichen Gründen starke körperliche Belastungen vermeiden muss.</i>	Frauen	T1	31	3.97	2.68	.14	.892
		T4	31	4.00	2.52		
	Männer	T1	52	3.27	2.47	-1.20	.230
		T4	52	2.98	2.34		
<i>...weil ich nicht verschwitzt an meinem Ziel (z. B. im Büro) ankommen will.</i>	Frauen	T1	32	4.84	2.30	-.99	.323
		T4	32	4.44	2.60		
	Männer	T1	49	3.78	2.57	.77	.441
		T4	49	4.08	2.41		
<i>...weil ich durch regelmäßige Bewegung fitter werden bzw. fit bleiben will.</i>	Frauen	T1	32	5.56	1.98	.53	.600
		T4	32	5.59	1.74		
	Männer	T1	49	6.14	1.35	-.12	.907
		T4	49	6.10	1.28		
<i>...weil ich vor allem im Alltag längere Strecken zurücklegen will.</i>	Frauen	T1	31	4.58	2.16	.57	.571
		T4	31	4.81	2.26		
	Männer	T1	50	5.26	2.07	-1.46	.145
		T4	50	4.74	2.17		
<i>...weil ich in der Freizeit oder im Urlaub ausgedehnte Radtouren unternehmen will</i>	Frauen	T1	32	4.72	2.17	-1.01	.312
		T4	32	4.47	2.41		
	Männer	T1	50	4.54	2.44	.66	.512
		T4	50	4.76	2.40		
<i>...weil ich Steigungen mit weniger Mühe bewältigen will.</i>	Frauen	T1	33	6.67	.69	-.28	.783
		T4	33	6.52	1.12		
	Männer	T1	51	6.20	1.11	.61	.539
		T4	51	6.27	1.25		
<i>...weil ich (häufiger) auf das Auto verzichten will.</i>	Frauen	T1	32	5.69	1.98	-1.20	.231
		T4	32	5.25	2.17		
	Männer	T1	49	5.92	1.78	-2.76	.006**
		T4	49	5.06	2.20		
<i>...weil ich Lasten (z. B. Einkäufe) transportieren will.</i>	Frauen	T1	30	4.73	2.15	-1.55	.121
		T4	30	4.17	2.48		
	Männer	T1	50	3.82	2.21	-.31	.758
		T4	50	3.66	1.98		
<i>...weil ich meine (Enkel-)Kinder mitnehmen will.</i>	Frauen	T1	29	1.38	1.21	1.87	.535
		T4	29	1.45	1.55		
	Männer	T1	47	1.49	1.38	.41	.683
		T4	47	1.50	1.58		
<i>...weil ich schnell von A nach B kommen will.</i>	Frauen	T1	30	4.30	2.17	2.39	.017*
		T4	30	5.43	1.52		
	Männer	T1	50	4.50	2.09	1.85	.064
		T4	50	5.06	2.18		
<i>...weil ich bei Gegenwind mit weniger Mühe fahren will.</i>	Frauen	T1	33	5.88	1.76	1.03	.303
		T4	33	6.06	1.62		
	Männer	T1	51	5.67	1.77	1.08	.280
		T4	51	5.98	1.23		
<i>...weil ich CO₂ einsparen und die Umwelt schonen will.</i>	Frauen	T1	32	5.25	1.97	-.56	.576
		T4	32	5.06	2.03		
	Männer	T1	51	4.71	2.10	-.22	.826
		T4	51	4.75	2.12		
<i>...weil ich abnehmen bzw. mein Gewicht halten will.</i>	Frauen	T1	32	3.50	2.21	.26	.794
		T4	32	3.56	2.36		

					Wilcoxon-Test					
					T	N	M	SD	z	p
<i>...weil ich Geld sparen will.</i>	Männer	T1	50	3.56	2.24	-0.36	.717			
		T4	50	3.46	2.22					
	Frauen	T1	30	3.57	2.08	1.11	.267			
		T4	30	3.87	2.21					
<i>...weil ich kein Auto habe.</i>	Männer	T1	48	3.25	2.13	1.14	.255			
		T4	48	3.63	2.43					
	Frauen	T1	29	2.34	2.35	-1.08	.279			
		T4	29	2.00	2.24					
<i>...weil ich dann keine Parkplatzprobleme habe.</i>	Männer	T1	49	1.59	1.73	1.13	.258			
		T4	49	1.88	1.97					
	Frauen	T1	29	4.41	2.21	1.00	.315			
		T4	29	4.90	2.24					
<i>...weil ich dann nicht im Stau stehe.</i>	Männer	T1	48	4.15	2.45	1.09	.276			
		T4	48	4.48	2.58					
	Frauen	T1	30	3.97	2.40	.13	.897			
		T4	30	4.07	2.53					
<i>...weil ich unabhängiger von öffentlichen Verkehrsmitteln sein will.</i>	Männer	T1	47	3.85	2.54	1.51	.132			
		T4	47	4.32	2.58					
	Frauen	T1	29	4.66	2.24	1.06	.289			
		T4	29	4.97	2.34					
Männer	T1	49	4.22	2.36	.64	.522				
	T4	49	4.45	2.35						

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

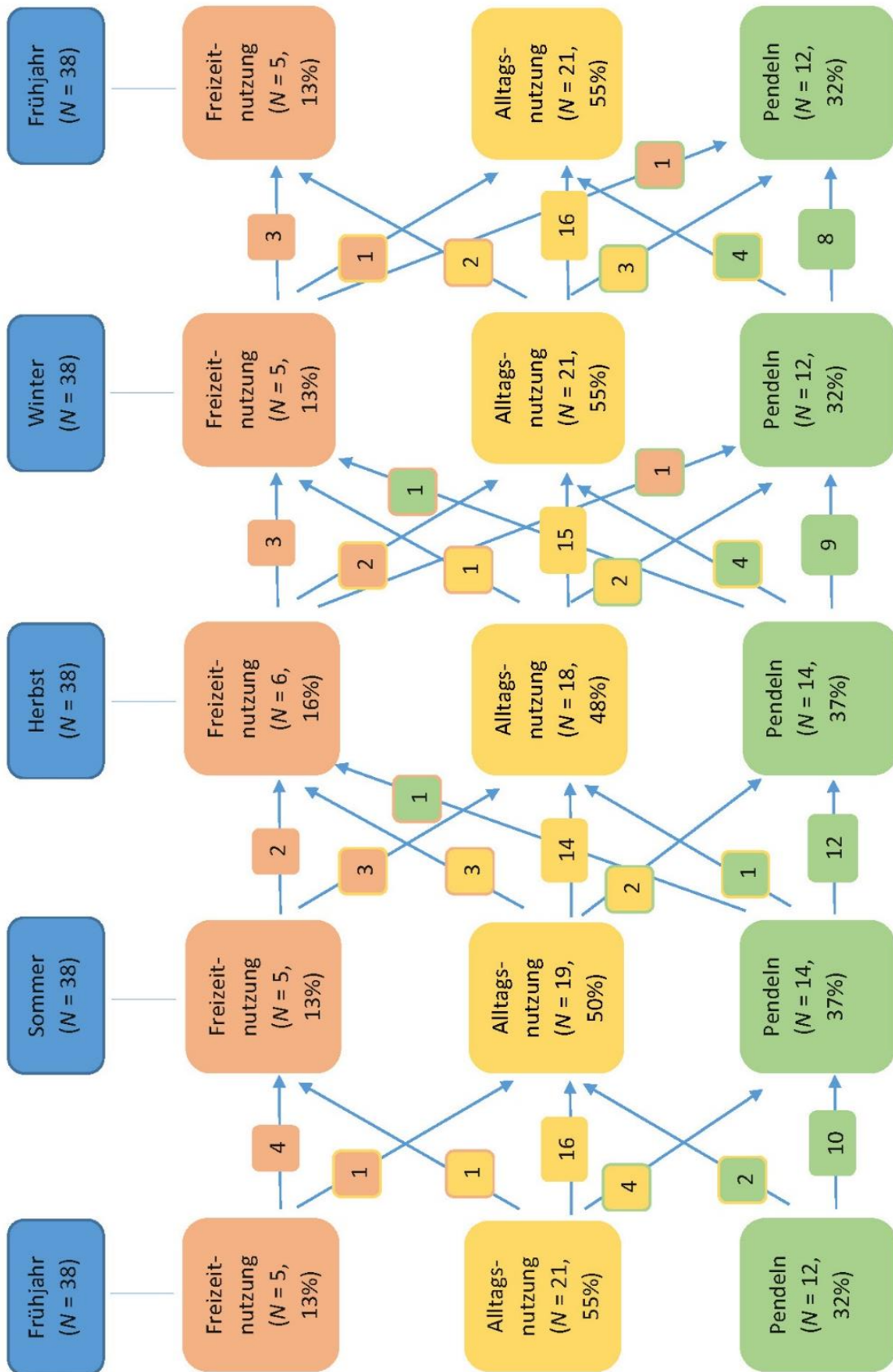
C4. Nutzungsgründe nach Altersgruppen

		<i>Wilcoxon-Test</i>					
		<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
...weil ich aus gesundheitlichen Gründen starke körperliche Belastungen vermeiden muss.	45 < 65 Jahre	T1	53	3.45	2.49	-.91	.361
		T4	53	3.28	2.55		
	> = 65 Jahre	T1	25	3.96	2.69	-.24	.808
		T4	25	3.80	2.42		
...weil ich nicht verschwitzt an meinem Ziel (z. B. im Büro) ankommen will.	45 < 65 Jahre	T1	53	4.62	2.46	.64	.520
		T4	53	4.87	2.31		
	> = 65 Jahre	T1	23	3.13	2.38	-.59	.554
		T4	23	2.87	2.36		
...weil ich durch regelmäßige Bewegung fitter werden bzw. fit bleiben will.	45 < 65 Jahre	T1	52	5.71	1.75	1.76	.079
		T4	52	6.06	1.26		
	> = 65 Jahre	T1	24	6.38	1.01	-1.69	.092
		T4	24	5.79	1.50		
...weil ich vor allem im Alltag längere Strecken zurücklegen will.	45 < 65 Jahre	T1	53	5.08	2.11	-.77	.439
		T4	53	4.85	2.10		
	> = 65 Jahre	T1	23	4.83	2.15	-.50	.621
		T4	23	4.43	2.43		
...weil ich in der Freizeit oder im Urlaub ausgedehnte Radtouren unternehmen will	45 < 65 Jahre	T1	53	4.15	2.41	1.47	.142
		T4	53	4.62	2.36		
	> = 65 Jahre	T1	24	5.67	1.81	1.26	.206
		T4	24	5.21	2.27		
...weil ich Steigungen mit weniger Mühe bewältigen will.	45 < 65 Jahre	T1	54	6.35	1.03	.83	.408
		T4	54	6.48	1.02		
	> = 65 Jahre	T1	25	6.44	.96	-.52	.605
		T4	25	6.20	1.44		
...weil ich (häufiger) auf das Auto verzichten will.	45 < 65 Jahre	T1	54	6.11	1.63	-2.77	.130
		T4	54	5.37	1.98		
	> = 65 Jahre	T1	22	5.23	2.20	-1.51	.006**
		T4	22	4.77	2.43		
...weil ich Lasten (z. B. Einkäufe) transportieren will.	45 < 65 Jahre	T1	52	4.12	2.27	-.18	.860
		T4	52	4.02	2.10		
	> = 65 Jahre	T1	23	4.09	2.13	-1.52	.130
		T4	23	3.30	2.18		
...weil ich meine (Enkel-)Kinder mitnehmen will.	45 < 65 Jahre	T1	48	1.15	.65	1.53	.126
		T4	48	1.44	1.38		
	> = 65 Jahre	T1	23	1.43	.99	-.37	.713
		T4	23	1.35	1.19		
...weil ich schnell von A nach B kommen will.	45 < 65 Jahre	T1	53	4.45	2.00	2.29	.022*
		T4	53	5.28	1.94		
	> = 65 Jahre	T1	23	3.96	2.31	2.42	.016*
		T4	23	4.96	2.14		
...weil ich bei Gegenwind mit weniger Mühe fahren will.	45 < 65 Jahre	T1	54	5.74	1.85	1.97	.049*
		T4	54	6.15	1.32		
	> = 65 Jahre	T1	25	6.00	1.44	-.79	.432
		T4	25	5.80	1.56		
...weil ich CO ₂ einsparen und die Umwelt schonen will.	45 < 65 Jahre	T1	54	5.04	1.96	-.58	.565
		T4	54	4.93	2.08		
	> = 65 Jahre	T1	24	4.58	2.34	-.19	.849
		T4	24	4.67	2.24		
...weil ich abnehmen bzw. mein Gewicht halten will.	45 < 65 Jahre	T1	54	3.54	2.15	.08	.935
		T4	54	3.57	2.13		

		<i>Wilcoxon-Test</i>					
		<i>T</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	23	3.30	2.32	-.63	.527
		T4	23	3.13	2.40		
<i>...weil ich Geld sparen will.</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	51	3.65	2.09	1.93	.054
		T4	51	4.18	2.24		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	22	2.41	1.74	.52	.604
		T4	22	2.73	2.27		
<i>...weil ich kein Auto habe.</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	52	1.85	1.91	.85	.396
		T4	52	2.06	2.16		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	21	1.57	1.81	-.45	.655
		T4	21	1.52	1.66		
<i>...weil ich dann keine Parkplatzprobleme habe.</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	51	4.27	2.39	1.41	.158
		T4	51	4.73	2.33		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	23	4.09	2.37	.92	.357
		T4	23	4.43	2.78		
<i>...weil ich dann nicht im Stau stehe.</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	50	3.90	2.57	1.47	.142
		T4	50	4.34	2.57		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	23	3.87	2.36	-.42	.673
		T4	23	3.65	2.58		
<i>...weil ich unabhängiger von öffentlichen Verkehrsmitteln sein will.</i>	<i>45 < 65 Jahre</i>	T1	50	4.32	2.38	1.96	.050
		T4	50	4.92	2.17		
	<i>> = 65 Jahre</i>	T1	23	4.30	2.14	-.19	.849
		T4	23	4.22	2.58		

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

D. Verschiebung der Hauptnutzungszwecke im Laufe der Jahreszeiten im Längsschnitt (ohne Nicht-Nutzer)

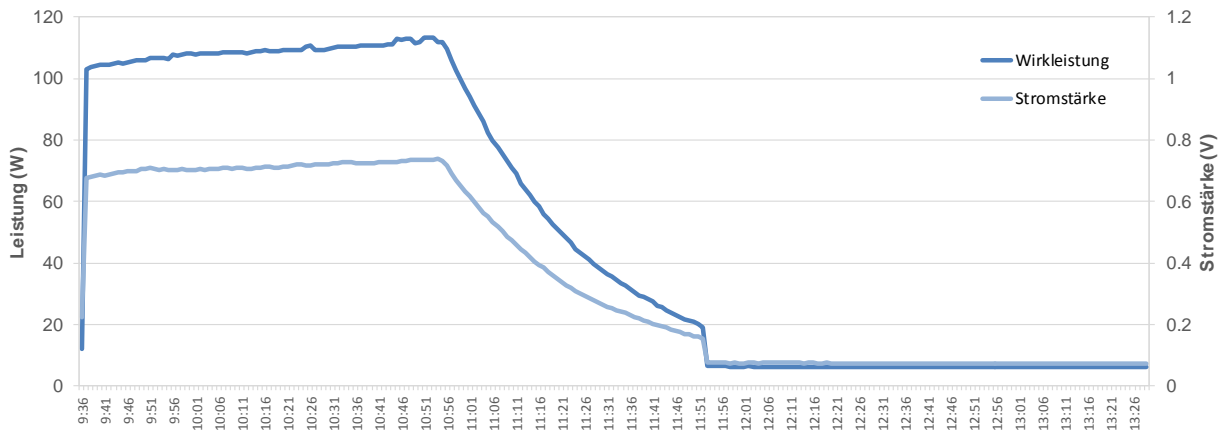


E. Energieverbrauch Pedelec

Die Bestimmung des spezifischen Energieverbrauchs der Pedelecs im Feldtest unterliegt einer Reihe von Unsicherheiten, da hier sowohl die gefahrene Strecke als auch die geladene Energie als Messgrößen eingehen, die beide prinzipiell fehlerbehaftet sind. So fehlen zum einen einige Wege in den Wegeprotokollen, zum anderen waren die Energiemessgeräte (zur Bestimmung der geladenen Strommenge) durch die Nutzer nicht in allen Fällen aktiviert. In einigen wenigen Fällen konnten auch gespeicherte Daten nicht ordnungsgemäß ausgelesen bzw. übertragen werden. Zudem ist die Zuordnung von gefahrenen Strecken und Ladevorgängen grundsätzlich nicht eindeutig möglich, wenn die Batterie nicht sowohl vor als auch nach der Testwoche zu einem definierten Zeitpunkt komplett vollgeladen wurde. Daher kommt es bei der Bestimmung des spezifischen Energieverbrauchs zu einzelnen Ausreißern. Über eine Plausibilitätsprüfung wurden fehlerhafte Werte ausgeschlossen, was allerdings zu einer erheblichen Verkleinerung der validen Messungen geführt hat. Dieser Schritt war notwendig, um die Belastbarkeit der Daten zu verbessern.

Bei der näheren Betrachtung der Energiedaten der einzelnen Probanden konnten zwei Typen von Ladekurven ermittelt werden (vgl. Abbildung). Der Typ der geschlossenen Ladung lädt den Akku mit einer abgeflachten Ladekurve nach hinten heraus einmal voll. Der offene Ladungstyp lädt den Akku mit einer zum Ende steileren Kurve voll und springt nach ein paar Stunden wieder an, um eine noch geringe Menge nachzuladen. Dieses Verhalten konnte im Rahmen des Projekts nicht abschließend geklärt werden. Es ist anzunehmen, dass bei den nachgelagerten pulsartigen Stromverbräuchen sogenanntes „Zellbalancing“ betrieben wird. Hierbei werden Ladungsunterschiede zwischen den einzelnen Zellen der Batterie ausgeglichen, was die Lebensdauer der Batterie erhöhen soll. Auf der anderen Seite verursacht dieses Ladeverhalten des Gerätes einen nicht zu vernachlässigenden Zusatzverbrauch, der im gezeigten Beispiel einer Dauerleistung von etwa 7,5 W entspricht. Es ist demnach dem Nutzer anzuraten, das Pedelec nach Ladung nicht unbegründet an der Steckdose zu belassen. Außerdem wirkt sich eine lange Standzeit des Pedelecs mit vollgeladenen Akku negativ auf dessen Lebenszeit aus.

Geschlossene Ladung



Offene Ladung

