

Pedelec-Naturalistic Cycling Study

Katja Schleinitz

Luise Franke-Bartholdt

Tibor Petzoldt

Stefan Schwanitz

Tina Gehlert

Matthias Kühn

Pedelec-Naturalistic Cycling Study

Dipl.-Psych. Katja Schleinitz
Dipl.-Psych. Luise Franke-Bartholdt
Dr. rer. nat. Tibor Petzoldt
M.A. Stefan Schwanitz
Dr. rer. nat. Tina Gehlert
Dr.-Ing. Matthias Kühn

Impressum

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. Unfallforschung der Versicherer

Wilhelmstraße 43/43G, 10117 Berlin

Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

E-Mail: unfallforschung@gdv.de

Internet: www.udv.de

Facebook: www.facebook.com/unfallforschung

Twitter: [@unfallforschung](https://twitter.com/unfallforschung)

YouTube: www.youtube.com/unfallforschung

ISBN-Nr.: 978-3-939163-50-3

Redaktion: Dr. rer. nat. Tina Gehlert

Bildnachweis: UDV und siehe Quellenangaben

Erschienen: 08/2014

Im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV)

Pedelec-Naturalistic Cycling Study

bearbeitet durch:

TU Chemnitz
Professur für Allgemeine und Arbeitspsychologie
Professur für Sportgerätetechnik

Dipl.-Psych. Katja Schleinitz
Dipl.-Psych. Luise Franke-Bartholdt
Dr. rer. nat. Tibor Petzoldt
M.A. Stefan Schwanitz



Bei der UDV betreut/bearbeitet von:

Dr. rer. nat. Tina Gehlert
Dr. Matthias Kühn



Inhalt

| | |
|--|----|
| Abbildungsverzeichnis | 4 |
| Tabellenverzeichnis | 6 |
| Abstract | 8 |
| Kurzfassung | 10 |
| 1 Allgemeine Einführung | 12 |
| 1.1 Elektrofahrräder und ihre Verbreitung | 12 |
| 1.2 Elektrofahrräder und Mobilität | 12 |
| 1.3 Elektrofahrräder und Verkehrssicherheit | 13 |
| 1.4 Der Naturalistic Cycling Ansatz | 14 |
| 1.5 Forschungsfragen | 16 |
| 2 Methode | 17 |
| 2.1 System zur Datenaufzeichnung (Data Acquisition System/DAS)..... | 17 |
| 2.1.1 Lastenheft zum Projektstart | 17 |
| 2.1.2 Eigenentwickeltes DAS..... | 18 |
| 2.2 Studiendesign- und ablauf | 20 |
| 2.3 Stichprobe..... | 22 |
| 2.3.1 Probandenakquise und -auswahl..... | 22 |
| 2.3.2 Stichprobenbeschreibung | 22 |
| 2.4 Erhebungsinstrumente | 25 |
| 2.4.1 Fragebogen zur Kontaktaufnahme..... | 25 |
| 2.4.2 Vorbefragung..... | 25 |
| 2.4.3 Aktivitätentagebuch | 26 |
| 2.4.4 Nachbefragung | 26 |
| 2.5 Datenaufbereitung | 27 |
| 2.6 Kodierung | 29 |
| 2.6.1 Fahrverhalten | 29 |
| 2.6.2 Kritische Situationen | 31 |
| 2.6.3 Aktivitätentagebuch | 33 |
| 2.7 Verknüpfung der Datenquellen..... | 35 |
| 2.8 Datenqualität..... | 36 |
| 2.9 Datenauswertung..... | 38 |
| 2.9.1 Auswertungsebene und -strategien | 38 |
| 2.9.2 Eingesetzte inferenzstatistische Verfahren | 39 |
| 2.9.3 Auswertung des Aktivitätentagebuchs | 40 |
| 3 Ergebnisse | 42 |
| 3.1 Fahrzeugbewertung durch Pedelec- und Fahrradfahrer | 42 |
| 3.1.1 Aus welchen Gründen wird ein Pedelec oder Fahrrad (nicht) genutzt? | 42 |
| 3.1.2 Wie werden Spezifika von Pedelecs bewertet?..... | 46 |
| 3.1.3 Welche Unterschiede im Fahrverhalten werden zwischen Pedelecs und herkömmlichen Fahrrädern wahrgenommen?..... | 50 |
| 3.1.4 Zusammenfassung | 52 |
| 3.2 Mobilitätsverhalten | 53 |
| 3.2.1 Anzahl der Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad, Nutzungshäufigkeit und Nutzungszeitraum..... | 53 |
| 3.2.2 Weglänge und Wegdauer | 57 |
| 3.2.3 Kilometerleistung | 58 |
| 3.2.4 Nutzung von Infrastrukturtypen..... | 60 |

| | | |
|------------------|---|------------|
| 3.2.5 | Regelwidriges Fahrverhalten | 63 |
| 3.2.6 | Wegzwecke | 67 |
| 3.2.7 | Weitere Charakteristika der Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad | 69 |
| 3.2.8 | Alternative Verkehrsmittel zum (Elektro-)Fahrrad | 75 |
| 3.2.9 | Zusammenfassung | 78 |
| 3.3 | Geschwindigkeit..... | 79 |
| 3.3.1 | Geschwindigkeiten auf verschiedenen Infrastrukturtypen | 82 |
| 3.3.2 | Einflussfaktoren auf die Geschwindigkeit..... | 87 |
| 3.3.3 | Zusammenfassung | 91 |
| 3.4 | Sicherheitsverhalten | 92 |
| 3.4.1 | Anzahl und Art des kritischen Ereignisses | 92 |
| 3.4.2 | Einfluss von Tageszeit, anderen Beteiligten und Infrastruktur auf die kritischen Situationen..... | 97 |
| 3.4.3 | Verhalten der Teilnehmer und Beteiligten vor und während der Situation | 100 |
| 3.4.4 | Geschwindigkeit in kritischen Situationen | 103 |
| 3.4.5 | Subjektive Beschreibung der Unfallhistorie..... | 104 |
| 3.4.6 | Zusammenfassung | 108 |
| 4 | Reflektion und Diskussion..... | 110 |
| 4.1 | Methodische Bewertung..... | 110 |
| 4.1.1 | Stichprobe | 110 |
| 4.1.2 | Durchführung..... | 111 |
| 4.1.3 | Datenaufbereitung | 112 |
| 4.1.4 | Fazit Methodik | 113 |
| 4.2 | Zusammenfassung zentraler Befunde..... | 113 |
| 4.3 | Fazit und Ausblick..... | 116 |
| Literatur | | 118 |
| Anhang | | 121 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: System zur Datenerfassung mit Lenkereinheit, Raddrehzahlsensor, GPS-Modul und Akku..... | 19 |
| Abbildung 2: Zweirad (hier: Pedelec25) mit Instrumentierung..... | 20 |
| Abbildung 3: Ablauf der Untersuchung..... | 21 |
| Abbildung 4: Beispiel für die Kodierung eines Streckenvideos aus der Tagebuchwoche mit dem Programm ELAN (Wittenburg et al., 2006). | 31 |
| Abbildung 5: Immobilität pro Stichtag in der vorliegenden Stichprobe (Angaben aus Aktivitätentagebuch)..... | 36 |
| Abbildung 6: Gewöhnung an Spezifika des Elektrofahrrades nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Nachbefragung; Mittelwerte und Konfidenzintervalle; Pedelec25: $n = 48$, mit Rekuperation $n = 30$; Pedelec45: $n = 9$, mit Rekuperation $n = 9$). | 47 |
| Abbildung 7: Gewöhnung an Spezifika des Elektrofahrrades nach Altersgruppe bei Pedelec-Fahrern (Angaben aus Nachbefragung; Mittelwerte und Konfidenzintervalle; ≤ 40 Jahre: $n = 18$, mit Rekuperation $n = 17$; 41-64 Jahre: $n = 19$, mit Rekuperation $n = 13$; ≥ 65 Jahre: $n = 20$, mit Rekuperation $n = 9$). | 48 |
| Abbildung 8: Verkehrsmittelwahl nach Fahrzeugtyp innerhalb der Tagebuchwoche (Angaben aus Aktivitätentagebuch; Fahrrad: $n = 29$; Pedelec25: $n = 47$; Pedelec45: $n = 10$). | 55 |
| Abbildung 9: Verkehrsmittelwahl nach Altersgruppe innerhalb der Tagebuchwoche (Angaben aus Aktivitätentagebuch; ≤ 40 Jahre: $n = 28$; 41 - 64 Jahre: $n = 29$; ≥ 65 Jahre: $n = 29$). | 56 |
| Abbildung 10: Nutzung des (Elektro-)Fahrrads in verschiedenen Jahreszeiten nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung; Fahrrad: $n = 31$; Pedelec25: $n = 49$; Pedelec45: $n = 9$). | 57 |
| Abbildung 11: Subjektive Einschätzung der Nutzungshäufigkeit einzelner Infrastrukturtypen (Angaben aus Vorbefragung; Mittelwerte und Konfidenzintervalle; $88 \leq n \leq 90$). | 62 |
| Abbildung 12: Abweichende Nutzung vorgeschriebener Radinfrastruktur nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Streckenvideos während der Tagebuchwoche; Fahrrad: $n = 25$; Pedelec25: $n = 43$). | 65 |
| Abbildung 13: Abweichende Nutzung vorgeschriebener Radinfrastruktur nach Altersgruppe bei Pedelec25- und Fahrradfahrern (Daten aus kodierten Streckenvideos während der Tagebuchwoche; ≤ 40 Jahre: $n = 21$; 41-65 Jahre: $n = 21$; ≥ 65 Jahre: $n = 26$). | 66 |
| Abbildung 14: Abweichende Nutzung von Gehwegen, die für Radfahrer freigegeben sind, nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Streckenvideos während der Tagebuchwoche; Fahrrad: $n = 25$; Pedelec25: $n = 43$; ≤ 40 Jahre: $n = 21$; 41-65 Jahre: $n = 21$; ≥ 65 Jahre: $n = 26$). | 67 |
| Abbildung 15: Wegzwecke bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad pro Person nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Aktivitätentagebuch; Fahrrad: $n = 28$; Pedelec25: $n = 42$; Pedelec45: $n = 10$). | 68 |
| Abbildung 16: Wegzwecke bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad pro Person nach Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch; ≤ 40 Jahre: $n = 27$; 41 - 64 Jahre: $n = 28$; ≥ 65 Jahre: $n = 25$). | 69 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 17: Planung der Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Aktivitätentagebuch; Fahrrad: $n = 28$; Pedelec25: $n = 42$; Pedelec45: $n = 10$)..... | 70 |
| Abbildung 18: Planung der Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad Person nach Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch; ≤ 40 Jahre: $n = 28$; 41 - 64 Jahre: $n = 29$; ≥ 65 Jahre: $n = 27$)..... | 71 |
| Abbildung 19: Art der Begleitung bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Aktivitätentagebuch; Fahrrad: $n = 15$; Pedelec25: $n = 24$; Pedelec45: $n = 4$)..... | 73 |
| Abbildung 20: Art der Begleitung bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch; ≤ 40 Jahre: $n = 18$; 41 - 64 Jahre: $n = 10$; ≥ 65 Jahre: $n = 15$)..... | 74 |
| Abbildung 21: Verfügbare alternative Verkehrsmittel bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Aktivitätentagebuch; Fahrrad: $n = 28$; Pedelec25: $n = 42$; Pedelec45: $n = 10$)..... | 76 |
| Abbildung 22: Verfügbare alternative Verkehrsmittel bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch; ≤ 40 Jahre: $n = 27$; 41 - 64 Jahre: $n = 28$; ≥ 65 Jahre: $n = 25$)..... | 77 |
| Abbildung 23: Verteilung der durchschnittlichen Geschwindigkeiten mit Standzeiten nach Fahrzeuggruppen (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum; Fahrrad: $n = 28$; Pedelec25: $n = 49$; Pedelec45: $n = 10$)..... | 81 |
| Abbildung 24: Anteil der Kilometer, die mit mehr als 20 km/h, 25 km/h bzw. 30 km/h (inklusive Standzeiten) zurückgelegt wurden, nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum; Fahrrad: $n = 28$; Pedelec25: $n = 49$; Pedelec45: $n = 10$; ≤ 40 Jahre: $n = 27$; 41-64 Jahre: $n = 29$; ≥ 65 Jahre: $n = 31$)..... | 82 |
| Abbildung 25: Durchschnittliche Geschwindigkeiten auf einzelnen Infrastrukturtypen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Streckenvideos und Radsensordaten; Tagebuchwoche; die Größe der Teilstichproben ist jeweils auf den einzelnen Balken wiedergegeben)..... | 84 |
| Abbildung 26: Durchschnittliche Geschwindigkeiten auf einzelnen Infrastrukturtypen nach Altersgruppe (Daten aus kodierten Streckenvideos und Radsensordaten; Tagebuchwoche; die Größe der Teilstichproben ist jeweils auf den einzelnen Balken wiedergegeben)..... | 86 |
| Abbildung 27: Durchschnittlicher Anteil der kritischen Situationen pro Kilometer nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Videos und Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum)..... | 93 |
| Abbildung 28: Anteil der kritischen Situationen nach Unfall- und Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum)..... | 94 |
| Abbildung 29: Grafische Darstellung der Unfalltypen entnommen aus der Unfalltypenklassifikation gemäß M UKO (FGSV, 2012; W = Wartepflichtig)..... | 95 |
| Abbildung 30: Anteil der kritischen Situationen klassifiziert nach dem Verhalten vor der Situationen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum)..... | 101 |
| Abbildung 31: Reaktionen der Teilnehmer auf kritische Situationen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum)..... | 103 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Stichprobenzusammensetzung nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe. | 23 |
| Tabelle 2: Stichprobenbeschreibung hinsichtlich ausgewählter soziodemografischer Variablen nach Fahrzeugtyp..... | 24 |
| Tabelle 3: Themenkomplexe der eingesetzten Befragungsinstrumente. | 27 |
| Tabelle 4: Anzahl verwendbarer Datensätze..... | 29 |
| Tabelle 5: Kategorie Ereignistyp im Rahmen der Kodierung kritischer Situationen..... | 33 |
| Tabelle 6: Beispiel für Wege, Etappen und Aktivitäten. | 34 |
| Tabelle 7: Wahrgenommene Vorteile von (Elektro-)Fahrrädern nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung). | 43 |
| Tabelle 8: Wahrgenommene Nachteile von (Elektro-)Fahrrädern nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung). | 44 |
| Tabelle 9: Anschaffungsgründe für ein Elektrofahrrad (Angaben aus Vorbefragung)..... | 46 |
| Tabelle 10: Selbsteingeschätzter Anteil von Fahrten, bei denen Pedelec-Nutzer bewusst auf den Elektroantrieb verzichten, nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Nachbefragung). | 49 |
| Tabelle 11: Wahrgenommene Unterschiede bezüglich ausgewählter Aspekte des Fahrverhaltens bei Nutzung eines Pedelecs im Vergleich zu herkömmlichen Fahrrädern (Angaben aus Nachbefragung)..... | 51 |
| Tabelle 12: Durchschnittliche Anzahl von Wegen mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum). | 54 |
| Tabelle 13: Durchschnittliche Länge und Dauer von Wegen mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum)..... | 58 |
| Tabelle 14: Durchschnittliche Kilometerleistung nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum)..... | 59 |
| Tabelle 15: Schätzung der zurückgelegten Kilometer in einer typischen Woche während der Gut- und Schlechtwetterperiode nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Vorbefragung)..... | 60 |
| Tabelle 16: Anteil Kilometer pro Infrastruktur- und Fahrzeugtyp (Daten aus kodierte Streckenvideos; Tagebuchwoche)..... | 61 |
| Tabelle 17: Anteil Kilometer pro Infrastrukturtyp nach Altersgruppe (Daten aus kodierte Streckenvideos; Tagebuchwoche)..... | 63 |
| Tabelle 18: Mittlerer Anteil begleiteter Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch). | 72 |
| Tabelle 19: Mittlerer Anteil von Wegen unter Zeitdruck mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch). | 75 |
| Tabelle 20: Genutzte Verkehrsmittel bei Fahrten, bei denen das (Elektro-)Fahrrad als Alternative möglich war, nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch). | 78 |
| Tabelle 21: Durchschnittliche Geschwindigkeit mit und ohne Standzeiten nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum). | 80 |

| | |
|--|-----|
| Tabelle 22: Mittlere Geschwindigkeiten ohne Standzeiten bei freier Fahrt und ohne freie Fahrt nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Streckenvideos und Radsensordaten; Tagebuchwoche). | 88 |
| Tabelle 23: Mittlere Geschwindigkeiten ohne Standzeiten bei Steigung und Gefälle nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Streckenvideos und Radsensordaten; Tagebuchwoche). | 89 |
| Tabelle 24: Mittlere Geschwindigkeiten ohne Standzeiten bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad mit und ohne Zeitdruck nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch und Radsensordaten; Tagebuchwoche). | 90 |
| Tabelle 25: Mittlere Geschwindigkeiten ohne Standzeiten bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad mit und ohne Begleitung nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch und Radsensordaten; Tagebuchwoche). | 91 |
| Tabelle 26: Anzahl der kritischen Situation pro Ereignis- und Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum). | 92 |
| Tabelle 27: Durchschnittliche Anzahl der kritischen Situationen pro Person nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum). | 93 |
| Tabelle 28: Klassifikation der detaillierten Beschreibungen der kritischen Situationen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum). | 96 |
| Tabelle 29: Anteil der kritischen Situation zu verschiedenen Tageszeiten nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum). | 97 |
| Tabelle 30: Anteil der kritischen Situation mit anderen Beteiligten nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum). | 98 |
| Tabelle 31: Anteil der kritischen Situation auf einzelnen Infrastrukturtypen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum). | 99 |
| Tabelle 32: Anteil der kritischen Situationen klassifiziert nach dem Verhalten der Teilnehmer und Beteiligten vor der Situation nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum). | 102 |
| Tabelle 33: Geschwindigkeitsänderungen während der kritischen Situationen (Daten aus kodierten Videos und Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum). | 104 |
| Tabelle 34: Mittlere Anzahl von selbstberichteten Unfällen/Stürzen und kritische Situationen nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung). | 105 |
| Tabelle 35: Beteiligte an selbstberichteten Unfällen/Stürzen und kritischen Situationen nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung). | 106 |
| Tabelle 36: Genutzte Infrastruktur bei selbstberichteten Unfällen/Stürzen und kritischen Situationen nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung). | 107 |
| Tabelle 37: Verursacher bei selbstberichteten Unfällen/Stürzen und kritischen Situationen nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung). | 108 |

Abstract

The popularity of electric bicycles, so called pedelecs, has increased rapidly over the last few years. Their numbers are expected to grow even further in the years to come. Given this increase in prevalence, new challenges for road traffic arise. The effects of potentially higher speeds that might be achieved with electric bikes on road safety are unclear. Likewise, the fact that older riders currently are the main user group for this type of bike leads to questions about physical fitness and increased safety risks. Changes in overall mobility behaviour can be a consequence as well.

Within this project, aspects of mobility and safety behaviour of cyclists were investigated in a so called naturalistic cycling study. Core of this methodological approach is the instrumentation of bicycles with cameras and other sensors to observe riders over a specified period of time, to capture riders' "normal" cycling and mobility behaviour. Overall, 90 cyclists were recruited for this study. Forty-nine of them were owners of a pedelec25. This type of electric bike, which supports pedalling up to a speed of 25 km/h, is treated legally like a regular bicycle. Ten participants were riding pedelec45, which support pedalling up to 45 km/h. When using this kind of electric bike, riders are required to use a helmet, and the bike needs to carry a license plate. An additional 31 participants were recruited that drove regular bicycles. To account for potential age effects, roughly one third of the participants was 40 years or younger, between 40 and 65, and 65 or older, respectively.

Each of the 90 participants was observed with the instrumentation over a period of four weeks on his/her trips. In addition, for one of the four weeks, participants were required to fill in a mobility activity diary to track all of their trips (not just bike) and trip purposes. Furthermore, they completed questionnaires regarding aspects such as user behaviour and accident history before and after data acquisition.

Overall, more than 4,000 trips with a total length of roughly 17,000 km were recorded. To uncover potentially safety relevant traffic situations, an extensive video annotation was conducted. To accomplish this, every single trip was screened for potentially critical situations, which were identified and annotated using a predefined coding scheme. In addition, trip length, trip duration and especially speed were analysed using wheel sensor data.

The results of the study show that the use of electric bicycles did not result in an increased number of critical situations compared to regular bicycles. Age did not affect the relative frequency of occurrence of critical situations as well. When taking into account the different conflict partners, it appeared that most frequently, cyclists and e-bike riders experienced conflict situations with motorised vehicles such as cars or lorries. However, also a substantial number of conflicts between (electric) bicycles and pedestrians could be found.

The analysis of the sensor data revealed the expected differences regarding average riding speed. On average, pedelec25 riders travelled somewhat (ca. 2 km/h), pedelec45 riders substantially (ca. 8 km/h) faster than riders of regular bicycles. There were also profound age effects in the expected direction. In contrast, relevant differences in mobility behaviour between bike and e-bike users could not be found.

Given the results of this project, the current regulations, which treat pedelec25 as a regular bicycle, and put up stronger requirements for the use of pedelec45, appear to be

reasonable. The comparable number of critical situations for all three vehicle types suggests that the risk to be involved in an accident is not increased for electric bicycles. At the same time, however, the fact that pedelec45 are travelling, on average, much faster than the other two vehicle types, suggests that the risk of severe injury in case of a fall or a collision is considerably higher for the faster e-bikes.

Overall, however, it appears that a continuing assessment of the issue is required. Currently, user groups and use cases for the different types of bikes and e-bikes differ substantially. Whether there will be transformations within the user groups, and whether this will result changes in road safety relevant measures, needs to be closely observed.

Kurzfassung

Elektrofahrräder, sogenannte Pedelecs, erfreuen sich seit einigen Jahren zunehmender Beliebtheit. Ihre Zahl wird in Deutschland auch in den nächsten Jahren kontinuierlich steigen. Mit wachsender Verbreitung dieser neuen Form von Mobilität ergeben sich eine Reihe neuer Herausforderungen für den Straßenverkehr. So stellt sich die Frage, wie sich potentiell höhere Geschwindigkeiten, die mit Pedelecs erreicht werden können, auf die Verkehrssicherheit auswirken. Weiterhin ist offen, ob ältere Personen als aktuelle Hauptnutzerguppe des Verkehrsmittels einem gesteigerten Sicherheitsrisiko bei der Pedelec-Nutzung unterliegen. Auch mögliche Veränderungen des Mobilitätsverhaltens sind nicht auszuschließen.

Im Rahmen dieses Projektes wurden Aspekte des Mobilitäts- und Sicherheitsverhaltens von Zweiradfahrern in einer sogenannten „Naturalistic Cycling Study“ untersucht. Bei diesem methodischen Ansatz werden die Zweiräder von Versuchsteilnehmern mit Kameras und zusätzlicher Sensorik ausgestattet, um das „normale“ Fahr- und Nutzungsverhalten der jeweiligen Fahrer über einen längeren Zeitraum hinweg dokumentieren zu können. Insgesamt wurden 90 Teilnehmer akquiriert. Neunundvierzig davon waren Nutzer eines sogenannten Pedelec25. Derartige Elektrofahrräder unterstützen beim Treten bis 25 km/h und sind klassischen Fahrrädern rechtlich gleichgestellt. Weitere 10 Teilnehmer nutzten ein sogenanntes Pedelec45, welches entsprechend bis 45 km/h unterstützt, und unter anderem mit Helm- und Kennzeichenpflicht verbunden ist. Als Kontrollgruppe nahmen zudem 31 Radfahrer an der Untersuchung teil. Um der aktuellen Nutzerstruktur Rechnung zu tragen, wurden die Teilnehmer zusätzlich auch nach Alter ausgewählt. Jeweils etwa ein Drittel der Teilnehmer waren 40 Jahre alt oder jünger, zwischen 40 und 65 Jahre alt, oder 65 Jahre und älter.

Jeder der 90 Teilnehmer wurde mit Hilfe der Instrumentierung über einen Zeitraum von insgesamt 4 Wochen auf seinen Wegen mit seinem Zweirad beobachtet. Zudem führten Teilnehmer für eine dieser Wochen ein sogenanntes Aktivitätentagebuch, das dazu diente, jegliche Wege und deren Zwecke zu erfassen. Zusätzlich füllten sie vor Beginn und nach Ablauf der Datenerhebung eine Reihe von Fragebögen aus, die sich mit dem Nutzungsverhalten, der Unfallhistorie und weiteren Fragestellungen befassten.

Insgesamt wurden mehr als 4.000 Fahrten mit einer Gesamtlänge von knapp 17.000 km aufgezeichnet. Um mögliche sicherheitsrelevante Verkehrssituationen aufzufinden erfolgte eine umfangreiche Videokodierung. Zu diesem Zweck wurde jede einzelne Fahrt vollständig gesichtet, und potentiell gefährliche Verkehrssituationen nach einem zuvor definierten Schema identifiziert und kodiert. Zusätzlich wurden mit Hilfe von Radsensordaten Weglängen, Wegdauern und vor allem Geschwindigkeiten analysiert.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Nutzung von Elektrofahrrädern nicht mit einer erhöhten Auftretenswahrscheinlichkeit von kritischen Situationen einhergeht. Auch mit Blick auf das Alter der Teilnehmer zeigen sich diesbezüglich keine Unterschiede. Generell interessant ist eine differenzierte Betrachtung der Situation mit Blick auf die jeweiligen Konfliktpartner. So kam es gehäuft zu Konfliktsituationen mit (hoch)motorisierten Fahrzeugen (Pkw, Lkw). Allerdings war auch eine substantielle Zahl an problematischen Interaktionen mit Fußgängern zu beobachten.

Bei der Auswertung der Fahrdaten ergaben sich die zu erwartenden Unterschiede in den Durchschnittsgeschwindigkeiten der jeweiligen Zweiräder. So fuhren Pedelec25-Nutzer

im Schnitt geringfügig (ca. 2 km/h), Pedelec45-Nutzer jedoch deutlich (ca. 8 km/h) schneller als Radfahrer. Auch ergaben sich im Hinblick auf die Geschwindigkeit deutliche Altersunterschiede, unabhängig vom Zweiradtyp. Im Mobilitätsverhalten hingegen ließen sich keine auffälligen Effekte durch die Nutzung von Elektrofahrrädern feststellen.

In Anbetracht der Projektergebnisse bleibt festzuhalten, dass die aktuelle Regelung, die Pedelec25 mit Fahrrädern gleichstellt, und größere Hürden für die Pedelec45-Nutzung definiert, plausibel erscheint. Die vergleichbare Auftretenshäufigkeit kritischer Situationen über alle Zweiradkategorien hinweg spricht dafür, dass das Risiko, mit einem Elektrofahrrad zu verunfallen nicht erhöht ist. Gleichzeitig lässt die deutlich erhöhte Durchschnittsgeschwindigkeit bei Pedelec45 erwarten, dass das Risiko, im Falle einer Kollision oder eines Sturzes schwerere Verletzungen davonzutragen, im Vergleich zu Fahrrädern und Pedelec25 nicht unwesentlich erhöht ist.

Generell erscheint aber eine fortlaufende, aufmerksame Beobachtung der Problematik angebracht. In der Breite unterscheiden sich die Nutzergruppen und damit verbunden auch die Nutzungszwecke zwischen den verschiedenen Zweiradkategorien teilweise deutlich. Inwieweit es in der Folge zu Veränderungen in der Nutzerstruktur, und damit auch zu Veränderungen in sicherheitsrelevanten Kenngrößen kommt, bleibt abzuwarten.

1 Allgemeine Einführung

1.1 Elektrofahrräder und ihre Verbreitung

Motorgestützte Fahrräder, sogenannte E-Bikes oder Pedelecs, erleben in der jüngsten Vergangenheit einen immensen Boom. Bislang hat diese Form der Mobilität vor allem in China bereits starke Verbreitung gefunden (Cherry & Cevero, 2007), doch auch in Europa sind Elektrofahrräder immer stärker auf dem Vormarsch (Paefgen & Michahelles, 2010). Laut Zweirad-Industrie-Verband (ZIV, 2013a) rechnet man für das Jahr 2013 mit einem Absatz von 430.000 Stück in Deutschland – mehr als doppelt so viele wie nur drei Jahre zuvor (ZIV, 2011). Mittelfristig geht der ZIV davon aus, dass der jährliche Anteil von Elektrofahrrädern am Gesamtmarkt bei 15% liegen kann. Die Wirtschaftskammer Österreich (WKO) gibt den Anteil von E-Bikes am Fahrradmarkt im Jahr 2012 mit bereits 10% an (BMVIT, 2013), in der Schweiz waren ca. 15% aller 2012 verkauften Fahrräder Pedelecs (Velosuisse, 2013), für die Niederlande wird der Anteil noch höher eingeschätzt (BMVIT, 2013).

Dabei muss zwischen Pedelec25 und Pedelec45 unterschieden werden. Sogenannte Pedelec25 unterstützen beim Treten bis 25 km/h (eine Anfahrhilfe bis 6 km/h ohne zu treten ist zulässig), bei einer Nenndauerleistung des Motors bis max. 250 Watt. Derartige Elektrofahrräder sind klassischen Fahrrädern rechtlich gleichgestellt. Das bedeutet unter anderem, dass keine Helmpflicht besteht und dass Radwege und andere für Fahrräder freigegebene Infrastruktur genutzt werden können. Demgegenüber werden die schnelleren Pedelecs (Pedelec45 bzw. S-Pedelecs) als Kleinkrafträder (mit geringer Leistung) eingestuft. Derartige E-Bikes unterstützen mit einer Motorleistung von 300 bis 500 Watt bis zu 45 km/h, wobei bei einigen Modellen bis zu 20km/h allein mit Motorkraft erreicht werden können. Die rechtliche Einstufung hat unter anderem zur Folge, dass ein Helm getragen werden muss, Kennzeichenpflicht besteht und keine dem Fahrrad vorbehaltene Infrastruktur genutzt werden darf. Gemein ist beiden Kategorien, dass die Fahrzeuge teilweise deutlich schwerer sind als herkömmliche Fahrräder. Auch finden sich in beiden Typenklassen Modelle mit sogenannter Rekuperation. Diese sind in der Lage, bei Bremsvorgängen Energie zurückzugewinnen und damit entsprechend die Batterie aufzuladen. Diese Funktion ist mit Blick auf die dadurch zugewonnene Reichweite zweifellos praktisch, hat aber auch ein verändertes Fahr- bzw. vor allem Verzögerungsverhalten im Vergleich zu Modellen ohne Rekuperation zur Folge.

1.2 Elektrofahrräder und Mobilität

Die Gründe für den stetig wachsenden Zuspruch für Pedelecs sind vielfältig. Die meisten Nutzer ¹sind auch zuvor regelmäßig Rad gefahren, teilweise handelt es sich aber auch um Neu- oder Wiedereinsteiger (Alrutz, 2013). Elektrofahrräder bieten Personen, die bisher aufgrund eingeschränkter körperlicher Leistungsfähigkeit auf die Nutzung eines Fahrrades verzichten mussten, die Möglichkeit, auf einem Zweirad am Verkehr teilzunehmen. Entsprechend bilden bisher ältere Fahrer die Hauptnutzerguppe. Auf die Frage, ob sie ein herkömmliches Fahrrad oder ein Fahrrad mit Unterstützung durch Elektromotor wählen würden, wenn sie sich für ein neues Fahrrad entscheiden müssten, geben 54% der Altersgruppe 60 und älter an, das Elektrofahrrad zu präferieren (Sinus, 2011). In diesem Kontext ist auch plausibel, dass Elektrofahrräder bislang hauptsächlich

¹ Zugunsten der Lesbarkeit wird im folgenden Bericht in der Regel nur die männliche Form eines Begriffs aufgeführt, gemeint sind immer beide Geschlechter.

im freizeitorientierten und radtouristischen Bereich genutzt werden. Gleichzeitig wird allerdings von Erfahrungen aus den Niederlanden berichtet, die zeigen, dass auch im Alltagsradverkehr ein Nutzungszuwachs zu verzeichnen ist (Alrutz, 2013). Die Alltagstauglichkeit schlägt sich auch in der Tatsache nieder, dass E-Bikes verstärkt als Lastenräder oder Räder mit Anhänger eingesetzt werden. So setzt die Deutsche Post (2013) deutschlandweit inzwischen über 6.000 Elektrofahrräder zur Briefzustellung ein. Die Tatsache, dass der Erwerb von Elektrofahrrädern durch Privatpersonen nicht selten von Kommunen und Stadtwerken unterstützt wird, trägt zusätzlich zur Verbreitung bei. Damit verbunden wird nicht zuletzt die Hoffnung auf eine verstärkte Nutzung des Elektrofahrrades als gesundheitsfördernde und umweltschonende Alternative zum Pkw, z.B. durch eine Verringerung von Kurzstreckenfahrten. Cherry und Cevero (2007) konnten im Rahmen einer Fragebogenstudie zum Nutzungsverhalten feststellen, dass die Länge der Fahrten im Vergleich zu denen mit einem normalen Fahrrad zunimmt. Als der häufigste Anschaffungsgrund wurde in der Untersuchung die Pendelstrecke zur Arbeit genannt. Pendler benutzen das Elektrofahrrad bevorzugt, um schneller zur Arbeit und wieder zurück zu kommen. Daneben werden vermehrt auch Mountainbike-Varianten angeboten, die unter sportlichen Fahrern Anhänger finden sollen. Für diese Radfahrer lassen sich durch das Elektrofahrrad höhere Geschwindigkeiten und ein größeres Einsatzspektrum realisieren.

1.3 Elektrofahrräder und Verkehrssicherheit

Mit der neuen Nutzungsform ergeben sich allerdings auch neue Problem- und Fragestellungen, die über Themen des klassischen Radfahrens hinausgehen. Vor allem Sicherheitsaspekte rücken in den Blickpunkt. Chinesische Unfallstatistiken (Feng et al., 2010) belegen, dass die Unfallrate im Zusammenhang mit Elektrofahrrädern in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen ist, was nicht zuletzt auf deren wachsende Verbreitung zurückgeführt wird. Zwar ist eine unmittelbare Übertragung dieser Daten auf den europäischen und speziell deutschen Kontext schwierig, da in China ein nicht unerheblicher Teil der genutzten Elektrofahrräder in die in Deutschland bislang nur gering verbreitete Kategorie der Pedelec45 fällt. Dennoch erscheinen die Zahlen zumindest bedenkenswert. Unfalldaten aus der Schweiz, wo seit 2011 E-Bikes als separate Kategorie von Verkehrsteilnehmern geführt werden, weisen in eine ähnliche Richtung (BFU, 2013). So wird für E-Bikes von 225 Unfällen mit Personenschaden berichtet, von denen mehr als ein Drittel als schwerverletzt oder getötet klassifiziert wurden. Dieser Anteil liegt um etwa 8% höher als bei Radfahrern, was als Indiz für eine erhöhte Unfallschwere bei E-Bike-Nutzern gewertet wird. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass Selbstunfälle offenbar relativ häufig auftreten. Gleichzeitig allerdings ist auch eine substantielle Zahl von Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern zu finden. Es zeigt sich also deutlich, dass Probleme sowohl auf Seiten der Pedelec-Nutzer selbst als auch bei anderen Verkehrsteilnehmern entstehen können.

Die Beobachtung, dass verstärkt ältere Fahrer auf Pedelecs anzutreffen sind, legt die Vermutung nahe, dass nicht alle Nutzer die körperliche Fitness aufweisen, ein solches Verkehrsmittel sicher zu steuern. Bedenkt man die Aussage von Alrutz (2013), dass sich unter den Nutzern eine Vielzahl von Wiedereinsteigern befindet, so ist zumindest zu hinterfragen, welche Ursachen für den vorherigen Ausstieg bestanden. Zwar können durch die Unterstützung des Motors Defizite vor allem in Kraft und Ausdauer kompensiert werden, andere Anforderungen des Radfahrens bleiben jedoch unverändert. So muss die entsprechende körperliche Beweglichkeit gegeben sein, um das Rad zu manövrieren und sich im Straßenverkehr zu orientieren. Ebenso ist eine gewisse Reaktionsschnelligkeit gefordert, um auf sich verändernde Verkehrssituationen

angemessen (z.B. durch eine Bremsung, ein Ausweichen) reagieren zu können. Verstärkt wird diese Problematik unter Umständen dadurch, dass mit dem Elektrofahrrad potenziell höhere Geschwindigkeiten erreicht werden können, was Kontroll- und Reaktionsanforderungen der Fahraufgabe verstärken würde. Ähnliche Bedenken werden bei jüngeren Fahrern angeführt. Zwar ist in diesem Fall grundsätzlich von einer höheren Fitness auszugehen, nichtsdestotrotz ist auch hier unklar, ob tatsächlich alle Nutzer – vor allem auch von Pedelec45 – den dauerhaften Betrieb in einem höheren Geschwindigkeitsbereich vollständig unter Kontrolle haben.

Selbst wenn auf Nutzerseite eine hinreichende Kontrolle des Elektrofahrrads gegeben ist, ist jedoch auch zu klären, inwieweit die Präsenz dieser schnelleren, dem klassischen Fahrrad zum Verwechseln ähnlichen Zweiräder Auswirkungen auf die Wahrnehmung durch andere Verkehrsteilnehmer hat. So hängen Entscheidungen wie etwa das Überholen oder Kreuzen vor einem anderen Verkehrsteilnehmer nicht unwesentlich von Vorannahmen über diesen Teilnehmer ab (vgl. Walker, 2007). Wenn also ein Elektrofahrrad von anderen Verkehrsteilnehmern als einfaches Fahrrad wahrgenommen wird, sind damit auch entsprechende Erwartungen über die Geschwindigkeit eines Fahrrades verknüpft. Werden diese Erwartungen nicht erfüllt, sprich: fährt das vermeintliche Fahrrad plötzlich viel schneller als vermutet, kann es unter Umständen zu Konflikten kommen. Bei diesen Bedenken handelt es sich jedoch bislang weitestgehend um Vermutungen, die in erster Linie auf der Annahme basieren, dass Elektrofahrräder schneller im Straßenverkehr bewegt werden als klassische Fahrräder. Bislang liegen jedoch in Europa keine Befunde vor, die belegen, dass diese potenziell möglichen höheren Geschwindigkeiten von Nutzern tatsächlich realisiert werden (Daten aus China – wiederum mit mehrheitlich stärker motorisierten Elektrofahrrädern – zeigen Unterschiede von bis zu 7 km/h in der Durchschnittsgeschwindigkeit; vgl. Lin, He, Tan & He, 2007). Ebenso plausibel wäre anzunehmen, dass die Motorunterstützung in erster Linie dafür genutzt wird, übliche Geschwindigkeiten mit geringerem Aufwand zu realisieren. Selbst hier kann jedoch die Tatsache, dass Vorannahmen über Fahrräder und Fahrradfahrer bestehen, die nicht dem Verhalten von Pedelecs und ihren Nutzern entsprechen, zu Komplikationen führen. So wird beispielsweise ein 70-Jähriger auch mit dem Elektrofahrrad kaum Geschwindigkeiten erreichen, die für Fahrräder allgemein untypisch sind. Jedoch bewegt er sich unter Umständen in einem Geschwindigkeitsbereich, der von einem 70-Jährigen gemeinhin nicht erwartet wird. Hinzu kommen auch Annahmen über Körperhaltungen, Geschlecht oder Helmnutzung, die augenscheinlich Einfluss auf die Interaktion anderer Verkehrsteilnehmer mit einem Zweiradfahrer haben (Walker, 2007). Auch hier können sich Fehlinterpretation als problematisch erweisen.

1.4 Der Naturalistic Cycling Ansatz

Um Fragen der Verkehrssicherheitsrelevanz und des Mobilitätsverhaltens beantworten zu können, erscheint ein Rückgriff auf den methodischen Ansatz sogenannter *Naturalistic Driving Studies* sinnvoll. Im Automobilbereich finden sich inzwischen diverse derartige Untersuchungen, die das Verhalten eines Fahrers in seiner natürlichen Fahrumgebung aufzeichnen sollen (z.B. die 100-car-study; Dingus et al., 2006). Hierbei wird das Fahrverhalten mit Hilfe verschiedenster Sensoren und Kameras erfasst. Die Instrumente liefern objektive Informationen, z.B. zu Quer- und Längsführung des Fahrzeuges oder auch über Abstände zu vorausfahrenden und nachfolgenden Fahrzeugen. Die Kameras leisten eine zusätzliche Dokumentation des Geschehens außer- und innerhalb des Fahrzeuges, um die erfassten Fahrdaten mit konkreten Ereignissen in Beziehung setzen zu können. Auch subjektive Daten wie Fragebögen zur

Persönlichkeit oder zum Risikoverhalten der Fahrer werden erhoben. Im Kontext des Radfahrens existieren bisher kaum Studien dieser Art.

Die technische Umsetzung des Naturalistic Driving/Cycling-Ansatzes bei (Elektro-)Fahrrädern weicht teilweise deutlich von der Umsetzung an Kraftfahrzeugen ab. So stellt das Zweirad selbst von Haus aus keinerlei Daten zur Verfügung, die einfach gespeichert werden könnten. Stattdessen müssen für jedes zu erfassende Datum eigene Sensoren installiert werden. Auch ermöglicht das Kraftfahrzeug eine einfache Verbindung des Datenerfassungssystems mit der Zündung, sodass Start und Stopp der Aufzeichnung automatisiert erfolgen können. Bei Zweirädern müssen hingegen andere Lösungen zur Steuerung von Aufzeichnungen gefunden werden. Zudem führt die Exponiertheit der Instrumente dazu, dass Aspekten wie Wetterbeständigkeit, Erschütterungsresistenz und Diebstahlsicherheit eine deutlich höhere Bedeutung zukommt. Weitere Einschränkungen ergeben sich bezüglich des Energieverbrauchs und der damit verbundenen möglichen Aufzeichnungsdauer.

In Australien wurde eine erste sogenannte *Naturalistic Cycling Study* (NCS) durchgeführt (Johnson, Charlton, Oxley, & Newstead, 2010). Hierfür wurden 13 Radfahrer mit Helmkameras ausgestattet, um Risikofaktoren für Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern zu identifizieren. Bei den Radfahrern handelte es sich um ausgewählte Pendler, die das Kamerasystem auf ihrem Arbeitsweg selbstständig starteten und stoppten. Auch der Austausch des Speichermediums erfolgte selbstständig. Insgesamt wurden etwa 140 Stunden Videomaterial aufgezeichnet, in der Folge kodiert und im Hinblick auf kritische Ereignisse analysiert. Vergleichbare Untersuchungen finden sich in Österreich (Knowles, Aigner-Breuss, Strohmayer & Orlet, 2012) und auch Schweden (Gustafsson & Archer, 2013), wobei die inhaltliche Schwerpunktsetzung dabei teilweise auf Sicherheits-, aber nicht minder auch auf Mobilitätsaspekten lag.

Diese und weitere Arbeiten belegen, dass NCS als Methode geeignet sind, grundlegende Fragen in Bezug auf die Sicherheit von und Mobilität mit Zweirädern, und damit auch Elektrofahrrädern, zu beantworten. Gleichzeitig sind die bisher bekannten Untersuchungen teilweise mit methodischen Schwächen behaftet. Johnson et al. (2010) etwa beschränkten ihre Untersuchung ausschließlich auf Berufspendler. Eine derartig selektive Stichprobe ist nur bedingt aussagekräftig, bedenkt man, dass Radfahren nicht nur für arbeitsbezogene Wegzwecke, sondern auch als Freizeitaktivität eine große Rolle spielt (z.B. MiD, 2008). Gerade das Fahr- und Mobilitätsverhalten älterer Verkehrsteilnehmer, die nicht mehr im aktiven Berufsleben stehen, kann im Rahmen einer solchen Untersuchung nur unzureichend abgebildet werden. Die gleiche Problematik findet sich bei Gustafsson und Archer (2013). Hinzu kommen technische Schwierigkeiten, wie etwa geringe Akkulaufzeiten (weniger als 90 Minuten) oder Beschwerden der Teilnehmer über das Gewicht der Helmkameras. Generell ist der Einsatz von Helmkameras als methodisch bedenklich einzustufen, betrachtet man die gesetzlichen Regelungen (keine Helmpflicht für Erwachsene) und die Statistiken (11% aller Radfahrer; Schmidt, 2012) zur Nutzung von Fahrradhelmen.

Vor diesem Hintergrund, und auch in Ermangelung aussagekräftiger Untersuchungen im deutschen Kontext, erscheint eine eigene Untersuchung erforderlich, die die aufgeworfenen Fragen beantworten kann und dabei auf die methodischen Schwächen bisheriger Arbeiten angemessen reagiert.

1.5 Forschungsfragen

Als übergeordnete Problemstellung, die sich über alle Teilfragen der Sicherheit und Mobilität hinweg erstreckt, steht der Vergleich von klassischen Fahrrädern und Elektrofahrrädern, wobei innerhalb dieser Kategorie noch weiter in Pedelec25 und Pedelec45 differenziert werden soll. Aufgrund der Vorannahmen über das Nutzungsverhalten sowie körperliche Voraussetzungen soll zudem auch generell zwischen verschiedenen Altersgruppen unterschieden werden. Die Auftretenshäufigkeit kritischer Fahrsituationen wurde als zentrale Fragestellung identifiziert. Vor dem Hintergrund der bislang unbestätigten Vermutungen, dass die Nutzung von Elektrofahrrädern mit einer im Vergleich zum Fahrrad verringerten Verkehrssicherheit einhergeht, ist die Anzahl potenziell gefährlicher Verkehrssituationen (nach tatsächlichen Unfällen) das direkteste Maß, das diesbezüglich erhoben werden kann. Damit verknüpft ist die Frage, an welchen Stellen innerhalb der Verkehrsinfrastruktur kritische Situationen verstärkt auftreten, welche anderen Verkehrsteilnehmer gegebenenfalls an kritischen Situationen beteiligt sind sowie welche Verkehrssituation vorgelegen hat. Gleichfalls interessant, weil auf ein spezifisches Merkmal von Elektrofahrrädern abzielend, ist zudem, mit welcher Geschwindigkeit sich der Zweiradfahrer zum Zeitpunkt des kritischen Ereignisses fortbewegt hat.

Generell ist die Geschwindigkeit aber auch abseits der kritischen Verkehrssituationen von hohem Interesse. Da Elektrofahrräder zumindest theoretisch höhere Geschwindigkeiten erreichen als klassische Fahrräder, ist zu klären, ob diese höheren Geschwindigkeiten von den Nutzern in der Praxis auch tatsächlich realisiert werden. Auch hier muss eine differenzierte Betrachtung erfolgen, die nicht nur zwischen klassischen Fahrrädern und Elektrofahrrädern unterscheidet, sondern Faktoren wie das Alter des Nutzers einbezieht. Ebenfalls ist denkbar, dass Aspekte wie Zeitdruck oder auch das Fahren in Begleitung Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten der Zweiradfahrer haben.

Neben Fragen, die vordergründig die Verkehrssicherheit betreffen, ist das Mobilitätsverhalten der Zweiradfahrer von hohem Interesse. So ist zu klären, welche Wege mit dem Zweirad zurückgelegt werden, wie lang diese Wege sind, beziehungsweise wie lange es dauert, sie zu absolvieren, und welchem Zweck diese Wege dienen. Der Vergleich zwischen den Fahrzeugtypen soll zeigen, ob aufgrund der Unterschiede im Mobilitätsverhalten neue oder andersartige kritische Verkehrssituationen zu erwarten sind. Zentral ist hierbei auch, welche Infrastruktur genutzt wird, bedenkt man nicht zuletzt die rechtlichen Rahmenbedingungen etwa für das Befahren von Radwegen. Zusätzlich stellt sich die Frage, wie die Nutzung eines Elektrofahrrades das Mobilitätsverhalten verändert hat.

Um diese Fragen beantworten zu können wurde eine Naturalistic Cycling Study durchgeführt, deren Planung, Ablauf und Ergebnisse in der Folge beschrieben werden.

2 Methode

2.1 System zur Datenaufzeichnung (Data Acquisition System/DAS)

Die Entwicklung des notwendigen Datenaufzeichnungssystems zur Überwachung von Fahrer, Zweirad und Umgebung wurde in Anlehnung an die VDI Richtlinie 2221 (1993) durchgeführt. Die technischen und organisatorischen Anforderungen an das Datenaufzeichnungssystem wurden bereits im Vorfeld des Projekts durch ein Lastenheft festgelegt. In der Folge wurden am Markt befindliche technische Systeme und Einzelkomponenten recherchiert und diese anhand der Vorgaben durch das Lastenheft auf ihre Eignung für eine Integration in das Gesamtsystem überprüft. Weiterhin wurde in Anlehnung an die Vorgaben eine engere Auswahl an technischen Umsetzungsmöglichkeiten getroffen und anhand der technischen Daten miteinander verglichen (vgl. Part 1 Bericht Schleinitz, Schwanitz & Petzoldt (2012)) für detaillierte Ergebnisse). Schließlich erfolgte die Entscheidung zur Nutzung eines selbstentwickelten Datenaufzeichnungssystems.

2.1.1 Lastenheft zum Projektstart

Im Vorfeld des Forschungsprojekts wurde ein Lastenheft erstellt, in dem die allgemeinen Messaufgaben sowie wesentliche Merkmale des Datenerfassungssystems festgehalten wurden. Die Anforderungen wurden dabei so allgemein wie möglich und so einschränkend wie nötig formuliert, um ein optimales Lösungskonzept erarbeiten zu können.

Messaufgaben

- Dokumentation der Verkehrssituation (Bild und Ton) durch Videokamera(s) in Fahrtrichtung mit möglichst weitem Öffnungswinkel zur Seite, gegebenenfalls rückwärts;
- Dokumentation des Sichtfelds des Fahrers;
- Messung der Position des Fahrers als Funktion der Zeit mittels GPS:
 - Ableitung der Zustandsgrößen, vor allem Geschwindigkeit, Beschleunigung, Gefälle/Steigung
 - Beschreibung der Fahrstrecke in topographischen Karten, Kartenmaterial muss ohne Einschränkung der Nutzungsrechte verfügbar sein;
- Messung der horizontalen Beschleunigung gegebenenfalls über zusätzlichen Sensor (z.B. Raddrehzahl)
 - Ableitung der Zustandsgrößen:
 - Geschwindigkeit
 - Beschleunigung/Verzögerung.

Allgemeine Anforderungen an das Datenaufzeichnungssystem

- *Synchronität/Synchronisierbarkeit der erhobenen Daten* zum zeitgenauen Abgleich von Fahrdaten und Videoaufnahmen;

- *kein Eingriff in die Elektronik des Elektrofahrrads erforderlich*, um eventuelle Gewährleistungsansprüche der Besitzer gegenüber den Herstellern aufrecht zu erhalten;
- *Witterungsschutz*, mindestens Schutzklasse IP6 abgesichert;
- *Diebstahlschutz bzw. einfache, reproduzierbare De-/Montage*, um die Entwendung des Aufzeichnungssystems zu verhindern;
- *Akkustandzeit Kameras/GPS mindestens gleich Betriebszeit Elektrofahrrad*; durch das Nutzen des Elektrofahrrads sind die Probanden mit dem Aufladen von Akkumulatoren vertraut und könnten beispielsweise die Akkus von Fahrrad und Aufzeichnungssystem gleichzeitig laden;
- *Datenlaufzeit mindestens gleich Akkustandzeit*, verhindert Überlaufen der Datenspeicher und damit Datenverlust;
- *selbsterklärende, einfache Bedienung für Probanden in Bezug auf An-/Abbau, Lademanagement und Datensicherung*, sichert die Qualität der erhobenen Daten durch Vermeidung von Fehlbedienungen;
- *Stückpreis maximal 1.000 €* (bei Abnahme von 30 Stück);
- *Gewicht maximal 1.000 g*;
- *Erschütterungsresistenz der Datenerfassung, -speicherung und Energieversorgung im Fahrbetrieb* zur Erfassung aller Fahrsituationen und Nutzungsszenarien;
- *Funktionsfähigkeit bei verschiedenen Beleuchtungsbedingungen* (möglichst automatische Umstellung zwischen verschiedenen Modi, gegebenenfalls aber auswählbar durch Nutzer), um auch bei Nachtfahrten brauchbare Videoaufnahmen zu erzeugen;
- *zeitnahe Beschaffbarkeit der Einzelkomponenten*.

2.1.2 Eigenentwickeltes DAS

Nachdem verschiedene Komponenten und Lösungen für ein Gesamtsystem geprüft wurden, erfolgte die Entscheidung zugunsten einer Eigenentwicklung basierend auf Einzelkomponenten. Zentral für diese Entscheidung war der zu erwartende Bedienaufwand für die Probanden. Durch die Eigenentwicklung war es möglich, die Bedienung auf einen einzelnen Schalter zur Aktivierung von Kameras, GPS und Geschwindigkeitslogger zu reduzieren. Da, anders als bei Kraftfahrzeugen, keine Zündung erfolgt und dementsprechend kein Starten und Stoppen der Aufzeichnung über die Zündung möglich ist, musste eine Lösung gefunden werden, die finanzielle Ressourcen schont und gleichzeitig dafür sorgt, eventuellen Datenverlust zu minimieren. Systeme, die mehrere Bedienschritte erfordern (z.B. Kombinationen aus mehreren Action-Cams und GPS-Logger bzw. Geschwindigkeitslogger) kamen deswegen nicht in Frage. Ebenso erlaubte die Eigenentwicklung eine maximal kompakte, unauffällige Bauweise. Bei Systemen, die aufgrund ihrer Größe und/oder Auffälligkeit beim Abstellen des Zweirades jedes Mal entfernt und entsprechend bei der Weiterfahrt neu angebracht werden müssen, wäre zu erwarten, dass die Wiederinstallation häufig schlichtweg vergessen wird und damit eine Vielzahl von Fahrten während der Untersuchungsperiode nicht aufgezeichnet würden.

Das entwickelte System (siehe Abbildung 1:) umfasste folgende Komponenten:

- Lithium-Ionen Akku: 7,4 V; 5600 mAh; Betriebszeit etwa 11 Stunden; Hersteller Magicshine; Akkuzellen von Samsung;
- Kameras: 2 Stück ACME FlyCamOne eco V2; WVGA Auflösung; Fahrkamera im Querformat; Gesichtskamera im Hochformat;
- GPS Sensor²: GPS-Logger; Datenrate 2Hz; Hersteller SM-Modellbau;
- Radsensor/Altimeter³: UniLog2; Datenrate 2Hz; Hersteller SM-Modellbau.

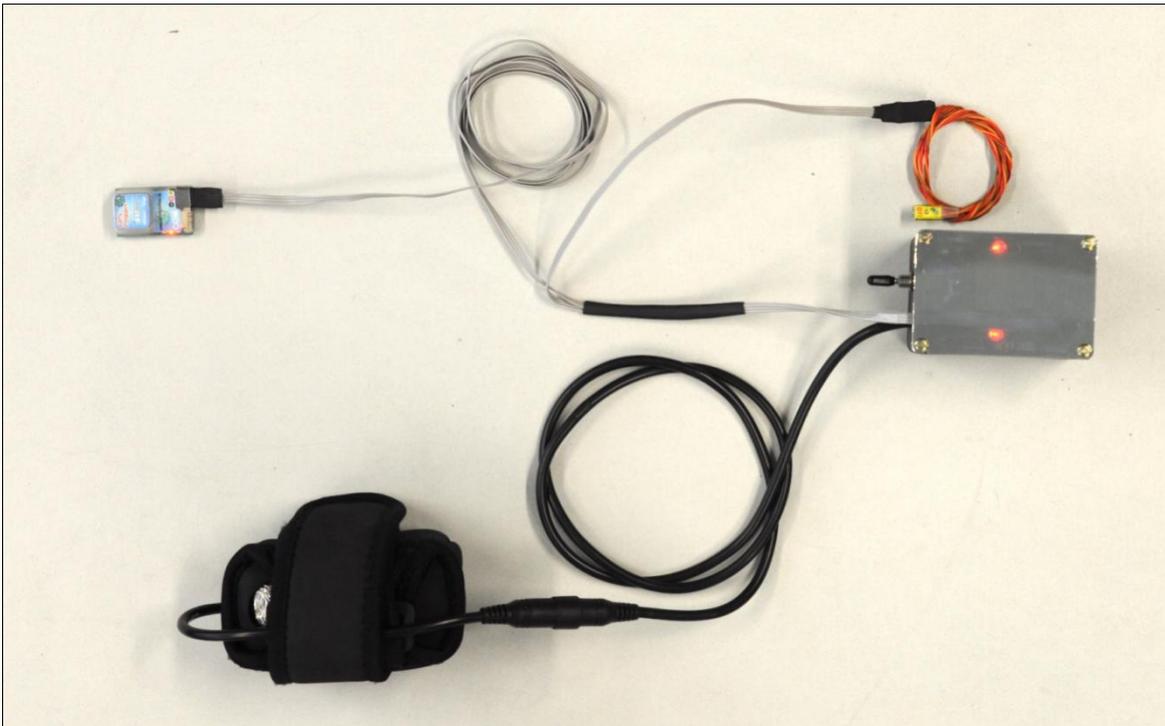


Abbildung 1:
System zur Datenerfassung mit Lenkereinheit, Raddrehzahlsensor, GPS-Modul und Akku.

Das Datenaufzeichnungssystem wurde nach der fachgerechten Installation (siehe Abbildung 2) durch einen technischen Mitarbeiter vom Probanden vor jeder Fahrt über einen einfachen Kipphebel eingeschaltet. Zur Vereinfachung und Fehlervermeidung wurde eine elektrische Schaltung entwickelt, die zunächst alle Komponenten mit Betriebsspannung versorgt und dann die eigentlich manuellen Start-Stopp Taster der Kameramodule betätigt, um die Videoaufnahmen zu starten. Diese Schaltung nutzte die Status-LEDs der Kameras und stellte sicher, dass die Kameras die letzte erstellte Datei auch abschließen, nachdem der Ein-Aus Schalter betätigt wurde. Zudem wurde nach

²Im Betrieb erwies sich der GPS-Sensor als unzuverlässig. Lange Startzeiten führten zu teilweise massiven Verzögerungen beim Start der Aufzeichnung. Zudem lieferte der Sensor wiederholt unplausible Werte, sodass schlussendlich auf die Auswertung der GPS-Daten verzichtet wurde. Geschwindigkeiten und zurückgelegte Distanzen wurden stattdessen aus den Daten des Radsensors abgeleitet. Auf eine Beschreibung der Fahrstrecke in topographischen Karten wurde verzichtet.

³ Zur optimalen Sicherung des Datenaufzeichnungssystems gegen Wassereintritt wurde das UniLog2Modul mit Schumpfschlauch annähernd luft- und wasserdicht verpackt. Damit entfiel die theoretisch mögliche barometrische Messung der optionalen Komponente Höhe und die Ableitung der Streckensteigung bzw. des -gefälles. Auffällige Steigungen bzw. Gefälle wurden stattdessen für eine Teilstichprobe per Videokodierung ermittelt.

Erreichen der maximalen Größe für eine Datei (knapp 4 GB, die Kamera würde dann in Standby gehen) innerhalb von 1 Sekunde die nächste Aufnahme gestartet.



Abbildung 2:
Zweirad (hier: Pedelec25) mit Instrumentierung.

Zwei LEDs zeigten den Zustand des Datenaufzeichnungssystems an. Durch Umlegen des Kipphebels nach unten wurde das System gestartet. Nach ca. 5 Sekunden leuchteten diese Dioden kurzzeitig grün, um dann durch rotes Dauerlicht die laufende Aufzeichnung zu signalisieren. Beim Ausschalten (Umlegen des Kipphebels nach oben) wurden die Videodateien abgeschlossen und die LEDs wechselten zurück auf grünes Dauerlicht, das nach weiteren ca. 3 Sekunden erlosch. Sollten nach dem Einschalten eine oder beide LEDs nicht innerhalb von 15 Sekunden rotes Dauerlicht anzeigen und stattdessen blinken, grünes Dauerlicht zeigen oder komplett deaktiviert sein, waren die Probanden angehalten, den betreuenden technischen Mitarbeiter umgehend zu kontaktieren.

Es wurde festgelegt, dass der Proband zu keiner Zeit eigenhändig in das Datenaufzeichnungssystem eingreifen muss oder anderweitige Wartungsschritte durchzuführen hat. Dazu war ein regelmäßiger Service des Systems etwa alle ein bis zwei Wochen notwendig, um die Speicherkarten in den Kameramodulen zu tauschen. Gleichzeitig erfolgten ein Austausch des Akkus und eine Sichtprüfung aller Komponenten.

2.2 Studiendesign- und ablauf

Zur Untersuchung von Verkehrssicherheitsaspekten bei Elektrofahrrädern und Fahrrädern wurde ein Between-Subject-Design mit drei unabhängigen Versuchsgruppen gewählt: Nutzer von Elektrofahrrädern wurden je nach Motorleistung ihres Zweirades in die Gruppen Pedelec45 und Pedelec25 eingeteilt, Fahrradfahrer wurden als Kontrollgruppe herangezogen. Die Studie erstreckte sich über einen Zeitraum von vier Wochen und verlief für alle drei Gruppen identisch (siehe Abbildung 3).

Zunächst wurden die eigenen (Elektro-)Fahrräder der Teilnehmer für die Dauer der Studie mit dem Datenaufzeichnungssystem ausgestattet. Die Instrumentierung der Zweiräder erfolgte entweder bei den Probanden zu Hause oder im Labor der Technischen Universität Chemnitz und wurde von einem technischen Mitarbeiter

vorgenommen. Dabei wurde bei den Elektrofahrrädern aus rechtlichen und versicherungstechnischen Gründen kein Eingriff in das Antriebssystem vorgenommen. Das Datenaufzeichnungssystem wurde ohne bleibende Schäden an den Rädern der Teilnehmer angebracht. Im Rahmen der Instrumentierung erhielten die Probanden durch den technischen Mitarbeiter eine Einweisung in den Umgang mit dem Datenaufzeichnungssystem. Bei der Einweisung wurden die technischen Daten zum Rad wie Raddurchmesser, Akkulaufzeit und Motorleistung durch den Techniker direkt erhoben. Darüber hinaus nahm dieser eine Einschätzung der Radfahrkompetenz bzw. Fitness der Teilnehmer in zwei kurzen Übungen vor: Aufsteigen und geradeaus fahren sowie Bremsen und Absteigen an einem bestimmten Punkt. Die Performanz wurde dabei auf einer Ratingskala erfasst, für deren Handhabung der Techniker zuvor eine Schulung erhalten hatte.

Um auch die subjektiven Eindrücke zu erfassen, wurden die Teilnehmer zu Beginn und am Ende des Erhebungszeitraums befragt. Die Vorbefragung fand zeitgleich mit der Instrumentierung und Einweisung durch den Techniker statt, die Nachbefragung im Rahmen der Deinstallation des Datenaufzeichnungssystems. Die Befragungsinhalte beschäftigten sich bevorzugt mit Aspekten des Sicherheits-, Nutzungs- und Mobilitätsverhaltens der Nutzer.

Weiterhin wurden die Teilnehmer gebeten, innerhalb des 4-wöchigen Erhebungszeitraums eine Woche lang ein Aktivitätentagebuch auszufüllen, um ein genaueres Bild über ihr Mobilitätsverhalten sowie Hinweise auf einzelne kritische Ereignisse gewinnen zu können. Für ein besseres Verständnis des Aktivitätentagebuchs erhielten die Teilnehmer eine gesonderte Einweisung.

Alle Teilnehmer erhielten eine Aufwandsentschädigung von 100 EUR pro Woche.

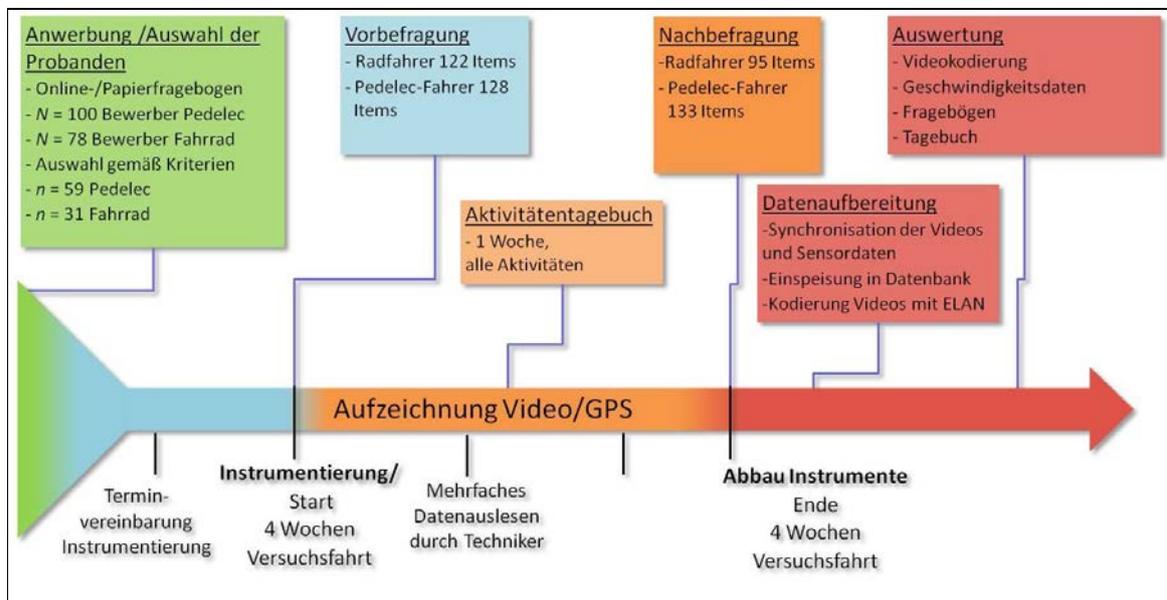


Abbildung 3:
Ablauf der Untersuchung.

2.3 Stichprobe

2.3.1 Probandenakquise und -auswahl

Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte über verschiedene Kanäle, z.B. Anzeigen in Print- und Onlinemedien sowie Aufrufe über Mailverteiler der Universität. Des Weiteren wurden bei Fahrradhändlern Aushänge und Flyer ausgelegt. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Ansprache von Elektrofahradfahrern gelegt, da diese Nutzergruppe aufgrund der geringeren Verbreitung schwieriger zu kontaktieren ist.

Die Auswahl der Teilnehmer erfolgte über einen Fragebogen zur Kontaktaufnahme, welcher entweder als Papierfragebogen oder Onlinebewerbungstool bearbeitet werden konnte. Der Fragebogen enthielt u.a. Angaben zu soziodemografischen (Alter, Geschlecht, Wohnort, Teilnahmezeitraum) und fahrzeugbezogenen Variablen (Typ des Zweirades, Nutzungshäufigkeit und -gründe des Zweirades). Insgesamt bewarben sich 178 Personen um eine Teilnahme an der Studie, deren Zahl in einem Auswahlprozess sukzessive reduziert wurde. Bei der Selektion wurde eine Gleichverteilung der Bewerber hinsichtlich folgender Kriterien angestrebt:

- Nutzungsgruppe (Pedelec25; Pedelec45; Radfahrer),
- Altersgruppe (≤ 40 Jahre; 41-64 Jahre; ≥ 65 Jahre) und
- Gründe der Nutzung (Beruf; Freizeit).

Ferner wurden die Bewerber bevorzugt, die ihr (Elektro-)Fahrrad häufig nutzten.

Leider war es aufgrund der Bewerberstruktur nicht möglich, die angestrebte Gleichverteilung bei allen angesetzten Kriterien zu erreichen. So bewarben sich beispielsweise deutlich mehr Pedelec25- als Pedelec45-Nutzer, was die Verkaufszahlen beider Fahrzeugklassen im Verhältnis zueinander widerspiegelt (ZIV, 2013b). Insgesamt mussten gewisse Einschränkungen für die Repräsentativität wie z.B. bei der Gleichverteilung der Geschlechter in Kauf genommen werden, da die Auswahl der Teilnehmer auf Freiwilligen beruhte. Dennoch konnte für die Studie eine Stichprobe zusammengestellt werden, die belastbare Rückschlüsse zulässt.

2.3.2 Stichprobenbeschreibung

Es nahmen 92 Personen an der NCS teil. Zwei Personen beendeten ihre Teilnahme an der Studie nicht. Ein Teilnehmer hatte einen Unfall, der in keinem Zusammenhang zur Erhebung stand und musste die Teilnahme abbrechen. Ein weiterer Teilnehmer beendete seine Teilnahme aufgrund des Aufwandes bei der Bearbeitung des Aktivitätentagebuchs.

Die zugrundeliegende Stichprobe umfasste somit 90 Personen (33 Frauen, 57 Männer), darunter 31 Fahrradfahrer, 49 Pedelec25- und 10 Pedelec45-Nutzer. Einen Überblick über die Verteilung pro Fahrzeugtyp und Altersgruppe gibt Tabelle 1.

Tabelle 1:
Stichprobenzusammensetzung nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe.

| | Anzahl der Teilnehmer | | | |
|--------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Fahrrad | Pedelec25 | Pedelec45 | Gesamt |
| ≤ 40 Jahre | 10 | 16 | 3 | 29 |
| 41-64 Jahre | 10 | 14 | 6 | 30 |
| ≥ 65 Jahre | 11 | 19 | 1 | 31 |
| Gesamt | 31 | 49 | 10 | 90 |

Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 16 und 83 Jahren. Im Mittel waren die Teilnehmer 51,5 Jahre alt ($SD = 17,2$), wobei Unterschiede zwischen den Nutzergruppen auftraten. Die Pedelec45-Fahrer waren mit 41,7 Jahren ($SD = 17,5$) jünger, die Pedelec25-Nutzer mit 53,5 Jahren ($SD = 16,8$) hingegen älter als der Gesamtdurchschnitt. Die Fahrradfahrer waren durchschnittlich 51,5 Jahre ($SD = 17,2$) alt. Die meisten Teilnehmer waren sehr gut ausgebildet und verfügten über ein durchschnittliches Einkommen zwischen 1.501 und 3.000 EUR pro Haushalt (siehe Tabelle 2). Der überwiegende Teil aller Probanden lebte in einem Haushalt mit zwei Personen. Nur die Pedelec45-Fahrer lebten überwiegend in Haushalten mit drei oder mehr Personen, was vermutlich auf den jüngeren Altersdurchschnitt in dieser Gruppe und die damit einhergehende höhere Anzahl von Kindern im Haushalt zurückzuführen ist.

Über einen gültigen Führerschein verfügten 97,8% der Teilnehmer. Jeder Haushalt besaß zwischen ein und zwei Pkw ($X_{Mod} = 1,0$). Ein Motorrad, Moped oder eine Dauerkarte für den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) waren hingegen selten. In den einzelnen Haushalten waren überwiegend zwei bis drei Fahrräder vorhanden ($X_{Mod} = 2,0$), in den Haushalten der Elektrofahrradfahrer zumeist zwischen ein bis zwei Elektrofahrräder ($X_{Mod} = 1,0$), von denen 8,5% umgerüstete herkömmliche Fahrräder waren. Weiterhin besaßen 79,7% der Elektrofahrradfahrer zusätzlich zu ihrem Elektrofahrrad noch mindestens ein herkömmliches Fahrrad. Bei den Pedelec45-Fahrern waren in den Haushalten durchschnittlich mehr herkömmliche Fahrräder vorhanden als bei Pedelec25-Nutzern, was durch die höhere Zahl der Haushaltsmitglieder bedingt sein mag. Die Höhe des durchschnittlichen Kaufpreises der Räder variierte stark zwischen den Nutzergruppen: Im Mittel waren die Pedelec45 viermal teurer als die normalen Fahrräder.

Jeder fünfte Teilnehmer gab an, das Elektrofahrrad oder Fahrrad mehr als sechs Tage pro Woche zu nutzen, wobei es bei den Pedelec25-Fahrern deutlich weniger waren. Ferner gaben 60,0% aller Probanden an, für alle Fahrten einen Fahrradhelm zu nutzen, während 17,8% aller Probanden diesen nur ab und zu trugen.

Die meisten Teilnehmer schätzten ihren Gesundheitszustand selbst als gut bis sehr gut ein. 93,3% der Probanden fühlten sich sicher auf ihrem Rad, nur wenige gaben an, etwas unsicher (4,4%) bzw. sehr unsicher (2,2%) im Gleichgewicht zu sein. Die Mehrheit schätzte ihre Bedenken, mit dem Rad zu stürzen, als sehr gering ein. Nur ein Viertel der Teilnehmer gab an, diesbezüglich einige Bedenken zu haben und lediglich ein Proband hatte sehr große Bedenken, mit dem Rad zu stürzen. Der Großteil der Probanden hatte keine Probleme beim Aufsteigen und geradeaus fahren (85,0%), ebenso konnten 87,5% ohne Probleme an einem Punkt anhalten und absteigen.

Tabelle 2:
Stichprobenbeschreibung hinsichtlich ausgewählter soziodemografischer Variablen nach Fahrzeugtyp.

| Eigenschaft | | Fahrrad n = 31 | Pedelec25 n = 49 | Pedelec45 n = 10 |
|--|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Alter | Ø | 51,5 | 53,5 | 41,7 |
| Geschlecht | Weiblich | 12 | 21 | - |
| | Männlich | 19 | 28 | 10 |
| Bildung | Noch in Ausbildung | 6,5% | 2,1% | 20,0% |
| | Lehre | 12,9% | 20,8% | 30,0% |
| | Meister, Fachschule | 32,3% | 18,8% | 10,0% |
| | FH/Universitätsabschluss | 48,4% | 58,3% | 30,0% |
| | Ohne Abschluss | - | - | 10,0% |
| Monatliches Nettohaushaltseinkommen | 1.501- 3.000 EUR | 50,0% | 55,3% | 70,0% |
| Haushaltsstruktur | 1 Person | 19,4% | 8,2% | 30,0% |
| | 2 Personen | 51,6% | 67,3% | 20,0% |
| | ≥ 3 Personen | 29,0% | 24,5% | 50,0% |
| | Keine Kinder im Haushalt | 80,6% | 77,6% | 60,0% |
| Anzahl Pkw im Haushalt | Ø | 1,0 | 1,5 | 1,6 |
| Anzahl Fahrräder im Haushalt | Ø | 2,5 | 2,1 | 4,1 |
| Anzahl Elektrofahrräder im Haushalt | Ø | 0,0 | 1,4 | 1,1 |
| Kaufpreis Radtypen | Ø in EUR | 621 | 1.715 | 2.733 |
| Nutzungshäufigkeit pro Woche (Angabe zur Rekrutierung) | 1-2 Tage | 0,0% | 4,1% | 20,0% |
| | 3-4 Tage | 19,4% | 69,4% | 30,0% |
| | 5-6 Tage | 45,2% | 20,4% | 30,0% |
| | > 6 Tage | 35,5% | 6,1% | 20,0% |
| Helmnutzung | ja | 51,6% | 63,3% | 70,0% |
| | teils teils | 12,9% | 18,4% | 30,0% |
| | nein | 35,5% | 18,4% | 0,0% |

Um die Repräsentativität der rekrutierten Stichprobe einschätzen zu können, wurde die Daten der breitangelegten Verkehrsbefragung *Mobilität in Städten* (Ahrens, Ließke, Wittwer, & Hubrich, 2010) als Vergleichsmaß herangezogen. Im Rahmen der SrV-Erhebung wurde eine repräsentative Stichprobe für die Chemnitzer Bevölkerung befragt

($N = 1.024$). Insgesamt erwies sich die für die vorliegende Studie rekrutierte Stichprobe als nicht vollständig repräsentativ für die Chemnitzer Bevölkerung. In der NCS waren nur ein Drittel der Teilnehmer weiblich, während in der Chemnitzer Bevölkerung das Geschlecht gleichverteilt ist. Auch die Altersverteilung der Teilnehmer wich von der SrV-Erhebung ab: 13,6% weniger NCS-Probanden in der Altersgruppe 0 bis 25 Jahre, 11,4% mehr Probanden in der Gruppe 25 bis 45 Jahre, 7,2% weniger in der Gruppe 45 bis 65 Jahre und 9,3% mehr in der Gruppe von Teilnehmern über 65 Jahren. Allerdings gab es auch Übereinstimmungen zwischen der hier vorliegenden Stichprobe und der Chemnitzer Bevölkerung. Die meisten der Befragten hatten ein Haushaltsnettoeinkommen zwischen 1.500 und 3.600 EUR, ebenso lebten die Chemnitzer SrV-Befragten auch überwiegend in Zwei-Personen-Haushalten. Die Teilnehmer der SrV-Erhebung besaßen im Schnitt einen Pkw pro Haushalt während der Besitz eines Motorrads oder Mopeds auch dort eher selten war. Allerdings war der Besitz von Fahrrädern in der vorliegenden Stichprobe erwartungskonform häufiger als in der Allgemeinbevölkerung. Ähnliches traf auf den Anteil der Personen in Führerscheinbesitz zu (SrV: 81,1%). Das könnte durch den geringeren Anteil von Frauen bedingt sein, die bei SrV seltener einen Führerschein besaßen.

2.4 Erhebungsinstrumente

Die eingesetzte Methodik orientierte sich am Sicherheits- und Mobilitätsverhalten als übergeordnete Themenbereiche der Studie. Daraus wurden einzelne Fragenkomplexe abgeleitet und gleichmäßig in Vor- und Nachbefragung implementiert, um die Teilnehmer zu beiden Erhebungszeitpunkten nicht über Gebühr zu beanspruchen (siehe Tabelle 3). Die Befragungsinstrumente wurden für die einzelnen Teilnehmergruppen (Fahrrad/Elektrofahrrad) angepasst, da jeweils Fragestellungen vorgesehen waren, die nur für einzelne Nutzergruppen Relevanz hatten. Alle Fragebögen kamen sowohl als Papier- als auch als Onlineversion zum Einsatz, um den individuellen Wünschen der Teilnehmer gerecht zu werden.

2.4.1 Fragebogen zur Kontaktaufnahme

Ziel des Fragebogens zur Kontaktaufnahme war die Auswahl der Nutzer nach bestimmten Kriterien. Im ersten Teil des Fragebogens wurden die Kontaktdaten der Probanden erhoben. Diese wurden getrennt von den restlichen Befragungsinhalten erfasst und gespeichert, um die Anonymität der Teilnehmer zu gewährleisten. Der zweite Teil des Fragebogens erforderte Angaben zum möglichen Termin einer Studienteilnahme sowie zum Zweirad (Nutzung von Pedelec25, Pedelec45 oder Fahrrad). Weiterhin wurden das voraussichtliche und bisherige Nutzungsverhalten und die Gründe der Nutzung des jeweiligen Zweirades erfragt. Dies diente dazu, einen groben Überblick über das Nutzungsspektrum zu erlangen, um bei der Probandenauswahl zwischen Fahrern mit bevorzugt beruflicher Nutzung und Teilnehmern mit überwiegender Freizeitnutzung differenzieren zu können.

2.4.2 Vorbefragung

In der Vorbefragung stand das Mobilitäts- und Nutzungsverhalten der Teilnehmer im Fokus. Zur generellen Einordnung und Beschreibung der Teilnehmergruppen wurden zu Beginn des Fragebogens einige Fragen zur Demografie und zum Zweirad gestellt. Anschließend wurden bisherige Unfälle der Fahrer thematisiert. Da es sich bei Unfällen um sehr seltene Ereignisse handelt, wurden zusätzlich Fragen zu kritischen Situationen (z.B. Ausweichmanöver, Verlust der Kontrolle über das Zweirad) integriert. Dies diente dazu, ein möglichst umfassendes Bild der sicherheitskritischen Momente der

Elektrofahrradfahrer im Vergleich zu Fahrradfahrern erarbeiten zu können. In Bezug auf das Nutzungsverhalten war von Interesse, wann, wo und warum die Teilnehmer sich für die Benutzung des jeweiligen Zweirades entscheiden. Außerdem wurde erfasst, zu welchen Zwecken ein Elektrofahrrad oder Fahrrad genutzt wird.

2.4.3 Aktivitätentagebuch

Für einen genaueren Einblick in das Mobilitätsverhalten der Teilnehmer wurde ein Aktivitätentagebuch eingesetzt, in dem die Teilnehmer sieben Tage lang ihre Aktivitäten und Wege lückenlos dokumentieren sollten. Die Grundlage für dieses Instrument bildete das *MobilitätsAktivitätentagebuch*, das von der Technischen Universität München entwickelt (Gerike, Gehlert, & Twaddle, 2012) und für die Fragestellungen der vorliegenden Studie angepasst wurde. Während Hauptinhalte in Bezug auf Aktivitäten wie Uhrzeit, Art von Haupt- und Nebenaktivität sowie Ort der Aktivität übernommen werden konnten, waren Modifikationen in Bezug auf die Beschreibung der einzelnen Wege notwendig. Um Auswirkungen auf das Mobilitäts- und Verkehrsverhalten der Teilnehmer zu untersuchen, wurde erfasst, ob ein Weg geplant oder spontan angetreten wurde, ob die Teilnehmer von anderen Personen begleitet wurden und ob sie unter Zeitdruck standen. Außerdem sollten die Teilnehmer angeben, ob alternative Verkehrsmittel für einen Weg zur Verfügung gestanden hätten, um abzuleiten, ob bestimmte Wege nur mit dem Elektrofahrrad oder Fahrrad möglich sind. Ferner waren auch im Aktivitätentagebuch kritische Situationen während der Fahrten von Interesse, um Hinweise für die Datenanalyse der Videodaten zu erhalten.

Das Aktivitätentagebuch wurde in vier unterschiedlichen Versionen eingesetzt, welche jeweils Ausfüllbeispiele enthielten, die an die spezifische Lebenswirklichkeit der Teilnehmer angepasst waren. Einerseits wurde nach den Zweiradgruppen getrennt. Andererseits wurden unterschiedliche Versionen für Berufstätige und Rentner erarbeitet, um dem abweichenden Mobilitätsverhalten beider Gruppen gerecht zu werden. Alle Teilnehmer sollten die Möglichkeit erhalten, sich mit dem Beispiel zu identifizieren.

2.4.4 Nachbefragung

Die Nachbefragung fokussierte vor allem auf das Sicherheitsverhalten der Teilnehmer, wobei sowohl allgemeine Aspekte als auch das spezifische Sicherheitsverhalten während des 4-wöchigen Erhebungszeitraums thematisiert wurden. Erneut waren Fragen zu den Unfällen und kritischen Situationen enthalten, wobei die Teilnehmer alle kritischen Situationen, die während des Erhebungszeitraumes aufgetreten waren, beschreiben sollten. Dies diente als Anhaltspunkt für die Suche nach kritischen Situationen im Rahmen der Videoanalyse und zum Vergleich mit den Angaben aus der Vorbefragung, die den Vorjahreszeitraum betrafen.

Für die Elektrofahrradfahrer waren zusätzlich Inhalte zum Ladeverhalten und zur Reichweite des Elektrofahrrades enthalten. Von Interesse waren ebenso etwaige Veränderungen des Mobilitäts- bzw. Fahrverhaltens, welche durch das Elektrofahrrad ausgelöst wurden. Dafür wurden Fragen zu den Spezifika im Fahrverhalten (z.B. Beschleunigung, leichtere Bewältigung von Bergen) entwickelt.

Schließlich wurden Fragen zum Umgang mit dem Datenaufzeichnungssystem und dem Aktivitätentagebuch gestellt.

Tabelle 3:
Themenkomplexe der eingesetzten Befragungsinstrumente.

| Zeitpunkt | Inhalte | Instrument |
|--------------------------------|---|--|
| Rekrutierung | <ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine soziodemografische Angaben • Verkehrsmittel (Elektrofahrrad/Fahrrad) • Generelle Angaben zum Nutzungsverhalten (z.B. Nutzungshäufigkeit) | Fragebogen (Online/ Papierversion) |
| Vorbefragung | <ul style="list-style-type: none"> • Erweiterte soziodemografische Angaben • Informationen zum Erwerb und Betrieb des Verkehrsmittels • Vor- und Nachteile von Elektrofahrrad/Fahrrad • Aktuelles Mobilitäts- und Nutzungsverhalten • Gründe für Nutzung des Zweiradtyps | Fragebogen (Online/ Papierversion) |
| Während des Erhebungszeitraums | <ul style="list-style-type: none"> • Wegemerkmale (z.B. Uhrzeit, Aktivität, Verkehrsmittel, Begleitung, ungewöhnliche Ereignisse/kritische Situationen) | Aktivitätentagebuch |
| Nachbefragung | <ul style="list-style-type: none"> • Subjektive Wahrnehmung des Fahrverhaltens • Subjektive Bewertung des Verkehrsmittels (nur für Elektrofahrradfahrer) • Änderungen im Mobilitätsverhalten (nur für Elektrofahrradfahrer) • Erfahrung mit Feldversuch | Fragebogen (Online/ Papierversion) |

2.5 Datenaufbereitung

Die Datenaufbereitung für die ersten Probanden begann bereits während der sukzessiven Erhebung der Daten. Am Ende des Erhebungszeitraums lagen für jeden Probanden Videos des Gesichts und der Perspektive der Straße für jede Fahrt sowie Rohdaten der Radsensoren vor. Weiterhin standen drei Befragungsinstrumente (Fragebogen zur Kontaktaufnahme, Vor- und Nachbefragung) pro Teilnehmer sowie die Checkliste zur Einweisung und das Aktivitätentagebuch zur Verfügung.

Zu Beginn der Datenaufbereitung wurden die Videos und Radsensordaten einander zugeordnet, um für jede Fahrt eines Teilnehmers einen möglichst vollständigen Datensatz zu erhalten. Für jeden Teilnehmer wurden ein eindeutiger Code und eine Probandennummer zur Zuordnung der Daten benutzt, so dass die Anonymität der Teilnehmer gewahrt wurde. Zusätzlich wurden die Rohdaten der Radsensoren in ein verwertbares Format übertragen, um weitere Analysen zu ermöglichen. Anschließend wurde durch umfangreiche Plausibilitätsprüfungen im Rahmen der Datenaufbereitung sichergestellt, dass nur Videos und Sensordaten von validen Fahrten in die Analyse einbezogen wurden.

Es erfolgte eine Sichtung sämtlicher Videos, um sicherzustellen, dass nur wirkliche Fahrtvideos in die Kodierung gingen. Eine Ursache für den Ausschluss von Videos bzw. den dazugehörigen Sensordaten bestand darin, dass die Probanden vergaßen, das Aufzeichnungsgerät beim Abstellen ihres Rades auszuschalten. So zeichnete ein Proband acht Stunden lang seinen Fahrradschuppen auf. Des Weiteren ließen die Probanden andere Personen ihr Rad benutzen, was ebenfalls zum Ausschluss der Daten führte. Ferner waren aufgezeichnete Videos oder Radsensordaten nur wenige Sekunden lang, da das Datenaufzeichnungssystem den Probanden einen Fehler angezeigt hatte und diese die Aufzeichnung daraufhin beendeten. Weiterhin kam es zu einem Verrutschen der Datenaufzeichnungsbox, sodass z.B. nur noch die Straßenoberfläche gefilmt wurde, was eine Auswertung der Videos unmöglich machte.

Neben dem Ausschluss von Videos wurden im Rahmen der Datenaufbereitung auch einzelne Videos zusammengefügt. Das Datenaufzeichnungssystem legte nach einer Stunde Fahrtzeit eine neue Videodatei an, sodass bei längeren Fahrten mehrere Videos aufgezeichnet wurden. Diese Videos wurden jeweils einer Fahrt zugeordnet und aneinandergesetzt.

Bei den Radsensoren traten fehlerbehaftete Aufzeichnungen auf, da die Nutzung von Fahrradständern zu einer Verdrehung der Radsensoren an den Speichen geführt hatte. Diese Ausfälle wurden während der Wartungstermine vermerkt und behoben. War nur ein Radsensor verdreht, konnten die Daten in Nachhinein rechnerisch korrigiert werden. In den anderen Fällen mussten die Daten aus der Analyse ausgeschlossen werden. Um eine hohe Datenqualität sicherzustellen, wurden auch einzelne unplausible Werte in den Radsensordaten überprüft und gegebenenfalls bereinigt.

Darüber hinaus wurden Datensätze im Rahmen der Datenaufbereitung voneinander getrennt. Es handelte sich um Fälle, in denen die Probanden das Aufzeichnungssystem während des Abstellens ihres Rades nicht ausgeschaltet hatten (z.B. während des Einkaufens). Nach der hier zugrunde liegenden Definition eines Weges (siehe Kapitel 2.6.3) umfassten diese Fälle sowohl Hin- als auch Rückweg und damit zwei Fahrten. Um die Anzahl der Fahrten nicht zu unterschätzen, wurde ein moderates Kriterium ermittelt, um die Radsensordaten nach längerer Standzeit in zwei Fahrten zu trennen. Eine Fahrt wurde bei jeder Standzeit über 120 Sekunden getrennt, allerdings nur, wenn die resultierende Fahrt mindestens 60 Sekunden lang war. Eine Trennung bei allen Stillständen hätte zu einer Überschätzung der Anzahl von Fahrten geführt, da z.B. auch bei Wartezeiten an Ampeln Fahrten getrennt worden wären. Das angelegte Kriterium wurde jeweils an Videos referenziert, so dass keine unnötigen Trennungen stattfanden.

Die Anzahl der jeweils verwendbaren Datensätze für alle Teilnehmer ist Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4:
Anzahl verwendbarer Datensätze.

| Datenquelle | Anzahl verwendbarer Datensätze |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Videos in Fahrtrichtung | 4.465 |
| davon für Kodierung der Infrastruktur | 1.036 |
| Videos des Gesicht des Fahrer | 4.163 |
| Radsensordaten | 4.198 |
| Vorbefragung | 90 |
| Nachbefragung | 90 |
| Aktivitätentagebuch | 86 |

Im Rahmen der Datenaufbereitung wurden auch die Angaben aus den Fragebögen und anderen Befragungsinstrumenten auf ihre Plausibilität überprüft. Es mussten keine Fragebogendaten aus der Analyse ausgeschlossen werden, da die Daten vollständig von allen Probanden vorlagen. Hingegen wurde das Aktivitätentagebuch eines Probanden aufgrund einer sehr lückenhaften Bearbeitung aus der Analyse ausgeschlossen. Drei weitere Personen bearbeiteten das Aktivitätentagebuch gar nicht, sodass letztlich die Tagebücher von 86 Personen als Datengrundlage herangezogen werden konnten.

2.6 Kodierung

Um Analysen bezüglich des Mobilitäts- und Fahrverhaltens der Teilnehmer sowie der Häufigkeit bzw. den Bedingungen kritischer Ereignisse und Unfälle vornehmen zu können, wurden Aktivitätentagebuch und Videodaten anhand neu entwickelter, umfangreicher Kategoriensysteme kodiert (siehe Anhänge 1, 2, 3). Die Kodierung der einzelnen Datenquellen erfolgte durch Personen, die eine detaillierte Einweisung in den Gebrauch der jeweiligen Kategoriensysteme erhalten hatten. Zur Steigerung von Objektivität und Reliabilität fanden jede Woche Treffen zwischen den Kodierverantwortlichen und den Kodierern statt, wobei gemeinsame Begutachtungen von Kodierungen durchgeführt wurden. Zusätzlich wurden alle Kodierungen zur Infrastruktur und zu den kritischen Situationen von den Kodierverantwortlichen nachträglich überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Darüber hinaus wurden strittige Einzelfälle im Expertengespräch zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber diskutiert und konsensual gelöst.

2.6.1 Fahrverhalten

Um ein genaueres Bild des tatsächlichen Fahrverhaltens der Teilnehmer zeichnen zu können, wurden die Videos mit Perspektive auf die Fahrbahn hinsichtlich mobilitäts- und sicherheitsrelevanter Aspekte manuell kodiert. Dabei fanden nur Videos Berücksichtigung, die während der sieben Tage entstanden, in denen die Teilnehmer das Aktivitätentagebuch bearbeiteten. Diese Selektion diente dazu, den enormen

Aufwand bei der manuellen Kodierung der Videos ohne substantiellen Informationsverlust zu reduzieren. Die Kodierung von einer Stunde Videomaterial dauerte im Mittel 3,5 Stunden. Insgesamt wurden mehr als 1.000 Videos mit einer Gesamtlänge von ca. 270 Stunden kodiert. Datengrundlage bildeten die Videos von 81 Personen: Drei Teilnehmer bearbeiteten das Aktivitätentagebuch nicht, sodass keine Auswahl der Videos aus der relevanten Woche erfolgen konnte, und für sechs weitere Personen lagen in der Woche der Tagebuchbearbeitung keine Videos vor.

Die Kodierung der Videos verfolgte mehrere Ziele. Dazu zählten u.a.:

- die Quantifizierung einer Nutzung der verschiedenen Infrastrukturtypen,
- die Ermittlung der erreichten Geschwindigkeiten auf (1) verschiedenen Infrastrukturtypen, (2) bei Gefälle und Steigung sowie (3) bei freier Fahrt ohne jedwede Hindernisse,
- ein Abgleich zwischen genutzter und angebotener Infrastruktur, um regelwidrige Nutzungsmuster als sicherheitsrelevante Stellgrößen zu identifizieren und
- damit eng verbunden die Quantifizierung einer Nutzung der regelgerechten Infrastruktur in falscher Fahrtrichtung.

Die Kodierung erfolgte mit dem Programm *ELAN*, einer freien Software des niederländischen Max Planck Instituts für Psycholinguistik (Wittenburg, Brugman, Russel, Klassmann, & Sloetjes, 2006). Mit *ELAN* können verschiedene Variablen zeitgleich betrachtet werden, wobei jeweils die Dauer auftretender Ereignisse (wie der regelwidrigen Nutzung einer Infrastruktur oder des Bewältigens eines Anstiegs) kodiert wird. Für die Kodierung wurde ein Schema mit acht Variablen verwendet:

- genutzte Infrastruktur, d.h. die Infrastruktur auf der sich die Teilnehmer bewegten (z.B. Fahrbahn, verschiedene Arten von Radwegen, Feld- und Waldwege);
- angebotene Infrastruktur, d.h. die Infrastruktur auf der sich die Teilnehmer bewegen sollten, um die Frage zu beantworten, ob die Nutzer der verschiedenen Fahrzeugtypen die rechtlich zugeschriebenen Infrastrukturen befuhren;
- regelwidrige Nutzung von Radwegen und Fahrbahn in falscher Fahrtrichtung;
- Fahrbahnseite der regelwidrigen Nutzung (z.B. Nutzung eines Radweges auf der linken Fahrbahnseite obwohl rechts ein Radweg in korrekter Fahrtrichtung angeboten wurde);
- Anstieg oder Gefälle der genutzten Infrastruktur;
- das Passieren einer Kreuzung, Einmündung oder eines Kreisverkehrs, da diese als sicherheitsrelevante Bereiche gelten können;
- freie Fahrt ohne Hindernisse wie andere Verkehrsteilnehmer (z.B. Fußgänger), vorausfahrender bzw. entgegenkommender Verkehr, parkende Fahrzeuge in Fahrtrichtung, Kreuzungen und Einmündungen, Kurven und sichtnehmende Gegenstände;
- Abstellmöglichkeit des Zweirades am Wohnort (im Freien oder in geschlossenen Räumen), da diese Variable versicherungstechnisch relevant ist.

Das komplette Kodierschema ist in Anhang 1 dargestellt. Abbildung 4 zeigt beispielhaft an dem Video eines Fahrradfahrers die simultane Kodierung der Variablen. Der Teilnehmer nutzte in diesem Beispiel einen Gehweg durch ein Wohngebiet, wobei keine

alternative Infrastruktur angeboten wurde. Es waren keinerlei Hindernisse vorhanden, was eine freie Fahrt ermöglichte. Der Verlauf der Infrastruktur war ansteigend.

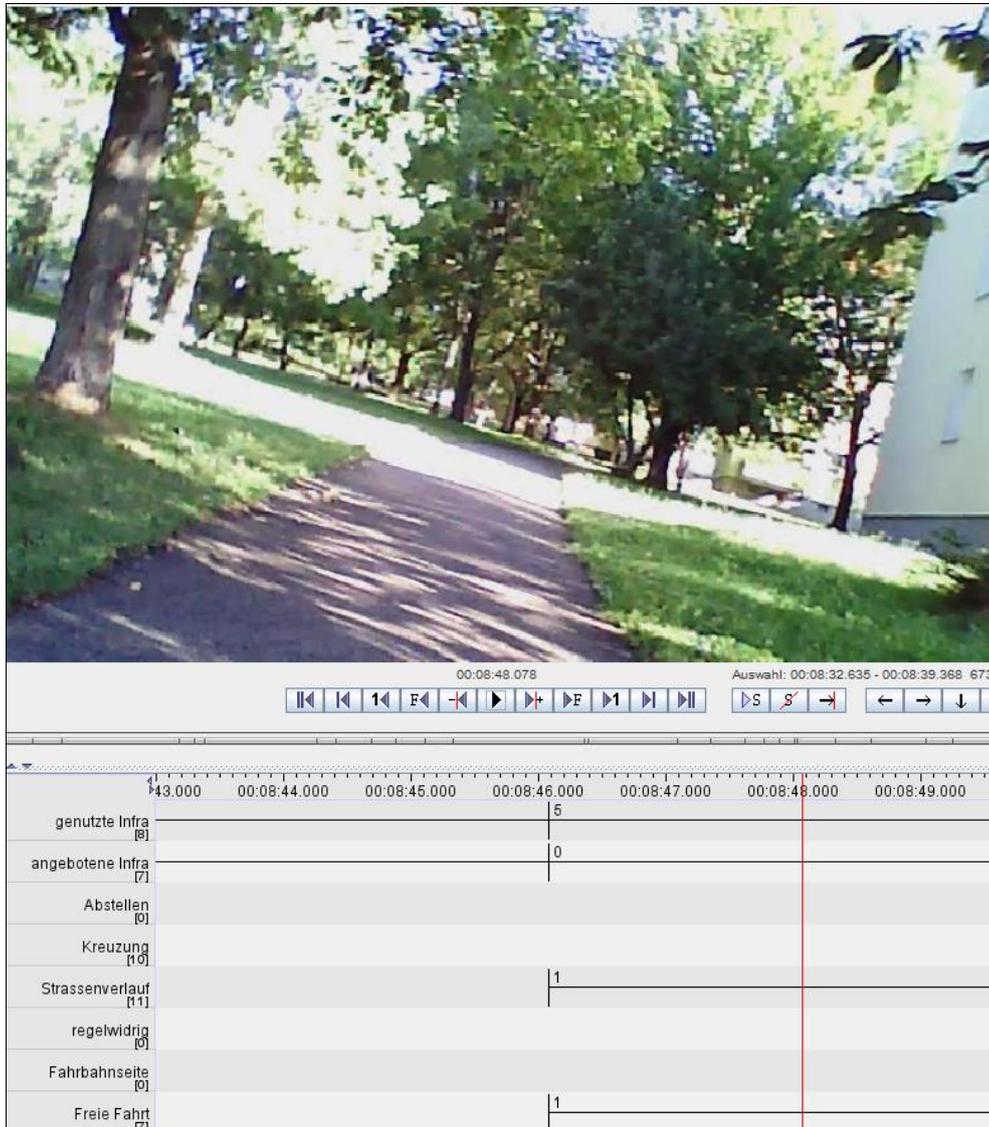


Abbildung 4:
Beispiel für die Kodierung eines Streckenvideos aus der Tagebuchwoche mit dem Programm ELAN
 (Wittenburg et al., 2006).

2.6.2 Kritische Situationen

Die Kodierung der kritischen Situationen diente in erster Linie dazu, die Charakteristik der kritischen Situationen in den verschiedenen Fahrzeuggruppen (z.B. infrastrukturelle Gegebenheiten, andere Beteiligte) näher zu untersuchen. Dazu wurde ein umfassendes Kategoriensystem erstellt, das als halbstandardisiertes Verfahren sowohl vorgegebene Beobachtungskategorien als auch offene Beschreibungen beinhaltet. In mehreren Einzelschritten wurden die kritischen Situationen mit diesem System zunehmend spezifischer beschrieben: von einer groben Einordnung der Ereignisse, über spezifische Informationen zu den Beteiligten und zur Infrastruktur, bis hin zu einer Einordnung nach dem Unfalltypen-Katalog gemäß M Uko (FGSV, 2012).

Die kritischen Ereignisse wurden anhand folgender Variablen charakterisiert:

- Ereignistyp, d.h. ob andere Konfliktpartner beteiligt waren oder nicht *und* ob eine Reaktion des Rad- bzw. Pedelec-Fahrers erfolgte (siehe Tabelle 5);
- Art des kritischen Ereignisses, sowohl anhand des Unfalltypen-Katalogs als auch spezifischer anhand dreistelliger Codes;
- Tageszeit und
- Beteiligte (z.B. Pkw, Moped, Fußgänger etc.).

Zudem wurde eine wörtliche Beschreibung des Ereignisses dokumentiert. Zu den Variablen, die zur Beschreibung des Verhaltens der Kategorien Rad- bzw. Pedelec-Fahrer dienen, zählten:

- Genutzte und angebotene Infrastruktur;
- Art der Kreuzung;
- Verhalten vor der kritischen Situation (Einordnung als unerwartet bzw. vorhersehbar angesichts der gegebenen Umstände; detaillierte Beschreibung als Freitextkodierung) und
- Reaktion des Rad- bzw. Pedelec-Fahrers in der Situation (z.B. Bremsen, Ausweichmanöver).

Waren an der kritischen Situation andere Personen beteiligt, wurden ferner folgende Variablen kodiert:

- Durch den Beteiligten genutzte Infrastruktur;
- Verhalten des Beteiligten vor der Situation (Einordnung als unerwartet bzw. vorhersehbar angesichts der gegebenen Umstände; detaillierte Beschreibung in einer Freitextkodierung) und
- Reaktion des Beteiligten in der Situation (z.B. Bremsen, Ausweichmanöver).

Das komplette Kodiersystem ist in Anhang 2 dargestellt.

Tabelle 5:
Kategorie Ereignistyp im Rahmen der Kodierung kritischer Situationen.

| Code | Beschreibung | Information |
|------|-----------------------------------|---|
| 1 | Konflikt mit Sturz | Konflikt zwischen (Elektro-)Fahrradfahrer und anderem Verkehrsteilnehmer bzw. Objekt mit Sturzfolge (mit und ohne Kollision) |
| 2 | Konflikt ohne Sturz mit Reaktion | Ausweich- bzw. Bremsmanöver des (Elektro-)Fahrradfahrers oder eines anderen Verkehrsteilnehmers, um einen Konflikt zu lösen bzw. eine Kollision zu verhindern |
| 3 | Konflikt ohne Sturz ohne Reaktion | Konflikt im Straßenverkehr ohne Manöver des (Elektro-)Fahrradfahrers, z.B. zu nahes Überholen von anderen Fahrzeugen |
| 4 | Sturz | (Elektro-)Fahrradfahrer stürzt ohne Einwirkung Anderer |
| 5 | Beinahesturz | (Elektro-)Fahrradfahrer kann den bevorstehenden Sturz (ohne Einwirkung Anderer) gerade noch vermeiden |

Mehr als 4.400 Videos mit Blick in Fahrtrichtung von über 2.300 Stunden Länge wurden in die Kodierung einbezogen. Geschulte Kodierer sichteten das gesamte Videomaterial mit dem Programm *ELAN* (Wittenburg et al., 2006) und kodierten relevante Szenen. Dabei dienten die Angaben in Fragebogen und Aktivitätentagebuch als Hinweise auf Situationen, die von den Teilnehmern als kritisch erlebt worden waren. Diese wurden überprüft und gegebenenfalls kodiert.

Darüber hinaus wurden in einem zweiten Schritt die Geschwindigkeiten unmittelbar vor und während der kritischen Situation (maximale und minimale Geschwindigkeit) ermittelt. Dazu wurden die Videodaten mit den Geschwindigkeitsdaten der Radsensoren über den Teilnehmercode in Verbindung gebracht.

2.6.3 Aktivitätentagebuch

Die Eintragungen ins Aktivitätentagebuch wurden mit einem Kategoriensystem kodiert, dem folgende Definitionen mobilitätsrelevanter Begriffe zugrunde liegen:

- **Weg:** Von einem Weg wird gesprochen, wenn sich eine Person zu Fuß oder mit anderen Verkehrsmitteln von einem Ort zu einem anderen Ort bewegt (z.B. MiD, 2008). Ein Weg kann aus einer Sequenz von Etappen bestehen.
- **Etappe:** Eine Etappe wird als Fortbewegung mit einem Verkehrsmittel verstanden (Axhausen, 2008). Ein Weg besteht aus mehreren Etappen, wenn ein Wechsel des Verkehrsmittels bei der Bewegung zu einem Ziel stattfindet. Beispielsweise könnte der Weg zur Arbeit drei Etappen umfassen: (1) zu Fuß zum Auto, (2) mit dem Auto zum Parkplatz auf dem Firmengelände und (3) zu Fuß vom Parkplatz ins Büro.

- **Aktivität:** Eine Aktivität wird nach Axhausen und Frick (2004, S. 5) definiert als „Strom von Handlungen in einem gleichbleibenden räumlichen und sozialen Umfeld, die einen gemeinsamen Zweck erfüllen“. In der vorliegenden Studie wurde zwischen Hauptaktivitäten (z.B. Hausarbeit) und Nebenaktivitäten unterschieden, die parallel zur Hauptaktivität (z.B. Telefonieren während der Hausarbeit) oder zu Wegen (z.B. Gespräch während einer Autofahrt) ablaufen können.

Tabelle 6 illustriert die zentralen Begriffe an einem fiktiven Beispiel. Die Person legt drei Wege zurück. Nur der erste Weg umfasst mehrere Etappen, da sich bei der Bewegung zu einem Zielpunkt das genutzte Verkehrsmittel verändert. Während einer Etappe führt die Person eine Nebenaktivität aus (Zeitung lesen).

Tabelle 6:
Beispiel für Wege, Etappen und Aktivitäten.

| Uhrzeit | | Eintragung | | | Nummer | | |
|---------|-------|------------------------|----------------|----------------------|-----------|-----|--------|
| von | bis | Weg/Hauptaktivität | Nebenaktivität | Verkehrsmittel/Ort | Aktivität | Weg | Etappe |
| 08.00 | 08.30 | Frühstück | Fernsehen | zu Hause | 1 | | |
| 08.30 | 08.45 | Weg zum Bahnhof | | zu Fuß | | 1 | 1.1 |
| 08.45 | 09.45 | Fahrt nach Musterstadt | Zeitung lesen | ICE | | 1 | 1.2 |
| 09.45 | 10.05 | Weg zu Freunden | | zu Fuß | | 1 | 1.3 |
| 10.05 | 11.30 | Gespräch | | Wohnung von Freunden | 2 | | |
| 11.30 | 11.45 | Weg in den Zoo | | zu Fuß | | 2 | |
| 11.45 | 15.00 | Zoobesuch | | Zoo in Musterstadt | 3 | | |
| 15.00 | 15.15 | Weg zu Freunden | | zu Fuß | | 3 | |

Der Einsatz des Aktivitätentagebuchs diene vor allem dazu, ein detailliertes Bild des Mobilitätsverhaltens von (Elektro-)Fahrradfahrern zu zeichnen und Einflussfaktoren auf das Verkehrsverhalten zu ermitteln (z.B. Zeitdruck während eines Weges, Begleitung). Zu diesem Zweck sollten die Teilnehmer im Aktivitätentagebuch für sieben aufeinanderfolgende Tage Aktivitäten und Wege lückenlos dokumentieren, wobei ein Tag jeweils um 4.00 Uhr begann und um 3.59 Uhr endete. Bei der Kodierung wurde zunächst vermerkt, ob es sich bei einer Eintragung um einen Weg (bzw. eine Etappe) oder eine Aktivität handelte. Die einzelnen Wege bzw. Etappen und Aktivitäten wurden pro Tag jeweils fortlaufend nummeriert. Für jede Eintragung wurden Start- und Endzeit sowie die Dauer dokumentiert. Ferner wurden für Wege folgende Variablen kodiert (siehe Anhang 3 für eine Darstellung des gesamten Kategoriensystems):

- Art des Ausgangspunktes (z.B. zu Hause) und Art des Zielpunktes (z.B. Schule/Universität);
- Start- und Endadresse;
- Hauptverkehrsmittel für den Weg bzw. die Etappe (z.B. Elektrofahrrad) und verfügbare alternative Verkehrsmittel (z.B. Pkw);
- Aktivitäten während des Weges;

- Zweck des Weges (z.B. Einkaufen);
- Art und Anzahl der begleitenden Personen (z.B. zwei Erwachsene);
- Planung des Weges (z.B. regelmäßiger Weg, spontaner Weg) und
- erlebter Zeitdruck während des Weges.

Zudem wurde erfasst, ob kritische Situationen während eines Weges aufgetreten waren, um Anhaltspunkte für die Analyse der Videodaten zu erhalten (siehe Kapitel 2.6.2).

Die Kodierung der (Haupt- und Neben-)Aktivitäten erfolgte mit hierarchischen Kategorien in Anlehnung an das System der HETUS-Studien (Statistical Office of the European Communities, 2008). Dabei standen verschiedene Kategorien für Aktivitäten zu Hause (z.B. Internetshopping) und außer Haus (z.B. Einkaufen außer Haus) zur Verfügung. Da Aktivitäten für die zentralen Fragestellungen des vorliegenden Forschungsprojektes eine untergeordnete Rolle spielen, werden sie im Folgenden nicht im Detail betrachtet.

2.7 Verknüpfung der Datenquellen

Nach der Datenbereinigung und Kodierung wurden die Daten in eine für die Studie aufgesetzte Datenbank überführt. Diese erlaubte eine effiziente Handhabung der großen Datenmengen sowie eine einfache Verknüpfung der einzelnen Datenquellen.

Um die Länge und Dauer von Wegen, die Kilometerleistung sowie die erreichten Geschwindigkeiten zu ermitteln, wurden Video- und Radsensordaten für den gesamten 4-wöchigen Erhebungszeitraum in der Datenbank synchronisiert. Dabei wurde eine zeitliche Abweichung zwischen beiden Datenquellen festgestellt, die linear mit der Dauer der Videos zunahm. Um eine Synchronisation dennoch zu ermöglichen, wurde für jeden Probanden der zeitliche Versatz zwischen den Daten ermittelt. Hierbei wurde für jeden Teilnehmer eine lineare Regressionsgerade berechnet, mit deren Hilfe der Zeitstempel der Videos angepasst wurde, um eine Zuordnung zu ermöglichen. Die Analysestichprobe umfasste 87 Personen, von denen sowohl valide Video- als auch Radsensordaten für den gesamten Erhebungszeitraum vorlagen.

Um ein differenzierteres Bild zu erlangen, in welchem Umfang die Teilnehmer einzelne Infrastrukturtypen für ihre Wege nutzten und welche Geschwindigkeiten sie dabei erreichten, wurden die Kodierungen der Videos aus der Tagebuchwoche näher betrachtet. Die Analysestichprobe umfasste 77 Personen, von denen sowohl valide Video- als auch Radsensordaten für die Tagebuchwoche vorlagen. Diese Daten ermöglichten auch, den Einfluss von Steigung bzw. Gefälle sowie freier Fahrt auf die Geschwindigkeit zu bestimmen.

Um zu ermitteln, welchen Einfluss Variablen wie Zeitdruck und Begleitung während der Fahrt auf die erreichten Geschwindigkeiten haben, wurden die Eintragungen aus dem Aktivitätentagebuch mit den Radsensordaten verknüpft. Da es sich bei den Daten aus dem Tagebuch um subjektive Daten handelt, die einer gewissen Ungenauigkeit (z.B. aufgrund von verzerrten Gedächtnisrepräsentationen der Start- und Endzeit eines Weges) unterliegen können, wurde bei der Kombination beider Datenquellen eine Abweichung von +/- 30 Minuten bei Start- und Endzeit einzelner Wege zugelassen. Damit war eine eindeutige Zuordnung der Radsensordaten bei 431 Wegen möglich, welche 71 Teilnehmer mit dem Pedelec bzw. Fahrrad zurücklegt hatten. Das entspricht einem Anteil von 48% der ursprünglich im Tagebuch eingetragenen Wege mit diesen Verkehrsmitteln.

2.8 Datenqualität

Die Ziehung einer Stichprobe aus der gesamten Population von (Elektro-)Fahrradfahrern führt ebenso wie eine Begrenzung des Erhebungszeitraums zwangsläufig zu Fragen nach der Repräsentativität und Qualität der gewonnenen Daten. Dabei sind zwei Teilaspekte relevant:

- Inwieweit ist die gezogene Stichprobe hinsichtlich wichtiger Mobilitätsindikatoren repräsentativ für (Elektro-)Fahrradfahrer in einer spezifischen Region?
- Inwieweit ist das im Erhebungszeitraum gezeigte Mobilitäts- und Sicherheitsverhalten repräsentativ für das typische Verhalten der Teilnehmer?

Um die erste Frage zu beantworten, wurden die gewonnenen Daten mit den Ergebnissen der Verkehrsbefragung *Mobilität in Städten* (Ahrens, Ließke, Wittwer, & Hubrich, 2010) für die Stadt Chemnitz verglichen (vgl. Kapitel 2.3.2). In der repräsentativen Stichprobe des SrV (2010) waren 85,6% der Teilnehmer am Stichtag mobil, d.h. in Chemnitz außer Haus unterwegs (Anteil mobiler Personen an allen Personen am Wohnort). Dabei lag die Wegehäufigkeit pro Tag bei mobilen Personen bei 3,4 und bei allen Personen bei 2,9. Eine Analyse der Daten aus dem eingesetzten Aktivitätentagebuch zeichnete die Stichprobe in der vorliegenden Studie als mobiler aus: Der Anteil von Immobilität pro Stichtag lag zwischen 2,4% und 13,3%, wobei der Prozentsatz an den Wochenendtagen erwartungskonform höher war (siehe Abbildung 5). Im Mittel legten alle Probanden in der Tagebuchwoche 4,0 Wege pro Tag zurück ($SD = 1,9$). Das spricht dafür, dass die intendierte Rekrutierung einer mobilen Stichprobe im vorliegenden Projekt umgesetzt werden konnte.

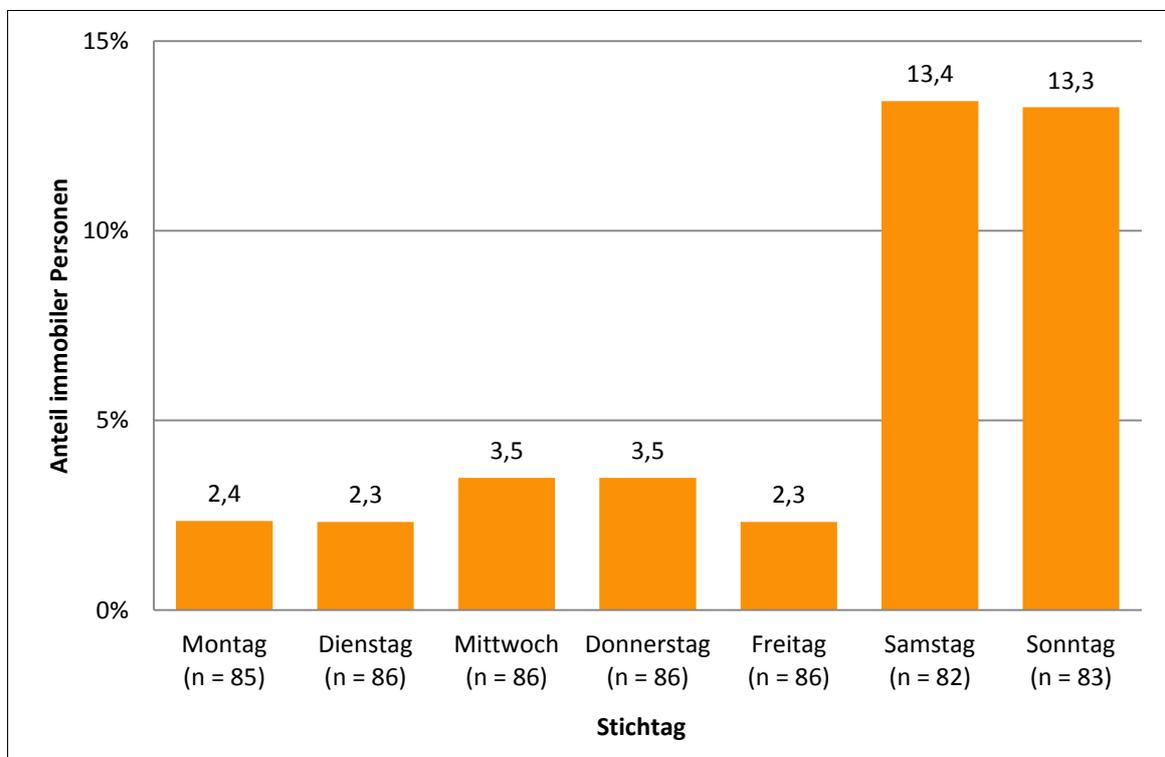


Abbildung 5:
Immobilität pro Stichtag in der vorliegenden Stichprobe (Angaben aus Aktivitätentagebuch).

Um zu ermitteln, welchen Einfluss die Begrenzung des Erhebungszeitraumes auf die Qualität der gewonnenen Daten hatte, wurden die Probanden im Rahmen der

Nachbefragung um eine Einschätzung gebeten, inwieweit die eingesetzten Erhebungsinstrumente ihr typisches Mobilitäts- und Verkehrsverhalten abbildeten. Von 84 Teilnehmern, die eine Angabe machten, zeichneten 60% nach eigener Einschätzung während der Instrumentierung alle Fahrten auf. Bei den übrigen Teilnehmern schwankte die Zahl der nicht aufgezeichneten Fahrten zwischen einer und 40 Fahrten ($M = 9,7$; $SD = 16,8$), wobei zwei Pedelec25-Fahrer mit jeweils 70 Fahrten eine deutlich höhere Zahl angaben. Zu den Gründen, warum Fahrten nicht aufgezeichnet worden waren, zählten einerseits systembedingte Faktoren (z.B. leere Batterie, volle Speicherkarte, technische Fehler). Andererseits gaben die Teilnehmer an, vergessen zu haben, dass Aufzeichnungssystem einzuschalten. Dieses wurde von den Teilnehmern überwiegend positiv bewertet: 90,0% aller Teilnehmer stimmten zu, mit dem Aufzeichnungssystem gut (36,7%) oder sehr gut (53,3%) zurechtgekommen zu sein. Darüber hinaus gaben 87,8% von 82 Teilnehmern an, dass die Anzahl der Fahrten während des Erhebungszeitraums typisch für ihr Fahrverhalten in der betreffenden Jahreszeit war. 11,0% fuhren üblicherweise häufiger, nur eine Person hingegen weniger. Zudem waren die aufgezeichneten Fahrten in ihrer Art (z.B. bezüglich der Fahrtziele und -zwecke) bei 91,1% aller Teilnehmer typisch für Fahrten in der Jahreszeit. Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass die gesammelten Video- und Radsensordaten repräsentativ für das Mobilitäts- und Sicherheitsverhalten der Teilnehmer sind.

Auch in Bezug auf das Aktivitätentagebuch wurden die Probanden um eine Einschätzung gebeten, ob die Tagebuchwoche typisch für ihr Mobilitätsverhalten war. Die Bearbeitung des Tagebuchs fand zwischen August (Kalenderwoche 32) und November (Kalenderwoche 47) 2012 statt und erstreckte sich über 15 Wochen. Die Tagebuchwoche jedes einzelnen Teilnehmers wurde dabei über den gesamten Erhebungszeitraum randomisiert, sodass z.B. nicht alle Teilnehmer das Tagebuch in der ersten Woche der Erhebung ausfüllten. Die Hälfte der Befragten bearbeitete das Tagebuch in einer für sie typischen Woche (50,0%), 27,9% beschrieben die Woche als untypisch und jeder Fünfte machte dazu keine Angabe (22,1%). Zu den Gründen für das Abweichen der Tagebuchwoche von der Normalität zählten (Mehrfachnennungen möglich):

- bei 33,3% der Teilnehmer, die eine Abweichung angaben, das Wetter (sowohl schlechtes als auch gutes Wetter, das zu einer verminderten bzw. gesteigerten Nutzung führte),
- bei 20,8% der Besuch von Gästen (z.B. Übernachtungsgäste, mehrtägige Betreuung der Enkelkinder; da oftmals keine Räder für die Gäste zur Verfügung standen, wurde die Nutzung des eigenen Rades eingeschränkt),
- bei 16,7% der Beruf (z.B. Dienstreisen, Firmenevents),
- bei 16,7% ein Urlaub (z.B. Wochenendausflug, freier Tag zu Hause),
- bei 12,5% ein Feiertag,
- bei 8,3% Probleme mit dem Zweirad (z.B. ein Platten) und
- bei 4,2% eine Krankheit.

Die Ergebnisse deuten an, dass bei einem Großteil der Teilnehmer eine typische Woche vorlag und die gesammelten Informationen auf ihr gesamtes Mobilitätsverhalten übertragen werden können.

Für die Qualität der Daten aus dem Aktivitätentagebuch spricht ferner, dass die Teilnehmer ihre Angaben zeitnah machten: Das Tagebuch wurde überwiegend während (36,0%) oder am Ende des betreffenden Tages (23,3%) ausgefüllt, 12,8% machten ihre Einträge am Folgetag und 5,8% durchschnittlich 3,4 Tage später (zwischen zwei und

sieben Tagen). Die verbleibenden 22,1% machten keine Angabe. Mit dem Erhebungsinstrument kamen 69,8% von 86 Teilnehmern gut oder sehr gut zurecht, 3,5% bewerteten die Handhabbarkeit als schlecht und 26,7% als durchschnittlich.

2.9 Datenauswertung

Zu Beginn der Datenauswertung erfolgte eine deskriptive Analyse der Daten, um einen Überblick über die umfangreiche Datengrundlage zu erhalten und Ausreißer- bzw. fehlende Werte zu ermitteln. Anschließend wurden umfassende Detailanalysen durchgeführt.

2.9.1 Auswertungsebene und -strategien

Für die Analysen waren unterschiedliche Auswertungsebenen denkbar. Dazu zählte einerseits eine Auswertung auf Wegebene. Hierbei wird die Ausprägung relevanter Variablen pro Weg bestimmt. Andererseits war eine Auswertung auf Personenebene denkbar, bei der Kennwerte pro Person über alle Wege hinweg gemittelt werden. Die Entscheidung für eine Auswertungsebene sollte sich an den vorab definierten, zentralen Forschungsfragen orientieren. Zudem hat sie Auswirkungen auf die Stichprobengröße (bei Analysen auf Wegebene werden in der Regel größere Stichprobenumfänge erzielt als bei einer Auswertung auf Personenebene) und beeinflusst damit auch die Ergebnisse von inferenzstatistischen Verfahren (siehe Kapitel 2.9.2), die zur Untersuchung von Gruppenunterschieden eingesetzt werden.

Da in der NCS der Vergleich von Nutzern klassischer Fahrräder und Pedelecs ebenso wie der Vergleich von Teilnehmern unterschiedlicher Altersgruppen als übergeordnete Forschungsfragen definiert wurden, erfolgten alle Analysen auf der Personenebene. Das bedeutet, dass zunächst der Mittelwert einer interessierenden Variable (z.B. Geschwindigkeit) über alle Wege einer Person hinweg bestimmt wurde. Anschließend wurden diese Werte über alle Personen einer Gruppe gemittelt (z.B. durchschnittliche Geschwindigkeit in der Gruppe der Pedelec45-Fahrer). Auf eine Auswertung auf Wegebene wurde ausschließlich bei der Bestimmung der mittleren Länge und Dauer von Wegen mit dem (Elektro-)Fahrrad zurückgegriffen.

Für die Analyse der verschiedenen Datenquellen wurden unterschiedliche statistische Kenngrößen herangezogen:

- Für die Auswertung der Fragebogendaten wurde meist auf die Bestimmung relativer Antworthäufigkeiten zurückgegriffen. Bei geschlossenen Fragen wurde der Anteil von Teilnehmern ermittelt, der eine bestimmte Antwortalternative wählte. Bei offenen Fragen wurden die Antworten zunächst zu Kategorien zusammengefasst, um anschließend den Anteil von Probanden zu bestimmen, der eine bestimmte Antwortkategorie angab.
- Die Prozentangaben beziehen sich dabei, soweit nicht anders vermerkt, stets auf alle Personen, von denen Daten vorlagen.
- Zur Auswertung der Video- und Radsensordaten (z.B. Geschwindigkeiten, Entfernungen) wurden Lage- und Streuungsmaße herangezogen (Mittelwert, Standardabweichung).
- Für die grafische Darstellung von Mittelwerten in Abbildungen wurden zudem Konfidenzintervalle bestimmt.

Im Folgenden werden statistische Kenngrößen wie Anteile und Mittelwerte nur dann berichtet, wenn diese auf eine ausreichende Datenbasis von mindestens vier Personen ($n \geq 4$) zurückgehen. Aufgrund der Kombination verschiedener Datenquellen sowie der gemeinsamen Betrachtung unterschiedlicher Variablen (z.B. Zusammenwirken von Fahrzeugtyp und Altersgruppe) ergaben sich an wenigen Stellen Stichprobengrößen, die als nicht repräsentativ gelten können. Diese werden in Tabellen durch leere Zellen und in Abbildungen durch farblose Balken gekennzeichnet.

In allen Tabellen und Abbildungen wird die zugrundeliegende Stichprobengröße explizit angegeben. An betreffender Stelle ist zusätzlich vermerkt, wie viele Probanden keine Angaben machten.

2.9.2 Eingesetzte inferenzstatistische Verfahren

Zur Überprüfung ausgewählter Fragestellungen der NCS wurden verschiedene Signifikanztests eingesetzt. Mit diesen kann ermittelt werden, ob ein Unterschied zwischen Gruppen zufällig auftrat oder statistisch bedeutsam (d.h. signifikant) ist. Etwas genauer formuliert: Man kann mit Signifikanztests ermitteln, wie wahrscheinlich ein Stichprobenergebnis auftritt, wenn man bestimmte Annahmen über die Grundgesamtheit, aus der die Stichprobe stammt, trifft. Insofern erlauben sie es, Rückschlüsse aus der hier verwendeten Stichprobe von Radfahrern und Pedelec-Nutzern auf die Grundgesamtheit der (Elektro-)Fahrradfahrer zu ziehen. Um Signifikanz anzunehmen, wird das 5%-Niveau verwendet. Ist die Wahrscheinlichkeit für den Unterschied zwischen zwei Gruppen (z.B. Pedelec25- vs. Fahrradfahrer) kleiner als 5% ($p < ,050$), dann ist die Differenz statistisch bedeutsam.

Als übergeordnete Fragestellung, die sich über alle Teilaspekte der Sicherheit und Mobilität hinweg erstreckt, thematisierte die NCS den Vergleich von klassischen Fahrrädern und Pedelecs. Aufgrund der Vorannahmen über Nutzungsverhalten und körperliche Voraussetzungen wurde zudem das Alter der Teilnehmer als potentielle Einflussgröße definiert. Deshalb wurden bei einzelnen Forschungsfragen Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen (Fahrrad vs. Pedelec25 vs. Pedelec45) und Altersgruppen (≤ 40 Jahre vs. 41 - 64 Jahre vs. ≥ 65 Jahre) auf ihre Signifikanz überprüft. Zur Überprüfung der Signifikanz wurden für Fahrzeugtyp und Altersgruppe jeweils einzeln Univariate Varianzanalysen (ANOVAs) berechnet. Bei signifikanten Effekten wurden post-hoc Einzelvergleiche mit Bonferroni-Korrektur vorgenommen.

Für ausgewählte Fragestellungen war auch die gemeinsame Wirkung beider Einflussgrößen von Interesse. Aufgrund zu niedriger Zellbesetzungen (z.B. gab es in der Gruppe der Pedelec45-Nutzer nur einen Teilnehmer über 64 Jahre; siehe Tabelle1) war es nicht möglich, beide Variablen gemeinsam in einer zweifaktoriellen ANOVA zu berücksichtigen, um ihre Interaktion statistisch abzusichern. Das Zusammenwirken beider Variablen wurde stattdessen in Univariaten Kovarianzanalysen (ANCOVAs) mit Fahrzeugtyp als kategorialer Variable und dem Alter der Teilnehmer als kontinuierlicher Kovariate bestimmt. So konnte ermittelt werden, ob auch dann ein signifikanter Unterschied zwischen den Fahrzeugtypen besteht, wenn man das Alter der Teilnehmer statistisch kontrolliert. Bei den relevanten Fragestellungen sind sowohl die ANOVA des Fahrzeugtyps als auch die ANCOVA mit dem Alter als Kovariate berichtet.

Um zu ermitteln, welchen Einfluss freie Fahrt, Steigung und Gefälle, Zeitdruck sowie Begleitung während der Fahrt auf die Geschwindigkeit haben, wurden zweifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung berechnet, wobei der jeweilige Einflussfaktor (z.B. freie Fahrt) als Within-Faktor und Fahrzeugtyp bzw. Altersgruppe als Between-Faktor eingingen.

Auf die Verwendung Multivariater Varianzanalysen (MANOVAs), mit denen der Einfluss von mehreren unabhängigen Variablen auf mehrere abhängige Variablen gleichzeitig untersucht werden kann, wurde aus Gründen der Teststärke verzichtet.

Neben den aufgeführten parametrischen Verfahren zur Überprüfung der Signifikanz kamen bei der Untersuchung von Sicherheitsfragestellungen auch nonparametrische Tests zum Einsatz (Kruskal-Wallis-H-Test). Diese werden genutzt, wenn keine Normalverteilung der Daten angenommen werden kann, was bei seltenen Ereignissen wie Unfällen oder kritischen Situationen der Fall ist (siehe Kapitel 3.4).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der inferenzstatistischen Prüfung von Unterschieden explizit angegeben. Sind keine Ergebnisse von Signifikanztests berichtet, erfolgten die Vergleiche zwischen Gruppen rein deskriptiv.

2.9.3 Auswertung des Aktivitätentagebuchs

Das Aktivitätentagebuch ermöglichte einen detaillierten Einblick in das Mobilitätsverhalten der Teilnehmer. Die Teilnehmer nahmen insgesamt 10.072 Eintragungen im Aktivitätentagebuch vor. Dabei handelte es sich in drei Viertel der Fälle um Aktivitäten (76%) und zu einem Viertel um wegbezogene Eintragungen, d.h. Etappen bzw. Wege (24%). Da Aktivitäten für die in der NCS untersuchten Fragestellungen eine untergeordnete Rolle spielten, beschränkten sich die Analysen auf Etappen bzw. Wege.

In der Tagebuchwoche legten die Teilnehmer insgesamt 2.239 Wege und 2.379 Etappen zurück. Der Großteil der Wege (95,4%) umfasste nur eine Etappe, d.h. es fand kein Wechsel des genutzten Verkehrsmittels statt. Die übrigen Wege bestanden aus bis zu fünf Etappen (2 Etappen: 3,3%; 3 Etappen: 1,1%; 4 Etappen: 0,0%; 5 Etappen: 0,1%).

Andere Mobilitätsuntersuchungen bestimmen für Wege mit mehreren Etappen häufig ein Hauptverkehrsmittel, mit dem die längste Teilstrecke des Weges zurückgelegt wurde (z.B. MiD, 2008). Die Auswertungen erfolgen unter Einbezug aller *Wege*. Dieses Vorgehen birgt das Risiko, Informationen bezüglich einzelner Verkehrsmittel zu verlieren. Ein Beispiel: Ein Teilnehmer legt einen Weg von seinem Wohnort zu seinem Arbeitsplatz zurück. Mit dem Pedelec fährt er zunächst eine kurze Strecke zum Bahnhof, transportiert das Rad dann für längere Zeit mit dem Zug und legt abschließend eine Etappe mit dem Pedelec zum Arbeitsplatz zurück. Bei diesem Weg mit drei Etappen würde der Zug als Hauptverkehrsmittel definiert, wobei wichtige Informationen über die Etappen mit dem Pedelec verloren gehen. Um dieses Risiko zu vermeiden, erfolgten in der NCS alle Analysen des Aktivitätentagebuchs unter Einbezug aller *Etappen*, d.h. es wurde kein Hauptverkehrsmittel pro Weg bestimmt. Um beispielsweise zu ermitteln, wie häufig die Teilnehmer verschiedene Verkehrsmittel in der Tagebuchwoche nutzten, wurden bei Wegen mit mehreren Etappen alle Etappen einzeln in die Auswertung einbezogen. Um das Mobilitätsverhalten der Teilnehmer mit dem (Elektro-)Fahrrad näher zu charakterisieren, flossen alle Etappen einzeln in die Analyse ein, die mit dem (Elektro-)Fahrrad zurückgelegt wurden.

Dabei werden nur die Etappen betrachtet, die die Teilnehmer mit dem charakteristischen Verkehrsmittel der jeweiligen Fahrzeuggruppe zurücklegten, d.h. die Pedelec25- und Pedelec45-Fahrer mit dem Elektrofahrrad und Fahrradfahrer mit dem Fahrrad fuhren. Etappen, die Pedelec-Fahrer mit einem herkömmlichen Fahrrad fuhren, gingen nicht in die Analyse ein.

Da der Großteil der im Aktivitätentagebuch angegebenen Wege nur eine Etappe umfasste, wird im Folgenden nur noch von Wegen gesprochen.

3 Ergebnisse

3.1 Fahrzeugbewertung durch Pedelec- und Fahrradfahrer

Die Angaben aus Vor- und Nachbefragung liefern einen Einblick in die Bewertung von (Elektro-)Fahrrädern durch die Teilnehmer. Dabei ist vor allem von Interesse, aus welchen Gründen sich die Teilnehmer für die Benutzung des jeweiligen Zweirades entscheiden. Darüber hinaus wird thematisiert, wie Spezifika von Pedelecs bewertet und welche Unterschiede zu herkömmlichen Fahrrädern wahrgenommen werden.

3.1.1 Aus welchen Gründen wird ein Pedelec oder Fahrrad (nicht) genutzt?

Die Teilnehmer sollten in der Vorbefragung bei einer offenen Frage angeben, welche Vor- und Nachteile sie bei Pedelecs oder Fahrrädern wahrnehmen. Die Antworten der Teilnehmer wurden zu Kategorien zusammengefasst. Hinsichtlich der wahrgenommenen Vor- und Nachteile von (Elektro-)Fahrrädern zeigten sich teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen (siehe Tabelle 7). Von Pedelec25- und Pedelec45-Fahrern wurden an erster Stelle typische Vorteile ihres Pedelecs in Abgrenzung zu einem normalen Fahrrad genannt. Für diese Gruppen stand die reduzierte Anstrengung im Fokus, sei es generell oder bei der Bewältigung von Bergen bzw. beim Fahren längerer Strecken. Weiterhin wurde von 22,4% der Pedelec25- und 20,0% der Pedelec45-Fahrer die Schnelligkeit als Vorteil benannt. Der Spaßfaktor des Radfahrens wurde von 19,4% bis 30,0% der Probanden je nach Gruppe genannt. Während 90,3% der normalen Radfahrer vor allem die gesundheitlichen Vorteile in den Vordergrund stellten, waren diese Aspekte für die anderen beiden Gruppen nicht von zentraler Bedeutung. Als weiterer wichtiger Vorteil wurde von 48,4% der Fahrradfahrer das schnelle Vorankommen in der Stadt betrachtet. Hierbei lässt sich vermuten, dass die Fahrradfahrer die Vorteile vor allem in Abgrenzung zu einem Pkw betrachteten, während für Pedelec-Fahrer vor allem Unterschiede zu einem herkömmlichen Fahrrad im Vordergrund standen.

Tabelle 7:

Wahrgenommene Vorteile von (Elektro-)Fahrrädern nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung).

| | Anteil der Teilnehmer, die Vorteil genannt haben (in %) | | |
|--|---|----------------------------|----------------------------|
| | Fahrrad <i>n</i> = 31 | Pedelec25 <i>n</i> = 49 | Pedelec45 <i>n</i> = 10 |
| Reduktion der körperlichen Anstrengung generell | 0,0 | 46,9 | 30,0 |
| Berge/Steigungen leichter zu bewältigen | 0,0 | 44,9 | 10,0 |
| Längere Strecken möglich | 0,0 | 28,6 | 0,0 |
| Schneller im Gegensatz zu Fahrrad | 0,0 | 22,4 | 20,0 |
| Leichteres, schnelleres Anfahren/Beschleunigen/Überholen | 0,0 | 16,3 | 0,0 |
| Entspannung/Spaß/Freude | 19,4 | 26,5 | 30,0 |
| Finanzielle Ersparnis | 32,3 | 10,2 | 40,0 |
| Körperliche Bewegung/Gesundheit/Fitness | 90,3 | 12,2 | 10,0 |
| Gesundheitliche oder kräftemäßige Nachteile ausgleichen | 0,0 | 14,3 | 10,0 |
| Weniger Schwitzen | 0,0 | 6,1 | 20,0 |
| Schonung der Umwelt | 22,6 | 8,2 | 0,0 |
| Schneller in der Stadt vorankommen, keine Umwege | 48,4 | 2,0 | 0,0 |
| Flexibel und unkompliziert | 32,3 | 2,0 | 10,0 |
| Weniger/keine Parkplatzsuche | 16,1 | 2,0 | 0,0 |
| Weniger Autonutzung | 6,5 | 2,0 | 20,0 |
| Zeitersparnis | 3,2 | 2,0 | 20,0 |

Anmerkung: Bei der Beantwortung traten Mehrfachnennungen auf.

In Bezug auf die wahrgenommenen Nachteile zeigte sich eine noch deutlichere Trennung zwischen den Pedelec-Gruppen auf der einen und den Fahrradfahrern auf der anderen Seite (siehe Tabelle 8). 79,6% der Pedelec25- und 50,0% der Pedelec45-Fahrer betrachten vor allem das hohe Gewicht des Rades als problematisch. Der Akku wurde hinsichtlich Reichweite von 49,0% bzw. 80,0% der Pedelec-Fahrer und bezüglich Ladedauer von 20,4% bzw. 10,0% als Nachteil genannt. Weiterhin bewerteten 28,6% bzw. 40,0% den hohen Anschaffungspreis kritisch. Radfahrer sahen Nachteile vor allem darin, unmittelbar der Witterung (71,0%) sowie den Gefahren des Straßenverkehrs (51,6%) ausgesetzt zu sein. Aber auch infrastrukturelle Probleme wie ein schlechter Zustand der Infrastruktur oder zu wenige Radwege wurden als nachteilig erlebt.

Tabelle 8:

Wahrgenommene Nachteile von (Elektro-)Fahrrädern nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung).

| | Anteil der Teilnehmer, die Nachteil genannt haben (in %) | | |
|---|--|---------------------|---------------------|
| | Fahrrad n = 31 | Pedelec25 n = 49 | Pedelec45 n = 10 |
| Hohes Gewicht des Rades | 0,0 | 79,6 | 50,0 |
| Akku (Reichweite/Kapazität) | 0,0 | 49,0 | 80,0 |
| Akku (Ladedauer, Aufwand) | 0,0 | 20,4 | 10,0 |
| Hoher Preis (Anschaffung) | 0,0 | 28,6 | 40,0 |
| Hoher Preis (Ersatzakku) | 0,0 | 8,2 | 10,0 |
| Komplexität/Anfälligkeit der Technik | 0,0 | 4,1 | 10,0 |
| Unterschätzung der Geschwindigkeit durch Andere | 0,0 | 6,1 | 0,0 |
| Höhere Diebstahlgefahr | 0,0 | 4,1 | 20,0 |
| Schlechteres Fahrverhalten als normales Fahrrad | 0,0 | 4,1 | 10,0 |
| Schlechter Witterung direkt ausgesetzt | 71,0 | 0,0 | 40,0 |
| Gefahren im Straßenverkehr direkt ausgesetzt | 51,6 | 0,0 | 0,0 |
| Größere Gefahr bei Unfällen/ zu verunfallen | 12,9 | 2,0 | 0,0 |
| Schlechter Zustand der Infrastruktur (Schlaglöcher, Dreck etc.) | 12,9 | 2,0 | 0,0 |
| Zu wenige Radwege | 22,6 | 0,0 | 0,0 |
| Lasten- und Gepäckmitnahme begrenzt | 22,6 | 0,0 | 0,0 |
| Anstrengung/Schwitzen | 16,1 | 0,0 | 0,0 |
| Begrenzter Mobilitätsradius | 12,9 | 0,0 | 0,0 |

Anmerkung: Bei der Beantwortung traten Mehrfachnennungen auf.

Die Probanden wurden mit geschlossenen Fragen zusätzlich um eine Bewertung verschiedener möglicher Gründe für eine Nutzung des Fahrrads bzw. Elektrofahrrads gebeten. Hierbei zeigte sich deutlich über alle Gruppen hinweg, dass die Freude am Radfahren der wichtigste Nutzungsgrund war (97,7% Zustimmung). Ferner stimmten 94,4% der Teilnehmer zu, dass sie damit etwas für ihre Gesundheit und Fitness tun wollen. Gesundheitliche Aspekte spielten demnach auch für Pedelec-Fahrer eine entscheidende Rolle für die Nutzung eines Elektrofahrrads. Dass diese Aspekte bei der offenen Frage nach den wahrgenommenen Vorteilen von Pedelecs nur in geringem Maße thematisiert wurden, ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass für Pedelec-Fahrer bei dieser Frage vor allem Unterschiede zu herkömmlichen Fahrrädern salient waren. Als weitere wichtige Nutzungsgründe von (Elektro-)Fahrrädern wurden die Schonung der Umwelt (70,6%), der hohe Benzin-/Dieselpreis (65,9%) und die Möglichkeit, mit dem Rad direkt zum Ziel zu fahren (65,9%), benannt. Hierbei zeigten sich keine Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen.

Nach Gründen der Nichtnutzung des Fahrrads bzw. Pedelecs befragt, gaben 67,8% der Befragten Kälte und Nässe an. Dieser Aspekt spielte für Pedelec45-Fahrer allerdings nur eine untergeordnete Rolle (30,0%), obwohl diese ihr Elektrofahrrad in den Frühlings- und Herbstmonaten nach eigener Angabe deutlich seltener nutzen als die anderen Fahrzeuggruppen (siehe Kapitel 3.2.1). Als weitere Ursachen für eine Nichtnutzung der (Elektro-)Fahrräder wurden große Entfernungen (44,3%) und lange Fahrtauern (34,5%) angegeben. Ferner behinderten bei einem Viertel der Probanden zu viel Gepäck oder Kinder die Nutzung des Fahrrads oder Pedelecs.

Die Fahrradfahrer wurden noch einmal gesondert gefragt, was aus ihrer Sicht gegen die Nutzung eines Elektrofahrrads spricht. 90,0% der Probanden gaben an, noch etwas für die eigene Gesundheit tun zu wollen und diese Bestrebung mit einem Elektrofahrrad nicht umsetzen zu können. Dazu passend waren 75,0% der Ansicht, dass mit einem Elektrofahrrad die sportliche Herausforderung fehlt. Ferner stimmten 69,2% zu, dass ihnen der Anschaffungspreis zu hoch ist.

Die Pedelec-Fahrer gaben bei einer offenen Frage Gründe für die Anschaffung eines Elektrofahrrads an. Diese Gründe beschäftigten sich überwiegend mit dem Vorteil geringer körperlicher Anstrengung beim Radfahren (siehe Tabelle 9). Am häufigsten nannten die Teilnehmer die geringere Anstrengung (an Bergen oder mit Gepäck) als Anschaffungsgrund, dicht gefolgt vom Ausgleich gesundheitlicher Einschränkungen oder mangelnder Fitness. Dieser Punkt hatte vor allem bei den mittelalten und älteren Fahrern beider Fahrzeugtypen eine größere Bedeutung. Ein weiterer wichtiger Anschaffungsgrund war für die meisten Altersgruppen beider Fahrzeugtypen der Spaß an der Technik.

Tabelle 9:
Anschaffungsgründe für ein Elektrofahrrad (Angaben aus Vorbefragung).

| | Anteil der Antworten der Teilnehmer (in %) | | | | | |
|--|--|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | Pedelec25 | | | Pedelec45 | | |
| | ≤ 40 Jahre <i>n</i> = 16 | 41-64 Jahre <i>n</i> = 14 | ≥ 65 Jahre <i>n</i> = 19 | ≤ 40 Jahre <i>n</i> = 3 | 41-64 Jahre <i>n</i> = 6 | ≥ 65 Jahre <i>n</i> = 1 |
| Weniger Anstrengung (am Berg/Gepäck) | 30,0 | 38,0 | 20,0 | 50,0 | 16,7 | 50,0 |
| Ausgleich gesundheitlicher Einschränkungen/ mangelnder Fitness | 13,3 | 28,6 | 40,0 | - | - | 50,0 |
| Spaß an der Technik | 26,7 | 9,5 | 4,0 | 16,7 | 33,4 | - |
| Altersgründe | - | 4,8 | 20,0 | - | - | - |
| Schneller unterwegs | 13,3 | 4,8 | - | - | 16,7 | - |
| Weniger verschwitz ankommen | 10,0 | 4,8 | - | - | 8,3 | - |
| Fahrspaß | 6,7 | - | 12,0 | - | - | - |
| Umweltfreundlich | - | - | - | 16,7 | 8,3 | - |
| Größerer Aktionsradius | - | - | 4,0 | - | 8,3 | - |
| Geringere Kosten als Pkw (Autoersatz) | - | 9,5 | - | 16,6 | 8,3 | - |

Anmerkung: Bei der Beantwortung traten Mehrfachnennungen auf.

3.1.2 Wie werden Spezifika von Pedelecs bewertet?

Pedelecs unterscheiden sich in verschiedenen Punkten wesentlich von herkömmlichen Fahrrädern. Dazu zählen beispielsweise erhöhtes Gewicht, höhere mögliche Geschwindigkeiten und Rekuperation. Nach den Spezifika befragt, an die sich die Pedelec-Nutzer beim Fahren ihres Rades zunächst am meisten gewöhnen mussten, betrachteten die Teilnehmer vor allem das hohe Gewicht als gewöhnungsbedürftig. Schnelle Beschleunigung, höhere Geschwindigkeit und Rekuperation waren mit geringerem Gewöhnungsaufwand verbunden. Wie Abbildung 6 zeigt, mussten sich Pedelec25-Fahrer in stärkerem Maße an die schnelle Beschleunigung und das hohe Gewicht gewöhnen als Pedelec45-Nutzer.

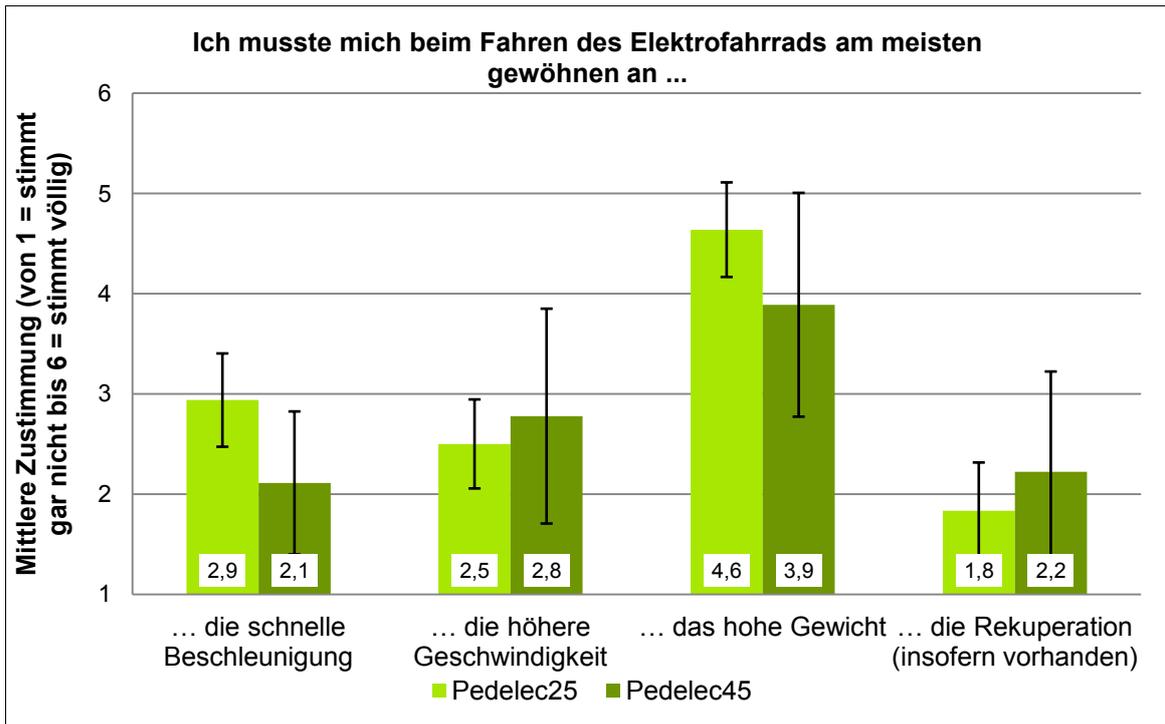


Abbildung 6:
Gewöhnung an Spezifika des Elektrofahrrades nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Nachbefragung; Mittelwerte und Konfidenzintervalle; Pedelec25: n = 48, mit Rekuperation n = 30; Pedelec45: n = 9, mit Rekuperation n = 9).

Alle Altersgruppen mussten sich in vergleichbar hohem Maße an das hohe Gewicht der Elektrofahrräder gewöhnen (siehe Abbildung 7) In Bezug auf Rekuperation und schnelle Beschleunigung nahm der Gewöhnungsaufwand mit steigendem Alter ab. Auch bezüglich der Gewöhnung an höhere Geschwindigkeiten gaben Teilnehmer über 64 Jahre den geringsten Wert an. Das mag damit verbunden sein, dass ältere Nutzer generell niedrigere Geschwindigkeiten erreichten als jüngere Fahrer (siehe Kapitel 3.3) was eine Gewöhnung an Beschleunigung und Geschwindigkeit obsolet werden lässt.

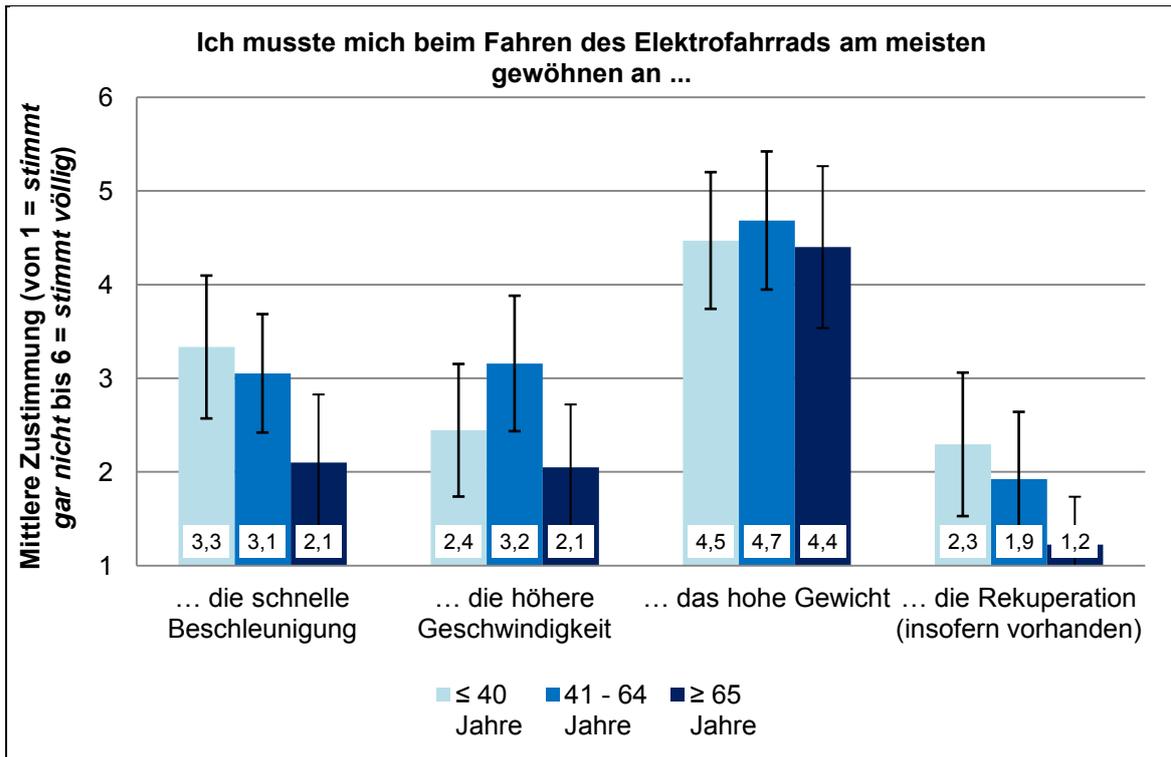


Abbildung 7:

Gewöhnung an Spezifika des Elektrofahrrades nach Altersgruppe bei Pedelec-Fahrern (Angaben aus Nachbefragung; Mittelwerte und Konfidenzintervalle; ≤ 40 Jahre: $n = 18$, mit Rekuperation $n = 17$; 41-64 Jahre: $n = 19$, mit Rekuperation $n = 13$; ≥ 65 Jahre: $n = 20$, mit Rekuperation $n = 9$).

Auch die begrenzte Reichweite des Elektroantriebs stellt eine spezifische Eigenschaft von Pedelecs dar:

- Die selbsteingeschätzte durchschnittliche Reichweite des Elektrofahrrades bei vollgeladenem Akku lag in der Gruppe der Pedelec25-Nutzer bei 45,1 km ($SD = 29,8$), in der Gruppe der Pedelec45-Nutzer hingegen bei 34,3 km ($SD = 25,6$).
- Diese Werte waren deutlich niedriger als die Angaben, die die Hersteller der einzelnen Pedelecs zur maximalen Reichweite der Elektrofahräder im Mittel machen (Pedelec25: $M = 83,0$, $SD = 30,7$; Pedelec45: $M = 75,6$, $SD = 1,8$).
- Beide Nutzergruppen zeigten eine mittlere Zufriedenheit mit der Reichweite ihrer Räder (auf einer Skala von 1 = *sehr unzufrieden* bis 6 = *sehr zufrieden*), wobei Pedelec25-Nutzer ($M = 3,8$, $SD = 1,5$) tendenziell zufriedener waren als Pedelec45-Nutzer ($M = 3,0$, $SD = 1,1$). Der Unterschied zwischen beiden Gruppen war allerdings nicht statistisch bedeutsam ($F(1,55) = 2,16$, $p = ,147$). Auch unter Kontrolle des Alters war der Unterschied nicht signifikant ($F(1,54) = 1,60$, $p = ,212$), wobei auch das Alter als Kovariate keinen Einfluss auf die Zufriedenheit hatte ($F(1,54) = 0,75$, $p = ,391$).

Der Unterschied in der Zufriedenheit beider Gruppen spiegelt sich auch in der Einschätzung der Reichweite als Nachteil von Pedelecs wider (Pedelec25: 49,0%; Pedelec45: 80,0%). Die Diskrepanz mag einerseits mit der als höher eingeschätzten Reichweite durch Pedelec25-Fahrer einhergehen, andererseits aber auch von der Häufigkeit von Ausfällen des Elektroantriebs beeinflusst sein: Im Mittel gaben die Pedelec25-Nutzer an, dass ihr Elektroantrieb bei 1,8% ($SD = 3,7$) ihrer Fahrten ausfalle (z.B. weil der Akku leer ist), während es bei Pedelec45-Nutzern bei 3,4% ($SD = 2,4$) der Fahrten der Fall war. Die Spannweite der Angaben war dabei bei Pedelec25-Fahrern

größer (zwischen 0,0% und 20,0% der Fahrten) als bei Pedelec45-Nutzern (zwischen 0,0% und 5,0% der Fahrten).

Wie Tabelle 10 zeigt, verzichteten Pedelec25-Fahrer bei ihren Fahrten deutlich häufiger bewusst auf den Elektroantrieb (z.B. um einen besseren Trainingserfolg zu erzielen) als Pedelec45-Nutzer. Dabei war die Spannweite bei den Pedelec25-Nutzern erneut deutlich größer (zwischen 0,0% und 75,0% der Fahrten) als bei den Pedelec45-Nutzern (zwischen 0,0% und 30,0% der Fahrten). Der Unterschied zwischen beiden Fahrzeugtypen war statistisch bedeutsam ($F(1,55) = 4,66$, $p = ,035$). In einer weiterführenden Analyse trat unter Kontrolle des Alters allerdings kein signifikanter Unterschied mehr zwischen den Pedelec-Gruppen auf ($F(1,54) = 3,59$, $p = ,063$). Auch das Alter als Kovariate hatte keinen signifikanten Einfluss ($F(1,54) = 1,26$, $p = ,266$), wenngleich der Anteil von Fahrten, bei denen die Teilnehmer bewusst auf den Elektroantrieb verzichteten, mit zunehmendem Alter in beiden Fahrzeuggruppen anstieg. Diese Ergebnisse deuten auf eine Interaktion der Variablen Fahrzeugtyp x Alter hin: Der Unterschied zwischen den Fahrzeugtypen geht vor allem auf die Pedelec45-Fahrer unter 64 Jahren zurück, die deutlich seltener bewusst auf den Elektroantrieb verzichteten als Pedelec25-Fahrer im gleichen Alter.

Tabelle 10:
Selbsteingeschätzter Anteil von Fahrten, bei denen Pedelec-Nutzer bewusst auf den Elektroantrieb verzichten, nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Nachbefragung).

| | Anteil von Fahrten (in%) | | | | | |
|--------------------|--------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | Pedelec25 | | | Pedelec45 | | |
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| ≤ 40 Jahre | 16 | 22,0 | 23,3 | 2 | - | - |
| 41-64 Jahre | 13 | 25,0 | 23,5 | 6 | 4,3 | 7,9 |
| ≥ 65 Jahre | 19 | 27,6 | 27,8 | 1 | - | - |

Ein weiteres Spezifikum von Pedelecs besteht in der Notwendigkeit des Aufladens der Akkus. Die meisten Pedelec25-Nutzer (83,7%) luden ihr Elektrofahrzeug nach eigenen Angaben mindestens einmal in der Woche, 28,6% sogar fast täglich. Die übrigen Teilnehmer dieser Nutzergruppe luden ihr Rad alle zwei Wochen oder seltener. Der Großteil der Pedelec45-Nutzer lud das Rad täglich (70,0%) oder zweimal pro Woche (10,0%). Geladen wurde dabei in beiden Gruppen häufig abends (Pedelec25: 36,7%; Pedelec45: 10,0%) oder über Nacht (Pedelec25: 49,0%; Pedelec45: 70,0%). Das Laden am Morgen bzw. Mittag war vergleichsweise selten.

Der Anlass zum Laden unterschied sich zwischen den beiden Fahrzeuggruppen: Während der Großteil der Pedelec25-Nutzer (81,6%) angab, das Rad tendenziell immer dann zu laden, wenn der Ladezustand unter ein bestimmtes Level fällt, traf das nur auf 50,0% der Pedelec45-Nutzer zu. In dieser Gruppe luden 40,0% der Teilnehmer das Rad regelmäßig ohne auf den Ladezustand zu achten. Bei den Pedelec25-Nutzern traf das auf 16,3% zu.

In der Nachbefragung sollten die Teilnehmer auch angeben, wo sie ihr Pedelec laden:

- Der Großteil der Teilnehmer lud das Rad nach eigenen Angaben ausschließlich zu Hause (Pedelec25: 89,8%; Pedelec45: 60,0%), die Minderheit hingegen bei der

Arbeit (Pedelec25: 4,1%; Pedelec45: 10,0%) oder sowohl zu Hause als auch bei der Arbeit (Pedelec25: 4,1%; Pedelec45: 20,0%).

- Die Teilnehmer, die ihr Rad zu Hause luden, nutzten vorrangig Keller (Pedelec25: 31,8%; Pedelec45: 50,0%), Garage (Pedelec25: 18,2%; Pedelec45: 50,0%) oder einen Platz in der Wohnung (Pedelec25: 27,3%; Pedelec45: 0,0%) zum Laden.
- Die übrigen Probanden luden ihr Rad in Schuppen, Werkstatt oder Wirtschaftsraum (Pedelec25: 6,8%; Pedelec45: 0,0%) oder machten keine spezifische Angabe zum Ladeort (Pedelec25: 15,9%; Pedelec45: 0,0%).

Ein Laden innerhalb der Wohnräume ist möglich, da sich der Akku eines Elektrofahrrades ausbauen lässt: 34,7% der Pedelec25-Nutzer und 30,0% der Pedelec45-Nutzer bauten den Akku für das Laden aus, während 40,8% bzw. 40,0% den Akku am Rad luden. Die übrigen Teilnehmer machten dazu keine Angabe.

3.1.3 Welche Unterschiede im Fahrverhalten werden zwischen Pedelecs und herkömmlichen Fahrrädern wahrgenommen?

Die Pedelec-Nutzer wurden um eine Einschätzung gebeten, inwieweit sich ihr Fahrverhalten bei Nutzung ihres Elektrofahrrades im Vergleich zum Gebrauch von herkömmlichen Fahrrädern unterscheidet (z.B. in Hinblick auf die Länge von Strecken oder die Geschwindigkeit während der Fahrt). Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11:

Wahrgenommene Unterschiede bezüglich ausgewählter Aspekte des Fahrverhaltens bei Nutzung eines Pedelecs im Vergleich zu herkömmlichen Fahrrädern (Angaben aus Nachbefragung).

| | Anteil der Teilnehmer (in %) | | | | | |
|---|------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|--------------|
| | Pedelec 25 <i>n</i> = 48 | | | Pedelec 45 <i>n</i> = 9 | | |
| | ↓ | ↔ | ↑ | ↓ | ↔ | ↑ |
| Länge der gefahrenen Strecken | 8,5 | 19,1 | 72,3 | 33,3 | 11,1 | 55,6 |
| Geschwindigkeit während der Fahrt | 6,3 | 12,5 | 81,3 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| Befahren steiler Anstiege | 2,1 | 20,8 | 77,1 | 0,0 | 22,2 | 77,8 |
| Gedanken über Routenwahl | 29,2 | 33,3 | 37,5 | 33,3 | 22,2 | 44,4 |
| Leichtigkeit Anfahren | 12,8 | 17,0 | 70,2 | 11,1 | 11,1 | 77,8 |
| Leichtigkeit Beschleunigen | 2,1 | 6,3 | 91,7 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| Leichtigkeit Abbiegen | 8,5 | 78,7 | 12,8 | 0,0 | 88,9 | 11,1 |
| Leichtigkeit Ausweichen von Hindernissen | 14,6 | 72,9 | 12,5 | 33,3 | 66,7 | 0,0 |
| Leichtigkeit Bremsen | 10,4 | 72,9 | 16,7 | 11,1 | 66,7 | 22,2 |
| Leichtigkeit Kontrolle über das Elektrofahrrad | 8,3 | 68,8 | 22,9 | 11,1 | 88,9 | 0,0 |
| Häufigkeit Überholen anderer Radfahrer | 8,3 | 12,5 | 79,2 | 0,0 | 11,1 | 88,9 |
| Leichtigkeit Überholen anderer Radfahrer | 4,2 | 18,8 | 77,1 | 0,0 | 11,1 | 88,9 |
| Überquerung einer Kreuzung, wenn die Ampel von Grün auf Gelb wechselt | 16,7 | 58,3 | 25,0 | 11,1 | 22,2 | 66,7 |
| Überquerung einer Kreuzung, wenn die Ampel von Gelb auf Rot wechselt | 27,1 | 62,5 | 10,4 | 22,2 | 66,7 | 11,1 |
| Transport von Gepäck | 12,5 | 56,3 | 31,3 | 11,1 | 55,6 | 33,3 |
| Gewicht des transportierten Gepäcks | 25,5 | 51,1 | 23,4 | 22,2 | 55,6 | 22,2 |

Anmerkung: ↓ In geringerem Maße als bei einem herkömmlichen Fahrrad. ↑ In stärkerem Maße. ↔ Kein Unterschied.

Während die Mehrheit der Teilnehmer in beiden Nutzergruppen angab, mit dem Pedelec schneller zu fahren als mit einem herkömmlichen Fahrrad und häufiger steile Anstiege zu bewältigen, ergaben sich hinsichtlich der Einschätzung der Streckenlänge Unterschiede zwischen den Gruppen. Drei Viertel der Pedelec25-Nutzer waren der Ansicht, mit dem Elektrofahrrad längere Strecken zurückzulegen. Bei den Pedelec45-Nutzern war dieser Anteil mit 56% geringer. Ein Drittel dieser Nutzer legte nach eigener Einschätzung sogar kürzere Strecken zurück als mit einem herkömmlichen Fahrrad.

Beide Nutzergruppen gaben an, das Anfahren und Beschleunigen mit dem Pedelec im Vergleich zu herkömmlichen Fahrrädern als leichter zu erleben. Zusätzlich waren die Teilnehmer beider Nutzergruppen mehrheitlich der Ansicht, mit dem Elektrofahrrad

häufiger andere Radfahrer zu überholen und eine geringere Schwierigkeit bei solchen Überholvorgängen zu empfinden. In Bezug auf die Leichtigkeit beim Abbiegen, Ausweichen und Bremsen sowie hinsichtlich der Kontrollierbarkeit des Fahrzeugs nahm der Großteil beider Nutzergruppen keine Unterschiede zu einem herkömmlichen Fahrrad wahr. Die Nutzung eines Pedelecs schien auch keinen eindeutigen Effekt auf die Routenwahl zu haben: In beiden Gruppen berichteten anteilig etwa gleich viele Personen, sich weniger, mehr oder genauso viele Gedanken über die Routenwahl zu machen wie bei der Nutzung eines herkömmlichen Fahrrads.

Bei sicherheitskritischen Aspekten zeigte sich ein Unterschied zwischen den Gruppen: Während Pedelec25-Nutzer angaben, genauso häufig Ampeln, die von Grün auf Gelb wechseln, mit dem Elektrofahrrad wie mit einem herkömmlichen Fahrrad zu überfahren, berichteten zwei Drittel der Pedelec45-Nutzer über einen Anstieg dieses Verhaltens. Allerdings trat eine Überquerung von Ampeln, die von Gelb auf Rot umschalten, bei der Mehrheit beider Gruppen genauso häufig auf wie mit einem herkömmlichen Zweirad.

In Bezug auf den Transport von Gepäck erlebte die Hälfte der Teilnehmer aus beiden Nutzergruppen keinen Unterschied zu herkömmlichen Fahrrädern und ca. ein Drittel beider Gruppen gab an, häufiger Gepäck zu transportieren. Hinsichtlich des Gewichts dieses Gepäcks ergab sich ein gemischtes Bild: Zwar gaben die meisten Teilnehmer an keinen Unterschied zum Transport mit einem herkömmlichen Fahrrad wahrzunehmen, allerdings war jeweils ein Viertel der Teilnehmer aus beiden Gruppen der Ansicht, das Gepäck sei leichter bzw. schwerer.

Ferner wurden die Elektrofahrradfahrer gefragt, bei welchen Fahrten sie froh sind, ein Elektrofahrrad statt eines normalen Fahrrads zu benutzen. An erster Stelle benannten 61,0%, dass sie besonders an Anstiegen froh darüber sind, an zweiter Stelle wurden von 23,7% der Arbeitsweg und an dritter Stelle mit 20,3% längere Strecken oder Radtouren genannt. Bei viel Gepäck waren die Teilnehmer ebenso froh ein Elektrofahrrad zu besitzen (17,0%).

3.1.4 Zusammenfassung

Die Fahrzeugbewertung der Teilnehmer gibt Aufschluss darüber, welche Vor- und Nachteile mit den einzelnen Fahrzeugtypen verbunden sind und aus welchen Gründen Pedelecs und Fahrräder genutzt werden. Darüber hinaus wird deutlich, wie Spezifika von Pedelecs in Abgrenzung zu herkömmlichen Fahrrädern wahrgenommen werden.

Bei den wahrgenommenen Vor- und Nachteilen der spezifischen Fahrzeuge traten deutliche Unterschiede zwischen den Nutzergruppen auf. Für Pedelec-Fahrer standen vor allem Spezifika der Elektrofahrräder im Vordergrund: Reduzierte Anstrengung bei der Bewältigung von Anstiegen bzw. beim Fahren von längeren Strecken sowie die Geschwindigkeit wurden als zentrale Vorteile benannt, das hohe Gewicht des Pedelecs und die eingeschränkte Reichweite hingegen als wesentliche Nachteile. Die Fahrradfahrer benannten vor allem gesundheitliche Aspekte wie körperliche Bewegung und Fitness sowie ein flexibles und schnelleres Vorankommen als Vorteile, während sie Nachteile vor allem darin sahen, unmittelbar der Witterung sowie den Gefahren des Straßenverkehrs ausgesetzt zu sein.

Bei den Gründen für eine Nutzung bzw. Nichtnutzung der (Elektro-)Fahrräder traten kaum Unterschiede zwischen den Fahrzeuggruppen auf. Alle Nutzergruppen betrachteten die Freude am Radfahren, gesundheitliche sowie ökologische Aspekte als zentrale Gründe für eine Nutzung. Zu den wesentlichen Gründen für eine Nichtnutzung

zählten vor allem die Witterung (Kälte und Nässe), große Entfernungen und lange Fahrtauern.

In Bezug auf Spezifika von Pedelecs bewerteten die Teilnehmer vor allem das hohe Gewicht als gewöhnungsbedürftig, während schnelle Beschleunigung und höhere Geschwindigkeit mit geringerem Gewöhnungsaufwand verbunden waren. Die Pedelec-Nutzer gaben darüber hinaus an, im Vergleich zu einem herkömmlichen Fahrrad mit dem Elektrofahrrad schneller zu fahren und häufiger steile Anstiege zu bewältigen, längere Strecken zurückzulegen, das Anfahren und Beschleunigen als leichter zu erleben sowie andere Radfahrer häufiger und leichter zu überholen.

3.2 Mobilitätsverhalten

Um das Mobilitätsverhalten der Teilnehmer abbilden zu können, wurden aus den Radsensordaten die Anzahl, Länge und Dauer der einzelnen Wege sowie die durchschnittliche Kilometerleistung bestimmt. Eine Verknüpfung dieser Daten mit den kodierten Streckenvideos erlaubte Aussagen über die Häufigkeit der Nutzung einzelner Infrastrukturtypen und des Auftretens regelwidrigen Fahrverhaltens. Zudem wurden die Radsensordaten zu den Angaben im Aktivitätentagebuch in Beziehung gesetzt, um Aussagen über Wegzwecke und den Einfluss von Begleitumständen wie Zeitdruck treffen zu können.

3.2.1 Anzahl der Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad, Nutzungshäufigkeit und Nutzungszeitraum

Insgesamt wurden im 4-wöchigen Erhebungszeitraum 4.348 Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad aufgezeichnet. Tabelle 12 zeigt die durchschnittliche Anzahl von Wegen mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtypen und Altersgruppen. Die Angaben wurden anhand der aufgezeichneten Videos ermittelt.

- Fahrradfahrer legten im gesamten Erhebungszeitraum tendenziell mehr Wege mit dem Zweirad zurück als Nutzer der beiden anderen Fahrzeugtypen. Die Unterschiede waren allerdings nicht statistisch bedeutsam ($F(2,84) = 2,63$, $p = ,078$).
- Teilnehmer unter 41 Jahren legten tendenziell weniger Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad zurück als Teilnehmer der beiden anderen Altersgruppen. Das Alter hatte jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die durchschnittliche Anzahl der Wege ($F(2,84) = 0,51$, $p = ,603$).

Tabelle 12:

Durchschnittliche Anzahl von Wegen mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum).

| | | Anzahl der Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad | |
|---------------------|----------|---|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | |
| Fahrrad | 28 | 59,9 | 31,0 |
| Pedelec25 | 49 | 45,9 | 22,2 |
| Pedelec45 | 10 | 42,4 | 43,5 |
| <i>Altersgruppe</i> | | | |
| ≤ 40 Jahre | 27 | 45,3 | 30,0 |
| 41-64 Jahre | 29 | 51,5 | 34,6 |
| ≥ 65 Jahre | 31 | 52,6 | 20,6 |

Im Aktivitätentagebuch sollten die Teilnehmer für alle Wege innerhalb der Tagebuchwoche die genutzten Verkehrsmittel dokumentieren. Diese Angaben ermöglichten es, die Nutzungshäufigkeit des (Elektro-)Fahrrades im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln zu relativieren. In der Tagebuchwoche legten die Teilnehmer ihre Wege vor allem mit dem Pkw als Fahrer (durchschnittlich 29,5% aller Wege), Elektrofahrrad (22,6%) bzw. Fahrrad (17,6%) und zu Fuß (16,1%) zurück. Andere Verkehrsmittel wie der ÖPNV (d.h. Straßen, S- oder Regionalbahn, Bus) oder Mopeds und Motorroller kamen selten zum Einsatz ($\leq 2,1\%$).

Im Vergleich zu den für Chemnitz repräsentativen Daten der Untersuchung *Mobilität in Städten* (Ahrens, Ließke, Wittwer, & Hubrich, 2010; siehe Kapitel 2.3.2) waren die Teilnehmer in der vorliegenden Studie anteilig deutlich häufiger mit dem Fahrrad unterwegs (SrV: 5,5% der Wege), legten die Wege hingegen seltener mit dem Pkw als Fahrer (42,1%), ÖPNV (14,2%) oder zu Fuß (25,9%) zurück. Diese Abweichung geht darauf zurück, dass für die NCS explizit Teilnehmer rekrutiert wurden, die ihr Zweirad häufig nutzen.

Abbildung 8 zeigt die Verkehrsmittelwahl nach Fahrzeugtypen getrennt. Angegeben ist der durchschnittliche Anteil einzelner Verkehrsmittel an allen Wegen pro Gruppe.

- Fahrradfahrer nutzten ihr Zweirad durchschnittlich für 45,6% ihrer Wege, Pedelec25-Fahrer für 31,4% und Pedelec45-Fahrer für 47,2% ihrer Wege.
- Pedelec45- und Fahrradfahrer nutzten ihr Zweirad häufiger als einen Pkw. Pedelec25-Fahrer beanspruchten beide Verkehrsmittel in vergleichbarem Maße.
- Pedelec25- absolvierten ebenso wie Fahrradfahrer häufiger Wege zu Fuß als Pedelec45-Nutzer.
- Auch Pedelec25- und Pedelec45-Fahrer nutzten ein konventionelles Fahrrad für einige Wege. In der Vorbefragung hatten 60,3% der Elektrofahrradfahrer angegeben, zusätzlich zu ihrem Pedelec ein herkömmliches Fahrrad zu besitzen. Diese Personen berichteten, das herkömmliche Fahrrad durchschnittlich zwei- bis dreimal in der Woche zu nutzen und damit in der Gutwetterperiode 38 km ($SD = 39,0$) in einer typischen Woche zurückzulegen, während es bei schlechtem Wetter 19 km ($SD = 29,5$) waren.

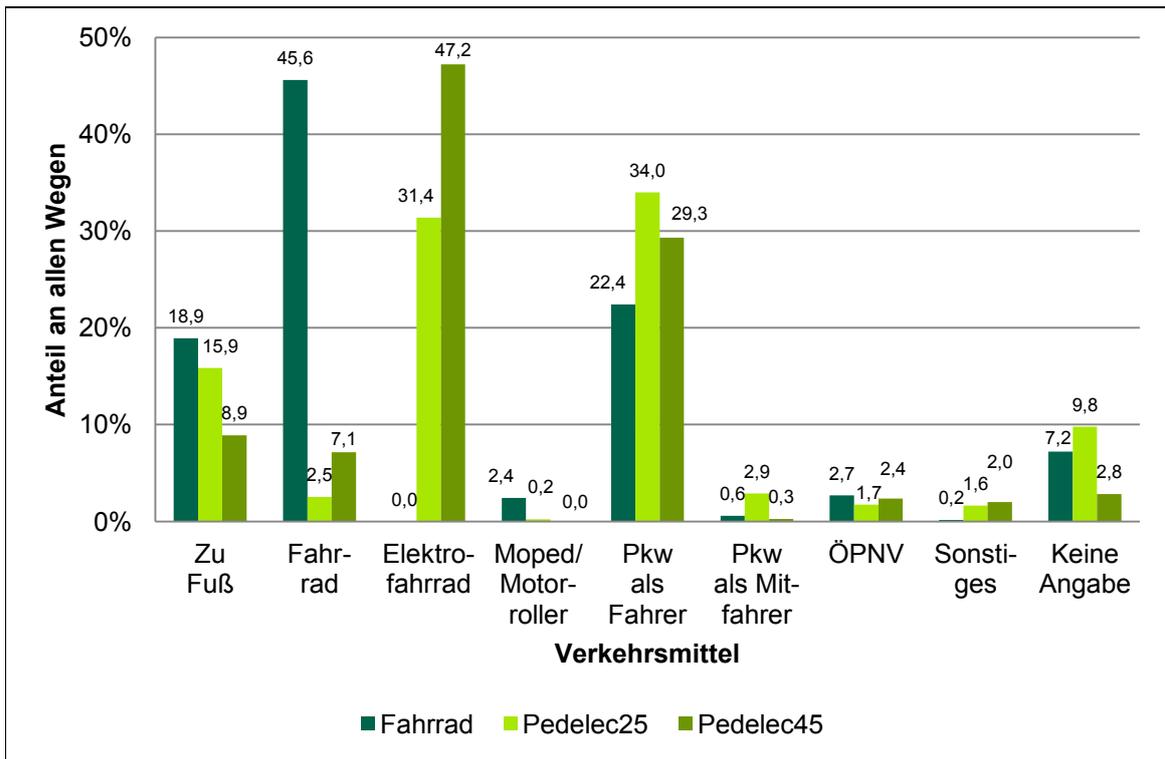


Abbildung 8:
 Verkehrsmittelwahl nach Fahrzeugtyp innerhalb der Tagebuchwoche (Angaben aus Aktivitätentagebuch;
 Fahrrad: n = 29; Pedelec25: n = 47; Pedelec45: n = 10).

Wie Abbildung 9 zeigt, traten zwischen den Altersgruppen kaum Unterschiede in der Nutzungshäufigkeit einzelner Verkehrsmittel auf. Teilnehmer unter 41 Jahren legten Wege häufiger zu Fuß zurück als Teilnehmer der beiden anderen Altersgruppen.

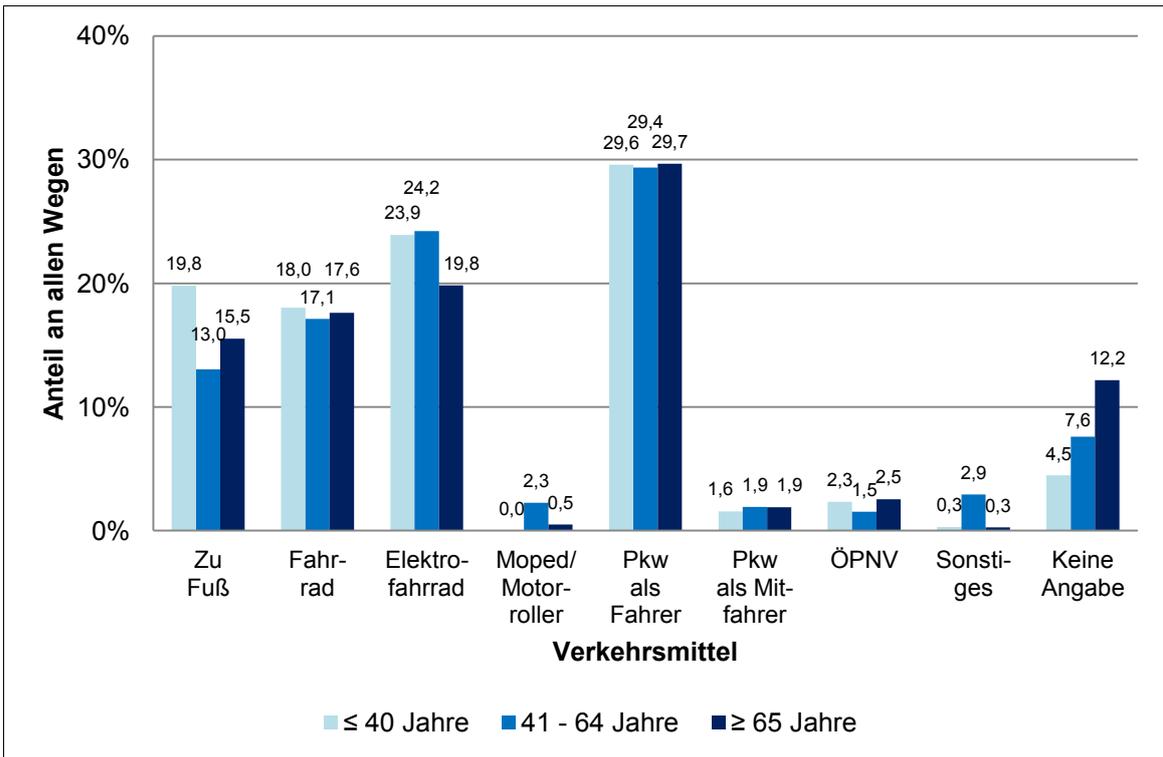


Abbildung 9:
Verkehrsmittelwahl nach Altersgruppe innerhalb der Tagebuchwoche (Angaben aus Aktivitätentagebuch;
 ≤ 40 Jahre: $n = 28$; 41 - 64 Jahre: $n = 29$; ≥ 65 Jahre: $n = 29$).

In der Vorbefragung gaben die Teilnehmer an, in welchen Monaten sie ihr (Elektro-)Fahrrad normalerweise nutzen. Die Teilnehmer berichteten, ihr Zweirad bevorzugt zwischen März und November zu nutzen, besonders aber in den Sommermonaten. Wie Abbildung 10 zeigt, gaben nur 31,3% aller Probanden an, im Winter mit dem Rad zu fahren, wobei die Pedelec25-Fahrer ihr Rad in dieser Jahreszeit seltener einsetzten als die Pedelec45- und Fahrradfahrer. Bei den Pedelec45-Fahrern zeigte sich darüber hinaus eine häufigere Nutzung in den Sommermonaten im Vergleich zu den anderen Monaten.

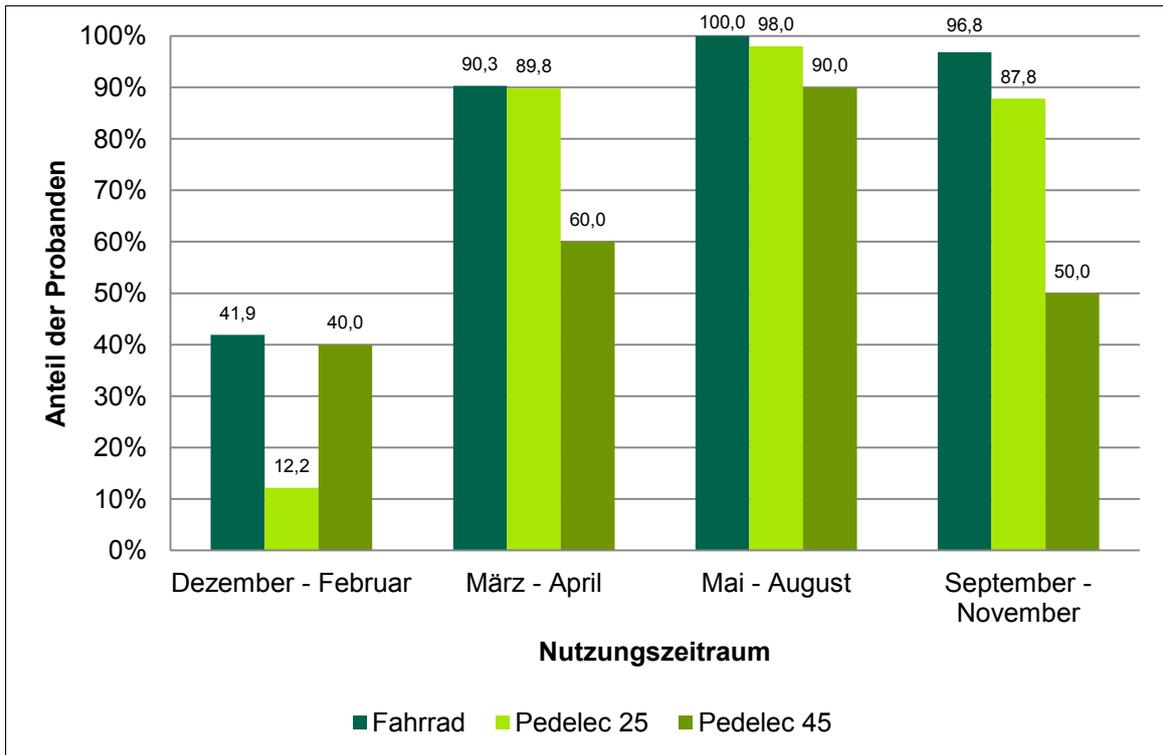


Abbildung 10:
Nutzung des (Elektro-)Fahrrads in verschiedenen Jahreszeiten nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung;
Fahrrad: $n = 31$; Pedelec25: $n = 49$; Pedelec45: $n = 9$).

3.2.2 Weglänge und Wegdauer

Tabelle 13 zeigt die mittlere Länge und Dauer der Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad im gesamten Erhebungszeitraum für die einzelnen Fahrzeugtypen und Altersgruppen. Die Angaben erfolgen pro Weg und weichen daher von der üblicherweise in der NCS gewählten Auswertungsebene (pro Person) ab (siehe Kapitel 2.9.1).

- Die durchschnittliche Weglänge unterschied sich zwischen den Fahrzeugtypen signifikant ($F(2,84) = 5,41, p = ,006$).
- Auch unter Kontrolle des Alters hatte der Fahrzeugtyp einen signifikanten Einfluss auf die Weglänge ($F(2,83) = 5,32, p = ,007$), wobei das Alter als Kovariate nicht statistisch bedeutsam war ($F(1,83) = 0,05, p = ,819$).
- Wie die post-hoc Vergleiche der Kovarianzanalyse zeigten, legten Pedelec45-Fahrer im Mittel signifikant längere Wege zurück als Fahrradfahrer ($p = ,005$). Pedelec25-Fahrer unterschieden sich weder von Pedelec45- ($p = ,073$) noch Fahrradfahrern ($p = ,289$) signifikant.
- Die durchschnittliche Weglänge unterschied sich nicht zwischen den einzelnen Altersgruppen ($F(2,84) = 2,06, p = ,134$).
- Die durchschnittliche Wegdauer unterschied sich zwischen den Fahrzeugtypen nicht signifikant ($F(2,84) = 1,33, p = ,269$).
- Auch unter Kontrolle des Alters hatte der Fahrzeugtyp keinen Einfluss auf die Wegdauer ($F(2,83) = 2,12, p = ,126$). Das Alter als Kovariate hatte einen signifikanten Effekt ($F(1,84) = 6,60, p = ,012$).

- In Übereinstimmung traten zwischen den Altersgruppen signifikante Unterschiede auf ($F(2,84) = 3,82, p = ,026$).
- Die post-hoc Einzelvergleiche zeigten marginal signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen: Teilnehmer unter 41 Jahren benötigten für ihre Wege weniger Zeit als Nutzer im Alter zwischen 41 und 64 Jahren ($p = ,058$) bzw. über 65 Jahren ($p = ,050$). Letztere Gruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander ($p = 1,000$).

Die durchschnittliche Weglänge und -dauer von Fahrradfahrern in der NCS ist mit den Ergebnissen der Untersuchung *Mobilität in Deutschland* (MiD, 2008) vergleichbar: Hier lag die mittlere Weglänge bei 3,2 Kilometern, die mittlere Wegdauer bei 19 Minuten (MiD, 2008; S. 89).

Tabelle 13:

Durchschnittliche Länge und Dauer von Wegen mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum).

| | | Länge der Wege (in km) | | Dauer der Wege (in Minuten) | |
|---------------------|----------|------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | | | |
| Fahrrad | 2247 | 3,5 ^{a, c} | 2,5 | 14,9 | 8,8 |
| Pedelec25 | 1677 | 4,7 ^c | 2,8 | 17,2 | 7,3 |
| Pedelec45 | 424 | 7,1 ^{b, c} | 4,2 | 19,4 | 9,9 |
| <i>Altersgruppe</i> | | | | | |
| ≤ 40 Jahre | 1225 | 4,1 | 2,5 | 13,2 | 5,6 |
| 41-64 Jahre | 1494 | 5,5 | 3,8 | 18,3 | 9,0 |
| ≥ 65 Jahre | 1629 | 4,1 | 2,5 | 18,3 | 8,6 |

Anmerkung: Unterschiedliche Buchstaben als Indices zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen an (post-hoc Vergleiche, Bonferroni).

3.2.3 Kilometerleistung

Die Teilnehmer legten im 4-wöchigen Erhebungszeitraum insgesamt 16.986 km zurück. Die durchschnittliche Kilometerleistung ist in Tabelle 14 dargestellt.

- Pedelec45-Fahrer fuhren tendenziell mehr Kilometer als die anderen beiden Nutzergruppen, wobei ein Teilnehmer dieser Gruppe mit 922,8 km deutlich über dem Gruppenschnitt lag. Pedelec25- und Fahrradfahrer legten im Mittel nahezu identisch viele Kilometer zurück.
- Die Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen waren nicht signifikant ($F(2,84) = 1,25, p = ,292$).
- Auch unter Kontrolle des Alters hatte der Fahrzeugtyp keinen signifikanten Einfluss auf die Kilometerleistung ($F(2,84) = 1,66, p = ,197$). Das Alter als Kovariate hatte ebenso keinen statistisch bedeutsamen Einfluss ($F(2,84) = 1,58, p = ,213$).

- Betrachtet man die Altersgruppen über alle Fahrzeugtypen hinweg, fuhren Nutzer unter 41 Jahren weniger Kilometer als Fahrer zwischen 41 und 64 Jahren und über 65 Jahren. Die Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren allerdings nicht signifikant ($F(2,84) = 2,73, p = ,071$).

Tabelle 14:
Durchschnittliche Kilometerleistung nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum).

| | Fahrzeugtyp | | | | | | | | | Gesamt | | |
|---------------|-------------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|----------|--------------|-----------|
| | Fahrrad | | | Pedelec25 | | | Pedelec45 | | | | | |
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| ≤ 40 Jahre | 8 | 149,1 | 69,7 | 16 | 159,3 | 113,9 | 3 | - | - | 27 | 153,6 | 95,0 |
| 41-64 Jahre | 9 | 210,9 | 113,3 | 14 | 193,4 | 110,7 | 6 | 345,5 | 210,9 | 29 | 230,3 | 166,8 |
| ≥ 65 Jahre | 11 | 198,3 | 131,4 | 19 | 206,1 | 61,5 | 1 | - | - | 31 | 198,7 | 93,1 |
| Gesamt | 28 | 188,3 | 110,1 | 49 | 187,2 | 95,9 | 10 | 254,1 | 246,7 | | | |

In der Vorbefragung wurden die Teilnehmer um eine Einschätzung gebeten, wie viele Kilometer sie durchschnittlich in einer typischen Woche während der Gutwetter- bzw. Schlechtwetterperiode zurücklegen. Insgesamt gaben die Probanden für die Schlechtwetterperiode eine niedrigere Kilometerleistung an als für die Gutwetterperiode. Wie Tabelle 15 zeigt, traten allerdings deutliche Unterschiede zwischen den Fahrzeuggruppen auf:

- Die Mittelwerte der angegebenen Kilometer unterschieden sich in der Gutwetterperiode zwischen den Fahrzeugtypen signifikant ($F(2,86) = 8,69, p < ,001$).
- Pedelec45-Fahrer gaben eine signifikant höhere Kilometerleistung an als die beiden anderen Gruppen ($p < ,001$), welche sich nicht signifikant unterschieden ($p = ,900$). Dabei nahm ein Pedelec45-Fahrer mit 600 km pro Woche bei gutem Wetter eine deutlich höhere Schätzung als die anderen Pedelec45-Fahrer vor.
- In der Schlechtwetterperiode bestanden ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Fahrzeuggruppen ($F(2,83) = 3,89, p = ,024$).
- Pedelec45-Fahrer unterschieden sich hierbei signifikant von Pedelec25- ($p = ,029$), aber nicht von Fahrradfahrern ($p = ,290$). Zwischen Pedelec25- und Fahrradfahrern bestand kein Unterschied ($p = ,419$).

Das Alter hatte keinen statistisch bedeutsamen Einfluss auf die Kilometerschätzung in einer Gutwetter- ($F(2,84) = 2,26, p = ,110$) und Schlechtwetterperiode ($F(2,84) = 0,828, p = ,440$).

Tabelle 15:

Schätzung der zurückgelegten Kilometer in einer typischen Woche während der Gut- und Schlechtwetterperiode nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Vorbefragung).

| | Selbsteingeschätzte Kilometerleistung in einer typischen Woche | | | | | |
|-------------|--|--------------------|-----------|-----------------------|----------------------|-----------|
| | Gutwetterperiode | | | Schlechtwetterperiode | | |
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| | <i>Fahrzeugtyp</i> | | | | | |
| Fahrrad | 31 | 72,7 ^a | 57,9 | 31 | 36,4 ^{a, b} | 36,3 |
| Pedelec25 | 49 | 65,6 ^a | 34,7 | 48 | 24,9 ^a | 30,1 |
| Pedelec45 | 9 | 166,7 ^b | 170,7 | 8 | 58,8 ^b | 41,6 |
| | <i>Altersgruppe</i> | | | | | |
| ≤ 40 Jahre | 29 | 63,1 | 30,1 | 29 | 26,9 | 29,8 |
| 41-64 Jahre | 29 | 101,2 | 107,0 | 28 | 38,6 | 31,3 |
| ≥ 65 Jahre | 31 | 71,1 | 58,1 | 30 | 31,1 | 41,5 |

Anmerkung: Unterschiedliche Buchstaben als Indices zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen an (post-hoc Vergleiche, Bonferroni).

Ein Vergleich zwischen den objektiven Radsensordaten und den selbsteingeschätzten Kilometerleistungen in einer typischen Woche während schönem Wetter zeigte, dass die Probanden ihre durchschnittliche Fahrleistung zu hoch bewerteten. Pedelec25-Nutzer gaben für eine Woche eine durchschnittliche Fahrleistung von 65,6 Kilometern an, legten innerhalb von einer Woche jedoch tatsächlich 46,7 Kilometer zurück. Sie überschätzten ihre Strecken somit um das 1,4-fache. Bei den Radfahrern zeigte sich ein identisches Bild. Die Pedelec45-Fahrer überschätzten ihre Fahrleistung sogar beinahe um das 3-fache.

3.2.4 Nutzung von Infrastrukturtypen

Um ein differenzierteres Bild zu erlangen, welche Infrastrukturtypen die Teilnehmer für ihre Wege nutzten, wurden die Kodierungen der Videos aus der Tagebuchwoche näher betrachtet. Tabelle 16 zeigt die auf einzelnen Infrastrukturtypen anteilig zurückgelegten Kilometer relativiert an der Gesamtkilometerzahl pro Fahrzeugtyp.

- Die Fahrbahn wurde von allen Teilnehmern am häufigsten genutzt, wobei zwischen den Fahrzeugtypen Unterschiede im Ausmaß der Fahrbahnnutzung auftraten: Während Pedelec45-Fahrer drei Viertel der gefahrenen Kilometer auf der Fahrbahn zurücklegten (75,5%), waren es bei Pedelec25-Fahrern nur etwa zwei Drittel (62,0%) und bei Fahrradfahrern sogar nur etwas mehr als die Hälfte (54,5%).
- Die unterschiedlichen Formen der Radinfrastruktur zusammengenommen wurden von Fahrradfahrern für 17,9% der zurückgelegten Kilometer genutzt, von Pedelec25-Fahrern für 15,4%. Entgegen den geltenden Vorschriften nutzten auch Pedelec45-Fahrer Radwege (13,7% der zurückgelegten Kilometer), insbesondere selbstständig geführte gemeinsame Rad- und Gehwege.

- Auch Feld- und Waldwege wurden vergleichsweise häufig genutzt, wobei Pedelec45-Fahrer anteilig deutlich weniger Kilometer auf dieser Infrastruktur fahren als die anderen beiden Nutzergruppen.
- Alle drei Fahrzeuggruppen nutzten Gehwege als Infrastruktur, wobei dieses regelwidrige Verhalten am häufigsten bei den Radfahrern auftrat.
- Andere Infrastrukturtypen (z.B. verkehrsberuhigte Bereiche, Fußgängerzonen und sonstige Infrastruktur wie Parkplätze oder Kleingartenanlagen) wurden vergleichsweise selten genutzt ($\leq 3,7\%$ der zurückgelegten Kilometer).

Es ist zu berücksichtigen, dass die Nutzungshäufigkeit einzelner Infrastrukturtypen maßgeblich vom Angebot der einzelnen Infrastrukturtypen abhängt.

Tabelle 16:

Anteil Kilometer pro Infrastruktur-und Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Streckenvideos; Tagebuchwoche).

| | Anteil der zurückgelegten Kilometer (in %) | | |
|---|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| | Fahrrad <i>n</i> = 25 | Pedelec25 <i>n</i> = 43 | Pedelec45 <i>n</i> = 9 |
| Fahrbahn | 54,9 | 62,0 | 75,5 |
| Markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn | 3,5 | 2,9 | 0,5 |
| Straßenbegleitender getrennter Rad- und Gehweg | 7,6 | 6,3 | 3,3 |
| Straßenbegleitender gemeinsamer Rad- und Gehweg | 1,7 | 1,1 | 0,1 |
| Selbstständig geführter gemeinsamer Rad- und Gehweg | 5,1 | 5,1 | 9,8 |
| Gehweg (<i>ohne freigegebene Gehwege</i>) | 9,2 | 7,4 | 3,3 |
| Gehweg für Radfahrer frei | 1,7 | 2,2 | 1,9 |
| Fußgängerzone für Radfahrer frei | 0,9 | 0,6 | 0,3 |
| Fußgängerzone | 0,4 | 0 | 0 |
| Feld-/Waldweg | 10,8 | 9,1 | 2,7 |
| Verkehrsberuhigter Bereich | 0,5 | 0,5 | 0,1 |
| Sonstiges | 3,7 | 2,8 | 2,5 |

Anmerkung: Die Kilometer pro Infrastruktur wurden jeweils an der Gesamtzahl aller zurückgelegten Kilometer innerhalb der einzelnen Fahrzeuggruppen relativiert.

In der Vorbefragung wurden die Teilnehmer gebeten, die Nutzungshäufigkeit einzelner Infrastrukturtypen auf einer 6-stufigen Skala (1 = *nie*, 2 = *fast nie*, 3 = *gelegentlich*, 4 = *öfters*, 5 = *häufig*, 6 = *fast ständig*) einzuschätzen (siehe Abbildung 11):

- Pedelec25- und Fahrradfahrer gaben an, Nebenstraßen und verschiedene Formen der Radinfrastruktur vergleichbar häufig zu nutzen (öfters bis ständig).

Demgegenüber nutzten beide Gruppen Hauptstraßen nach eigener Einschätzung in geringerem Maße (gelegentlich bis öfters).

- Pedelec45-Fahrer gaben an, Nebenstraßen am häufigsten zu nutzen (öfters bis häufig). Sie berichteten ferner, verschiedene Typen von Radinfrastruktur gelegentlich bis öfters zu nutzen, obwohl das rechtlich nicht zulässig ist.
- Alle Teilnehmer der drei Fahrzeugtypen nutzten nach eigener Einschätzung Gehwege (fast nie bis gelegentlich). Im Vergleich zu Pedelec25- und Fahrradfahrern gaben Pedelec45-Fahrer seltener Gehwegnutzung an.

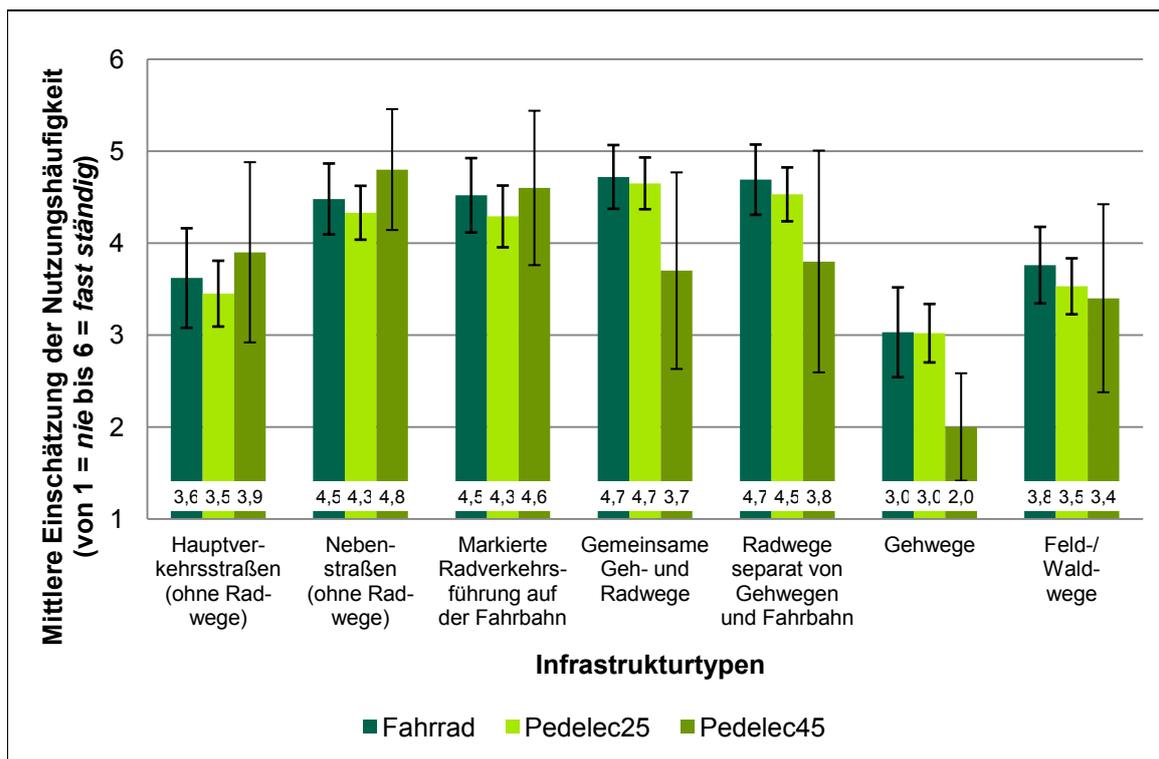


Abbildung 11:
Subjektive Einschätzung der Nutzungshäufigkeit einzelner Infrastrukturtypen (Angaben aus Vorbefragung; Mittelwerte und Konfidenzintervalle; $88 \leq n \leq 90$).

Ein deskriptiver Vergleich der subjektiven Angaben zur Nutzung einzelner Infrastrukturtypen und den anhand der kodierten Streckenvideos ermittelten Nutzungsmuster (siehe Tabelle 16) zeigt, dass:

- alle Teilnehmer die Nutzungshäufigkeit der Fahrbahn eher unterschätzten, während sie die Frequentierung von Radinfrastruktur überschätzten;
- Pedelec45-Fahrer korrespondierend mit den Videoanalysen angaben, verschiedene Typen von Radinfrastruktur zu nutzen, wobei sie die Nutzungshäufigkeit von markierter Radverkehrsführung auf der Fahrbahn im Vergleich zu selbstständig geführten gemeinsamen Geh- und Radwegen überschätzten;
- die subjektive Einschätzung der Nutzungshäufigkeit von Gehwegen den Videoanalysen entspricht: Pedelec25- und Fahrradfahrer zeigten dieses regelwidrige Verhalten häufiger als Pedelec45-Fahrer.

Das Alter der Teilnehmer hatte einen geringen Einfluss auf die Wahl der Infrastruktur (siehe Tabelle 17). Deutliche Unterschiede traten nur bei der Nutzung von Feld- und Waldwegen auf: Diese Infrastruktur wurden von Teilnehmern unter 41 Jahren deutlich seltener genutzt (2,2% der zurückgelegten Kilometer) als von Teilnehmern im Alter von 41 bis 64 Jahren (11,3%) und über 64 Jahren (10,8%).

Tabelle 17:
Anteil Kilometer pro Infrastrukturtyp nach Altersgruppe (Daten aus kodierten Streckenvideos; Tagebuchwoche).

| | Anteil der zurückgelegten Kilometer (in %) | | |
|---|---|-----------------------------------|--------------------------------|
| | ≤ 40 Jahre <i>n</i> = 24 | 41 - 64 Jahre <i>n</i> = 27 | ≥ 65 Jahre <i>n</i> = 26 |
| Fahrbahn | 64,6 | 58,6 | 62,1 |
| Markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn | 3,3 | 1,8 | 3,4 |
| Straßenbegleitender getrennter Rad- und Gehweg | 8,0 | 6,6 | 4,8 |
| Straßenbegleitender gemeinsamer Rad- und Gehweg | 0,5 | 1,8 | 1,0 |
| Selbstständig geführter gemeinsamer Rad- und Gehweg | 5,9 | 6,2 | 5,0 |
| Gehweg (<i>ohne freigegebene Gehwege</i>) | 9,1 | 7,0 | 6,7 |
| Gehweg für Radfahrer frei | 1,3 | 2,8 | 1,7 |
| Fußgängerzone für Radfahrer frei | 1,5 | 0,5 | 0,3 |
| Fußgängerzone | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| Feld-/Waldweg | 2,2 | 11,3 | 10,8 |
| Verkehrsberuhigter Bereich | 0,4 | 0,3 | 0,7 |
| Sonstiges | 2,9 | 2,9 | 3,4 |

3.2.5 Regelwidriges Fahrverhalten

Die Analyse der kodierten Streckenvideos aus der Tagebuchwoche erlaubte auch Aussagen darüber, in welchem Maße regelwidriges Fahrverhalten in der Stichprobe auftrat. Als regelwidriges Fahrverhalten galt dabei

- ein Befahren der angebotenen Infrastruktur in falscher Fahrtrichtung, d.h. eine Missachtung des Rechtsfahrgebots,
- die Nutzung von Gehwegen, die **nicht** für Radfahrer freigegeben sind, und
- ein Abweichen von angebotener Infrastruktur, insbesondere das Abweichen von benutzungspflichtiger Radinfrastruktur durch Pedelec25- und Fahrradfahrer.

Regelwidriges Fahrverhalten wurde über einen Abgleich der genutzten und angebotenen Infrastruktur bestimmt. Grundlage der Quantifizierung waren die Kilometer, die auf einzelnen Infrastrukturtypen zurückgelegt wurden, im Verhältnis zur Streckenlänge, für die einzelne Infrastrukturen angeboten worden waren. So wurde beispielsweise der Anteil von Kilometern bestimmt, für die eine bestimmte Infrastruktur vorgeschrieben war, aber eine andere genutzt wurde.

Die Teilnehmer legten im Mittel 88,8% der gefahrenen Kilometer auf der angebotenen Infrastruktur in der korrekten Fahrtrichtung zurück. Dieser Anteil war bei Pedelec45-Fahrern (80,4%) niedriger als bei Pedelec25- (90,8%) und Fahrradfahrern (88,8%). Nutzer über 64 Jahre (92,2%) nutzten häufiger die angebotene Infrastruktur in der korrekten Fahrtrichtung als Teilnehmer unter 41 Jahre (86,3%) und im Alter von 41 bis 64 Jahren (87,1%).

Die Nutzung von Fahrbahn und Radwegen entgegen der Fahrtrichtung trat vergleichsweise selten auf: Im Mittel fuhren die Teilnehmer 1,2% der auf Fahrbahn und Radinfrastruktur zusammen zurückgelegten Kilometer auf der falschen Seite. Pedelec45-Fahrer zeigten dieses Verhalten seltener (0,3%) als Pedelec25- (1,1%) und Fahrradfahrer (1,9%). Zwischen den Altersgruppen bestanden kaum Unterschiede (≤ 40 Jahre: 1,4%; 41 - 64 Jahre: 1,3%; ≥ 65 Jahre: 1,0%). Das Fahren entgegen der Fahrtrichtung trat in zwei Ausprägungen auf:

- Einerseits befuhren die Teilnehmer die Fahrbahn auf der linken Fahrbahnseite entgegen dem Fließverkehr. Dies betraf 0,3% der auf der Fahrbahn zurückgelegten Kilometer, wobei sich dieser Anteil zwischen den Fahrzeugtypen und Altersgruppen kaum unterschied.
- Andererseits wurden Radwege links der Fahrbahn entgegen der Fahrtrichtung genutzt, obwohl auf der rechten Seite Fahrbahn oder Radwege zur Verfügung standen. Am häufigsten trat diese Form der regelwidrigen Nutzung auf straßenbegleitenden getrennten Rad- und Gehwegen auf (4,5% aller auf Radwegen zurückgelegten Kilometer). Während zwischen den Altersgruppen keine Unterschiede sichtbar waren, zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Fahrzeuggruppen: Pedelec45-Fahrer nutzten straßenbegleitende getrennte Rad- und Gehwege bei nur 0,8% ihrer auf allen Radwegen zurückgelegten Kilometer in der falschen Fahrtrichtung, Pedelec25- bei 4,0% und Fahrradfahrer bei 6,2%.

Fuhren die Teilnehmer auf dem Gehweg, stand für mehr als zwei Drittel der Streckenlänge die Fahrbahn als zu nutzende Infrastruktur zur Verfügung (Pedelec25: 67,1% der auf dem Gehweg zurückgelegten Kilometer; Pedelec45: 75,0%; Fahrrad: 68,8%). Für Pedelec25- und Fahrradfahrer waren darüber hinaus für 4,5% bzw. 5,5% der auf dem Gehweg zurückgelegten Kilometer Radwege als zu nutzende Infrastruktur verfügbar. Für ein Viertel der auf Gehwegen zurückgelegten Strecken wurde hingegen keine alternative Infrastruktur angeboten (Fahrrad: 25,7%; Pedelec25: 27,0%; Pedelec45: 25,0%). Dabei handelte es sich beispielsweise um Situationen, in denen Wohngebiete durchquert wurden oder die Fahrbahn aufgrund von Bauarbeiten gesperrt war.

Vorgeschriebene Radinfrastruktur wurde von den Teilnehmern in der Mehrzahl der Fälle genutzt (91,1% der Kilometer, für die Radwege vorgeschrieben waren). Die Teilnehmer fuhren am häufigsten bei straßenbegleitenden getrennten Rad- und Gehwegen (10,0% der Kilometer, für die diese Radinfrastruktur vorgeschrieben war) und bei straßenbegleitenden gemeinsamen Rad- und Gehwegen (9,3%) auf anderer Infrastruktur, gefolgt von markierter Radverkehrsführung auf der Fahrbahn (7,4%).

Angebotene, selbstständig geführte gemeinsame Fuß- und Radwege wurden von den Teilnehmern in allen Fällen genutzt.

Abbildung 12 zeigt für Pedelec25- und Fahrradfahrer, wie häufig vorgeschriebene Radinfrastrukturtypen **nicht** genutzt und durch welche Alternativen sie ersetzt wurden.

- Wurde eine markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn angeboten, nutzten Fahrradfahrer häufiger eine andere Infrastruktur (9,6% der Kilometer, für welche die Radinfrastruktur vorgeschrieben war) als Pedelec25-Nutzer (5,5%).
- Die Teilnehmer beider Fahrzeugtypen ersetzten die vorgeschriebene markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn am häufigsten durch die Nutzung des Gehwegs (Fahrrad: 8,8% der Kilometer, für welche die Radinfrastruktur vorgeschrieben war; Pedelec25: 5,0%).
- Pedelec25-Fahrer wichen von vorgeschriebenen, straßenbegleitenden getrennten bzw. gemeinsamen Rad- und Gehwegen häufiger ab (12,6% bzw. 10,9% der Kilometer, für die beide Radinfrastrukturtypen angeboten wurden) als Fahrradfahrer (6,1% bzw. 7,1%).
- Die Teilnehmer beider Fahrzeugtypen fuhren überwiegend auf der Fahrbahn, wenn sie von vorgeschriebenen, straßenbegleitenden getrennten bzw. gemeinsamen Rad- und Gehwegen abwichen.

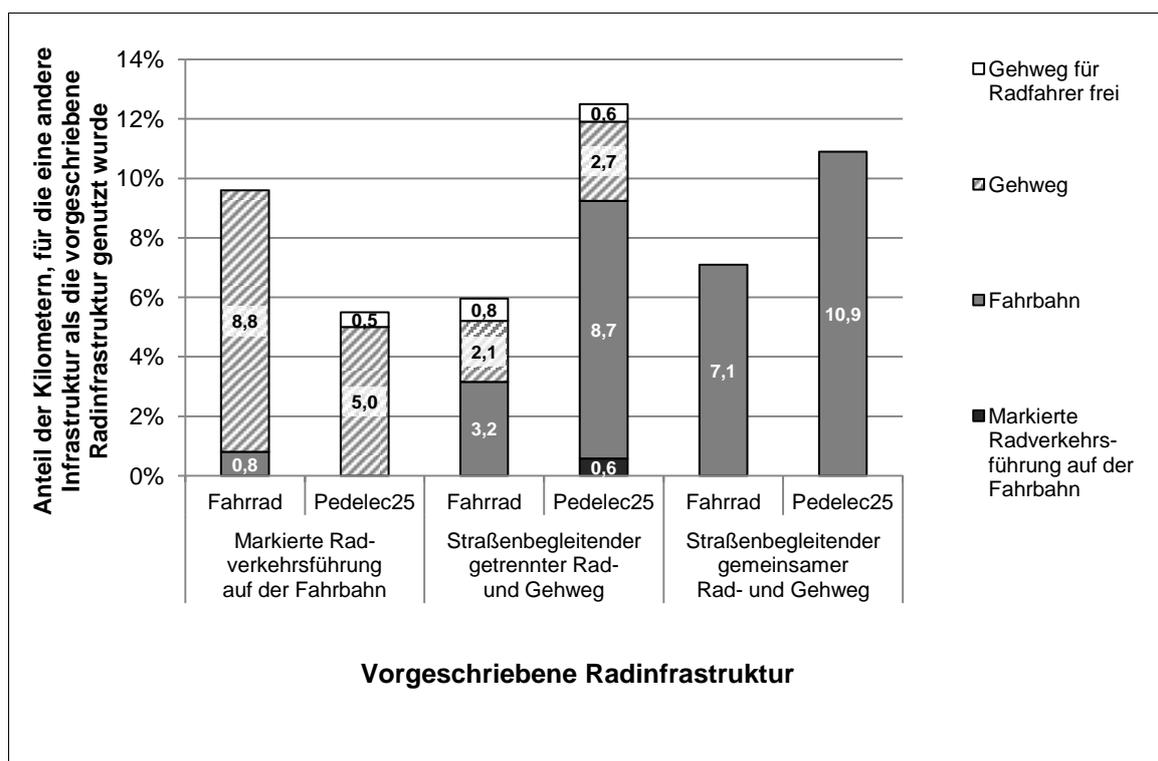


Abbildung 12:
Abweichende Nutzung vorgeschriebener Radinfrastruktur nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Streckenvideos während der Tagebuchwoche; Fahrrad: n = 25; Pedelec25: n = 43).

Abbildung 13 zeigt die abweichende Nutzung vorgeschriebener Radinfrastruktur für die einzelnen Altersgruppen.

- Teilnehmer im Alter von 41 bis 64 Jahren wichen häufiger von markierter Radverkehrsführung auf der Fahrbahn ab (13,2% der Kilometer, für welche diese Radinfrastruktur vorgeschrieben war) als Teilnehmer unter 41 Jahren (4,5%) und über 64 Jahren (5,5%).

- Teilnehmer unter 41 Jahren fuhren bei vorgeschriebenen, straßenbegleitenden getrennten bzw. gemeinsamen Rad- und Gehwegen häufiger auf anderer Infrastruktur (18,5% bzw. 28,4%) als Nutzer mittleren Alters und über 64 Jahre.

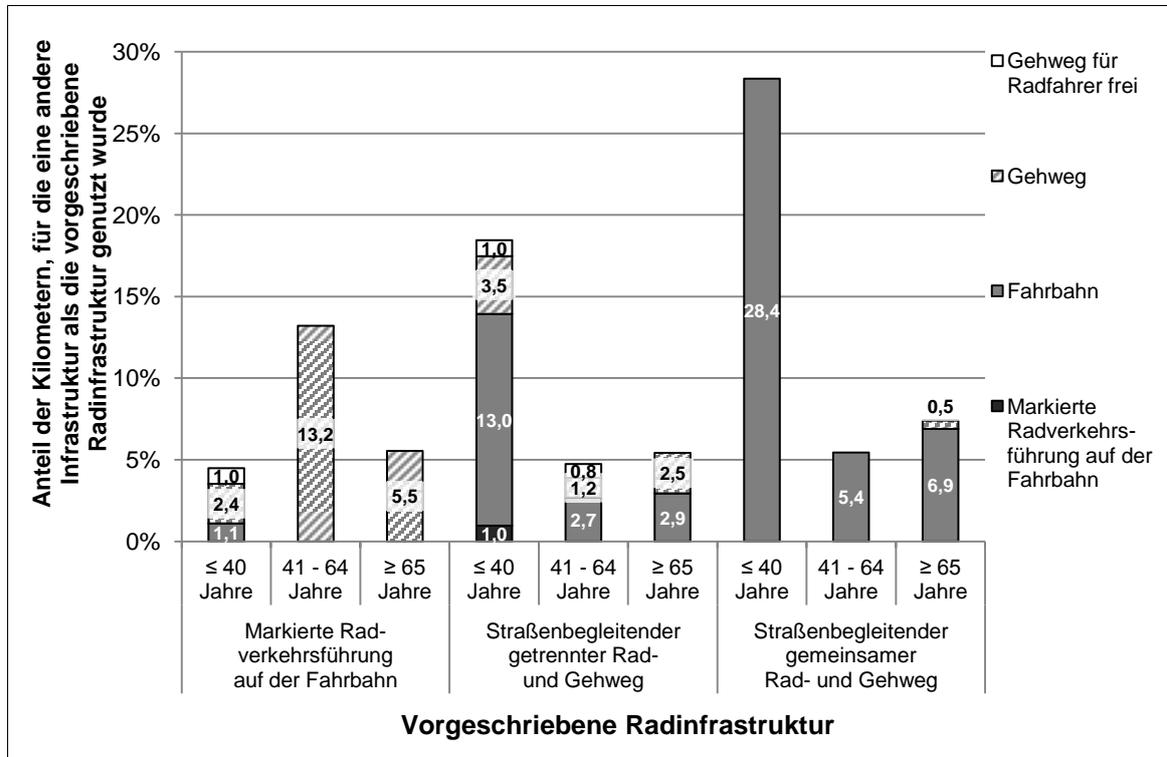


Abbildung 13:
Abweichende Nutzung vorgeschriebener Radinfrastruktur nach Altersgruppe bei Pedelec25- und Fahrradfahrern
 (Daten aus kodierten Streckenvideos während der Tagebuchwoche; ≤ 40 Jahre: n = 21; 41-65 Jahre: n = 21; ≥ 65 Jahre: n = 26).

Eine besondere Form der Radinfrastruktur stellen Gehwege dar, die für Radfahrer freigegeben sind (siehe Abbildung 14). Hier besteht keine Benutzungspflicht für Pedelec25- und Fahrradfahrer.

- Fahrradfahrer wichen bei angebotenen, freigegebenen Gehwegen häufiger auf eine andere Infrastruktur aus (26,6% der Kilometer, für die freigegebene Gehwege angeboten waren) als Pedelec25-Fahrer (19,4%).
- Auch bei den Altersgruppen waren Unterschiede beobachtbar: Fahrer unter 41 Jahren mieden freigegebene Gehwege häufiger (31,2%) als Fahrer mittleren Alters (16,1%) und Teilnehmer über 64 Jahren (23,6%).
- Wie Abbildung 14 zeigt, fuhren die Teilnehmer überwiegend auf der Fahrbahn, wenn sie angebotene, freigegebene Gehwege nicht nutzten.

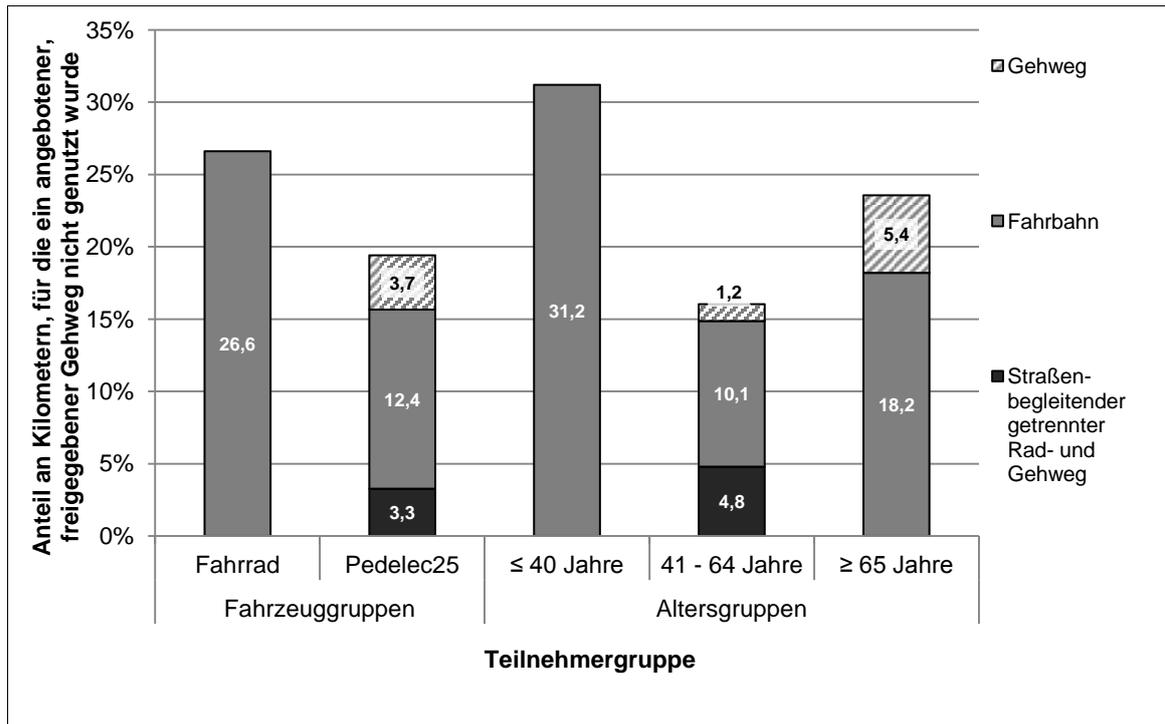


Abbildung 14:
 Abweichende Nutzung von Gehwegen, die für Radfahrer freigegeben sind, nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Streckenvideos während der Tagebuchwoche; Fahrrad: $n = 25$; Pedelec25: $n = 43$; ≤ 40 Jahre: $n = 21$; 41-65 Jahre: $n = 21$; ≥ 65 Jahre: $n = 26$).

3.2.6 Wegzwecke

Anhand der Eintragungen im Aktivitätentagebuch konnte bestimmt werden, welche Wegzwecke die Teilnehmer bei der Nutzung ihres (Elektro-)Fahrrads verfolgten. In der gesamten Stichprobe wurden mit dem Zweirad vor allem Wege zum und vom Arbeitsplatz (durchschnittlich 30,0%), zu Erholung bzw. Sport im Freien (19,3%), zum Einkaufen (16,5%) und in Zusammenhang mit Dienstleistungen (13,2%) zurückgelegt. Entsprechend den Ergebnissen anderer Mobilitätshebungen (MiD, 2008; Ahrens, Ließke, Wittwer, & Hubrich, 2010) zählten damit die Bereiche Arbeit, Freizeit und Einkauf zu den Hauptwegzwecken, für die ein Zweirad genutzt wird. Arbeitsbezogene Wege waren in der vorliegenden Studie allerdings anteilig häufiger als in anderen Erhebungen (z.B. MiD, 2008, S. 93: 16% aller Wege mit dem Fahrrad).

Unterschiede zwischen den Fahrzeuggruppen bezüglich der verfolgten Wegzwecke zeigt Abbildung 15.

- Alle Probanden setzten ihr (Elektro-)Fahrrad am häufigsten für Wege zum und vom Arbeitsplatz ein, Pedelec25-Fahrer dabei annähernd doppelt so häufig wie die beiden anderen Nutzergruppen. Im Mittel hatten 53,6% der Wege in dieser Gruppe einen arbeitsbezogenen Hintergrund.
- Fahrradfahrer nutzten das Zweirad häufiger im Rahmen von Einkaufswegen, Pedelec25-Fahrer hingegen häufiger für Wege in Zusammenhang mit Dienstleistungen als die beiden anderen Nutzergruppen.
- Pedelec25-Fahrer setzten ihr Zweirad im Vergleich der drei Gruppen am häufigsten im Zusammenhang mit Wegen zu Erholung bzw. Sport im Freien ein.

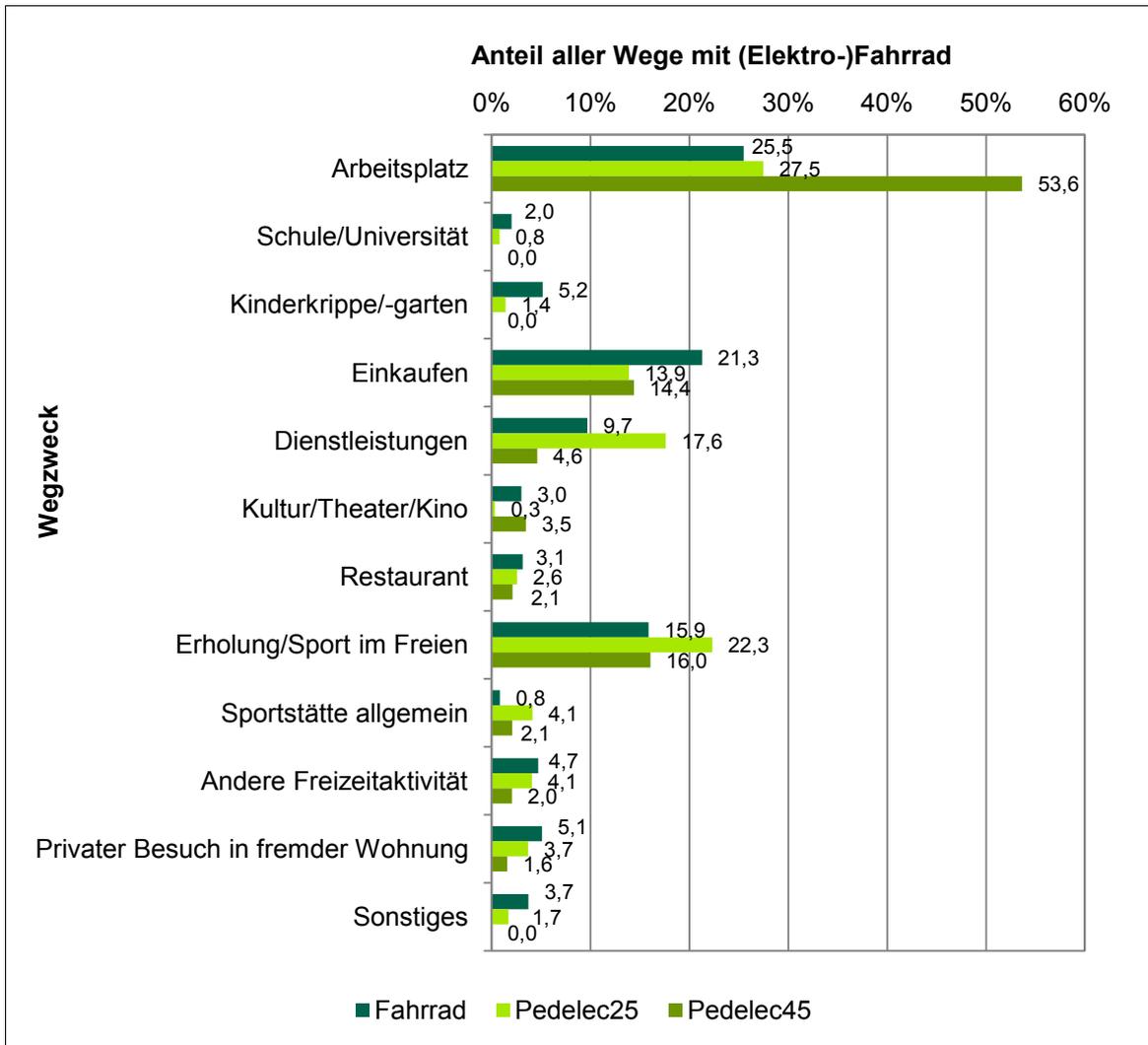


Abbildung 15:
 Wegzwecke bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad pro Person nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Aktivitätentagebuch; Fahrrad: n = 28; Pedelec25: n = 42; Pedelec45: n = 10).

Wie Abbildung 16 zeigt, unterschieden sich Teilnehmer über 64 Jahre und jüngere Probanden hinsichtlich der Häufigkeit einzelner Wegzwecke. Teilnehmer über 64 Jahre setzten das (Elektro-)Fahrrad wesentlich seltener für arbeitsbezogene Wege ein als jüngere Teilnehmer, jedoch häufiger für Fahrten in Zusammenhang mit Dienstleistungen sowie Erholung bzw. Sport im Freien. Im Gegensatz zu den beiden anderen Altersgruppen legten sie keine Wege zu bzw. von Kinderkrippe bzw. -garten zurück.

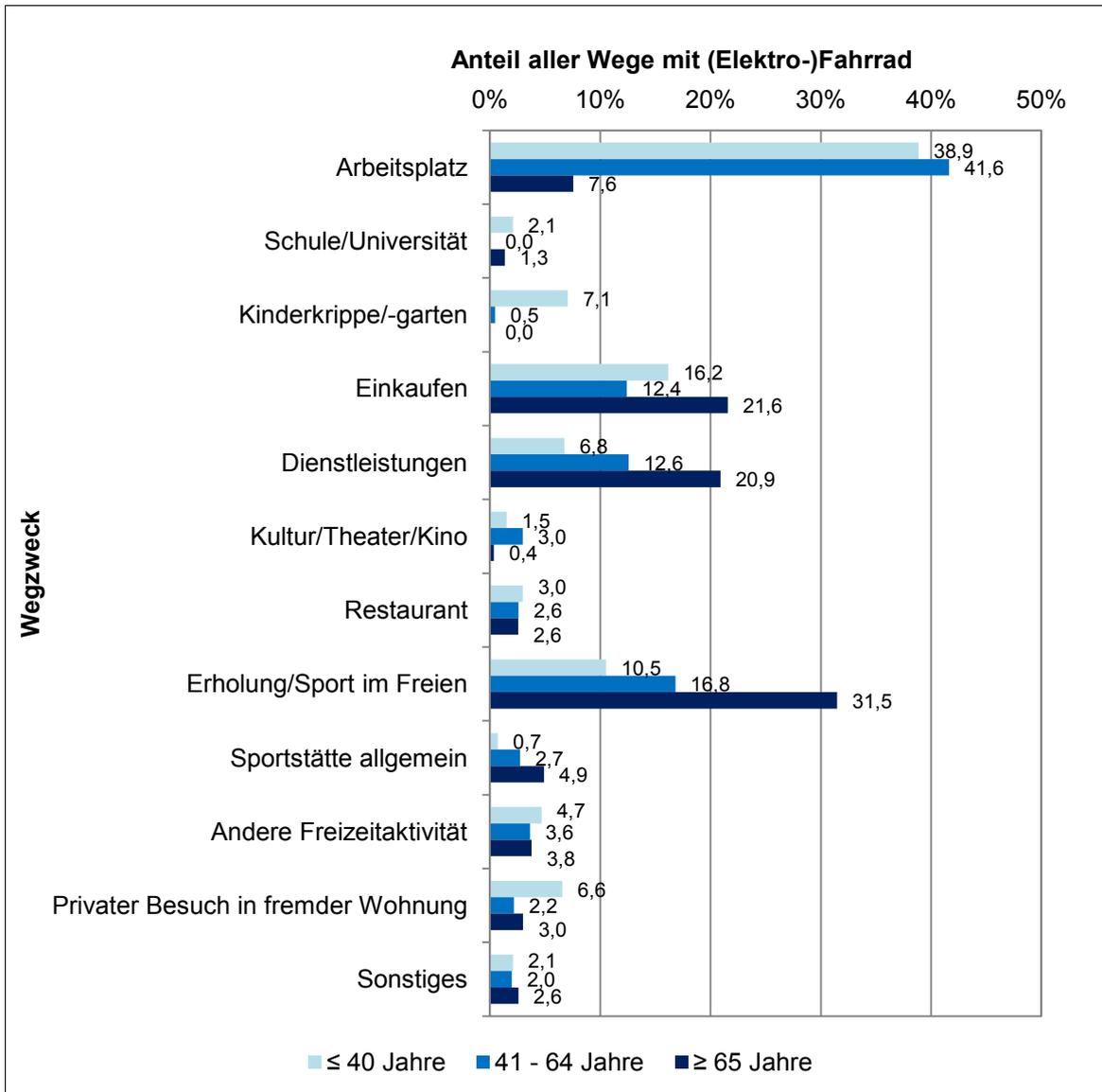


Abbildung 16:
 Wegzwecke bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad pro Person nach Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch; ≤ 40 Jahre: n = 27; 41 - 64 Jahre: n = 28; ≥ 65 Jahre: n = 25).

3.2.7 Weitere Charakteristika der Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad

Im Aktivitätentagebuch wurden die Teilnehmer gebeten, ihre Wege näher zu charakterisieren. Dazu zählten Angaben

- zur Planung der Fahrt,
- zu erlebtem Zeitdruck und
- zu Begleitung während der Fahrt.

Diese Variablen wurden erhoben, da anzunehmen ist, dass sie Einfluss auf das Mobilitäts- und Verkehrsverhalten der Teilnehmer haben. So könnten Zeitdruck und Begleitung während der Fahrt Einfluss auf die Geschwindigkeiten haben (siehe Kapitel 3.3.2).

Bei den Wegen, welche die Teilnehmer mit dem (Elektro-)Fahrrad zurücklegten, handelte es sich überwiegend um regelmäßige oder mindestens einen Tag im Voraus

geplante Fahrten (siehe Abbildung 17). Pedelec25-Fahrer unternahmen seltener regelmäßig auftretende (durchschnittlich 35,4% aller Wege mit dem Pedelec), aber häufiger spontane Fahrten (18,0%) als die beiden anderen Nutzergruppen. Die deskriptiven Unterschiede zwischen den Fahrzeuggruppen waren allerdings vergleichsweise gering.

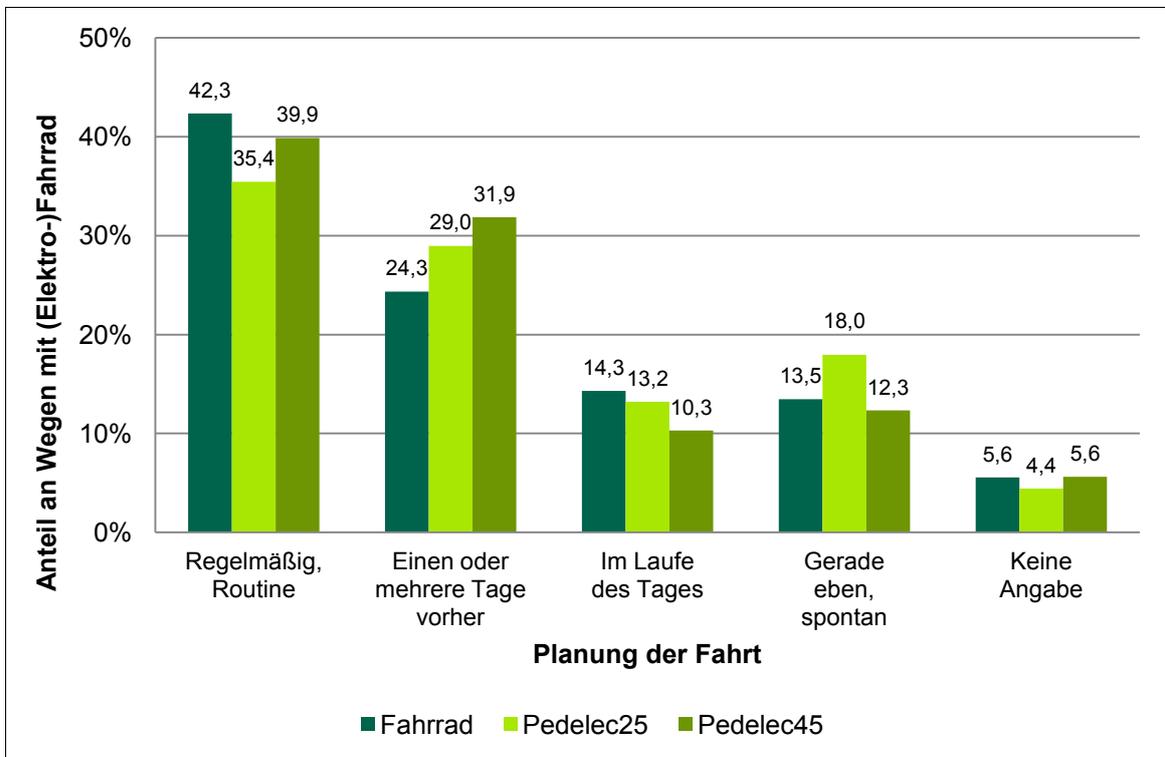


Abbildung 17:
Planung der Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Aktivitätentagebuch; Fahrrad: $n = 28$; Pedelec25: $n = 42$; Pedelec45: $n = 10$).

Zwischen den Altersgruppen waren deutlichere Unterschiede hinsichtlich der Planung von Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad beobachtbar (siehe Abbildung 18). Während regelmäßig auftretende Fahrten mit steigendem Alter der Teilnehmer seltener wurden, traten mindestens einen Tag im Voraus geplante Fahrten häufiger auf. Auch im Laufe des Tages geplante Fahrten waren in der Gruppe der Teilnehmer über 64 Jahre häufiger als in den anderen beiden Nutzergruppen. Die Unterschiede zwischen den Altersgruppen gehen vermutlich auf verschiedene Wegzwecke zurück, welche die Teilnehmer mit ihrem (Elektro-)Fahrrad verfolgten: Im Vergleich zu jüngeren Teilnehmern verfolgten Probanden über 64 Jahre mit ihren Fahrten seltener regelmäßige Wegzwecke, z.B. arbeitsbezogene Fahrten oder Wege zum oder vom Kindergarten.

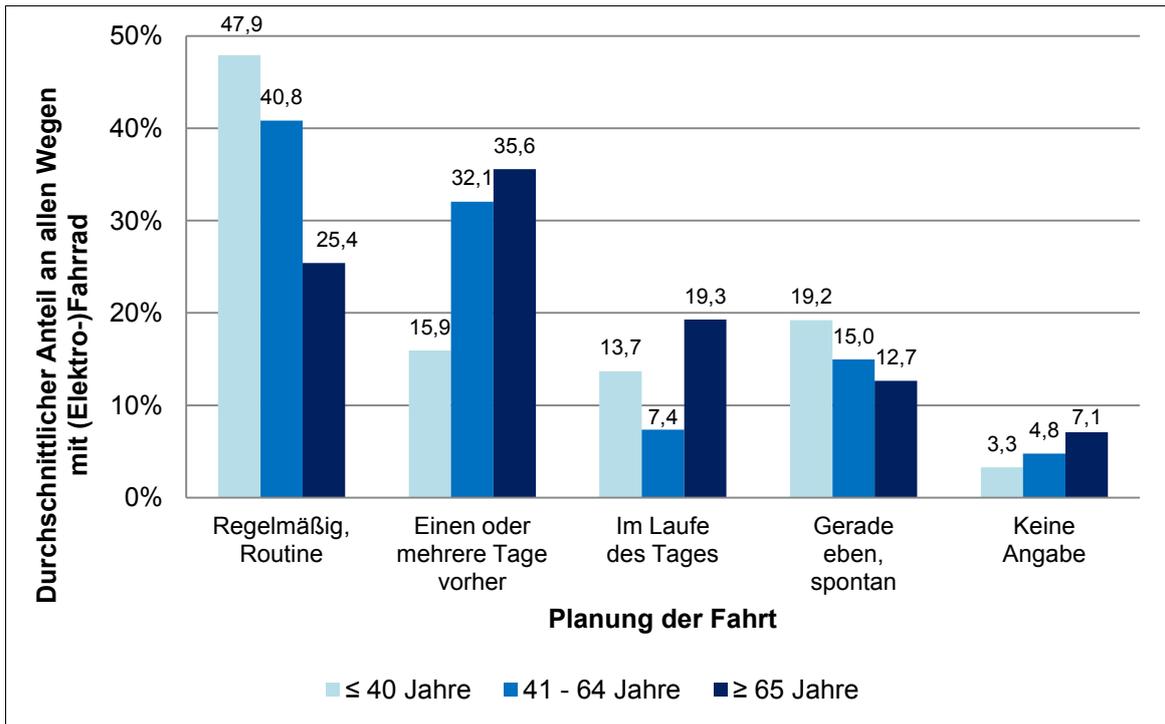


Abbildung 18:
Planung der Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad Person nach Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch; ≤ 40 Jahre: n = 28; 41 - 64 Jahre: n = 29; ≥ 65 Jahre: n = 27).

Es wurde ermittelt, wie viele Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad in Begleitung stattfanden. Unter begleiteten Fahrten wurden dabei sowohl Wege mit anderen Personen (Erwachsene und/oder Kinder) als auch Fahrten mit Gepäck subsummiert. Bereits in der Vorbefragung waren die Teilnehmer zur Häufigkeit von Fahrten mit schwerem Gepäck und mit Kindern im Kindersitz bzw. Fahrradanhänger befragt worden. Insgesamt zeigte sich anhand der subjektiven Daten über alle Nutzergruppen hinweg, dass die Teilnehmer sehr selten Kinder oder Gepäck auf den Rädern transportierten. Am häufigsten gaben die Teilnehmer an, Kinder auf Kindersitzen mitzunehmen (5,6% aller Probanden häufiger und 3,3% fast ständig). Allerdings wurden Kinder nie von Pedelec45-Fahrern (0,0%) mitgenommen. Schweres Gepäck transportierten nur 2,2% der Teilnehmer öfters oder häufiger.

Ein ähnliches Bild zeichnete auch die Analyse der Daten aus dem Aktivitätentagebuch: Der Anteil der begleiteten Fahrten in der Tagebuchwoche war vergleichsweise gering. In der gesamten Stichprobe legten 46,3% der Teilnehmer während der Tagebuchwoche **keine** einzige Fahrt in Begleitung zurück.

Tabelle 18 zeigt den mittleren Anteil der begleiteten Fahrten an allen Wegen mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe. Pedelec25-Fahrer unternahmen etwa doppelt so viele Fahrten in Begleitung (durchschnittlich 30,8% der Wege mit dem Elektrofahrrad) wie die beiden anderen Nutzergruppen. Teilnehmer im Alter zwischen 41 und 64 Jahren legten deutlich weniger Wege in Begleitung zurück (durchschnittlich 12,2%) als die beiden anderen Altersgruppen. Die Unterschiede waren weder zwischen den Fahrzeugtypen ($F(2,77) = 2,35, p = ,102$) noch zwischen den Altersgruppen signifikant ($F(2,77) = 2,96, p = ,058$).

Tabelle 18:

Mittlerer Anteil begleiteter Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch).

| | | Mittlerer Anteil begleiteter Wege (in %) | |
|---------------------|----------|--|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | |
| Fahrrad | 28 | 15,4 | 26,6 |
| Pedelec25 | 42 | 30,8 | 33,4 |
| Pedelec45 | 10 | 16,4 | 32,4 |
| <i>Altersgruppe</i> | | | |
| ≤ 40 Jahre | 27 | 28,9 | 32,5 |
| 41-64 Jahre | 28 | 12,2 | 22,8 |
| ≥ 65 Jahre | 25 | 30,6 | 36,4 |

Am häufigsten trat die Begleitung in Form von Erwachsenen und schwerem Gepäck auf. Dabei wurden Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen deutlich (siehe Abbildung 19). Pedelec25-Fahrer nutzten ihr Elektrofahrrad anteilig wesentlich seltener zum Transport von Gepäck (durchschnittlich 1,9% der begleiteten Wege vs. 31,1% und 25,0%), aber häufiger als die beiden anderen Gruppen in Begleitung von Erwachsenen (87,8% vs. 34,2% und 75,0%). Pedelec45-Fahrer nutzten ihr Rad nie in Begleitung von Kindern, jedoch in Begleitung von Erwachsenen und zum Transport von Gepäck. Dies spiegelt die Ergebnisse der Vorbefragung wider. In der Gruppe der Fahrradfahrer traten die meisten Kombinationen von Begleitungsformen auf.

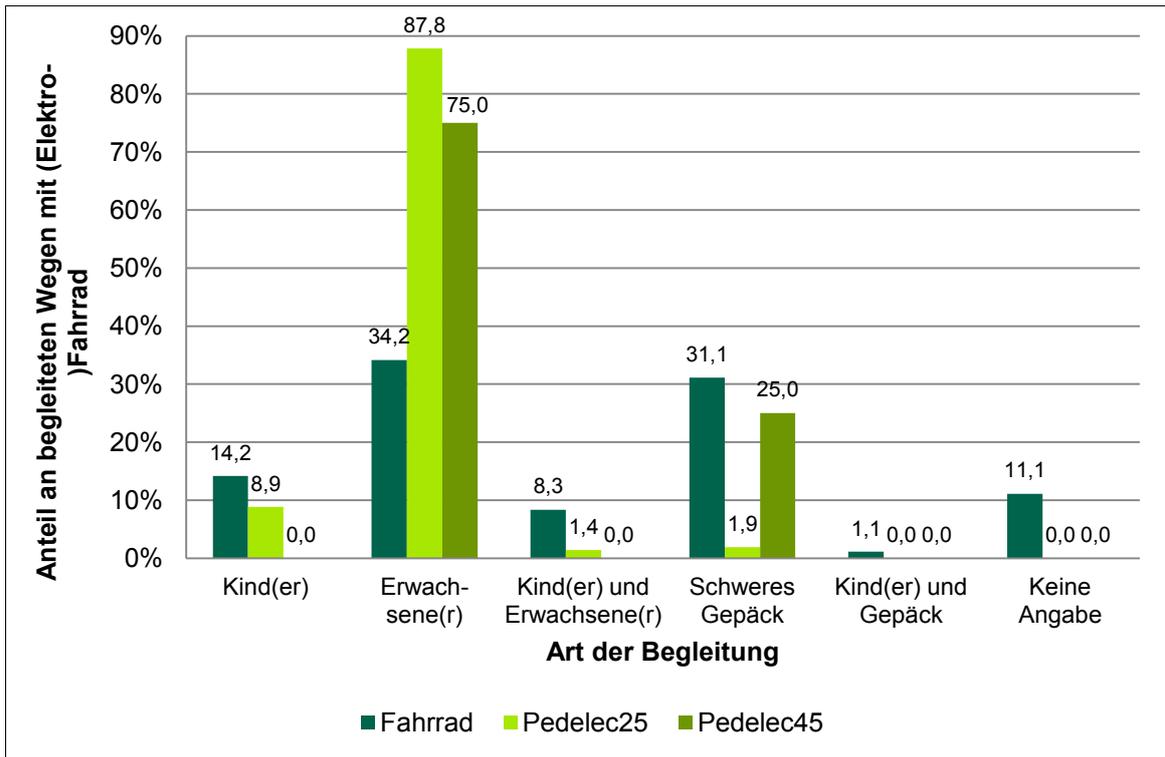


Abbildung 19:

Art der Begleitung bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Aktivitätentagebuch; Fahrrad: $n = 15$; Pedelec25: $n = 24$; Pedelec45: $n = 4$).

Auch bei den Altersgruppen waren Unterschiede in der Art der Begleitung zu beobachten (siehe Abbildung 20). Nur Teilnehmer unter 65 Jahren wurden bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad von Kindern begleitet, darunter überwiegend Teilnehmer unter 41 Jahren (durchschnittlich 22,9% der begleiteten Fahrten vs. 1,3% und 0,0%). Dieses Ergebnis korrespondiert damit, dass die ältesten Teilnehmer keine Wege von oder zu Kinderkrippe bzw. -garten zurücklegten (siehe Kapitel 3.2.6). Mit zunehmendem Alter der Teilnehmer stieg der Anteil von Fahrten in Begleitung von Erwachsenen. Schweres Gepäck wurde von allen drei Altersgruppen in vergleichbarem Maße transportiert.

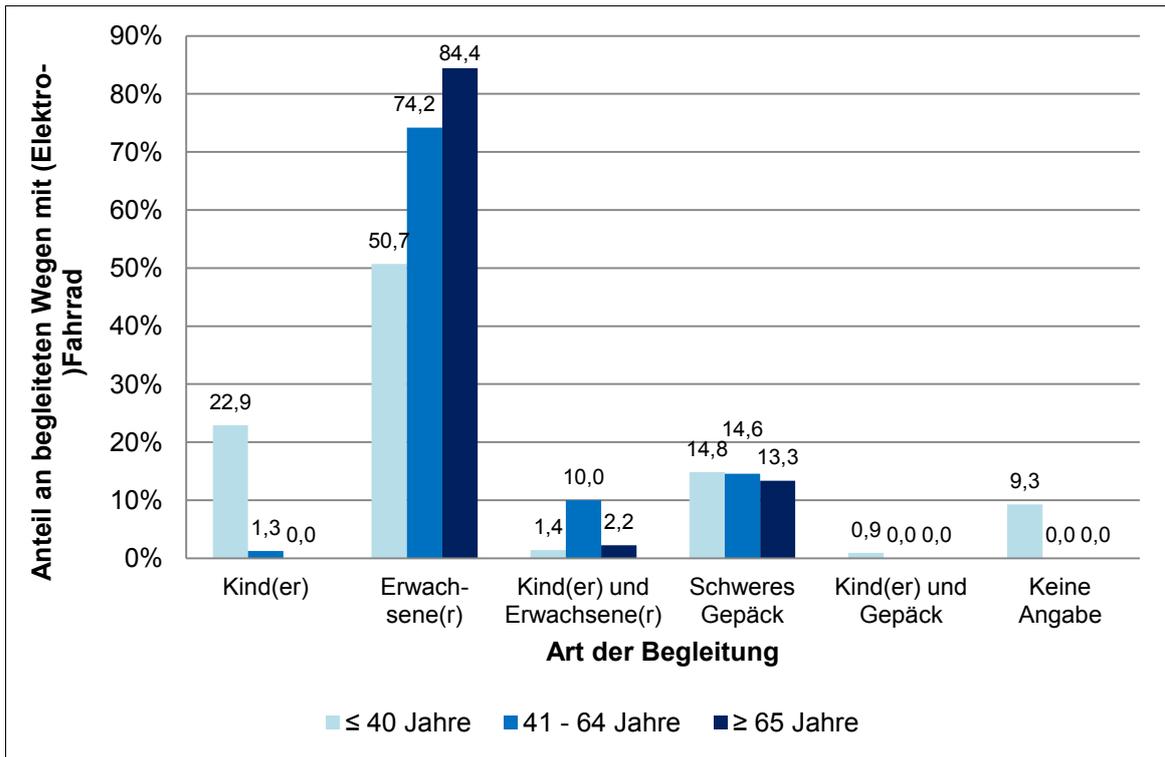


Abbildung 20:

Art der Begleitung bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch; ≤ 40 Jahre: $n = 18$; 41 - 64 Jahre: $n = 10$; ≥ 65 Jahre: $n = 15$).

Die Anzahl der begleitenden Personen variierte zwischen einer und sieben Personen. Am häufigsten wurden die Teilnehmer von einer (60,0% aller begleiteten Wege) oder zwei Personen (10,6%) begleitet.

Wie Tabelle 19 zeigt, erlebten die Teilnehmer bei den meisten Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad keinen Zeitdruck. Bei Pedelec45-Fahrern war der Anteil von Fahrten unter Zeitdruck höher (durchschnittlich 16,4% der Wege mit dem Pedelec) als in den beiden anderen Nutzergruppen. Fahrer über 64 Jahre erlebten seltener Zeitdruck (durchschnittlich 6,4% der Wege) als die beiden anderen Altersgruppen. Die Unterschiede waren weder zwischen den Fahrzeuggruppen ($F(2,77) = 0,75$, $p = ,475$) noch den Altersgruppen ($F(2,77) = 1,62$, $p = ,204$) signifikant.

Tabelle 19:

Mittlerer Anteil von Wegen unter Zeitdruck mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch).

| | | Mittlerer Anteil von Wegen unter Zeitdruck (in %) | |
|---------------------|----------|---|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | |
| Fahrrad | 28 | 10,6 | 13,1 |
| Pedelec25 | 42 | 9,3 | 16,7 |
| Pedelec45 | 10 | 16,4 | 22,6 |
| <i>Altersgruppe</i> | | | |
| ≤ 40 Jahre | 27 | 14,3 | 15,7 |
| 41-64 Jahre | 28 | 11,1 | 18,5 |
| ≥ 65 Jahre | 25 | 6,2 | 13,7 |

3.2.8 Alternative Verkehrsmittel zum (Elektro-)Fahrrad

Im Aktivitätentagebuch sollten die Teilnehmer angeben, mit welchen alternativen Verkehrsmitteln sie einen Weg bewältigt hätten, wenn ihnen das (Elektro-)Fahrrad nicht zur Verfügung gestanden hätte. Diese Angaben können als Indikator dafür herangezogen werden, welche Verkehrsmittel das (Elektro-)Fahrrad ersetzt.

Im Mittel gaben die Teilnehmer an, dass für 18,4% aller Wege, die mit dem (Elektro-)Fahrrad zurückgelegt worden, kein alternatives Verkehrsmittel zur Verfügung stand. Abbildung 21 zeigt, welche Alternativen die Teilnehmer der einzelnen Fahrzeugtypen genutzt hätten. Es lassen sich Unterschiede zwischen den Pedelec-Nutzern auf der einen und Fahrradfahrern auf der anderen Seite erkennen:

- Für Pedelec25- und Pedelec45-Nutzer war ein Pkw am häufigsten als Alternative denkbar (durchschnittlich 40,4% bzw. 50,4% der Wege mit dem Pedelec), während die alternative Nutzung des ÖPNV und eine Bewältigung der Strecke zu Fuß vergleichsweise selten angegeben wurden.
- Für Fahrradfahrer war der ÖPNV hingegen häufiger eine Alternative als ein Pkw (durchschnittlich 31,6% vs. 15,7%).
- Pedelec45-Fahrer gaben darüber hinaus an, dass im Mittel 14,6% ihrer Wege, die sie mit ihrem Elektrofahrrad zurücklegten, auch mit einem herkömmlichen Fahrrad zu bewältigen gewesen wären. Bei Pedelec25-Fahrern war dieser Anteil deutlich geringer (1,8%).

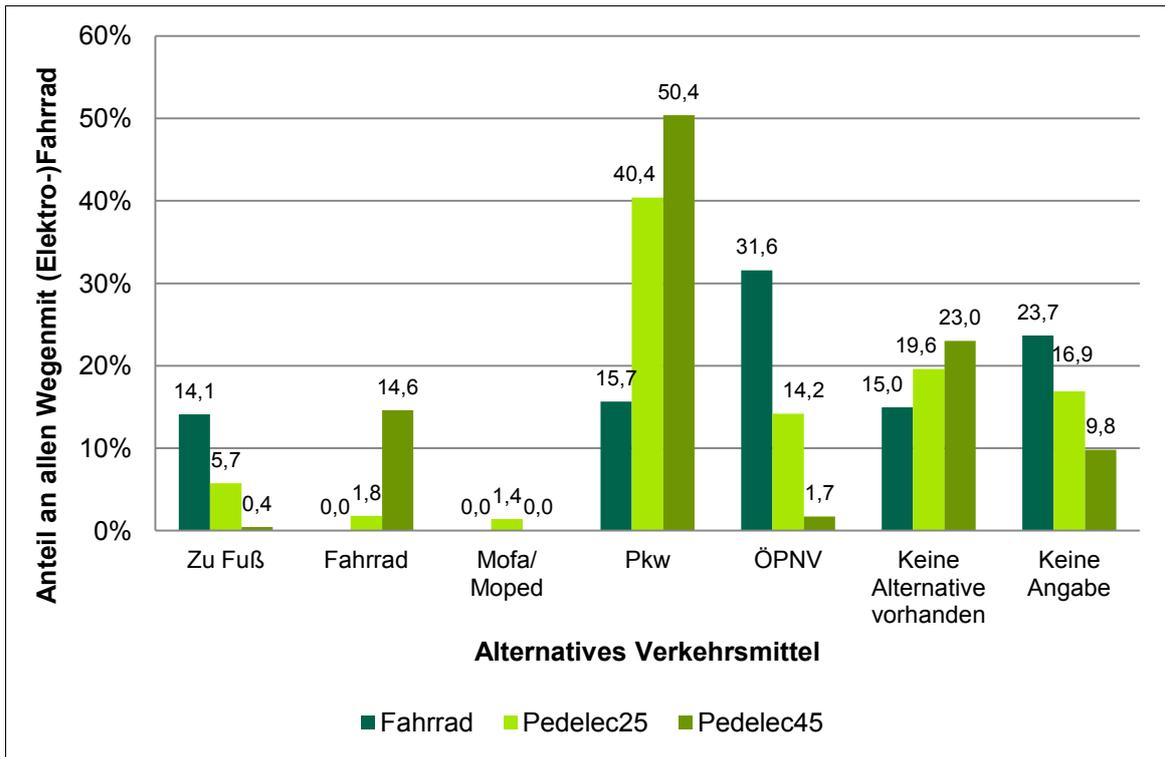


Abbildung 21:
Verfügbare alternative Verkehrsmittel bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Aktivitätentagebuch; Fahrrad: n = 28; Pedelec25: n = 42; Pedelec45: n = 10).

Abbildung 22 zeigt die Verkehrsmittelalternativen nach Altersgruppen getrennt. Während für Pedelec-Fahrer unter 65 Jahren ein herkömmliches Fahrrad als alternatives Verkehrsmittel für durchschnittlich 2,8% bzw. 5,2% der Fälle denkbar gewesen war, betrachteten ältere Elektrofahrradfahrer ein herkömmliches Fahrrad nie als Alternative. Für die ältesten Teilnehmer wäre eine Bewältigung der Wege zu Fuß häufiger möglich gewesen (durchschnittlich 10,7% der Wege mit dem Zweirad) als für die beiden anderen Altersgruppen. Die Möglichkeit, Pkw und ÖPNV als alternative Verkehrsmittel zu nutzen, nahm mit steigendem Alter ab.

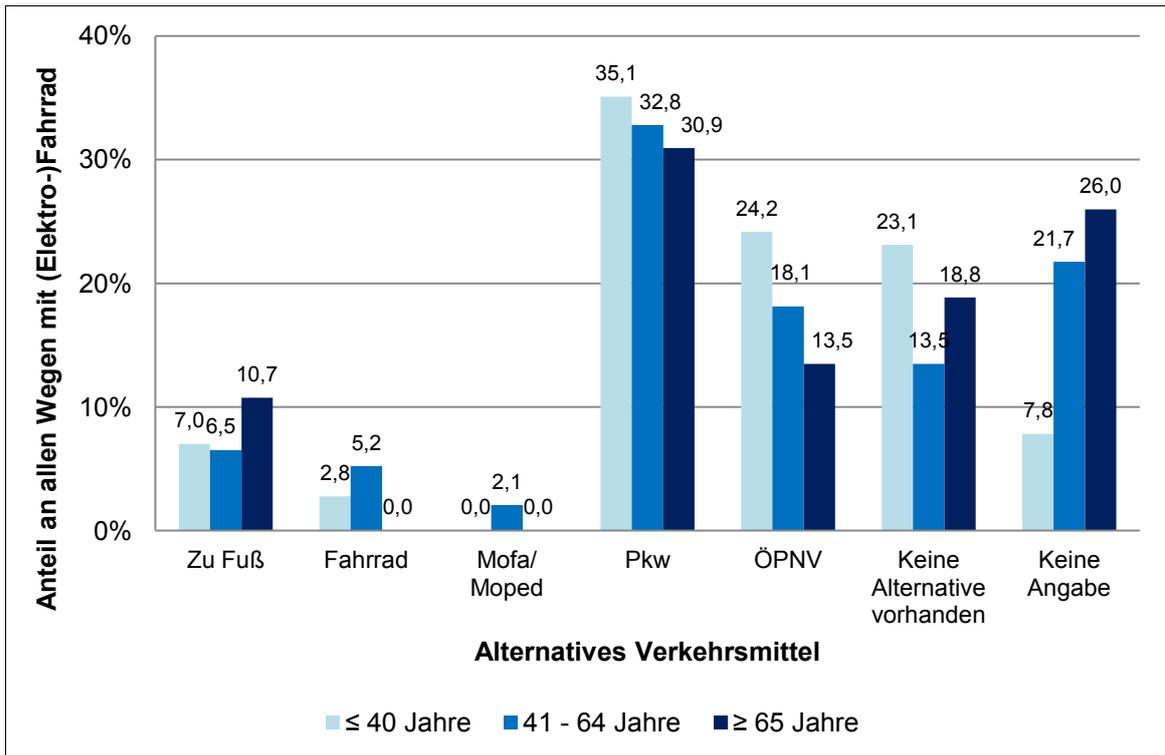


Abbildung 22:

Verfügbare alternative Verkehrsmittel bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad nach Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch; ≤ 40 Jahre: n = 27; 41 - 64 Jahre: n = 28; ≥ 65 Jahre: n = 25).

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Angaben zu alternativen Verkehrsmitteln maßgeblich davon beeinflusst werden, welche Verkehrsmittel in einem Haushalt zur Verfügung stehen.

Ein ähnliches Bild zeigt sich, wenn man betrachtet, welche Verkehrsmittel genutzt wurden, wenn das (Elektro-)Fahrrad selbst als Alternative zur Verfügung gestanden hätte (siehe Tabelle 20). Auch hier ließen sich Unterschiede zwischen Pedelec- und Fahrradfahrern beobachten. Für Pedelec-Fahrer wäre das Zweirad vorrangig für Fahrten mit dem Pkw eine Alternative gewesen (durchschnittlich 61,0% bzw. 62,5% der Fahrten, bei denen das Pedelec als Alternative angegeben wurde), für Fahrradfahrer hingegen bei Strecken, die sie zu Fuß bewältigten (53,3%).

Zwischen den Altersgruppen waren geringe Unterschiede zu beobachten: Teilnehmer unter 41 Jahre betrachteten das (Elektro-)Fahrrad häufiger als Alternative als die beiden anderen Altersgruppen, wenn sie selbst mit dem Pkw fahren (durchschnittlich 55,4% der Wege, bei denen das Zweirad als Alternative angegeben war) oder den ÖPNV (8,7%) nutzten.

Tabelle 20:

Genutzte Verkehrsmittel bei Fahrten, bei denen das (Elektro-)Fahrrad als Alternative möglich war, nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch).

| | Mittlerer Anteil an allen Wegen, bei denen (Elektro-)Fahrrad die Alternative war (in %) | | | | | |
|-------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | Fahr- rad <i>n</i> = 19 | Pedelec 25 <i>n</i> = 27 | Pedelec 45 <i>n</i> = 4 | ≤ 40 Jahre <i>n</i> = 19 | 41-64 Jahre <i>n</i> = 18 | ≥ 65 Jahre <i>n</i> = 13 |
| Zu Fuß | 53,3 | 19,5 | 0,0 | 30,8 | 30,7 | 30,8 |
| Fahrrad | 0,0 | 2,8 | 25,0 | 0,0 | 5,6 | 5,8 |
| Moped/Motorroller | 5,3 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 7,6 | 0,0 |
| Pkw als Fahrer | 29,3 | 61,0 | 62,5 | 55,4 | 44,5 | 46,2 |
| Pkw als Mitfahrer | 0,0 | 4,9 | 0,0 | 1,8 | 0,0 | 7,7 |
| ÖPNV | 6,9 | 4,9 | 0,0 | 8,7 | 5,6 | 0,0 |
| Sonstiges | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 1,3 | 0,5 | 0,0 |
| Keine Angabe | 5,3 | 4,3 | 12,5 | 2,1 | 5,6 | 9,6 |

3.2.9 Zusammenfassung

Die Anzahl der Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad unterschied sich im gesamten 4-wöchigen Erhebungszeitraum nicht zwischen den Fahrzeugtypen. Die Teilnehmer nutzten ihr Zweirad für jeden fünften Weg. Die durchschnittliche Kilometerleistung im 4-wöchigen Erhebungszeitraum unterschied sich nicht zwischen den Fahrzeuggruppen.

Die Teilnehmer gaben an, ihr (Elektro-)Fahrrad bevorzugt in den Monaten von März bis November, am häufigsten jedoch in den Sommermonaten zu nutzen. Nur ein Viertel der Probanden nutzte das (Elektro-)Fahrrad in den Wintermonaten. Dementsprechend legten die Teilnehmer nach eigener Einschätzung in Gutwetterperioden mehr Kilometer zurück als in Schlechtwetterperioden. Zudem ersetzten etwa zwei Drittel der Pedelec-Nutzer ihr Elektrofahrrad regelmäßig durch herkömmliche Fahrräder.

Hinsichtlich der Weglänge unterschieden sich die Pedelec45-Fahrer von den anderen beiden Gruppen, bezüglich der Wegdauer wurden jedoch keine Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen festgestellt. Bei den Altersgruppen bestanden hingegen Unterschiede zwischen den Wegdauern, aber nicht bezogen auf die Weglängen. Jüngere Fahrer benötigten für ihre Wege signifikant weniger Zeit als die anderen Gruppen.

Die Fahrbahn wurde von allen Teilnehmern am häufigsten genutzt, gefolgt von den unterschiedlichen Formen der Radinfrastruktur und Gehwegen. Die Teilnehmer legten den Großteil ihrer Wege auf der angebotenen Infrastruktur in der korrekten Fahrtrichtung zurück. Alle drei Fahrzeuggruppen nutzten Gehwege als Infrastruktur, wobei dieses regelwidrige Verhalten am häufigsten bei den Radfahrern auftrat. Fuhren die Teilnehmer auf dem Gehweg, stand für mehr als zwei Drittel der Streckenlänge die Fahrbahn als zu nutzende Infrastruktur zur Verfügung. Vorgeschriebene Radinfrastruktur wurde von den Teilnehmern in der Mehrzahl der Fälle genutzt. Entgegen den geltenden Vorschriften nutzten auch Pedelec45-Fahrer Radwege.

In der gesamten Stichprobe wurden mit dem Zweirad vor allem Wege zum und vom Arbeitsplatz, zu Erholung bzw. Sport im Freien, zum Einkaufen und in Zusammenhang mit Dienstleistungen zurückgelegt. Pedelec45-Fahrer nutzten das Zweirad deutlich häufiger für arbeitsbezogene Wege als die beiden anderen Nutzergruppen. Mit zunehmendem Alter war eine deutliche Verschiebung der Zweiradnutzung in den Freizeitbereich zu beobachten.

Bei den Wegen, welche die Teilnehmer mit dem (Elektro-)Fahrrad zurücklegten, handelte es sich überwiegend um regelmäßige oder mindestens einen Tag im Voraus geplante Fahrten. Während regelmäßig auftretende Fahrten mit steigendem Alter der Teilnehmer seltener wurden, traten mindestens einen Tag im Voraus geplante Fahrten häufiger auf.

Der Anteil der begleiteten Fahrten in der Tagebuchwoche war vergleichsweise gering, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen oder Altersgruppen auftraten. Am häufigsten trat die Begleitung in Form von Erwachsenen und schwerem Gepäck auf.

Die Teilnehmer erlebten bei den meisten Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad keinen Zeitdruck, wobei keine Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen oder Altersgruppen auftraten.

Hätte ihnen das (Elektro-)Fahrrad nicht zur Verfügung gestanden, hätten Pedelec-Nutzer die Wege überwiegend mit einem Pkw bewältigt. Für Fahrradfahrer war der ÖPNV hingegen häufiger eine Alternative als ein Pkw. Für die ältesten Teilnehmer wäre eine Bewältigung der Wege zu Fuß häufiger möglich gewesen als für die beiden anderen Altersgruppen. Die Möglichkeit, Pkw und ÖPNV als alternative Verkehrsmittel zu nutzen, nahm mit steigendem Alter ab.

3.3 Geschwindigkeit

Bei der Analyse der erreichten Geschwindigkeit und ihrer Einflussgrößen wurde zwischen der durchschnittlichen Geschwindigkeit inklusive aller Standzeiten (alle 0 km/h-Werte sind enthalten) und der durchschnittlichen Geschwindigkeit ohne Standzeiten (ohne 0 km/h-Werte) differenziert. Bei allen Fahrzeugtypen lag die Geschwindigkeit ohne Standzeiten um 1,4 km/h höher als die Geschwindigkeit mit Standzeiten (siehe Tabelle 21).

- Zwischen den Fahrzeugtypen bestanden signifikante Unterschiede sowohl bei der Geschwindigkeit mit Standzeiten ($F(2,84) = 14,19, p < ,001$) als auch bei der Geschwindigkeit ohne Standzeiten ($F(2,84) = 14,31, p < ,001$).
- Bei der Geschwindigkeit mit Standzeiten bestanden die signifikanten Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen auch unter Kontrolle des Alters ($F(2,83) = 12,61, p < ,001$). Das Alter als Kovariate hatte einen signifikanten Effekt ($F(1,83) = 26,38, p < ,001$).
- Auch die Geschwindigkeit ohne Standzeiten wurde unter Kontrolle des Alters signifikant vom Fahrzeugtyp beeinflusst ($F(2,83) = 13,30, p < ,001$). Das Alter als Kovariate hatte einen signifikanten Effekt ($F(1,83) = 35,90, p < ,001$).
- Die post-hoc Vergleiche der Kovarianzanalysen zeigten, dass Pedelec45-Fahrer im Mittel bei beiden betrachteten Geschwindigkeiten signifikant schneller fuhren als die beiden anderen Gruppen (jeweils $p < ,001$), auch die Pedelec25-Fahrer fuhren

signifikant schneller als die Fahrradfahrer (mit Standzeiten: $p = ,035$; ohne Standzeiten: $p = ,022$).

- Ein Vergleich der Altersgruppen ergab statistisch bedeutsame Unterschiede bei der Geschwindigkeit mit Standzeiten ($F(2,84) = 11,23$, $p < ,001$) und bei der Geschwindigkeit ohne Standzeiten ($F(2,84) = 14,19$, $p < ,001$).
- Bei beiden betrachteten Geschwindigkeiten fuhren Teilnehmer über 64 Jahre signifikant langsamer als Nutzer unter 40 Jahren (jeweils $p < ,001$) und zwischen 41 und 64 Jahren ($p \leq ,001$). Zwischen letzteren bestand kein bedeutsamer Unterschied (mit Standzeiten: $p = 1,000$; ohne Standzeiten: $p = ,949$).

Tabelle 21:

Durchschnittliche Geschwindigkeit mit und ohne Standzeiten nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum).

| | Fahrrad | | | Pedelec25 | | | Pedelec45 | | | Gesamt | | |
|--|---------|-------------------------|-----|-----------|-------------------------|-----|-----------|-------------------------|-----|--------|-------------------------|-----|
| | n | M | SD | n | M | SD | n | M | SD | n | M | SD |
| <i>Durchschnittliche Geschwindigkeit <u>mit</u> Standzeiten (mit 0 km/h)</i> | | | | | | | | | | | | |
| ≤ 40 Jahre | 8 | 14,9 | 3,5 | 16 | 18,7 | 5,3 | 3 | - | - | 27 | 18,0^a | 4,5 |
| 41-64 Jahre | 9 | 14,4 | 2,2 | 14 | 16,1 | 4,4 | 6 | 23,6 | 2,4 | 29 | 17,1^a | 4,8 |
| ≥ 65 Jahre | 11 | 12,7 | 2,8 | 19 | 13,6 | 1,7 | 1 | - | - | 31 | 13,2^b | 2,9 |
| Gesamt | 28 | 13,9^a | 2,9 | 49 | 16,0^b | 4,5 | 10 | 21,8^c | 4,8 | | | |
| <i>Durchschnittliche Geschwindigkeit <u>ohne</u> Standzeiten (ohne 0 km/h)</i> | | | | | | | | | | | | |
| ≤ 40 Jahre | 8 | 16,6 | 3,4 | 16 | 20,4 | 5,0 | 3 | - | - | 27 | 19,6^a | 4,8 |
| 41-64 Jahre | 9 | 15,8 | 2,3 | 14 | 17,5 | 4,0 | 6 | 25,1 | 3,7 | 29 | 18,5^a | 4,8 |
| ≥ 65 Jahre | 11 | 13,9 | 2,6 | 19 | 14,8 | 1,9 | 1 | - | - | 31 | 14,4^b | 2,2 |
| Gesamt | 28 | 15,3^a | 2,9 | 49 | 17,4^b | 4,4 | 10 | 23,2^c | 4,9 | | | |

Anmerkung: Unterschiedliche Buchstaben als Indices zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen an (post-hoc Vergleiche, Bonferroni).

Eine Betrachtung der Geschwindigkeitsverteilung in den einzelnen Fahrzeuggruppen ergab, dass die Geschwindigkeiten der Fahrradfahrer geringer variierten als die Geschwindigkeiten der Elektrofahrradfahrer (siehe Abbildung 23). Die niedrigste durchschnittliche Geschwindigkeit (mit Standzeiten) in der Gesamtgruppe aller Teilnehmer betrug 9,0 km/h, die Maximalgeschwindigkeit 29,9 km/h. Ohne Standzeiten lag die geringste Geschwindigkeit bei 10,1 km/h und die höchste bei 31,9 km/h.

Des Weiteren wurden die Perzentilgeschwindigkeiten ermittelt, die von 15% und von 85% der Probanden nicht überschritten wurden. In der Pedelec25-Gruppe fuhren 85% der Teilnehmer im Durchschnitt nicht schneller als 21,4 km/h (mit Standzeiten) bzw. 22,3 km/h (ohne Standzeiten). Bei den Pedelec45-Fahrern lagen die 85%-Geschwindigkeiten höher (mit Standzeiten: 26,2 km/h; ohne Standzeiten: 27,9 km/h), während sie bei den Fahrradfahrern geringer ausfielen (mit Standzeiten: 17,1 km/h; ohne Standzeiten: 18,1 km/h).

Bei der Betrachtung des unteren Endes der Verteilung lagen die 15%-Geschwindigkeiten für Fahrradfahrer am niedrigsten (mit Standzeiten: 10,9 km/h; ohne Standzeiten:

12,3 km/h) und für Pedelec45-fahrer am höchsten (mit Standzeiten: 16,9 km/h; ohne Standzeiten: 18,3 km/h). Bei der Pedelec25-Gruppe fuhren 15% der Teilnehmer nicht schneller als 12,2 km/h mit Standzeiten und 13,5 km/h ohne Standzeiten.

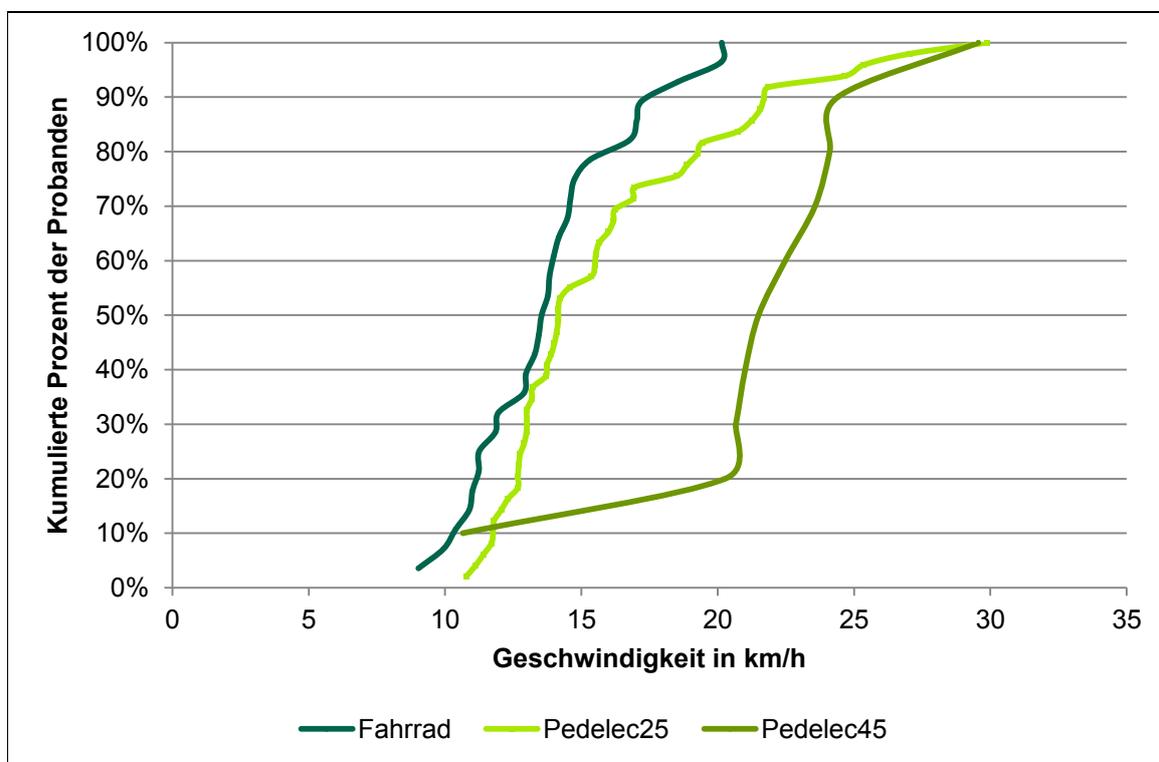


Abbildung 23:

Verteilung der durchschnittlichen Geschwindigkeiten mit Standzeiten nach Fahrzeuggruppen (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum; Fahrrad: $n = 28$; Pedelec25: $n = 49$; Pedelec45: $n = 10$).

Eine spezielle Eigenschaft der Elektrofahrräder besteht in den höheren Geschwindigkeiten, die potentiell mit ihnen im Vergleich zu einem normalen Fahrrad erreicht werden können. Daher wurde der Anteil der zurückgelegten Distanz betrachtet, den die Teilnehmer mit einer Geschwindigkeit von über 20 km/h, 25 km/h oder 30 km/h zurücklegten. Bei allen gewählten Geschwindigkeitsstufen waren die bereits bei der generellen Geschwindigkeitsbetrachtung aufgetretenen Muster erkennbar (siehe Abbildung 24).

- Der prozentuale Anteil der Distanz in den hohen Geschwindigkeitsbereichen lag für die Pedelec45-Fahrer höher als für die anderen Gruppen.
- Zwischen Fahrrad- und Pedelec25-Fahrern bestanden hingegen nur geringe Unterschiede.
- Die vergleichende Betrachtung der Altersgruppen zeigte, dass vor allem die älteren Fahrer einen deutlich geringen Anteil ihrer Kilometer mit solch hohen Geschwindigkeiten absolvierten.
- Fahrer im Alter unter 40 Jahren und zwischen 41 und 64 Jahren bewegten sich mit vergleichbarem Tempo.

Für die Geschwindigkeiten ohne Standzeiten ergab sich ein identisches Bild.

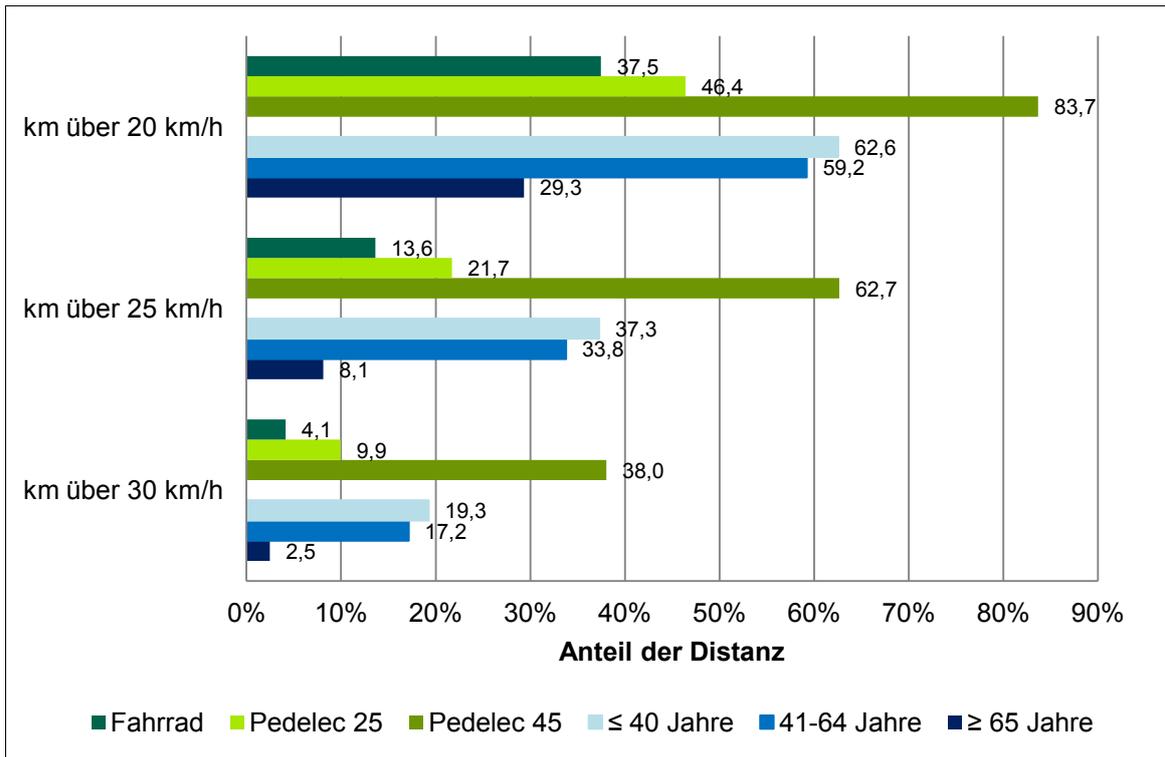


Abbildung 24:

Anteil der zurückgelegten Distanz, die mit mehr als 20 km/h, 25 km/h bzw. 30 km/h zurückgelegt wurden, nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum; Fahrrad: $n = 28$; Pedelec25: $n = 49$; Pedelec45: $n = 10$; ≤ 40 Jahre: $n = 27$; 41-64 Jahre: $n = 29$; ≥ 65 Jahre: $n = 31$).

3.3.1 Geschwindigkeiten auf verschiedenen Infrastrukturtypen

Die Geschwindigkeiten der drei Fahrzeugtypen auf den verschiedenen Infrastrukturtypen sind in Abbildung 25 dargestellt, wobei die Geschwindigkeiten ohne Standzeiten betrachtet werden. Alle Teilnehmer fuhren auf der markierten Radverkehrsführung am schnellsten. Bei Pedelec25- und Pedelec45-Fahrern folgten die Fahrbahn an zweiter und der selbstständig geführte gemeinsame Rad- und Gehweg an dritter Stelle. Letzteres ist für Pedelec45-Fahrer durchaus verwunderlich, da diese laut StVO die Radinfrastruktur nicht nutzen dürfen. Fahrradfahrer erreichten auf dem selbstständig geführten gemeinsamen Rad- und Gehweg und im verkehrsberuhigten Bereich die zweit- und dritthöchste Geschwindigkeit. In verkehrsberuhigten Bereichen, in denen laut StVO (2013) nur Schrittgeschwindigkeit gefahren werden darf, fuhren auch die Pedelec25-Fahrer mit vergleichsweise hoher Geschwindigkeit.

Am langsamsten fuhren alle Fahrzeuggruppen auf der sonstigen Infrastruktur, zu der beispielsweise Parkplätze zählen. Auch auf normalen Gehwegen erreichten die Teilnehmer geringere Geschwindigkeiten als auf den meisten anderen Infrastrukturtypen. Im Gegensatz dazu fuhren die Pedelec25- und Fahrradfahrer auf Gehwegen, die für Radfahrer freigegeben sind, etwa 3,0 bis 4,0 km/h schneller. Bei den Pedelec45-Fahrern war der Unterschied mit fast 6,0 km/h am größten. Es lässt sich vermuten, dass auf Gehwegen, die für Radfahrer freigegeben sind, weniger Hindernisse wie Einfahrten existierten und zusätzlich mehr Platz gegeben war, was höhere Geschwindigkeiten als auf einem normalen Gehweg ermöglichte. Allerdings ist zu beachten, dass alle Gruppen den normalen Gehweg nicht hätten nutzen dürfen und für Pedelec45-Nutzer auch das Befahren von Gehwegen, die für Radfahrer freigegeben sind, nicht gestattet ist.

Mit besonderer Vorsicht müssen die Angaben für Geschwindigkeiten interpretiert werden, die lediglich von einer oder zwei Personen stammen. Diese sind nicht repräsentativ für die Gruppe. Beispielsweise wurde für Pedelec45-Fahrer die höchste Geschwindigkeit ohne Standzeiten in der Fußgängerzone ermittelt. Dieser Wert stammt allerdings nur von einer Person, die auf dieser Infrastruktur lediglich 193 Meter zurücklegte. Ähnlich verhält es sich in dieser Fahrzeuggruppe bei verkehrsberuhigten Bereichen: Auch diese Infrastruktur wurde nur von einer Person für 303 Meter genutzt. Für Pedelec25-Fahrer wurde die geringste Geschwindigkeit in der Fußgängerzone ermittelt, wobei diese Angabe auf die Werte von zwei Personen zurückgehen, die gemeinsam nur 389 Meter auf dieser Infrastruktur fuhren.

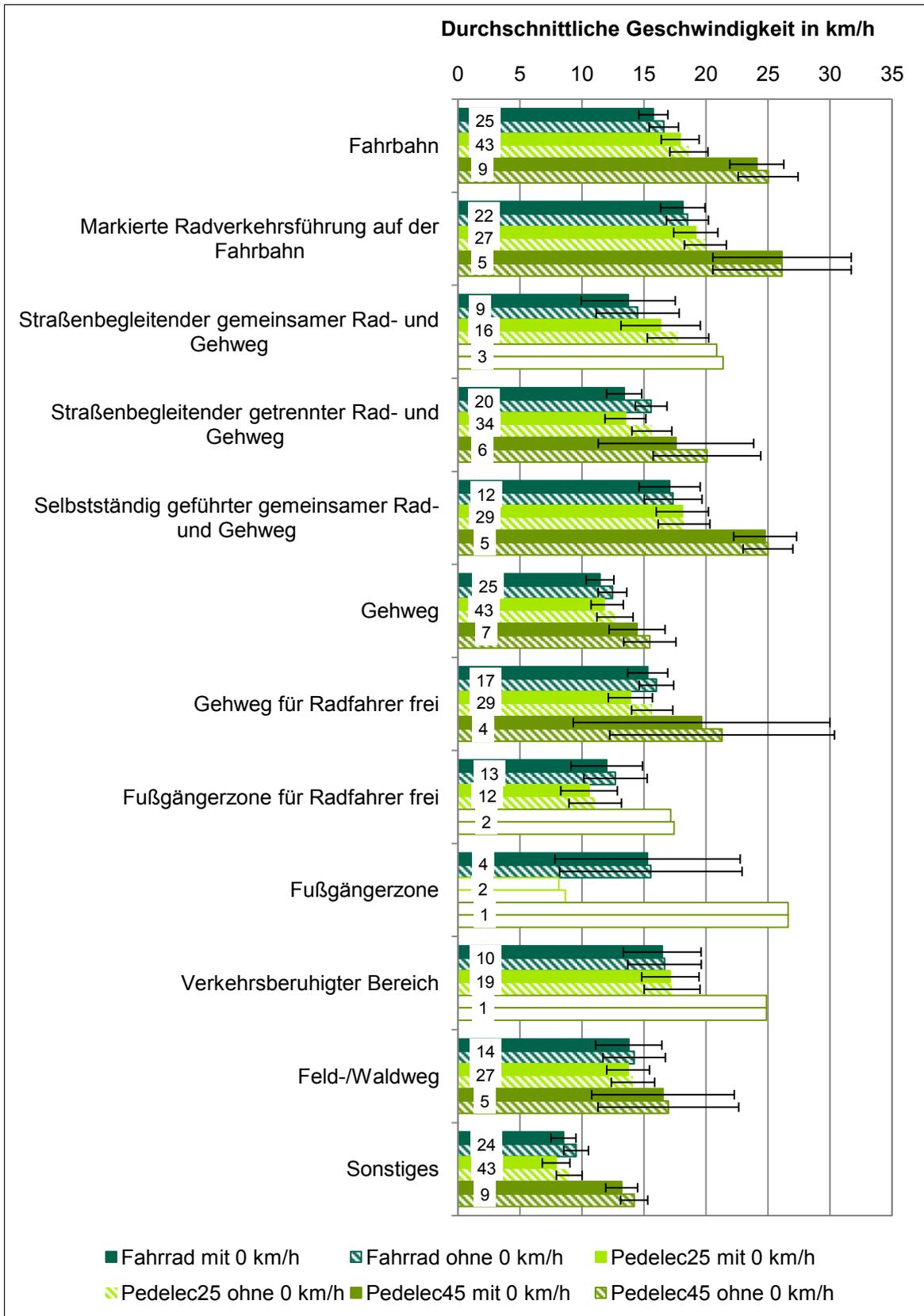


Abbildung 25: Durchschnittliche Geschwindigkeiten auf einzelnen Infrastrukturtypen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Streckenvideos und Radsensordaten; Tagebuchwoche; die Größe der Teilstichproben ist jeweils auf den einzelnen Balken wiedergegeben).

Auch alle Altersgruppen erreichten die höchste Geschwindigkeit auf der markierten Radverkehrsführung (siehe Abbildung 26). An zweiter und dritter Stelle folgten bei Teilnehmern unter 41 bzw. über 64 Jahren der selbstständig geführte gemeinsame Rad- und Gehweg und die Fahrbahn. Bei Nutzern im Alter von 41 bis 64 Jahren war die Reihenfolge umgekehrt. Die geringsten Geschwindigkeiten wurden bei allen drei Altersgruppen auf sonstiger Infrastruktur gemessen. Auf Gehwegen fuhren alle Altersgruppen durchschnittlich mit niedrigerer Geschwindigkeit als auf Gehwegen, die für Radfahrer freigegeben sind, wobei die über 64-Jährigen die geringste Geschwindigkeit erreichten. Die Muster sind demnach mit denen der Fahrzeugtypen vergleichbar.

Bei der Interpretation der Befunde zu den Altersgruppen sind ebenso wie bei den Fahrzeugtypen nicht repräsentative Werte zu berücksichtigen. Fahrer im Alter zwischen 41 und 64 Jahren fuhren die Höchstgeschwindigkeit in der Fußgängerzone, wobei der Wert von einer einzigen Person stammt, die bereits bei den Fahrzeugtypen erwähnt wurde. Die Geschwindigkeit in der Fußgängerzone von Fahrern über 64 Jahren ist ebenfalls mit Bedacht zu interpretieren, da nur zwei Teilnehmer aus dieser Gruppe gemeinsam 610 Meter auf dieser Infrastruktur zurücklegten.

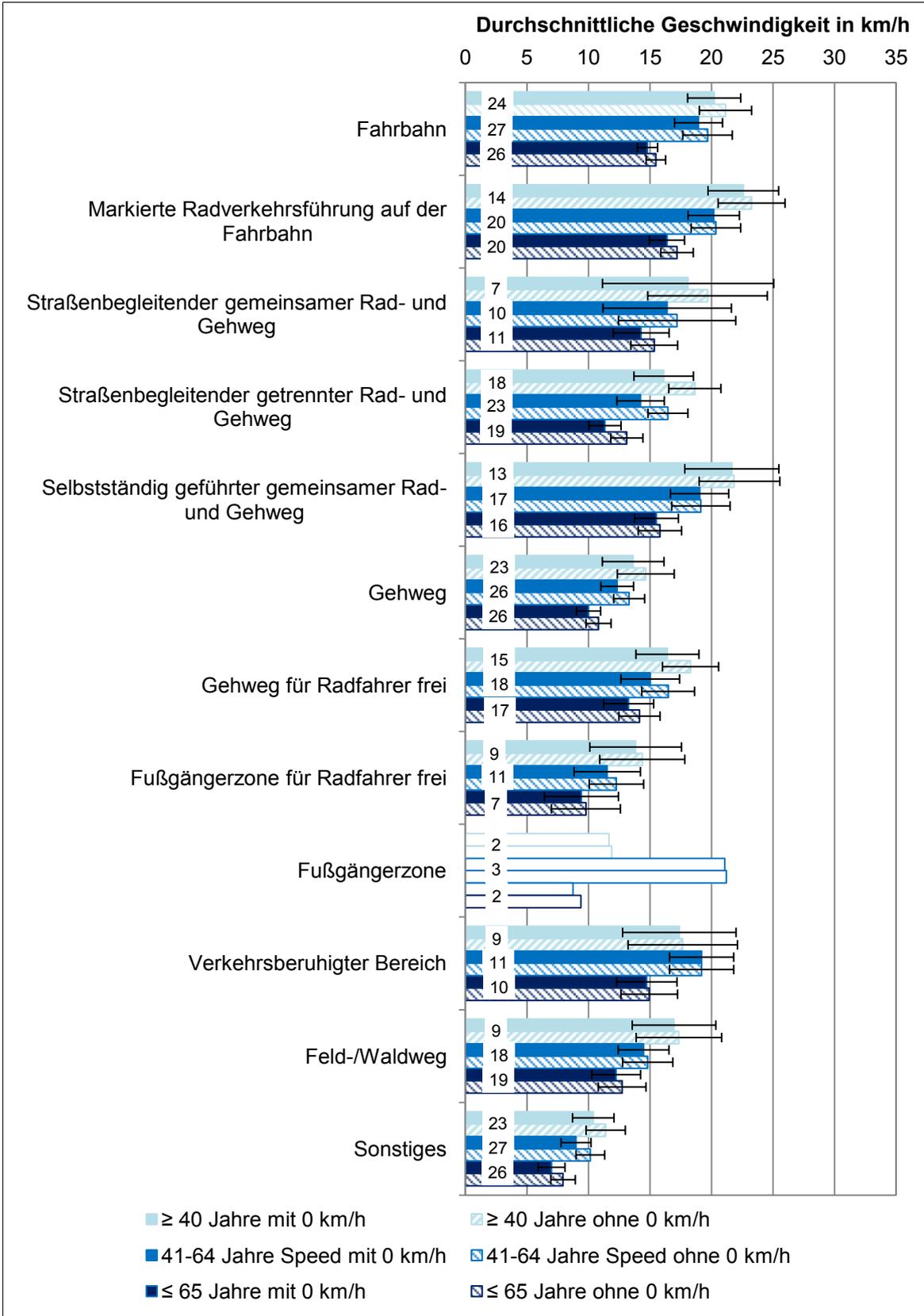


Abbildung 26:
Durchschnittliche Geschwindigkeiten auf einzelnen Infrastrukturtypen nach Altersgruppe (Daten aus kodierten Streckenvideos und Radsensordaten; Tagebuchwoche; die Größe der Teilstichproben ist jeweils auf den einzelnen Balken wiedergegeben).

3.3.2 Einflussfaktoren auf die Geschwindigkeit

Um zu ermitteln, welche weiteren Faktoren die erreichte Geschwindigkeit beeinflussen, wurden Informationen aus der Woche herangezogen, in der die Teilnehmer das Aktivitätentagebuch bearbeiteten. Dazu zählten einerseits die Kodierungen von freier Fahrt sowie Steigung und Gefälle aus den Streckenvideos. Andererseits wurden Angaben zu Zeitdruck und Begleitung während der Fahrt aus dem Aktivitätentagebuch berücksichtigt.

Es wurde die durchschnittliche Geschwindigkeit ohne Standzeiten betrachtet. Bei den Analysen handelte es sich um zweifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung, wobei der jeweilige Einflussfaktor (z.B. freie Fahrt) als Within-Faktor und Fahrzeugtyp bzw. Altersgruppe als Between-Faktor eingingen. Im Folgenden werden ausschließlich der Haupteffekt des Within-Faktors sowie die Interaktion aus Within- und Between-Faktor berichtet. Auf eine Darstellung des Einflusses von Fahrzeugtyp bzw. Altersgruppe (Haupteffekt Between-Faktor) wird aufgrund der teilweise eingeschränkten Gruppengrößen verzichtet. Es zeigten sich jedoch ähnliche Geschwindigkeitsmuster wie in der Gesamtstichprobe (siehe Kapitel 3.3).

Bei freier Fahrt, d.h. in Situationen, in denen sich die Nutzer ohne andere Verkehrsteilnehmer, vorausfahrenden oder entgegenkommenden Verkehr, Kreuzungen/Einmündungen oder andere Hindernisse bewegten, erreichten die Teilnehmer im Mittel eine Geschwindigkeit, die rund 1 km/h höher als die durchschnittliche Geschwindigkeit ohne Standzeiten (siehe Kapitel 3.3) war. Es konnten von 76 Personen Fahrten mit freier Fahrt beobachtet werden. Tabelle 22 zeigt die durchschnittlichen Geschwindigkeiten bei freier Fahrt und ohne freie Fahrt.

- Bei freier Fahrt lag die Geschwindigkeit bei allen Teilnehmern höher ($M = 18,7$; $SD = 5,3$) als ohne freie Fahrt ($M = 16,9$; $SD = 4,7$).
- Alle drei Fahrzeuggruppen erreichten bei freier Fahrt signifikant höhere Geschwindigkeiten als ohne freie Fahrt ($F(1,73) = 22,68$, $p < ,001$). Alle Fahrzeugtypen wurden in vergleichbarer Weise durch freie Fahrt beeinflusst (keine signifikante Interaktion zwischen freier Fahrt und Fahrzeugtyp; $F(2,73) = 1,79$, $p = ,174$).
- Auch unter Kontrolle des Alters hatte freie Fahrt einen signifikanten Effekt auf die Geschwindigkeit (freie Fahrt: $F(1,72) = 15,05$, $p < ,001$; freie Fahrt x Fahrzeugtyp: $F(2,72) = 2,99$, $p = ,057$). Das Alter als Kovariate hatte einen signifikanten Effekt ($F(1,72) = 4,91$, $p = ,030$).
- Bei allen drei Altersgruppen führte freie Fahrt zu signifikant höheren Geschwindigkeiten als ohne freie Fahrt ($F(1,73) = 49,56$, $p < ,001$). Alle Teilnehmer wurden in vergleichbarer Weise durch die freie Fahrt beeinflusst (keine signifikante Interaktion Altersgruppe x freie Fahrt; $F(2,73) = 2,54$, $p = ,086$).

Tabelle 22:

Mittlere Geschwindigkeiten ohne Standzeiten bei freier Fahrt und ohne freie Fahrt nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Streckenvideos und Radsensordaten; Tagebuchwoche).

| | | Durchschnittliche Geschwindigkeit <u>ohne</u> freie Fahrt | | Durchschnittliche Geschwindigkeit <u>mit</u> freier Fahrt | |
|---------------------|----------|---|-----------|---|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | | | |
| Fahrrad | 24 | 15,0 ¹ | 2,8 | 16,4 ² | 3,4 |
| Pedelec25 | 43 | 16,5 ¹ | 4,5 | 18,6 ² | 5,3 |
| Pedelec45 | 9 | 24,0 ¹ | 3,1 | 24,9 ² | 4,2 |
| <i>Altersgruppe</i> | | | | | |
| ≤ 40 Jahre | 23 | 19,3 ¹ | 5,1 | 21,5 ² | 5,3 |
| 41-64 Jahre | 27 | 17,8 ¹ | 5,0 | 19,8 ² | 5,4 |
| ≥ 65 Jahre | 26 | 14,0 ¹ | 1,8 | 15,0 ² | 2,5 |

Anmerkung: Unterschiedliche Zahlen als Indices in den Zeilen stehen für signifikante Unterschiede des Within-Faktors.

Insgesamt konnten bei 76 Personen Fahrten mit Steigung und Gefälle beobachtet werden. Tabelle 23 zeigt den Einfluss des Straßenverlaufes auf die Geschwindigkeit nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe.

- Bei Steigung erreichten die Teilnehmer im Mittel eine niedrigere Geschwindigkeit ($M = 16,0$; $SD = 4,9$) als bei Fahrten mit Gefälle ($M = 21,4$; $SD = 5,3$).
- Alle drei Fahrzeugtypen fuhren bei Steigung signifikant langsamer als bei Gefälle ($F(1,73) = 224,04$, $p < ,001$), wobei sich der Straßenverlauf in allen Gruppen in vergleichbarer Weise auf die Geschwindigkeit auswirkte (keine signifikante Interaktion von Straßenverlauf und Fahrzeugtyp; $F(2,73) = 1,23$, $p = ,299$).
- Auch unter Kontrolle des Alters der Teilnehmer hatte der Straßenverlauf bei den einzelnen Fahrzeugtypen einen signifikanten Effekt auf die Geschwindigkeit (Straßenverlauf: $F(1,72) = 23,7$, $p < ,001$; Straßenverlauf x Fahrzeugtyp: $F(2,72) = 1,43$, $p = ,246$). Das Alter als Kovariate hatte keinen signifikanten Effekt ($F(1,72) = 0,57$, $p = ,453$).
- Alle drei Altersgruppen erreichten bei Steigung signifikant niedrigere Geschwindigkeiten als bei Gefälle ($F(1,73) = 290,51$, $p < ,001$), wobei alle Teilnehmer in vergleichbarer Weise vom Straßenverlauf beeinflusst wurden (keine signifikante Interaktion zwischen Straßenverlauf und Altersgruppe; $F(2,73) = 0,04$, $p = ,965$).

Betrachtet man die Werte bei Gefälle, so lagen diese über der durchschnittlichen Geschwindigkeit ohne Standzeiten und dem Tempo bei freier Fahrt.

Tabelle 23:

Mittlere Geschwindigkeiten ohne Standzeiten bei Steigung und Gefälle nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Streckenvideos und Radsensordaten; Tagebuchwoche).

| | | Durchschnittliche Geschwindigkeit Steigung | | Durchschnittliche Geschwindigkeit Gefälle | |
|---------------------|----------|---|-----------|--|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | | | |
| Fahrrad | 24 | 13,2 ¹ | 3,5 | 19,1 ² | 3,4 |
| Pedelec25 | 43 | 16,4 ¹ | 4,6 | 21,4 ² | 5,5 |
| Pedelec45 | 9 | 21,7 ¹ | 3,7 | 27,9 ² | 2,9 |
| <i>Altersgruppe</i> | | | | | |
| ≤ 40 Jahre | 23 | 18,8 ¹ | 5,1 | 24,1 ² | 5,7 |
| 41-64 Jahre | 27 | 16,8 ¹ | 4,8 | 22,3 ² | 5,3 |
| ≥ 65 Jahre | 26 | 12,7 ¹ | 2,2 | 18,1 ² | 2,7 |

Anmerkung: Unterschiedliche Zahlen als Indices in den Zeilen stehen für signifikante Unterschiede des Within-Faktors.

Um zu ermitteln, welchen Einfluss Zeitdruck und Begleitung während der Fahrt auf die Geschwindigkeit hatten, wurden die Eintragungen aus dem Aktivitätentagebuch mit den Radsensordaten verknüpft.

Tabelle 24 zeigt den Einfluss von Zeitdruck auf die Geschwindigkeit ohne Standzeiten mit dem (Elektro-)Fahrrad bei den einzelnen Fahrzeugtypen und Altersgruppen. Da relativ wenige Probanden auf ihren Wegen Zeitdruck erlebten (siehe Kapitel 3.2.7), umfasste die zugrundeliegende Teilstichprobe nur 25 Personen.

- Unter Zeitdruck erreichten die Teilnehmer im Mittel eine vergleichbar hohe Geschwindigkeit ($M = 19,6$; $SD = 5,5$) wie bei Fahrten ohne Zeitdruck ($M = 19,2$; $SD = 6,2$).
- Zeitdruck führte in keiner der drei Fahrzeuggruppen zu einem signifikanten Anstieg der Geschwindigkeit ($F(1,22) = 0,24$, $p = ,631$). Zwischen Fahrzeugtyp und dem Einfluss von Zeitdruck bestand keine signifikante Interaktion ($F(2,22) = 0,12$, $p = ,890$), d.h. Zeitdruck wirkte sich bei allen drei Fahrzeugtypen in vergleichbarer Weise auf die Geschwindigkeit aus.
- Auch unter Konstanthaltung des Alters der Teilnehmer hatte Zeitdruck bei den einzelnen Fahrzeugtypen keinen signifikanten Effekt auf die Geschwindigkeit (Zeitdruck: $F(1,21) = 0,57$, $p = ,459$; Zeitdruck x Fahrzeugtyp: $F(2,21) = 0,19$, $p = ,826$). Auch das Alter als Kovariate hatte keinen signifikanten Effekt ($F(1,21) = 3,75$, $p = ,066$).
- Zeitdruck wirkte sich auch bei der Betrachtung der Altersgruppen nicht signifikant auf die Geschwindigkeit aus ($F(1,22) = 0,05$, $p = ,827$). Es ergaben sich zudem inkonsistente Einflussmuster: Während Teilnehmer im Alter von 41 bis 64 Jahren unter Zeitdruck etwa 1 km/h schneller fuhren als bei Fahrten ohne Zeitdruck, fuhren Teilnehmer über 64 Jahre unter Zeitdruck ca. 1 km/h langsamer. Altersgruppe und Zeitdruck interagierten nicht signifikant miteinander ($F(2,22) = 0,54$, $p = ,591$).

Tabelle 24:

Mittlere Geschwindigkeiten ohne Standzeiten bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad mit und ohne Zeitdruck nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch und Radsensordaten; Tagebuchwoche).

| | | Durchschnittliche Geschwindigkeit <u>ohne</u> Zeitdruck | | Durchschnittliche Geschwindigkeit <u>mit</u> Zeitdruck | |
|---------------------|----------|---|-----------|--|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | | | |
| Fahrrad | 10 | 15,5 | 3,3 | 16,0 | 3,9 |
| Pedelec25 | 10 | 20,1 | 7,1 | 20,6 | 5,2 |
| Pedelec45 | 5 | 24,8 | 3,9 | 24,6 | 4,5 |
| <i>Altersgruppe</i> | | | | | |
| ≤ 40 Jahre | 12 | 20,3 | 6,7 | 20,8 | 4,7 |
| 41-64 Jahre | 9 | 19,8 | 5,4 | 20,7 | 5,5 |
| ≥ 65 Jahre | 4 | 14,3 | 4,8 | 13,3 | 4,3 |

Tabelle 25 zeigt, welchen Einfluss eine Begleitung während der Fahrt auf die Geschwindigkeit ohne Standzeiten hatte. Unter begleiteten Fahrten wurden dabei sowohl Wege mit anderen Personen als auch Fahrten mit Gepäck subsummiert. Da diese vergleichsweise selten auftraten (siehe Kapitel 3.2.7), umfasste die zugrundeliegende Teilstichprobe nur 21 Personen.

- In Begleitung erreichten diese Teilnehmer im Mittel eine niedrigere Geschwindigkeit ($M = 14,6$; $SD = 4,2$) als bei unbegleiteten Fahrten ($M = 17,6$; $SD = 5,4$).
- Alle Fahrzeugtypen fuhren bei begleiteten Fahrten langsamer als bei unbegleiteten. Eine inferenzstatistische Absicherung dieser deskriptiven Ergebnisse war aufgrund der zu niedrigen Zellbesetzung in der Gruppe der Pedelec45-Fahrer jedoch nicht möglich.
- Begleitung führte in allen drei Altersgruppen zu einer signifikanten Reduktion der Geschwindigkeit ($F(1,18) = 10,41$, $p = ,005$), wobei alle Teilnehmer in vergleichbarer Weise beeinflusst wurden (keine signifikante Interaktion zwischen Altersgruppe und Begleitung; $F(2,18) = 1,41$, $p = ,269$).

Tabelle 25:

Mittlere Geschwindigkeiten ohne Standzeiten bei Fahrten mit dem (Elektro-)Fahrrad mit und ohne Begleitung nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Angaben aus Aktivitätentagebuch und Radsensordaten; Tagebuchwoche).

| | | Durchschnittliche Geschwindigkeit <u>ohne</u> Begleitung | | Durchschnittliche Geschwindigkeit <u>mit</u> Begleitung | |
|---------------------|----------|--|-----------|---|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | | | |
| Fahrrad | 7 | 16,3 | 3,6 | 12,3 | 4,2 |
| Pedelec25 | 13 | 17,7 | 6,0 | 15,6 | 4,0 |
| Pedelec45 | 1 | - | - | - | - |
| <i>Altersgruppe</i> | | | | | |
| ≤ 40 Jahre | 9 | 21,1 ¹ | 6,0 | 16,6 ² | 4,8 |
| 41-64 Jahre | 5 | 15,9 ¹ | 3,0 | 14,2 ² | 2,0 |
| ≥ 65 Jahre | 7 | 14,2 ¹ | 2,8 | 12,4 ² | 3,9 |

Anmerkung: Unterschiedliche Zahlen als Indices in den Zeilen stehen für signifikante Unterschiede des Within-Faktors.

3.3.3 Zusammenfassung

Pedelec45-Fahrer fuhren schneller als Nutzer der beiden anderen Fahrzeugtypen. Ebenso fuhren Pedelec25- Fahrer schneller als Fahrradfahrer unter Berücksichtigung des Alters. Dies war sowohl bei den Geschwindigkeiten mit als auch ohne Standzeiten der Fall. Pedelec45-Fahrer legten anteilig mehr Kilometer mit Geschwindigkeiten über 20 km/h bis 30 km/h zurück als Fahrrad- und Pedelec25-Nutzer.

Fahrer über 64 Jahre waren durchschnittlich mit geringeren Geschwindigkeiten unterwegs als die beiden anderen Altersgruppen. Sie legten auch weniger Kilometer im höheren Geschwindigkeitsbereich zurück.

Die Teilnehmer erreichten die höchsten Geschwindigkeiten auf der markierten Radverkehrsführung, der Fahrbahn, dem selbstständig geführten gemeinsamen Rad- und Gehweg sowie im verkehrsberuhigten Bereich. Am langsamsten fuhren die Nutzer aller Fahrzeugtypen auf der sonstigen Infrastruktur und normalen Gehwegen. Auf letzteren war die Geschwindigkeit in allen Gruppen niedriger als auf Gehwegen, die für Radfahrer freigegeben sind. Bei den Altersgruppen zeigte sich ein ähnliches Muster.

Bei freier Fahrt erreichten die Teilnehmer signifikant höhere Geschwindigkeiten als ohne freie Fahrt. Ebenso fuhren die Teilnehmer an Steigungen langsamer als bei Gefälle. Erlebter Zeitdruck während der Fahrt hatte keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit. In Begleitung von Personen bzw. beim Transport von Gepäck erreichten die Teilnehmer signifikant niedrigere Geschwindigkeiten als bei unbegleiteten Fahrten.

3.4 Sicherheitsverhalten

Um Aussagen zum Sicherheitsverhalten der Probanden treffen zu können, wurden die Videos hinsichtlich kritischer Situationen und deren Begleitumstände untersucht. Als kritisch wurden alle Situationen betrachtet, die sehr wahrscheinlich war zu einem Kontrollverlust über das Fahrzeug des Teilnehmers oder des andere Beteiligte führen. Weiterhin wurden die damit verbundenen Geschwindigkeiten durch eine Verknüpfung mit den Radsensordaten ermittelt. Schließlich wurden die subjektiven Angaben der Teilnehmer zur Auftretenshäufigkeit von Unfällen und kritischen Situationen analysiert.

3.4.1 Anzahl und Art des kritischen Ereignisses

Es traten 202 kritische Situationen auf. Diese wurden in fünf Ereignistypen unterschieden (siehe Kapitel 2.6.2). Am häufigsten waren Konflikte ohne Sturz, aber mit einer Reaktion des Pedelec- oder Radfahrers (siehe Tabelle 26). Die meisten Teilnehmer reagierten selbst (z.B. bremsen oder ausweichen), um eine Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer zu verhindern. Im gesamten Erhebungszeitraum kam es zu drei Stürzen, zwei ohne Einwirkung anderer und einer mit Konflikt mit einem anderen Verkehrsteilnehmer. Bei dem Sturz infolge eines Konfliktes missachtete der beteiligte Pkw-Fahrer beim Linksabbiegen die Vorfahrt des entgegenkommenden Pedelec-Fahrers. Dieser musste daraufhin stark abbremesen und stürzte. Bei den beiden Alleinunfällen handelte es sich um Stürze infolge von nassem bzw. rutschigem Untergrund.

Tabelle 26:
Anzahl der kritischen Situation pro Ereignis- und Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

| | Anzahl der kritischen Situationen | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | Pedelec25 <i>n</i> = 49 | Pedelec45 <i>n</i> = 10 | Fahrrad <i>n</i> = 31 |
| Konflikt mit Sturz | 1 | 0 | 0 |
| Konflikt ohne Sturz mit Reaktion | 84 | 19 | 71 |
| Konflikt ohne Sturz ohne Reaktion | 13 | 2 | 6 |
| Sturz (allein) | 1 | 0 | 1 |
| Beinahesturz (allein) | 2 | 0 | 2 |

Hinsichtlich der durchschnittlichen Anzahl der kritischen Situationen pro Person zeigten sich keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen (siehe Tabelle 27), wobei in der Gruppe der Fahrradfahrer geringfügig mehr kritische Ereignisse pro Teilnehmer auftraten als in den beiden anderen Gruppen ($H(2) = 0,30, p = ,868$). Auch zwischen den einzelnen Altersgruppen bestanden keine statistisch bedeutsamen Unterschiede ($H(2) = 0,49, p = ,785$).

Tabelle 27:

Durchschnittliche Anzahl der kritischen Situationen pro Person nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

| | | Durchschnittliche Anzahl der kritischen Situationen pro Person | |
|---------------------|----------|--|-----------|
| | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | |
| Fahrrad | 28 | 2,6 | 2,88 |
| Pedelec25 | 49 | 2,1 | 2,11 |
| Pedelec45 | 10 | 2,1 | 2,56 |
| <i>Altersgruppe</i> | | | |
| ≤ 40 Jahre | 27 | 2,2 | 2,70 |
| 41-64 Jahre | 29 | 2,4 | 2,66 |
| ≥ 65 Jahre | 31 | 2,1 | 1,96 |

Bei der an der Kilometerleistung relativierten Anzahl kritischer Situationen traten in der Gruppe der Pedelec45-Fahrer die wenigsten kritischen Situationen auf (siehe Abbildung 27). Die Unterschiede zwischen den Fahrzeugtypen ($F(2,84) = 1,13, p = ,329$) waren ebenso wie die Unterschiede zwischen den Altersgruppen nicht statistisch bedeutsam ($F(2,84) = 0,16, p = ,852$).

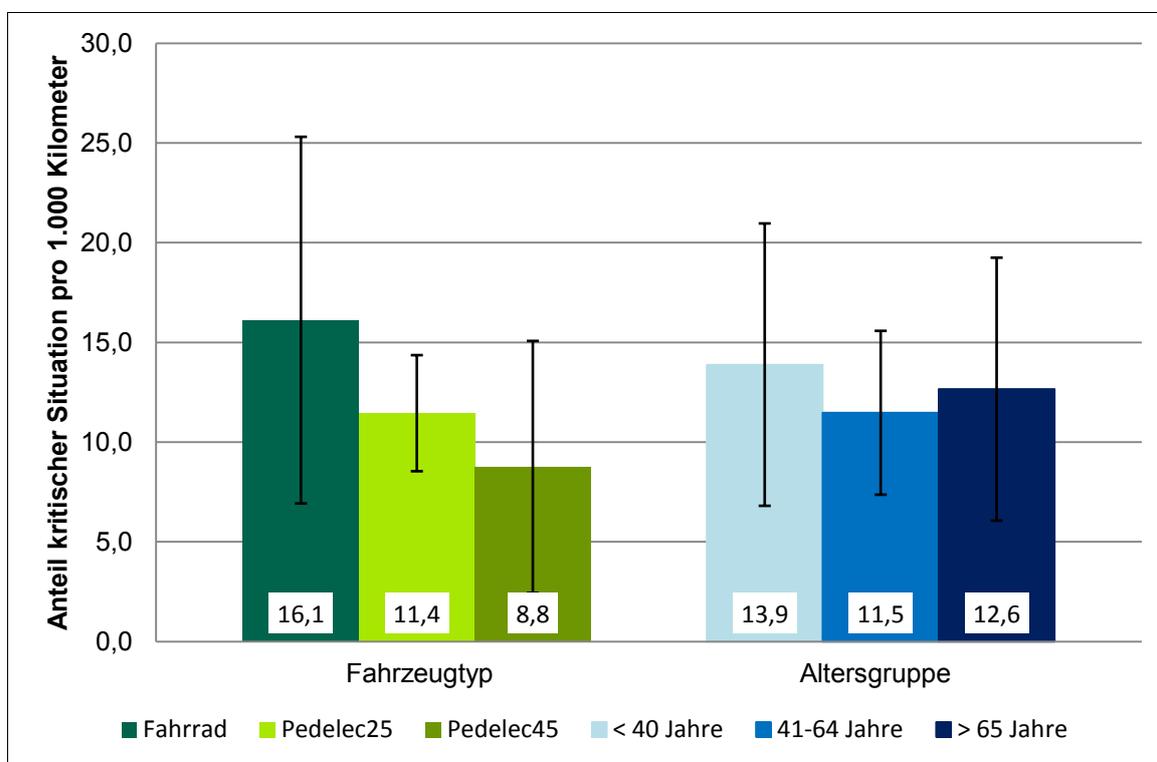


Abbildung 27:

Durchschnittlicher Anteil der kritischen Situationen pro 1.000 Kilometer nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Videos und Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum).

Da das Augenmerk des Forschungsprojektes auf potenziellen Sicherheitsunterschieden zwischen Pedelec- und Fahrradfahrern lag, wurden vertiefende Analysen ausschließlich für die Fahrzeugtypen und nicht für die Altersgruppen durchgeführt. Zur näheren Beschreibung der kritischen Situationen wurde die Unfalltypenklassifikation gemäß M UKO (FGSV, 2012) herangezogen. Der Unfalltyp bezeichnet den einen Unfall auslösenden Verkehrsvorgang bzw. Konflikt. Als Konflikt gilt dabei die gleichzeitige Annäherung von Verkehrsteilnehmern (den Konfliktpartnern) an eine Straßenstelle, an der sie unter Umständen zusammenstoßen können. Ob und wie Verkehrsteilnehmer tatsächlich kollidieren, spielt für die Bestimmung des Unfalltyps keine Rolle (FGSV, 2012). Unterschieden werden sieben verschiedene Unfalltypen, die als ein- und dreistelliger Unfalltyp weiter untergliedert werden können. Abbildung 28 stellt die sieben einstelligen Unfalltypen dar. Anschließend werden für eine genauere Beschreibung die dreistelligen Unfalltypen dargestellt.

Am häufigsten wurden bei allen Fahrzeugtypen Konflikte im Längsverkehr beobachtet, gefolgt von Einbiegen/Kreuzen-Konflikten an zweiter Stelle (siehe Abbildung 28). Letztere traten bei Pedelec25-Fahrern nahezu genauso häufig auf wie Konflikte im Längsverkehr. In dieser Gruppe folgten Abbiege-Konflikte an dritter Stelle, während es bei Pedelec45-Fahrern Konflikte mit ruhendem Verkehr und bei Fahrradfahrern Überschreiten-Konflikte waren. Am seltensten traten in allen Gruppen kritische Situationen ohne Konflikt (Alleinunfälle) auf.

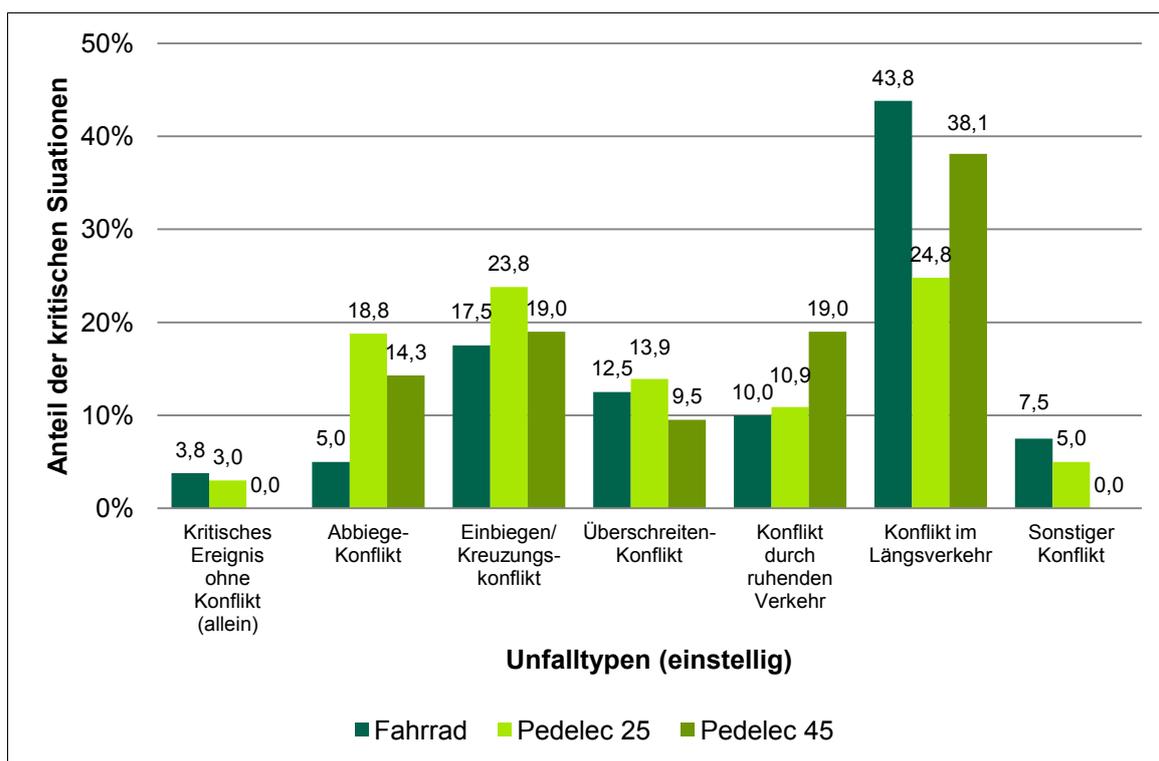


Abbildung 28:
Anteil der kritischen Situationen nach Unfall- und Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

Eine detaillierte Betrachtung ergab, dass bei Pedelec25-Fahrern am häufigsten Konflikte beobachtet werden konnten, die dem Unfalltyp 321 ähnlich sind (7,9%). Dieser Unfalltyp gehört zum Unfalltyp 3 Einbiegen/Kreuzen-Unfall (siehe Abbildung 29). Er umfasst, unabhängig vom Verschulden, sowohl Situationen in denen der Teilnehmer wartepflichtig als auch bevorrechtigt gewesen wäre. Bei den Pedelec45- (14,3%) und Fahrradfahrern (10,0%) wurden Konflikte ähnlich dem Unfalltyp 681 am häufigsten beobachtet. Dieser

gehört zum Unfalltyp 6 Unfälle im Längsverkehr, zu dem alle Konflikte zwischen Verkehrsteilnehmern zählen, die sich in entgegengesetzter Richtung bewegen.

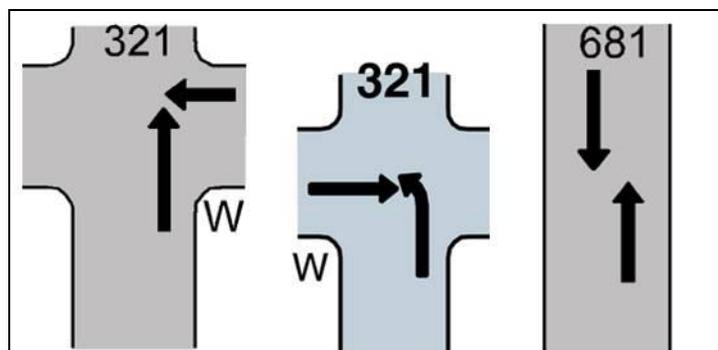


Abbildung 29:
Grafische Darstellung der Unfalltypen entnommen aus der Unfalltypenklassifikation gemäß M UKO (FGSV, 2012; W = Wartepflichtig).

Tabelle 28 stellt Beschreibungen aller kritischen Situationen dar, welche während der umfangreichen Kodierung der aufgezeichneten Videos dokumentiert wurden. Bei der Interpretation der angegebenen Anteile ist zu beachten, dass in der Gruppe von Pedelec45-Fahrern lediglich 21 kritische Situationen auftraten, sodass eine einzige Situation bereits einem Anteil von 4,8% entspricht. Die Häufigkeit der verschiedenen Kategorien unterschied sich zwischen den Fahrzeugtypen. Am häufigsten wurden Vorfahrtsmissachtungen durch motorisierte Fahrzeuge beobachtet, wobei je nach Nutzergruppe Unterschiede in der Art der Vorfahrtsmissachtung bestanden. Mehrfach wurde die Vorfahrt geradeausfahrender Pedelec- bzw. Radfahrer durch motorisierte Fahrzeuge beim Rechtsabbiegen nicht beachtet. Ferner waren entgegenkommende Fahrzeuge auf der Spur der Teilnehmer Auslöser für kritische Situationen, darunter besonders häufig motorisierte Fahrzeuge, die sich auf der Fahrspur der Pedelec45-Fahrer befanden. Das heißt, auf der Gegenspur stand ein geparktes Fahrzeug, der entgegenkommende Pkw überholte dieses und kam damit unserem Teilnehmer auf dessen Spur entgegen. In allen drei Gruppen traten kritische Situationen auf, die durch ausparkende oder wendende Fahrzeuge verursacht wurden. Weiterhin wurden häufiger Situationen mit vorauslaufenden oder querenden Fußgängern beobachtet.

Tabelle 28:

Klassifikation der detaillierten Beschreibungen der kritischen Situationen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

| | Anteil der kritischen Situationen (in %) | | |
|---|--|----------------------|---------------------|
| | Fahrrad n = 80,0 | Pedelec25 n = 101 | Pedelec45 n = 21 |
| Vorfahrtsmissachtung durch motorisiertes Fahrzeug | 11,3 | 16,9 | 23,8 |
| • Beim Rechtsabbiegen an Radinfrastruktur | 5,0 | 5,0 | 19,0 |
| • An Rechts-vor-Links-Kreuzungen | 0,0 | 3,0 | 0,0 |
| • Sonstige Vorfahrtsmissachtungen | 6,3 | 8,9 | 4,8 |
| Entgegenkommende Fahrzeuge auf Spur des Teilnehmers | 9,7 | 12,0 | 19 |
| • Motorisierte Fahrzeuge | 3,8 | 4,0 | 19,0 |
| • Anderer Radfahrer | 5,9 | 8,0 | 0,0 |
| Ausparkendes/wendendes motorisiertes Fahrzeug versperrt Weg des Teilnehmers | 7,5 | 14,9 | 9,5 |
| Probleme mit vorauslaufenden Fußgängern/ misslungenes Überholen auf | 5,0 | 6,0 | 19,1 |
| • Gehwegen | 0,0 | 2,0 | 4,8 |
| • Radinfrastruktur | 5,0 | 2,0 | 14,3 |
| • Fahrbahn | 0,0 | 2,0 | 0,0 |
| Querender/plötzlich erscheinender Fußgänger auf | 15,3 | 17,9 | 4,8 |
| • Gehweg | 5,0 | 5,0 | 0,0 |
| • Radinfrastruktur | 3,8 | 5,0 | 0,0 |
| • Fahrbahn | 6,5 | 7,9 | 4,8 |
| Plötzlich bremsende, vorausfahrende oder ausschwenkende | 12,5 | 3,0 | 10,0 |
| • Motorisierte Fahrzeuge | 2,5 | 1,0 | 9,5 |
| • Andere Radfahrer | 10,0 | 2,0 | 0,0 |
| Zu knappe Überholvorgänge durch motorisierte Verkehrsteilnehmer | 3,8 | 6,9 | 0,0 |
| Anderer Radfahrer kreuzt die Fahrbahn des Teilnehmers | 3,8 | 4,0 | 0,0 |
| STVO-Missachtungen durch den Teilnehmer | 5,0 | 5,9 | 4,8 |
| Entgegenkommende Fußgänger auf | 10,0 | 4,0 | 4,8 |
| • Gehweg | 5,0 | 1,0 | 0,0 |
| • Radinfrastruktur oder Fahrbahn | 5,0 | 3,0 | 4,8 |
| Probleme durch Hunde | 6,3 | 3,0 | 0,0 |
| Probleme durch Bodenbelag | 1,3 | 2,0 | 0,0 |
| Personen mit Hilfsmitteln auf Rad-/ Fußweg (z.B. Rollstuhl) | 0,0 | 1,0 | 4,8 |
| Kontrollverlust über Pedelec/Fahrrad durch Teilnehmer | 2,5 | 1,0 | 0,0 |
| Misslungenes Überholen von motorisierten Fahrzeugen durch den Teilnehmer | 3,9 | 1,0 | 0,0 |
| Plötzlich öffnende Türen anderer Fahrzeuge | 1,5 | 1,0 | 0,0 |

3.4.2 Einfluss von Tageszeit, anderen Beteiligten und Infrastruktur auf die kritischen Situationen

Als potenzielle Einflussfaktoren auf die aufgetretenen kritischen Situationen wurden Tageszeit, andere Beteiligte und die genutzte Infrastruktur untersucht.

Die wenigsten kritischen Situationen ereigneten sich in den Nacht- und frühen Morgenstunden (siehe Tabelle 29). Zwischen 23.00 und 5.00 Uhr wurden keinerlei kritische Ereignisse beobachtet. Die meisten Situationen fanden in allen drei Fahrzeuggruppen zur typischen Pendlerzeit zwischen 14.00 und 17.00 Uhr statt. Auch im Zeitraum von 8.00 bis 11.00 Uhr traten verstärkt kritische Situationen bei Pedelec25-Fahrern auf. Für die Pedelec45-Fahrer wurden hingegen vermehrt Situationen zwischen 17.00 und 20.00 Uhr beobachtet. Bei allen Altersgruppen wurden viele Situationen in den Nachmittagsstunden registriert. Bei den älteren Fahrern traten allerdings die meisten Situationen in den Vormittagsstunden auf, wohingegen diese Tageszeit bei den jüngeren Fahrern an zweiter Stelle stand. Neben den Nachmittagsstunden ereigneten sich bei Fahrern zwischen 41 und 64 Jahren häufiger Situationen zwischen 17.00 und 20.00 Uhr.

Tabelle 29:

Anteil der kritischen Situation zu verschiedenen Tageszeiten nach Fahrzeugtyp und Altersgruppe (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

| Anteil der kritischen Situationen (in %) | | | | | | |
|--|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Tageszeit | 5:00-8:00 | 8:00-11:00 | 11:00-14:00 | 14:00-17:00 | 17:00-20:00 | 20:00-23:00 |
| <i>Fahrzeugtyp</i> | | | | | | |
| Fahrrad | 6,5 | 19,4 | 17,7 | 41,9 | 14,5 | 0,0 |
| Pedelec25 | 1,0 | 29,7 | 16,8 | 31,7 | 19,8 | 1,0 |
| Pedelec45 | 0,0 | 14,3 | 9,5 | 52,4 | 23,8 | 0,0 |
| <i>Altersgruppe</i> | | | | | | |
| ≤ 40 Jahre | 2,6 | 38,5 | 10,3 | 48,7 | 0,0 | 0,0 |
| 41 - 64 Jahre | 5,8 | 7,2 | 15,9 | 43,5 | 26,1 | 1,4 |
| ≥ 65 Jahre | 0,0 | 38,5 | 23,1 | 30,8 | 7,7 | 0,0 |

Tabelle 30 zeigt, wie häufig andere Verkehrsteilnehmer neben unserem Teilnehmer als Konfliktpartner an den kritischen Situationen beteiligt waren. Es ergab sich für alle drei Fahrzeugtypen ein sehr einheitliches Bild. Am häufigsten kamen kritische Situationen mit Pkw vor, gefolgt von kritischen Interaktionen mit Fußgängern und Fahrrad- bzw. Elektrofahrradfahrern. Bei allen Gruppen traten auch kritische Interaktionen mit mehreren Beteiligten auf, beispielsweise mit einem Fußgänger, der mit seinem Hund unterwegs war. Die anderen Kategorien von Beteiligten waren seltener, mit Straßenbahnen und Zügen wurden keine kritischen Situationen beobachtet.

Tabelle 30:

Anteil der kritischen Situation mit anderen Beteiligten nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

| | Anteil der kritischen Situationen (in%) | | |
|--|---|-----------------------------|----------------------------|
| | Fahrrad <i>n</i> = 80 | Pedelec25 <i>n</i> = 101 | Pedelec45 <i>n</i> = 21 |
| Fußgänger | 26,3 | 27,7 | 28,6 |
| Fahrrad/Elektrofahrrad | 20,0 | 13,9 | 9,5 |
| Motorrad | 0,0 | 0,0 | 4,8 |
| Pkw/SUV | 31,3 | 39,6 | 42,9 |
| Kleintransporter | 5,0 | 5,0 | 4,8 |
| LKW | 1,3 | 4,0 | 4,8 |
| Bus | 1,3 | 2,0 | 0,0 |
| Mehrere Beteiligte (z.B. Fußgänger & Tier) | 10,0 | 3,0 | 4,8 |
| Sonstige (z.B. Traktor) | 1,3 | 2,0 | 0,0 |
| Keiner | 3,8 | 3,0 | 0,0 |

Einen weiteren potenziellen Einflussfaktor auf kritische Situationen stellt die genutzte Infrastruktur dar. Tabelle 31 zeigt den Anteil der kritischen Situationen auf einzelnen Infrastrukturtypen.

- Am häufigsten wurden kritische Situationen auf der Fahrbahn beobachtet, wobei zwischen den Fahrzeugtypen keine Unterschiede bestanden. Das Ergebnis spiegelt die Infrastrukturnutzung im Allgemeinen wider: Die Teilnehmer legten die meisten Kilometer auf der Fahrbahn zurück (siehe Kapitel 3.2.4).
- Für Pedelec45- und Fahrradfahrer stand an zweiter Stelle der selbstständig geführte gemeinsame Rad- und Gehweg, knapp vor dem Gehweg. Bei den Pedelec25-Fahrern hingegen kamen häufiger kritische Situationen auf dem straßenbegleitenden getrennten Rad- und Gehweg vor, gefolgt vom Gehweg.
- Auch hierbei handelt es sich um Infrastrukturtypen, die häufig von den Teilnehmern genutzt wurden. Darüber hinaus besteht auf diesen Infrastrukturen besonders häufig Kontakt mit anderen Verkehrsteilnehmern, im Gegensatz zum Fahren auf Feld- und Waldwegen.
- Auf den anderen Infrastrukturtypen ereigneten sich weniger Situationen, nur bei Fahrradfahrern kam es dort häufiger zu Konflikten. Dabei handelte es sich vor allem um Situationen mit (aus-)parkenden Fahrzeugen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Verteilung der kritischen Situationen auf die verschiedenen Infrastrukturtypen der Exposition, d.h. der Kilometerleistung pro Infrastrukturtyp, entspricht.

Auch für die kritischen Situationen wurde erfasst, ob die Probanden die vorgeschriebene Infrastruktur nutzten als die kritische Situation auftrat. In den meisten Fällen nutzten die Teilnehmer die für sie vorgesehene Infrastruktur. Es zeigte sich lediglich für eine Kategorie eine deutliche Abweichung: 24 kritische Situationen ereigneten sich auf dem Gehweg, wenn die Teilnehmer eigentlich auf der Fahrbahn hätten fahren sollen. Insgesamt war bei vorgeschriebener Nutzung der Fahrbahn am häufigsten der Gehweg befahren worden (siehe Kapitel 3.2.4).

Tabelle 31:
Anteil der kritischen Situation auf einzelnen Infrastrukturtypen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

| | Anteil der kritischen Situationen (in%) | | |
|---|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| | Fahrrad <i>n</i> = 80 | Pedelec25 <i>n</i> = 101 | Pedelec45 <i>n</i> = 21 |
| Fahrbahn | 36,3 | 50,5 | 52,4 |
| Markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn | 2,5 | 4,0 | 4,8 |
| Straßenbegleitender getrennter Rad- und Gehweg | 11,3 | 15,8 | 9,5 |
| Straßenbegleitender gemeinsamer Rad- und Gehweg | 1,3 | 2,0 | 0,0 |
| Selbstständig geführter gemeinsamer Rad- und Gehweg | 16,3 | 5,9 | 14,3 |
| Gehweg | 15,0 | 13,9 | 14,3 |
| Gehweg für Radfahrer frei | 2,5 | 2,0 | 4,8 |
| Fußgängerzone für Radfahrer frei | 2,5 | 1,0 | 0,0 |
| Fußgängerzone | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Feld-/Waldweg | 2,5 | 1,0 | 0,0 |
| Verkehrsberuhigter Bereich | 0,0 | 1,0 | 0,0 |
| Sonstiges | 10,0 | 3,0 | 0,0 |

Nach der getrennten Betrachtung des Einflusses von anderen Beteiligten und der genutzten Infrastruktur wurden beide Faktoren gemeinsam exploriert. Einen Überblick über den Einfluss der Variablen auf die Häufigkeit der kritischen Situationen gibt die Tabelle in Anhang 4.

- Insgesamt ereigneten sich die meisten kritischen Situationen mit anderen Verkehrsteilnehmern auf jenen Infrastrukturtypen, die diese gemäß ihrer Verkehrsbeteiligung nutzten (z.B. mit Fußgängern auf dem Gehweg).
- Allerdings gab es einzelne Ausnahmen: Mit Fußgängern traten fast ebenso häufig kritische Situationen auf der Fahrbahn wie auf dem Gehweg auf. Dabei handelte es sich vorwiegend um Überquerungssituationen der Fußgänger.

- Mit dieser Gruppe von anderen Beteiligten wurden insgesamt auf vielen verschiedenen Infrastrukturtypen kritische Ereignisse beobachtet.
- Gleiches galt für andere Radfahrer. Mit anderen Radfahrern ereigneten sich kritische Situationen am häufigsten auf der Fahrbahn.
- Mit Pkw ereigneten sich die meisten kritischen Situationen ebenfalls auf der Fahrbahn, gefolgt von Konflikten beim Überqueren eines straßenbegleitenden getrennten Rad- und Gehweges sowie eines Gehweges (z.B. beim Abbiegen).
- Kritische Situationen mit anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern fanden am häufigsten auf der Fahrbahn statt, außer bei Bussen. Bei diesen wurden zwei kritische Situationen bei der Überquerung von Radinfrastrukturen beobachtet. In einer davon bog der Bus von der Haltestelle über den Radstreifen auf die Fahrbahn ein. Bei der anderen Situation war der Bus bevorrechtigt, die Kreuzung zu überqueren, was der Teilnehmer auf der Radinfrastruktur missachtete.

3.4.3 Verhalten der Teilnehmer und Beteiligten vor und während der Situation

Das Verhalten der Teilnehmer und der anderen Beteiligten **vor einem kritischen Ereignis** wurde als erwartet oder unerwartet klassifiziert. Als unerwartet galt dabei beispielsweise regelwidriges Verhalten, wie eine Nutzung des Gehweges statt der angebotenen Radinfrastruktur oder das Überfahren einer roten Ampel. Außerdem fielen in diese Kategorie plötzliche Infrastrukturwechsel, Bremsmanöver und plötzliches Auslenken. Regelkonformes und gut einschätzbare Verhalten wurde als erwartet klassifiziert.

Die Teilnehmer zeigten in der Mehrheit der kritischen Situationen erwartetes bzw. regelkonformes Verhalten, wobei die Pedelec45-Fahrer noch einmal deutlich herausragten (siehe Abbildung 30). In dieser Gruppe trat nur eine kritische Situation auf, der unerwartetes Verhalten des Pedelec-Fahrers vorausging. Die Fahrradfahrer hingegen verhielten sich von allen drei Gruppen am wenigsten erwartbar und einschätzbar.

Beim Verhalten der anderen Beteiligten zeigte sich, dass diese häufiger als die Teilnehmer unerwartet bzw. regelwidrig agierten. Besonders häufig wurden in der Pedelec45-Gruppe andere Beteiligte beobachtet, die sich nicht an die Verkehrsregeln hielten oder unerwartetes Verhalten zeigten. Einschränkend ist jedoch zu beachten, dass der Blickwinkel der Kamera eine bessere Beobachtung des Beteiligten als des Teilnehmers erlaubte. Daher ist es möglich, dass es zu einer Unterschätzung des unerwarteten Verhaltens der Teilnehmer kam.

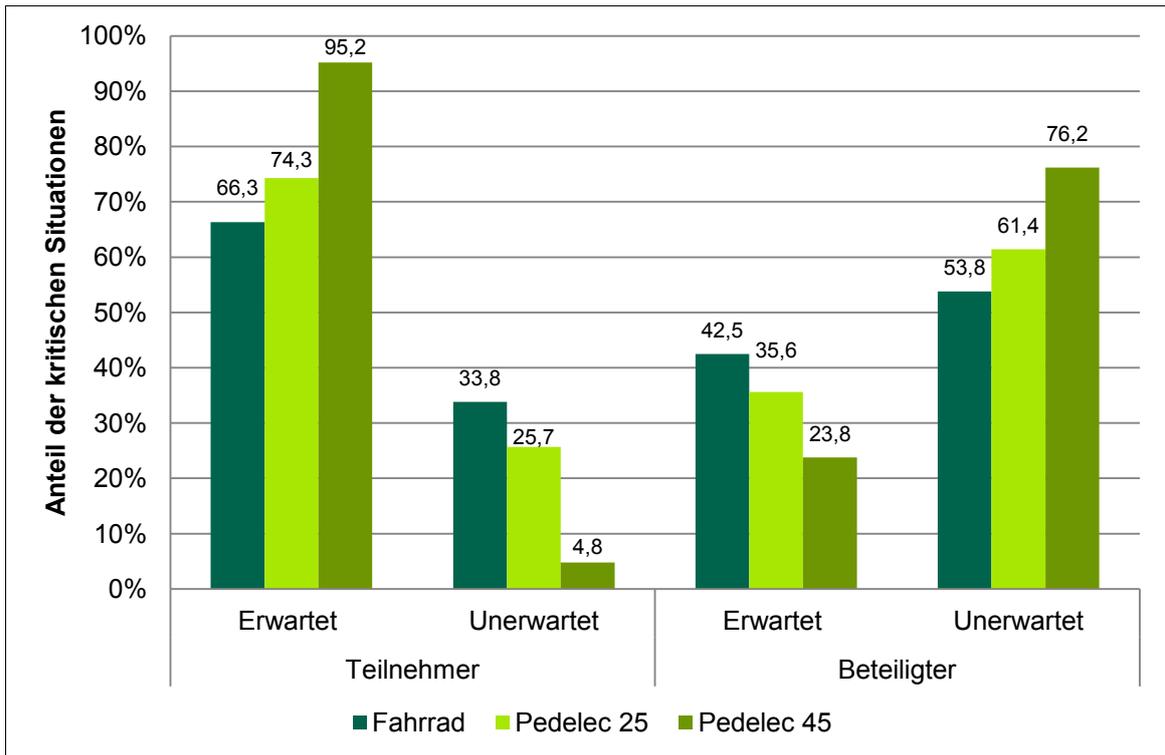


Abbildung 30:
Anteil der kritischen Situationen klassifiziert nach dem Verhalten vor der Situationen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

Eine genauere Beschreibung des einer kritischen Situation vorauslaufenden Verhaltens der Teilnehmer und der anderen Beteiligten ist in Tabelle 32 dargestellt. Dabei handelt es sich um die Situationen, in denen unerwartetes Verhalten gezeigt worden war. Das Verhalten wurde von den Kodierern beschrieben.

- Besonders häufig trat in allen drei Fahrzeuggruppen die Nutzung der falschen Infrastruktur auf, z.B. ein Befahren des Gehweges statt einer angebotenen Radinfrastruktur.
- Häufiger waren auch ein plötzlicher Fahrstreifenwechsel und eine Missachtung der Vorfahrt durch die Teilnehmer.
- Seitens der anderen Beteiligten wurden drei Verhaltensweisen in allen drei Fahrzeuggruppen besonders häufig beobachtet, wenn auch in unterschiedlicher Rangfolge: Missachtung der Vorfahrt durch den anderen Beteiligten, Benutzung einer falschen Fahrspur sowie plötzliches Überqueren der Fahrbahn des Teilnehmers.
- Das plötzliche Bremsen oder Stehenbleiben von anderen Verkehrsteilnehmern führte vor allem bei Pedelec45- und Fahrradfahrern zu kritischen Situationen.

Tabelle 32:

Anteil der kritischen Situationen klassifiziert nach dem Verhalten der Teilnehmer und Beteiligten vor der Situation nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

| | Anteil der kritischen Situationen (in%) | | |
|---|---|---------------|---------------|
| | Fahrrad | Pedelec25 | Pedelec45 |
| <i>Verhalten des Teilnehmers</i> | | | |
| | <i>n = 27</i> | <i>n = 26</i> | <i>n = 1</i> |
| Nutzung der falschen Infrastruktur, z.B. auf Gehweg | 33,3 | 53,8 | 100,0 |
| Plötzlicher Fahrstreifenwechsel, z.B. Gehweg auf Fahrbahn | 14,8 | 7,7 | 0,0 |
| Missachtung der Vorfahrt | 3,7 | 19,2 | 0,0 |
| Enger Überholvorgang | 14,8 | 3,8 | 0,0 |
| Schnelles Fahren | 7,4 | 0,0 | 0,0 |
| Fahrt auf der falschen Seite | 14,8 | 3,8 | 0,0 |
| Späte Reaktion | 11,1 | 11,5 | 0,0 |
| <i>Verhalten des anderen Beteiligten</i> | | | |
| | <i>n = 43</i> | <i>n = 62</i> | <i>n = 16</i> |
| Missachtung Vorfahrt | 16,3 | 27,4 | 25,0 |
| Benutzung der falschen Fahrspur | 20,9 | 27,4 | 31,3 |
| Plötzliches Überqueren der Fahrbahn des Teilnehmers | 25,6 | 19,4 | 18,8 |
| Plötzliches Bremsen/Stehenbleiben | 16,3 | 6,5 | 18,8 |
| Enges Überholmanöver | 9,3 | 4,8 | 0,0 |
| Späte Reaktion | 4,7 | 6,5 | 0,0 |
| Unrechtmäßiger Parkvorgang | 4,7 | 6,5 | 6,3 |
| Öffnen der Tür | 2,3 | 1,6 | 0,0 |

Anhand der Videodaten wurde ebenso das Verhalten des Teilnehmers **während der Situation** betrachtet (siehe Abbildung 31). Die einzelnen Verhaltensweisen stellen distinkte Kategorien dar, d.h. das Verhalten jedes Teilnehmers wurde anhand eines der unten aufgeführten Verhaltensmuster kategorisiert. Einschränkend muss hinzugefügt werden, dass die Reaktionen ein Kriterium waren, um die kritische Situation als solche einzustufen.

- Die Pedelec45-Gruppe zeigte am häufigsten alleiniges Bremsen, während Fahrradfahrer am häufigsten bremsen und gleichzeitig ausweichen.

- Pedelec25-Fahrer reagierten genauso häufig mit reinem Bremsen wie mit reinem Ausweichen. In dieser Gruppe traten auch die Kategorien Bremsen bis zum Stillstand, Bremsen und Ausweichen sowie gar kein Verhalten mit nahezu gleicher Häufigkeit auf.
- Das Ausbleiben einer Reaktion (kein Verhalten) wurde bei allen Fahrzeugtypen relativ selten beobachtet.
- Seltener war lediglich das Bremsen bis zum Stillstand mit Ausweichmanöver.

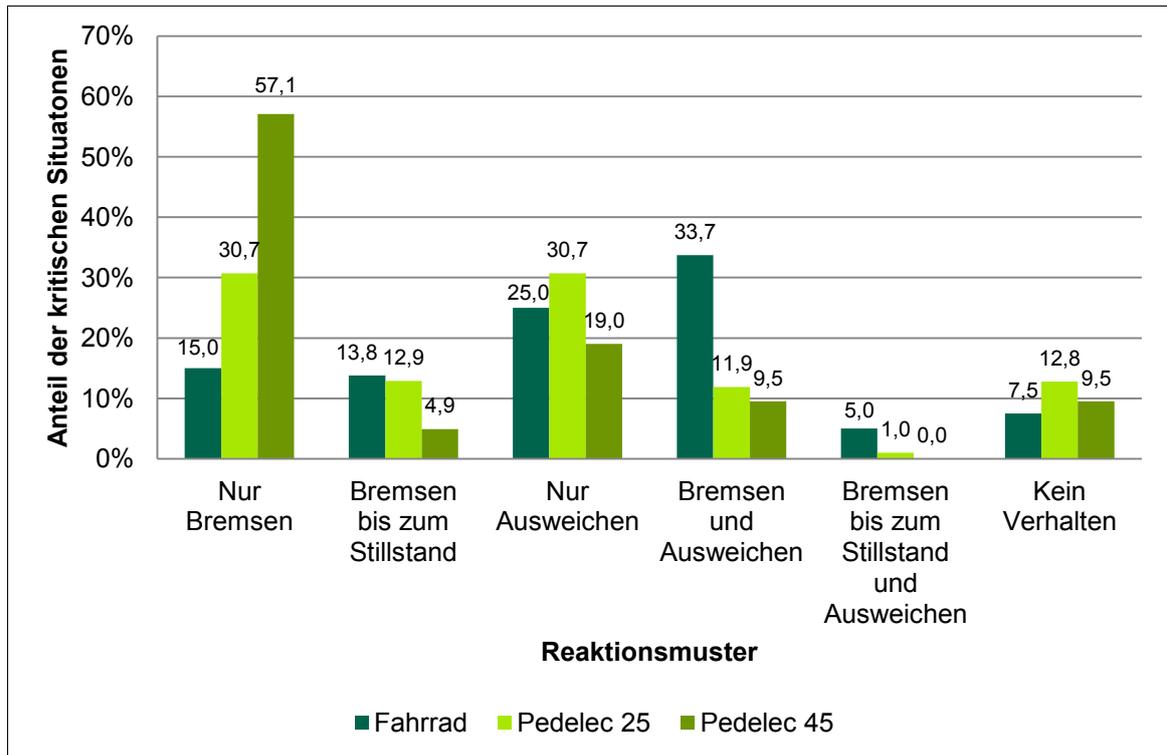


Abbildung 31:
Reaktionen der Teilnehmer auf kritische Situationen nach Fahrzeugtyp (Daten aus kodierten Videos; gesamter Erhebungszeitraum).

3.4.4 Geschwindigkeit in kritischen Situationen

Die Geschwindigkeiten wurden anhand der Radsensordaten vor und während der kritischen Situation untersucht. Tabelle 33 zeigt, in wie vielen Situationen die Teilnehmer anteilig mit einer Verringerung, Erhöhung oder Konstanthaltung der Geschwindigkeit reagierten.

- Am häufigsten bei allen Fahrzeugtypen war die Verringerung der Geschwindigkeit. Fahrradfahrer verringerten ihre Geschwindigkeit in 90,3% der Situationen um durchschnittlich 9,4 km/h. Pedelec25-Fahrer verringerten ihre Geschwindigkeit in den meisten Fällen (78,2% der Situationen) um durchschnittlich 10,0 km/h. Bei Pedelec45-Nutzern trat in drei Viertel der Fälle eine Verringerung der Geschwindigkeit auf. Sie senkten Ihre Geschwindigkeit von einem generell höheren Ausgangsniveau im Schnitt um 11,3 km/h.
- Bei 16,8% bzw. 19,0 % der kritischen Situationen hielten Pedelec25- und Pedelec45-Nutzer ihre Geschwindigkeit konstant. Fahrradfahrer zeigten dies seltener.

- Alle Gruppen erhöhten nur selten ihre Geschwindigkeit bei einer kritischen Situation. Eine typische Situation für eine Erhöhung der Geschwindigkeit war das Anfahren an einer Ampel, wobei es auf der Kreuzung zu einem Konflikt mit einem anderen Verkehrsteilnehmer kam, den der Teilnehmer durch zügiges Verlassen der Kreuzung auflöste. Daher war bei einer Erhöhung der Geschwindigkeit die Ausgangsgeschwindigkeit vergleichsweise niedrig. Bei den Pedelec45-Fahrern trat die größte Erhöhung um durchschnittlich 14,1 km/h auf, während die anderen beiden Gruppen ihre Geschwindigkeit um durchschnittlich 5,0 bzw. 6,8 km/h erhöhten.

Tabelle 33:

Geschwindigkeitsänderungen während der kritischen Situationen (Daten aus kodierten Videos und Radsensordaten; gesamter Erhebungszeitraum).

| | Fahrrad | | Pedelec25 | | Pedelec45 | |
|-----------------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
| | % der Situationen | Km/h | % der Situationen | Km/h | % der Situationen | Km/h |
| Verringerung | 90,3 | 9,4 | 78,2 | 10,0 | 76,2 | 11,3 |
| Konstanthaltung | 6,5 | 2-3 | 16,8 | 2-3 | 19,0 | 2-3 |
| Erhöhung | 3,2 | 5,0 | 5,0 | 6,8 | 4,8 | 14,1 |

3.4.5 Subjektive Beschreibung der Unfallhistorie

Die Teilnehmer wurden in der Vorbefragung zu ihrer Unfallhistorie, d.h. der Anzahl von Unfällen bzw. Stürzen im letzten Jahr, sowie den kritischen Situationen der letzten drei Monate befragt. Die Probanden sollten dabei sowohl Alleinunfälle (Stürze) als auch Unfälle mit anderen Beteiligten berichten. Zusätzlich wurden sie um eine genaue Beschreibung der Umstände, Beteiligten, befahrenen Infrastruktur, Schwere der Verletzung und Unfallverursacher gebeten. Bei der Interpretation der folgenden Ergebnisse ist zu beachten, dass diese auf den subjektiven Angaben der Teilnehmer beruhen.

Insgesamt gaben 16,3% der Pedelec25-, 60,0% der Pedelec45- und 58,1% der Fahrradfahrer an, im vergangenen Jahr einen Unfall oder Sturz gehabt zu haben. Pedelec25-Fahrer berichteten von acht, Pedelec45-Fahrer von sieben und Fahrradfahrer von 22 Unfällen. Die Mittelwerte für die einzelnen Gruppen sind in Tabelle 34 dargestellt. An der Teilnehmerzahl gemessen, gaben die Pedelec25-Fahrer signifikant weniger Unfälle an als die beiden anderen Fahrzeuggruppen, zwischen denen kein bedeutsamer Unterschied bestand ($H(2) = 18,35$ $p < ,001$).

Die Teilnehmer wurden ebenso nach den kritischen Situationen der letzten drei Monate befragt. Es gaben 61,2% der Pedelec25-, 80,0% der Pedelec45- und 70,0% der Fahrradfahrer an, in den letzten drei Monaten vor der Befragung eine kritische Situation erlebt zu haben. Die meisten kritischen Situationen berichteten die Pedelec25-Fahrer ($n = 80$), gefolgt von den Fahrrad- ($n = 46$) und Pedelec45-Fahrern ($n = 28$). Zwischen den Mittelwerten der Gruppen bestanden jedoch keine signifikanten Unterschiede ($F(2,85) = 1,20$, $p = ,306$).

Tabelle 34:

Mittlere Anzahl von selbstberichteten Unfällen/Stürzen und kritische Situationen nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung).

| | <i>n</i> | Unfälle/Stürze | | Kritische Situationen | |
|-----------|----------|------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Fahrrad | 31 | 0,7 ^a | 0,7 | 1,5 | 1,4 |
| Pedelec25 | 49 | 0,2 ^b | 0,4 | 1,6 | 1,9 |
| Pedelec45 | 10 | 0,7 ^a | 0,7 | 2,8 | 3,4 |

Anmerkung: Unterschiedliche Buchstaben als Indices zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen an (post-hoc Vergleiche, Bonferroni).

Einen Überblick über die Häufigkeit von Unfällen/Stürzen bzw. kritischen Situationen mit anderen Verkehrsteilnehmern gibt Tabelle 35.

- An den Unfällen war laut Aussagen der Teilnehmer in den meisten Fällen kein anderer Verkehrsteilnehmer beteiligt (52,4% bis 66,7% der selbstberichteten Unfälle/Stürze). Es handelte sich also überwiegend um Stürze.
- An zweiter Stelle standen motorisierte Fahrzeuge als andere Beteiligte.
- Unfälle mit allen anderen Verkehrsteilnehmern kamen laut Angaben der Teilnehmer nur vereinzelt vor ($\leq 9,6\%$ der selbstberichteten Unfälle/Stürze).
- Kritische Situationen traten nach Angaben der Teilnehmer am häufigsten mit motorisierten Fahrzeugen auf. Das spiegelt die von den Teilnehmern berichtete Häufigkeit kritischer Situationen in den letzten drei Monaten auf Hauptverkehrsstraßen wider, da man in der Regel dort motorisierten Fahrzeugen begegnet.
- Es folgten Ereignisse mit Fußgängern und anderen Radfahrern, wobei diese Kategorien nur von Fahrrad- und Pedelec25-Fahrern benannt wurden.
- Deutlich seltener im Vergleich zu Unfällen/Stürzen gaben die Teilnehmer an, dass keine anderen Verkehrsteilnehmer an der Situation beteiligt waren.

Tabelle 35:

Beteiligte an selbstberichteten Unfällen/Stürzen und kritischen Situationen nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung).

| | Anteil der Unfälle/Stürze bzw. kritischen Situationen (in %) | | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Unfälle/Stürze | | | Kritische Situationen | | |
| | Fahr- rad <i>n</i> = 22 | Pede- lec25 <i>n</i> = 8 | Pede- lec45 <i>n</i> = 7 | Fahr- rad <i>n</i> = 46 | Pede- lec25 <i>n</i> = 80 | Pede- lec45 <i>n</i> = 28 |
| Motorisiertes Fahrzeug | 33,3 | 16,8 | 33,3 | 58,1 | 51,0 | 42,9 |
| Anderer Radfahrer | 9,6 | 8,2 | 0,0 | 12,9 | 18,4 | 21,4 |
| Anderer Elektroradfahrer | 0,0 | 8,2 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 0,0 |
| Fußgänger | 4,7 | 0,0 | 0,0 | 19,4 | 18,4 | 21,4 |
| Tiere | 0,0 | 8,2 | 0,0 | 6,5 | 4,1 | 7,1 |
| Niemand sonst | 52,4 | 58,6 | 66,7 | 3,2 | 6,1 | 7,1 |

Ferner wurde der Typ der Infrastruktur erfragt, auf dem sich die Unfälle/Stürze bzw. kritischen Situationen ereigneten (siehe Tabelle 36). Hinsichtlich der Unfälle/Stürze zeigte sich:

- Pedelec25-Fahrer berichteten am häufigsten über Unfälle/Stürze auf Nebenstraßen und Radwegen separat von Gehweg und Fahrbahn, gefolgt von gemeinsamen Geh- und Radwegen und Feld- und Waldwegen.
- Pedelec45-Fahrer gaben an, dass die meisten Unfälle/Stürze auf Hauptstraßen passierten. Zudem ereigneten sich in dieser Gruppe ein Drittel der selbstberichteten Unfälle/Stürze auf Feld- und Waldwegen.
- Fahrradfahrer berichteten vor allem über Unfälle/Stürze auf Nebenstraßen. Auf anderen Infrastrukturtypen ereigneten sich in dieser Gruppe vergleichsweise selten Unfälle/Stürze.

Hinsichtlich der kritischen Situationen zeigte sich:

- Die Teilnehmer berichteten am häufigsten über kritische Situationen auf der Fahrbahn (Hauptverkehrs- und Nebenstraße).
- Die verschiedenen Radinfrastrukturtypen folgten wiederum an zweiter Stelle, an dritter der Gehweg.
- Auf Feld- und Waldwegen ereigneten sich nach Angaben der Teilnehmer wenige kritische Situationen. Die berichtete Häufigkeit kritischer Situationen war deutlich geringer als die von Unfällen/Stürzen auf dieser Infrastruktur.

Die subjektiven Angaben zur Häufigkeit der kritischen Situationen auf einzelnen Infrastrukturtypen ähneln den anhand der Videokodierungen gewonnenen Ergebnisse: Auch hier wurden die meisten kritischen Situationen auf der Fahrbahn beobachtet, gefolgt von Radinfrastrukturen und Gehwegen (siehe Kapitel 3.4.2). Diese Verteilung korrespondiert mit der Exposition auf einzelnen Infrastrukturtypen (siehe Kapitel 3.2.4).

Tabelle 36:

Genutzte Infrastruktur bei selbstberichteten Unfällen/Stürzen und kritischen Situationen nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung).

| | Anteil der Unfälle/Stürze bzw. kritischen Situationen (in %) | | | | | |
|---|--|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Unfälle/Stürze | | | Kritische Situationen | | |
| | Fahr- rad <i>n</i> = 22 | Pede- lec25 <i>n</i> = 8 | Pede- lec45 <i>n</i> = 7 | Fahr- rad <i>n</i> = 46 | Pede- lec25 <i>n</i> = 80 | Pede- lec45 <i>n</i> = 28 |
| Hauptverkehrsstraße (ohne Radweg) | 15,0 | 0,0 | 66,7 | 32,4 | 30,8 | 33,3 |
| Nebenstraße (ohne Radweg) | 45,0 | 29,9 | 0,0 | 26,5 | 21,2 | 33,3 |
| Markierte Radverkehrs- führung auf der Fahrbahn | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 11,8 | 21,2 | 11,1 |
| Gemeinsamer Geh- und Radweg | 15,0 | 20,1 | 0,0 | 11,8 | 15,4 | 11,1 |
| Radweg separat von Gehweg und Fahrbahn | 0,0 | 29,9 | 0,0 | 11,8 | 5,8 | 0,0 |
| Gehweg | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 2,9 | 3,9 | 11,1 |
| Feld-/Waldweg | 15,0 | 20,1 | 33,3 | 2,9 | 1,9 | 0,0 |

Von den Teilnehmern, die einen Unfall hatten, gaben bezüglich der Schwere der Verletzung zwei Drittel der Pedelec25-, die Hälfte der Pedelec45- und 57,0% der Fahrradfahrer an, keine Verletzung erlitten zu haben. Die wenigsten Teilnehmer trugen schwere Verletzungen mit darauffolgendem Krankenhausaufhalt davon (Fahrrad: 5,0%; Pedelec25: 0,0%; Pedelec45: 17,0%). Bei allen Fahrzeugtypen berichtete ca. ein Drittel der Teilnehmer von leichten Verletzungen, die ambulant behandelt werden konnten.

Tabelle 37 zeigt, welche Angaben die Teilnehmer zur Verursachung der selbstberichteten Unfälle/Stürze bzw. kritischen Situationen machten.

- Die Teilnehmer aller Fahrzeugtypen gaben an, die meisten Unfälle/Stürze selbst verursacht zu haben. Andere Verkehrsteilnehmer waren aus Sicht der Teilnehmer seltener ursächlich für den Unfall/Sturz verantwortlich. Einige Teilnehmer gaben an, dass beide Parteien schuld gewesen seien.
- Die Mehrheit der kritischen Situationen wurde nach Ansicht der Teilnehmer durch andere Beteiligte verursacht. Dies steht im Gegensatz zu den Unfällen/stürzen. Ein geringerer Teil der kritischen Situationen wurde nach Ansicht der Teilnehmer durch sie selbst bzw. beide Parteien verursacht.

Tabelle 37:

Verursacher bei selbstberichteten Unfällen/Stürzen und kritischen Situationen nach Fahrzeugtyp (Angaben aus Vorbefragung).

| Verursacher | Anteil der Unfälle/Stürze bzw. kritischen Situationen (in %) | | | | | |
|----------------|--|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Unfälle/Stürze | | | Kritische Situationen | | |
| | Fahr- rad <i>n</i> = 22 | Pede- lec25 <i>n</i> = 8 | Pede- lec45 <i>n</i> = 7 | Fahr- rad <i>n</i> = 46 | Pede- lec25 <i>n</i> = 80 | Pede- lec45 <i>n</i> = 28 |
| Sie selbst | 66,7 | 75,1 | 83,3 | 4,3 | 22,0 | 12,5 |
| Beteiligte/r | 23,7 | 8,2 | 16,7 | 69,5 | 52,9 | 75,0 |
| Beide Parteien | 9,6 | 16,7 | 0,0 | 26,2 | 25,1 | 12,5 |

3.4.6 Zusammenfassung

Für die Analyse des Sicherheitsverhaltens wurden die Unfälle und kritischen Situationen der Teilnehmer innerhalb des vierwöchigen Beobachtungszeitraumes betrachtet. Ferner wurden verschiedene Einflussfaktoren wie Tageszeit, Infrastruktur, andere Beteiligte und das Verhalten der Beteiligten auf die kritischen Situationen untersucht. Diese Beobachtungsdaten wurden um die subjektiven Angaben der Teilnehmer zu ihrer Unfallhistorie des letzten Jahres ergänzt.

Insgesamt wurden 202 kritische Situationen über den 4-wöchigen Beobachtungszeitraum beobachtet. Sowohl zwischen den Fahrzeugtypen als auch zwischen den Altersgruppen konnten keine bedeutsamen Unterschiede festgestellt werden. Besonders häufig wurden Konflikte im Längsverkehr (Unfalltyp 6) und Einbiegen-Kreuzen-Konflikte (Unfalltyp 3) beobachtet. Dabei handelte es sich vor allem entgegenkommende Fahrzeuge auf dem Fahrstreifen des Teilnehmers und Vorfahrtsmissachtungen durch motorisierte Fahrzeuge.

Die meisten kritischen Situationen traten bei allen Fahrzeug- und Altersgruppen in den Morgen- und Nachmittagsstunden auf. Am häufigsten wurden bei allen Fahrzeugtypen kritische Situationen auf der Fahrbahn beobachtet. Für Pedelec45- und Fahrradfahrer folgten nach der Fahrbahn der selbstständig geführte gemeinsame Rad- und Gehweg, knapp vor dem Gehweg. Bei Pedelec25-Fahrern hingegen traten häufiger kritische Situationen auf dem straßenbegleitenden getrennten Rad- und Gehweg auf, gefolgt vom Gehweg. Diese Verteilung entspricht der Exposition, d.h. der auf der entsprechenden Infrastruktur zurückgelegten Kilometerleistung. Ferner ereigneten sich die meisten kritischen Situationen während einer regelkonformen Nutzung der Infrastruktur. Es trat nur eine Ausnahme auf: Mehrere kritische Situationen wurden beobachtet, als der Teilnehmer den Gehweg statt der Fahrbahn nutzte.

Neben unseren Teilnehmern waren in allen Fahrzeuggruppen am häufigsten Pkw an kritischen Situationen beteiligt, gefolgt von Fußgängern und Fahrrad- bzw. Elektrofahrradfahrern. Bei der gemeinsamen Betrachtung von Infrastruktur und Beteiligung zeigte sich, dass die meisten kritischen Situationen mit Beteiligung anderer Verkehrsteilnehmer auf jenen Infrastrukturtypen passierten, die jene entsprechend ihrer Verkehrsbeteiligung nutzten (z.B. mit Fußgängern auf dem Gehweg). Einige Besonderheiten waren dennoch zu beobachten: Fußgänger und Radfahrer waren an kritischen Situationen auf vielen verschiedenen Infrastrukturtypen beteiligt. Radfahrer

waren als Beteiligte am häufigsten auf der Fahrbahn in kritische Situationen involviert. Mit Fußgängern kam es beim Überqueren der Fahrbahn fast ebenso häufig zu kritischen Situationen wie auf dem Gehweg.

Weiterhin wurde das Verhalten der Teilnehmer **vor der kritischen Situation** exploriert. Im Vorfeld der Situation zeigten die Teilnehmer zumeist erwartbares bzw. regelkonformes Verhalten, wobei das auf Pedelec45-Fahrer etwas häufiger zutraf als auf die beiden anderen Gruppen. In dieser Gruppe trat nur eine kritische Situation auf, der unerwartetes Verhalten des Pedelec-Fahrers vorausging. Fahrradfahrer verhielten sich von allen Gruppen am wenigsten regelkonform und vorhersehbar. Besonders häufig wurde in allen drei Fahrzeuggruppen die Nutzung der falschen Infrastruktur durch die Teilnehmer beobachtet, z.B. ein Befahren des Gehweges statt einer angebotenen Radinfrastruktur. Bei den anderen Beteiligten zeigte sich das genau umgekehrte Bild: Diese verhielten sich häufiger als die Teilnehmer unerwartet und regelwidrig. Dabei wurden in allen Fahrzeuggruppen besonders häufig Missachtungen der Vorfahrt durch den Beteiligten, die Benutzung einer falschen Fahrspur des Beteiligten sowie ein plötzliches Überqueren der Fahrbahn des Teilnehmers beobachtet.

Ferner interessant war das Verhalten der Teilnehmer **während der kritischen Situation**. Fahrradfahrer bremsen am häufigsten in Kombination mit einem Ausweichmanöver. Pedelec45-Fahrer zeigten am häufigsten alleiniges Bremsen, Pedelec25-Fahrer reagierten genauso häufig mit reinem Bremsen wie mit reinem Ausweichen. Dies zeigte sich auch in den Geschwindigkeitsdaten: Auch hier wurde bei allen Fahrzeugtypen zumeist eine Verringerung der Geschwindigkeit festgestellt, bei Fahrradfahrern sogar in 90% aller Fälle.

In der Vorbefragung wurden die Teilnehmer zusätzlich zu Unfällen/Stürzen des letzten Jahres sowie kritischen Situationen der letzten drei Monate befragt. Pedelec25-Fahrer berichteten über signifikant weniger Unfälle/Stürze als die beiden anderen Gruppen. Bei den Unfällen der Teilnehmer handelte sich überwiegend um Alleinunfälle (Stürze) ohne Beteiligung anderer Verkehrsteilnehmer. Entsprechend gaben die meisten Teilnehmer an, den Unfall/Sturz selbst verursacht zu haben. Nur selten wurden Verletzungen davongetragen. Bezüglich der Infrastruktur, auf der sich die Unfälle/Stürze ereigneten, zeigte sich für jeden Fahrzeugtyp ein anderes Bild. Pedelec45-Fahrer gaben an, dass sich die meisten Unfälle/Stürze auf Hauptstraßen ereigneten, was durchaus mit den Befunden zu den beobachteten kritischen Situationen und der Exposition korrespondiert. Bei Pedelec25-Fahrern und Fahrradfahrern wurden Nebenstraßen und Radinfrastrukturen am häufigsten als Ort der Unfälle/Stürze genannt.

Die Häufigkeit selbstberichteter kritischer Situationen in den letzten drei Monaten unterschied sich zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen nicht statistisch bedeutsam. Am häufigsten berichteten die Teilnehmer über kritische Situationen mit motorisierten Fahrzeugen. Im Vergleich zu Unfällen/Stürzen gaben die Teilnehmer deutlich häufiger eine Beteiligung anderer Verkehrsteilnehmer an. In allen Fahrzeuggruppen ereigneten sich die selbstberichteten kritischen Situationen am häufigsten auf der Fahrbahn (Hauptverkehrs- und Nebenstraße), was mit den Beobachtungsdaten korrespondiert. Die Mehrheit der Teilnehmer schrieb die Verantwortung an den selbstberichteten kritischen Situationen den anderen Beteiligten zu.

4 Reflektion und Diskussion

Im Folgenden werden zunächst Erfahrungen mit der verwendeten Methode diskutiert. Anschließend werden zentrale Befunde der NCS zusammengefasst und vor dem Hintergrund bisheriger Forschungsergebnisse reflektiert.

4.1 Methodische Bewertung

Da bislang nur wenige NCS durchgeführt wurden, um das Mobilitäts- und Sicherheitsverhalten von (Elektrofahrrad-)Fahrern zu untersuchen, ist es nicht möglich, auf umfangreiche Erfahrungen mit dieser Untersuchungsmethode zurückzugreifen. Es ergeben sich daher neue methodische Herausforderungen, die sowohl Stichprobenzusammenstellung, technische Umsetzung als auch Datenaufbereitung betreffen. Im Folgenden sollen Erfahrungen mit der Methode NCS reflektiert werden.

4.1.1 Stichprobe

Bei den Teilnehmern der NCS handelte es sich um eine Freiwilligenstichprobe. Die Probandenakquise erfolgte über Anzeigen in Print- und Onlinemedien sowie über Aushänge und Flyer bei Fahrradhändlern. Die Zusammenstellung der Stichprobe war somit maßgeblich von den Bewerbern abhängig, die auf die Akquisemaßnahmen reagierten. Dieses Vorgehen war mit Kompromissen hinsichtlich der soziodemografischen Struktur der gezogenen Stichprobe verbunden. Zudem waren Abweichungen hinsichtlich einzelner Mobilitätskennwerte aufgrund einer gesteigerten Nutzungsmotivation der Bewerber zu erwarten.

Aufgrund der Struktur des Bewerberpools von Pedelec-Nutzern konnte eine ursprünglich angestrebte Gleichverteilung hinsichtlich Fahrzeugtyp, Geschlecht und Altersgruppe in der gesamten Stichprobe nicht realisiert werden:

- Es bewarben sich deutlich mehr Pedelec25- als Pedelec45-Nutzer.
- Bei den Bewerbern mit Pedelec handelte es sich überwiegend um Männer.
- Ferner bewarben sich viele ältere Pedelec-Fahrer.

Diese Bewerberstruktur scheint soziodemografische Charakteristika von Pedelec-Nutzern widerzuspiegeln. Derzeit liegen unseres Wissens keine belastbaren Angaben für Deutschland vor, welche Personen Elektrofahrräder nutzen. Studien aus Österreich und der Schweiz geben jedoch Hinweise auf soziodemografische Nutzermerkmale. So stellten Jellinek, Hildebrandt, Pfaffenbichler und Lemmerer (2013) bei eigenen Untersuchungen sowie einer Sichtung vorhandener Erhebungen aus dem europäischen bzw. österreichischen Raum fest, dass die Mehrheit der Nutzer von Elektrofahrrädern männlich und im Alter von über 40 Jahren ist. Auch Ergebnisse aus der Schweiz legen nahe, dass es sich bei Pedelec-Nutzern überwiegend um Männer handelt (BUWAL, 2004). Die Zahlen von Bewerbern mit Pedelec25 und Pedelec45 spiegeln zudem die deutschen Verkaufszahlen beider Fahrzeugtypen im Verhältnis zueinander wider (ZIV, 2013b).

Die Struktur des Bewerberpools von Pedelec-Nutzern machte eine Angleichung der rekrutierten Gruppe von Fahrradfahrern notwendig, um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Nutzergruppen hinsichtlich ausgewählter soziodemografischer Variablen sicherzustellen. Die in der NCS gezogene Stichprobe weist somit keine Gleichverteilung der Merkmale Geschlecht, Fahrzeugtyp und Alter auf und ist hinsichtlich

Geschlecht und Alter nicht repräsentativ für die Chemnitzer Bevölkerung (vgl. SrV, 2008). Sie bildet jedoch zentrale Charakteristika von Pedelec-Nutzern ab. Insofern erlaubt das Sample, die Fragestellungen der NCS mit belastbaren Schlussfolgerungen zu beantworten.

Aufgrund der Ziehung einer Stichprobe aus freiwilligen Bewerbern, die vermutlich über eine gesteigerte Motivation zur Nutzung von (Elektro-)Fahrrädern verfügten, zeigten die Teilnehmer der NCS eine höhere Mobilität als repräsentative Samples aus anderen Mobilitätsuntersuchungen. Die Immobilität pro Stichtag lag bei 5,8% und damit niedriger als in der für Deutschland repräsentativen Erhebung *Mobilität in Deutschland* (MiD, 2008; 10,0%) und in der für Chemnitz repräsentativen Erhebung *Mobilität in Städten* (SrV, 2008; 14,4%). Zudem legten die Teilnehmer der NCS im Mittel mehr Wege zurück (4,0 Wege pro Tag) als die Personen in anderen Mobilitätserhebungen (MiD (2008): 3,4 Wege; SrV (2008): 2,9 Wege). Die Teilnehmer der NCS setzten ein Fahrrad häufiger als Verkehrsmittel ein als Personen in anderen Untersuchungen (z.B. SrV (2008): 5,5% aller Wege). Dies betraf vor allem die Gruppe der Fahrradfahrer, die ihr Zweirad im Mittel für 45,6% ihrer Wege in der Tagebuchwoche nutzten. Aber auch Pedelec25- (2,5% der Wege) und Pedelec45-Fahrer (7,1% der Wege) nutzten ein herkömmliches Fahrrad als Verkehrsmittel.

Die durchschnittliche Weglänge (3,5 Kilometer) und Wegdauer (17,2 Minuten) von Fahrradfahrern in der NCS war allerdings mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen vergleichbar. So lag beispielweise die mittlere Weglänge mit dem Fahrrad bei *Mobilität in Deutschland* (MiD, 2008) bei 3,2 Kilometern, die mittlere Wegdauer bei 19 Minuten. Auch die Wegzwecke, die mit dem Zweirad verfolgt werden, waren in der NCS mit anderen Mobilitätsuntersuchungen vergleichbar: Die Bereiche Arbeit, Freizeit und Einkauf zählten zu den Hauptwegzwecken, für die das Zweirad genutzt wurde. Arbeitsbezogene Wege waren in der vorliegenden Studie allerdings anteilig häufiger (durchschnittlich 30,0% aller Wege mit Pedelec bzw. Fahrrad) als in anderen Erhebungen (z.B. MiD (2008): 16,0% aller Wege mit dem Fahrrad).

Die höhere Mobilität der vorliegenden Stichprobe stellt für die Beantwortung der zentralen Forschungsfragen einen Vorteil dar, da sie die Datengrundlage erhöht. Gerade für die Beobachtung seltener Ereignisse wie kritischen Situationen bzw. Unfällen ist eine breite Datenbasis essentiell. Die Rekrutierung einer hoch mobilen Stichprobe ermöglichte es, eine große Datenbasis bei effizienter Nutzung begrenzter Ressourcen und unter geringer Belastung der Teilnehmer zu generieren.

4.1.2 Durchführung

Von zentraler Bedeutung für den Erfolg des Projektes war der reibungslose und verlustfreie Verlauf der Datenaufzeichnung. Notwendig dafür waren sowohl ein mit geringer technischer Fehlerquote funktionierendes Datenaufzeichnungssystem als auch ein möglichst einfaches Handling dieses Systems durch die Teilnehmer.

Generell bereitete das Datenaufzeichnungssystem in der Nutzung kaum Probleme. Die Teilnehmer berichteten von keinerlei Schwierigkeiten bei der Bedienung. Auch gaben sie in der Nachbefragung durchweg an, das System tatsächlich bei jeder Fahrt aktiviert zu haben (wenngleich dieser subjektive Bericht nicht vorbehaltlos akzeptiert werden sollte, wie die Vielzahl von Fällen, in denen das System nicht deaktiviert wurde, nahelegt; siehe Kapitel 2.5).

Im täglichen Betrieb kam es gelegentlich vor, dass das System oder Teilkomponenten bei Aktivierung des Systems nicht aufzeichneten. Da dies dem Teilnehmer jedoch durch

die verbauten LEDs rückgemeldet wurde, konnte darauf unmittelbar reagiert werden. In der Regel war es ausreichend, das System kurz aus- und danach wieder einzuschalten. Bestand der Fehler in der Folge immer noch, wurde ein technischer Mitarbeiter kontaktiert. Zumeist erfolgte die Vereinbarung eines zeitnahen Termins, um den Fehler zu beheben, sodass der daraus resultierende Datenverlust minimal gehalten werden konnte.

Generell hat sich die engmaschige technische und wissenschaftliche Betreuung als höchst sinnvoll und nützlich erwiesen. Der regelmäßige Austausch von Datenträgern und Batterien war zwar zeitaufwendig, ließ sich aber in der Regel gut mit den Teilnehmern abstimmen. Die Termine konnten genutzt werden, um die Funktion des Systems zu prüfen und Fragen der Nutzer zu klären. Auf diesem Wege konnten auch vom Teilnehmer zuvor unerkannte Fehler schnell und ohne größeren Datenverlust behoben werden.

Ein solcher Fehler war das Verdrehen der an den Speichen verbauten Magneten, die als Teil des Radsensors für die Erfassung der Geschwindigkeit erforderlich waren. Durch die Nutzung von Fahrradständern, bei denen mitunter auch physikalischer Kontakt zwischen dem Ständer und den Speichen entsteht, traten wiederholt Fälle auf, bei denen durch eben diesen Kontakt ein oder mehrere Magneten ihre Position an der Speiche veränderten und somit vom Sensor nicht mehr erfasst werden konnten. Dieses Problem konnte ohne größeren Aufwand behoben werden. Da es allerdings, anders als Fehler bei der Aufzeichnung, bei Auftreten nicht unmittelbar an den Teilnehmer rückgemeldet werden konnte, wurde eine entsprechende Erweiterung der Teilnehmerinstruktionen vorgenommen. Die Nutzer wurden auf die Problematik hingewiesen und gebeten, gegebenenfalls die Position der Magneten zu prüfen.

Die bei der Planung aufgeworfene Frage der Auffälligkeit eines solchen Systems spielte im Projektverlauf keine Rolle. Obwohl das System fest am Fahrrad installiert und damit beim öffentlichen Abstellen des Rades auch frei zugänglich war, gab es keine Fälle von Diebstahl oder Vandalismus. Es gab auch keinerlei Teilnehmerberichte, wonach sie auf das System angesprochen worden wären.

4.1.3 Datenaufbereitung

Eine weitere Herausforderung im Rahmen der NCS bestand in der Aufbereitung und Auswertung der erhobenen Daten. Da methodisch substantielle Unterschiede zu *Naturalistic Driving Studies* bestanden, ergaben sich neue Problemstellungen, die im Rahmen einer umfangreichen Datenaufbereitung vor der eigentlichen Analyse zu bewältigen waren.

Aufwendig war die generelle Bereinigung der Daten. Das Fehlen eines automatischen Start-Stopp-Mechanismus des Datenaufzeichnungssystems hatte eine nicht unerhebliche Zahl von Aufzeichnungen zur Folge, in denen das (Elektro-)Fahrrad (teilweise über mehrere Stunden hinweg) nicht bewegt wurde. Dieser Umstand machte es erforderlich, sämtliche Video- und Radsensordaten zu sichten und nicht verwendbare Daten von der Analyse auszuschließen. Um dies zu vermeiden ist zu empfehlen, in NCS einen automatischen Start-Stopp-Mechanismus für ein Datenaufzeichnungssystem zu implementieren, der unabhängig von den Eingriffen der Teilnehmer funktioniert. Allerdings hat dies den Nachteil dass entweder umgebaute Räder ausgegeben werden oder extra dafür bauliche Veränderungen an den Rädern der Teilnehmer vorgenommen werden müssen. Des Weiteren würden in diesem Fall auch Ampelstopps, wenn der Fahrer vom Rad steigt, als separate Fahrten gewertet, dies geht nicht mit der in dieser

Studie verwendeten Wegedefinition gemein. In der vorliegenden NCS wurde sich deshalb gegen solch ein Vorgehen entschieden.

In der vorliegenden NCS mussten Datensätze in Fällen, in denen die Teilnehmer die Datenaufzeichnung bei längerem Stillstand nicht abschalteten und ihre Fahrt anschließend fortsetzten, für die Identifikation einzelner Wege getrennt werden. Dafür wurde ein valides Kriterium herangezogen, mit dem die Zahl der Fahrten nicht über- oder unterschätzt wurde.

Die Synchronisation der einzelnen verwendeten Datenquellen erfolgte in der NCS in einer Datenbank unter Verwendung verschiedener Angleichungsmechanismen. Dieser Prozess erwies sich als verhältnismäßig zeitintensiv. Vor diesem Hintergrund sollten Weiterentwicklungen des Systems auf eine verbesserte Synchronisierung der einzelnen Datenquellen, beziehungsweise auf eine Vereinfachung der nachträglichen Angleichung abzielen.

4.1.4 Fazit Methodik

Das in der NCS gewählte Vorgehen bei Probandenakquise und Stichprobenziehung erwies sich als geeignet, ein hoch mobiles Sample von (Elektrofahrrad-)Fahrern zusammenzustellen, das valide Rückschlüsse bezüglich der gestellten Forschungsfragen zuließ. Das verwendete Datenaufzeichnungssystem bereitete insgesamt nur wenige Probleme. Es lieferte reliable und valide Daten, deren Verwertbarkeit weitestgehend gewährleistet war. Dennoch scheinen technische Weiterentwicklungen für ein DAS sinnvoll, sowohl im Hinblick auf den Einsatz zusätzlicher (z.B. Beschleunigungssensor) oder alternativer Komponenten (z.B. größerer Öffnungswinkel der Kameras), als auch in Bezug eine weitere Vereinfachung der Systemnutzung (z.B. automatischer Start-Stopp-Mechanismus).

4.2 Zusammenfassung zentraler Befunde

Elektrofahrräder, sogenannte Pedelecs, erfreuen sich seit einigen Jahren zunehmender Beliebtheit. Ihre Zahl wird in Deutschland auch in den nächsten Jahren kontinuierlich steigen (ZIV, 2013a). Mit wachsender Verbreitung dieser neuen Form von Mobilität ergeben sich eine Reihe neuer Herausforderungen für den Straßenverkehr. So stellt sich die Frage, wie sich potentiell höhere Geschwindigkeiten, die mit Pedelecs erreicht werden können, auf die Verkehrssicherheit auswirken. Weiterhin ist offen, ob ältere Personen als Hauptnutzergruppe des Verkehrsmittels (Alrutz, 2013) einem gesteigerten Sicherheitsrisiko bei der Pedelec-Nutzung unterliegen. Auch mögliche Veränderungen des Mobilitätsverhaltens sind nicht auszuschließen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Aspekte des Mobilitäts- und Sicherheitsverhaltens von Zweiradfahrern an einer Freiwilligenstichprobe aus Chemnitz untersucht. Dabei standen einerseits der Vergleich von klassischen Fahrrädern und Elektrofahrrädern (d.h. Pedelec25 und Pedelec45), und andererseits der Vergleich von Nutzern unterschiedlicher Altersgruppen im Vordergrund.

Um zu klären, inwieweit die potentiell höheren Geschwindigkeiten im Alltag tatsächlich realisiert werden, wurden Radsensordaten aus dem 4-wöchigen Erhebungszeitraum analysiert. Es zeigte sich, dass Pedelec45-Fahrer im Mittel signifikant höhere Geschwindigkeiten (23,2 km/h) als die anderen beiden Nutzergruppen erreichten. Pedelec25-Nutzer (17,4 km/h) waren im Mittel ebenfalls signifikant schneller unterwegs als Fahrradfahrer (15,3 km/h) (allerdings nur wenn des Alters der Teilnehmer in der

Analyse berücksichtigt wurde) und bewältigen einen größeren Anteil ihrer Strecken in hohen Geschwindigkeitsbereichen. Dies korrespondiert mit bisherigen Befunden, die ebenfalls zeigen, dass mit Pedelec25 häufiger Geschwindigkeiten zwischen 20 km/h und 30 km/h erreicht werden als mit Fahrrädern (Schramek & Butz, 2012). Das Geschwindigkeitsniveau der Fahrrad- und Pedelec25-Fahrer in der Untersuchung lag um ein bis drei km/h unter der mittleren Geschwindigkeit, die Alrutz et al. (2014) in einer Untersuchung mit Fahrradfahrern auf verschiedenen Radverkehrsanlagen ermittelten. Die Geschwindigkeit der Pedelec45-Fahrer war hingegen um fünf km/h und damit deutlich höher. Für die Messung der Geschwindigkeiten wurden allerdings unterschiedliche Ansätze gewählt, so dass ein Vergleich nur eingeschränkt erfolgen kann.

Ältere Fahrer (≥ 65 Jahre) fuhren im Mittel signifikant geringere Geschwindigkeiten als jüngere Teilnehmer. Pedelec25-Fahrer über 65 Jahre fuhren ähnlich langsam wie gleichaltrige Fahrradfahrer. Das spricht dafür, dass ältere Pedelec25-Nutzer mit angepasster Geschwindigkeit auf ein gegebenenfalls eingeschränktes Reaktionsvermögen reagieren. Entsprechend kann davon ausgegangen werden, dass Ältere mit dem Pedelec primär ihre Mobilität erhalten, höhere Geschwindigkeiten sind bestenfalls sekundär.

Um zu überprüfen, ob die Nutzung von Elektrofahrrädern mit einer im Vergleich zum Fahrrad verringerten Verkehrssicherheit einhergeht, wurde die Anzahl und Art kritischer Verkehrssituationen im 4-wöchigen Erhebungszeitraum anhand von Videoaufzeichnungen erfasst. Als kritisch wurden alle Situationen betrachtet, die sehr wahrscheinlich zu einem Kontrollverlust über das Fahrzeug des Teilnehmers oder des anderen Beteiligten führen. Es traten insgesamt 202 kritische Situationen auf. Die Häufigkeit kritischer Situationen unterschied sich zwischen Fahrrad- und Pedelec-Fahrern nicht. Auch die im Schnitt höhere Geschwindigkeit der Pedelec45-Nutzer schlug sich nicht in einer Häufung kritischer Situationen nieder. Dies steht zunächst in einem scheinbaren Widerspruch zu Befunden aus der Schweiz. Dort sind seit diesem Jahr erste Unfalldaten verfügbar, da seit 2011 E-Bikes als separate Kategorie von Verkehrsteilnehmern geführt werden (BFU, 2013). Diese weisen auf einen Anstieg der Unfälle mit Elektrofahrrädern von 2011 auf 2012 hin. Allerdings vermuten die Autoren selbst, dass es sich dabei um einen simplen Expositionseffekt handelt, der auf der wachsenden Verbreitung von Pedelecs beruht. Ferner muss bezogen auf die Vergleichbarkeit der Daten beachtet werden, dass in der Schweiz auch Elektrofahrräder zum Einsatz kommen, die eine Motorleistung von bis zu 1000 Watt besitzen. Die Ergebnisse der Chemnitzer NCS zeigen, dass weder Pedelec25 noch Pedelec45 in ihrer jetzigen Nutzungsform gefährlicher sind als Fahrräder. Aufgrund der höheren Geschwindigkeit von Pedelec45-Fahrern ist jedoch zu empfehlen, dass diese Nutzergruppe auch weiterhin nur auf der Fahrbahn zugelassen ist. Es wäre denkbar, dass auf Grund der höheren Geschwindigkeiten es zwar nicht häufiger zu Unfällen, aber zu Unfällen mit gravierenderen Auswirkungen auf die Gesundheit der Pedelec-Fahrer kommt. Auf diese Gefahr wurde auch durch die Beratungsstelle für Unfallverhütung (Scaramuzza & Clausen, 2010) aufmerksam gemacht.

Es ist insgesamt darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse vor dem Hintergrund der aktuellen Umstände und gesetzlichen Rahmenbedingungen zu beurteilen sind. Generell erscheint eine fortlaufende, aufmerksame Beobachtung der Problematik angebracht. Inwieweit es in kommenden Jahren aufgrund der zunehmenden Verbreitung zu Veränderungen in der Nutzerstruktur, und damit auch zu Veränderungen in sicherheitsrelevanten Kenngrößen kommt, bleibt abzuwarten.

In der Untersuchung wurde bei älteren Fahrern keine Häufung kritischer Situationen im Vergleich zu Fahrern anderer Altersgruppen festgestellt. Dies entkräftet die Befürchtung, dass ältere Nutzer aufgrund eingeschränkter körperlicher Fitness oder Beweglichkeit bzw. Defiziten im Reaktionsvermögen in Verbindung mit potenziell höheren Geschwindigkeiten einem gesteigerten Sicherheitsrisiko bei der Pedelec-Nutzung unterliegen (Allianz, 2013). Dies ist umso bemerkenswerter, da vor allem die ältesten Pedelec-Nutzer einen Ausgleich von körperlichen Einschränkungen und mangelnder Fitness als Anschaffungsgrund für ihr Elektrofahrrad angaben. Einschränkend muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Akquise einer Freiwilligenstichprobe dazu beigetragen haben mag, dass verstärkt besonders agile und mobile ältere Personen an der Studie teilnahmen.

In der Befragung zur Unfallhistorie berichteten die Nutzer aller Fahrzeuggruppen am häufigsten kritische Situationen auf Haupt- und Nebenstraßen im Vergleich zu Rad- bzw. Gehwegen. Das korrespondiert mit den Beobachtungsdaten aus den Videoaufzeichnungen: Am häufigsten wurden bei allen Fahrzeugtypen kritische Situationen auf der Fahrbahn beobachtet. Für Pedelec45- und Fahrradfahrer folgten nach der Fahrbahn der selbstständig geführte gemeinsame Rad- und Gehweg, knapp vor dem Gehweg. Bei Pedelec25-Fahrern hingegen traten häufiger kritische Situationen auf dem straßenbegleitenden getrennten Rad- und Gehweg auf, gefolgt vom Gehweg. Diese Verteilung entspricht der Exposition, d.h. der auf der entsprechenden Infrastruktur zurückgelegten Kilometerleistung. Es zeigte sich, dass alle drei Fahrzeugtypen Gehwege als Infrastruktur nutzten, wobei dieses regelwidrige Verhalten am häufigsten bei Radfahrern auftrat. Entgegen geltender Vorschriften nutzten auch Pedelec45-Fahrer Radwege. Insgesamt legten die Teilnehmer jedoch den Großteil ihrer Wege auf der vorgeschriebenen Infrastruktur und in der korrekten Fahrtrichtung zurück. Dementsprechend ereigneten sich die meisten kritischen Situationen während einer regelkonformen Nutzung der Infrastruktur. Auffällige Ausnahme hiervon waren mehrere kritische Situationen, bei denen die Teilnehmer den Gehweg statt der Fahrbahn nutzten.

Entsprechend der Exposition sowie der Häufigkeit von kritischen Situationen auf verschiedenen Infrastrukturtypen ereigneten sich die meisten Konflikte mit Pkw, gefolgt von kritischen Interaktionen mit Fußgängern und Fahrrad- bzw. Elektrofahrradfahrern. Auch bei Alrutz et al. (2009) waren Pkw häufigster Unfallgegner, was nicht überrascht, da Pkw einerseits das meistgenutzte Fortbewegungsmittel in Deutschland (MiD, 2008) und andererseits am stärksten auf der Fahrbahn verbreitet sind, welche in der NCS am häufigsten als Infrastruktur genutzt wurde. Bei den beobachteten Situationen mit Pkw handelte es sich besonders häufig um Fälle von Vorfahrtsmissachtungen durch die motorisierten Verkehrsteilnehmer bzw. Auspark- oder Wendemanöver der Pkw. Dies korrespondiert mit den Befunden einer Studie zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in Münster, bei der die von Kraftfahrern verursachten Unfälle am häufigsten durch die Nichtbeachtung der Vorfahrt entstanden (Ortlepp, Neumann & Utzmann, 2008). Bei den kritischen Situationen mit nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmern entstanden Konflikte vor allem durch Querungen, das Vorauslaufen oder Entgegenkommen von Fußgängern bzw. anderen Radfahrern. Diese Situationen traten vor allem auf Radinfrastruktur und Gehwegen auf. Allerdings wurden kritische Situationen mit nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmern auf vielen verschiedenen Infrastrukturtypen beobachtet.

In Anlehnung an die Klassifikation der Unfalltypen (FGSV, 2012) wurden die kritischen Situationen eingeordnet. Insgesamt wurden am häufigsten Konflikte im Längsverkehr, Einbiegen-/Kreuzen- oder Abbiege-Konflikte sowie Überschreiten-Konflikte beobachtet. In einer Untersuchung der Bundesanstalt für Straßenwesen (Alrutz et al., 2009) wurden als häufigste Unfalltypen auf Radverkehrsanlagen Einbiegen-/Kreuzen- und

Abbiegeunfälle verzeichnet. Unfälle im Längsverkehr ereigneten sich dort ebenso am häufigsten mit anderen Radfahrern.

Eine Analyse des Verhaltens der Versuchsteilnehmer vor einer kritischen Situation ergab, dass die (Elektrofah-)Radfahrer in den meisten Fällen erwartetes bzw. regelkonformes Verhalten zeigten. In Einzelfällen jedoch verhielten sich die Teilnehmer auch unvorhergesehen oder regelwidrig, zumeist durch falsche Infrastrukturnutzung (z.B. fahren auf dem Gehweg statt einer vorgeschriebenen Radinfrastruktur). Einschränkend ist zu beachten, dass aufgrund des eingeschränkten Kamerawinkels eine Unterschätzung des unerwarteten und regelwidrigen Verhaltens der Versuchsteilnehmer (z.B. fehlendes Anzeigen einer Richtungsänderung) zu vermuten ist, da dies aus den Videos nicht ersichtlich wird.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung von Pedelecs nicht mit einer erhöhten Auftretenswahrscheinlichkeit von kritischen Situationen einhergeht. Auch die Befunde zum Mobilitätsverhalten sind unauffällig. Die Anzahl der Wege mit dem (Elektro-)Fahrrad unterschied sich ebenso wie die durchschnittliche Kilometerleistung im gesamten 4-wöchigen Erhebungszeitraum nicht signifikant zwischen den Fahrzeugtypen. Die Teilnehmer nutzten ihr Zweirad für jeden fünften Weg und legten dabei vor allem Strecken zum und vom Arbeitsplatz, zu Erholung bzw. Sport im Freien, zum Einkaufen und in Zusammenhang mit Dienstleistungen zurück. Pedelec45-Fahrer nutzten das Zweirad deutlich häufiger für arbeitsbezogene Wege als die beiden anderen Nutzergruppen. Das spiegelt Befunde aus China wider, nach denen Pedelec45 vorrangig für das Pendeln zum Arbeitsplatz eingesetzt werden (Cherry & Cevero, 2007; Weinert et al., 2007).

Der Fahrzeugtyp hatte lediglich Einfluss auf die Länge der einzelnen Wege: Pedelec45-Fahrer legten im Mittel signifikant längere Wege zurück als Fahrradfahrer. Pedelec25-Fahrer unterschieden sich weder von Pedelec45- noch Fahrradfahrern signifikant. Die Ergebnisse korrespondieren mit einer Fragebogenstudie von Cherry und Cevero (2007), die zeigt, dass die Länge der Fahrten mit dem Pedelec im Vergleich zu denen mit einem normalen Fahrrad zunimmt. Der Fahrzeugtyp beeinflusste die mittlere Dauer der Wege hingegen nicht. Hier hatte das Alter der Teilnehmer einen Einfluss: Teilnehmer unter 41 Jahren benötigten für ihre Wege weniger Zeit als Nutzer im Alter zwischen 41 und 64 Jahren bzw. über 64 Jahren. Letztere Gruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Die Ergebnisse gehen vermutlich auf die unterschiedliche Geschwindigkeit zurück, welche die Teilnehmer der einzelnen Altersgruppen erreichten.

4.3 Fazit und Ausblick

Die Untersuchung konnte zeigen, dass Pedelec-Nutzer im Vergleich zu Fahrradfahrern keinem erhöhten Sicherheitsrisiko unterliegen. Pedelec25 wurden etwas schneller im Straßenverkehr bewegt als klassische Fahrräder, wenn das Alter der Teilnehmer berücksichtigt wurde. Die Nutzer scheinen die Motorunterstützung in erster Linie einzusetzen, um ähnliche Geschwindigkeiten mit geringerem Aufwand zu realisieren. Anders verhielt es sich bei Pedelec45-Nutzern, die deutlich höhere Geschwindigkeiten erreichten als Fahrradfahrer. Dies ging jedoch in keiner Gruppe mit einer erhöhten Anzahl kritischer Situationen einher. Jüngere Pedelec-Nutzer erreichten zudem höhere Geschwindigkeiten als ältere Teilnehmer, die die Hauptnutzergruppe von Pedelecs darstellen. Deren Geschwindigkeit ist mit der Geschwindigkeit von älteren Fahrradfahrern vergleichbar. Generell jedoch hatten die unterschiedlichen Geschwindigkeiten, die Nutzer verschiedener Fahrzeugtypen und Altersgruppen mit dem (Elektro-)Fahrrad erreichten, keine Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit. Auf

Nutzerseite scheint also eine hinreichende Kontrolle des Elektrofahrrads gegeben zu sein.

Es bleibt abzuwarten, wie sich die Situation bei weiterhin steigender Verbreitung von Pedelecs entwickelt. Erst allmählich finden Elektrofahrräder als eigenständige Kategorie von Verkehrsteilnehmern Einzug in die deutschen Unfallstatistiken. Aufgrund der größeren Exposition sind zukünftig steigende Unfallzahlen mit Elektrofahrrädern zu erwarten. Unter den jetzigen technischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen stellen Pedelecs gegenwärtig jedoch kein besonderes Problem für die Verkehrssicherheit dar. Insofern scheint auch bezüglich der gesetzlichen Rahmenbedingungen kein Handlungsbedarf geboten zu sein. Die Behandlung von Pedelec25 als dem Fahrrad vergleichbares Verkehrsmittel scheint aufgrund der vergleichbaren Zahl an kritischen Situationen und der nur gering erhöhten Durchschnittsgeschwindigkeit als gerechtfertigt. Ebenso erscheint allerdings auch die getroffene Abgrenzung zu Pedelec45 aufgrund deren erhöhten Geschwindigkeit plausibel. Insofern sind Anforderungen wie etwa eine Helmpflicht für Pedelec45 grundsätzlich nachvollziehbar.

Generell bleibt zu klären, welche Auswirkungen die Präsenz der schnelleren, dem klassischen Fahrrad zum Verwechseln ähnlichen Pedelecs auf die Wahrnehmung durch andere Verkehrsteilnehmer hat. Entscheidungsprozesse, die wesentlich auf der Einschätzung der Geschwindigkeit der Pedelecs basieren (z.B. in Bezug auf die Überquerung von Radwegen oder Straßen durch Fußgänger, Linksabbiegen eines Pkw), können durch die bislang eher geringe Verbreitung der Pedelecs und die damit verbundene fehlenden Erfahrung bei der Geschwindigkeitsbewertung beeinträchtigt sein. Wird ein Elektrofahrrad von anderen Verkehrsteilnehmern als einfaches Fahrrad wahrgenommen, sind damit auch entsprechende Erwartungen über die Geschwindigkeit eines Fahrrades verknüpft. Werden diese Erwartungen nicht erfüllt, spricht: fährt das vermeintliche Fahrrad plötzlich viel schneller als vermutet, kann es unter Umständen zu Konflikten kommen. Ziel zukünftiger Untersuchungen muss es demnach sein zu untersuchen, welchen Einfluss Vorannahmen über einen Verkehrsteilnehmer auf die Geschwindigkeitswahrnehmung und damit das Risikopotenzial von Pedelecs haben. Aus diesen Arbeiten können Maßnahmen abgeleitet werden, um die Verkehrssicherheit von Pedelec-Nutzern zu erhöhen (z.B. vertiefte Informationen im Rahmen der Fahrschulausbildung; Alrutz, 2012).

Literatur

Ahrens, G.-A., Ließke, F., Wittwer, R., & Hubrich, S. (2010). Sonderauswertung zur Verkehrserhebung , Mobilität in Städten – SrV 2008 ‘ Städtevergleich (Vol. 49).

Allianz (2013) Nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer und Pedelec-fahrer - Zahlen und Fakten.

Alrutz, D. (2013). Anforderungen von Pedelecs an die kommunale Radverkehrsinfrastruktur. Präsentiert auf dem 5. Workshop Radverkehrsstrategie Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg am 01. März 2013 in Hannover.

http://www.metropolregion.de/meta_downloads/24584/2013_03_01_pedelecs-_metropolregion.pdf

Alrutz, D. (2012). Pedelecs im Alltag - Was bedeutet der Boom für die (inter-)kommunale Planung? Präsentiert auf dem Workshop Regionalverband FrankfurtRheinMain am 12.12.2012 in Frankfurt/Main.

http://www.region-frankfurt.de/media/custom/2033_229_1.PDF?1358163521

Alrutz, D., Bohle, W., Maier, R., Pohle, M., Enke, M., Zimmermann, F. & Schreiber, M. (2014). Einfluss von Radverkehrsaufkommen und Radverkehrsinfrastruktur auf das Unfallgeschehen. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Berlin.

Alrutz, D., Bohle, W., Müller, H., Prahlow, H., Hacke, U., Lohmann, G., & Institut für Wohnen und Umwelt (IWU). (2009). Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern. Bergisch Gladbach.

Axhausen, K.W. (2008). Definition of movement and activity for transport modeling. In D.A. Hensher & K.J. Button (Eds.), Handbook of transport modelling (2nd edition, 329-344). Oxford: Elsevier.

Axhausen, K.W. & Frick, M. (2004) Nutzungen, Strukturen, Verkehr. In G. Steierwald, H.-D. Künne, & W. Vogt (Hrsg.), Stadtverkehrsplanung. (S. 5) Heidelberg: Springer.

BFU – Beratungsstelle für Unfallverhütung (2013). SINUS-Report 2013: Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2012. Bern: bfu; 2013.

BMVIT (2013). Radverkehr in Zahlen. Daten, Fakten und Stimmungen. http://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/fuss_radverkehr/downloads/riz_2013.pdf

BUWAL (2004). Elektro-Zweiräder: Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten. Umweltmaterialien Nr. 173 Luft. Bern: BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

Cherry, C.R. & Cervero, R. (2007). Use characteristics and mode choice behavior of electric bike users in China. Transport Policy, 14, S. 247–257.

Deutsche Post (2013). Deutsche Post entwickelt neues Elektrofahrrad für die Briefzustellung [Pressemitteilung].

http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2013/deutsche_post_entwickelt_ele

ktrofahrrad_briefzustellung/_jcr_content/mainpar/cols2_1/rightcolpar/downloadarticle/daitems/downloadarticleitem_0.download.html

Dingus, T.A., Klauer, S.G., Neale, V.L., Petersen, A., Lee, S.E., Sudweeks, J., Perez, M.A., Hankey, J., Ramsey, D., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z.R., Jermeland, J. & Knipling, R.R. (2006). The 100-Car Naturalistic Driving Study, Phase II - Results of the 100-Car Field Experiment. Virginia, Virginia Tech Transportation Institute.

Feng, Z., Raghuwanshi, R.P., Xu, Z., Huang, D., Zhang, C. & Jin, T. (2010). Electric-bicycle-related injury: A rising traffic injury burden in China. *Injury prevention: Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 16 (6), S. 417–419.

FGSV (2012). Merkblatt zur Örtlichen Unfalluntersuchung in Unfallkommissionen (M Uko). Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.

Gerike, R., Gehlert, T. & Twaddle, H. (2012). Time use in time-use surveys and transport surveys - What can we learn from each other, how to combine the advantages of both approaches? Paper presented at the 3rd International Time Use Observatory Workshop, March, Santiago, Chile.

Gustafsson, L., & Archer, J. (2013). A naturalistic study of commuter cyclists in the greater Stockholm area. *Accident Analysis & Prevention*, 58, S. 286–298.

Jellinek, R., Hildebrandt, B., Pfaffenbichler, P., & Lemmerer H. (2013). Verkehrssicherheit von E-Fahrrädern. Auswirkungen der Entwicklung des Marktes für E-Fahrräder auf Risiken, Konflikte und Unfälle auf Radinfrastrukturen (MERKUR). Forschungsarbeiten des österreichischen Verkehrssicherheitsfonds, Band 19.

Johnson, M., Charlton, J., Oxley, J. & Newstead, S. (2010). Naturalistic cycling study: Identifying risk factors for on-road commuter cyclists. *Annals of Advances in Automotive Medicine / Annual Scientific Conference*, 54, S. 275–283.

Knowles, D., Aigner-Breuss, E., Strohmayer, F. & Orlet, P. (2012). Naturalistic Cycling. Ablenkung beim Radfahren. Kuratorium für Verkehrssicherheit (KFV).

Lin, S., He, M., Tan, Y. & He, M. (2007). Comparison study on operating speeds of electric-bicycle and bicycle: Experience from field investigation in Kunming. *Proceedings of the TRB 87th Annual Meeting*.

MiD (2008). *Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends*. http://mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Abschlussbericht_I.pdf

Ortlepp, J., Neumann, V., & Utmann, I. (2008). Verbesserung der Verkehrssicherheit in Münster Forschungsbericht. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Berlin.

Paefgen, J. & Michahelles, F. (2010). Inferring usage characteristics of electric bicycles from position information. *Proceedings of the 3rd International Workshop on Location and the Web - LocWeb '10* (S. 1–4). New York/NY, USA: ACM Press.

Scaramuzza G, & Clausen N. *Elektrofahrräder (E-Bikes)*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2010. bfu-Faktenblatt 04.

Schleinitz, K., Schwanitz, S. & Petzoldt, T. (2012). Pedelec-Naturalistic Cycling Study-Part 1. Interner Bericht. Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Berlin. Unveröffentlicht.

Schmidt, E. (2012). Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung - 2011. Bundesanstalt für Straßenwesen.

Schramek, M. & Butz, H. (2008). Schweriner Versuch Verkehrsmittelvergleich von Fahrrad, Pedelec, Pkw und Motorrad in der Stadt-Umland-Beziehung von Pendlerströmen. Forschungsbericht BMVBS, Berlin.

SINUS (2011). Fahrrad-Monitor Deutschland 2011. Ergebnisse einer repräsentativen Online-Befragung. <http://edoc.difu.de/edoc.php?id=E124SHZD>

Statistical Office of the European Communities (2008). Harmonised European time use surveys. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-RA-08-014/EN/KS-RA-08-014-EN.PDF

StVO § 42 Abs. 4 (2013). http://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/anlage_3_63.html

VDI 2221:1993-05 (1993). Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf: VDI- Verlag.

Velosuisse (2013). Uebersicht Fahrradmarkt 2012. http://www.velosuisse.ch/files/Statistik_2012.pdf

Walker, I. (2007). Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender. *Accident Analysis and Prevention*, 39, S. 417–425.

Weinert, J. X., Ma, C., Yang, X., & Cherry, C. R. (2007). Electric Two-Wheelers in China Effect on Travel Behavior, Mode Shift, and User Safety Perceptions in a Medium-Sized City. *Journal of the Transportation Research Board*, 2038, S. 62–68.

Wittenburg, P., Brugman, H., Russel, A., Klassmann, A., & Sloetjes, H. (2006). ELAN. a Professional Framework for Multimodality Research. *Proceedings of LREC 2006, Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. <http://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/>

ZIV (2011). EUROBIKE-Branchengespräch am 30.8.2011 in Friedrichshafen [Pressemitteilung]. http://www.ziv-zweirad.de/public/wpk-2011-eurobike-ziv-text-branchengespraech_briefbogen.pdf

ZIV (2013a). Informationen des ZIV zum 1. Halbjahr 2013. Fahrrad weiterhin beliebt als Partner der Alltagsmobilität [Pressemitteilung]. http://www.ziv-zweirad.de/public/pm-27.08.2013-pk-eurobike_2013.pdf

ZIV (2013b). Welcher Fahrzeugtyp (bezogen auf die Unterstützung) wird bei den Pedelecs/E-Bikes am meisten abgesetzt?. <http://www.ziv-zweirad.de/faq.html>

Anhang

Anhang 1. Schema zur Kodierung des Fahrverhaltens.

| Code | Beschreibung | Anmerkungen | |
|---|---|--|---|
| <i>Genutzte Infrastruktur (Welche Infrastruktur wurde genutzt?)</i> | | | |
| 1 | Straßenbegleitender getrennter Rad- und Gehweg | innerorts in der Regel farblich oder baulich von Fußweg abgetrennt; außerorts in der Regel mit Verkehrszeichen für Radweg gekennzeichnet |  |
| 2 | Markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn | getrennt durch Schutzstreifen (Linie durchbrochen) oder Radfahrstreifen (Linie durchgezogen) |  |
| 31 | Straßenbegleitender gemeinsamer Rad- und Gehweg | in der Regel sind Fuß- und Radweg farblich gleich gestaltet |  |
| 32 | Selbstständig geführter gemeinsamer Rad- und Gehweg | |  |
| 4 | Fahrbahn | | |
| 5 | Gehweg | |  |
| 61 | Fußgängerzone für Radfahrer frei | |  |
| 62 | Fußgängerzone | |  |
| 7 | Feld-/Waldweg | | |
| 8 | Verkehrsberuhigter Bereich | |  |
| 9 | Gehweg für Radfahrer frei | |  |
| 0 | Sonstiges | z.B. Parkplatz, Kleingartenanlage | |
| <i>Angebotene Infrastruktur (Welche Infrastruktur hätte genutzt werden sollen?)</i> | | | |
| 1 | Straßenbegleitender getrennter Rad- und Gehweg | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 2 | Markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 31 | Straßenbegleitender gemeinsamer Rad- und Gehweg | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 32 | Selbstständig geführter gemeinsamer Rad- und Gehweg | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 4 | Fahrbahn | | |

| Code | Beschreibung | Anmerkungen |
|--|----------------------------------|---|
| 61 | Fußgängerzone für Radfahrer frei | nur für Pedelec25- und Radfahrer |
| 9 | Gehweg für Radfahrer frei | nur für Pedelec25- und Radfahrer |
| 0 | Keine Infrastruktur | z.B. bei Feld-/Waldwegen, in Fußgängerzonen, in Kleingartenanlagen |
| <i>Kreuzungen, Einmündungen und Kreisverkehr</i> | | |
| 1 | Kreuzung | Schnittfläche mit mindestens vier Kreuzungsarmen |
| 2 | Einmündung | Schnittfläche mit drei Kreuzungsarmen |
| 3 | Kreisverkehr | Kreisfahrbahn mit Mittelinsel und beliebig vielen abgehenden Armen |
| <i>Straßenverlauf</i> | | |
| 1 | Steigung | |
| 2 | Gefälle | |
| <i>Fahrtrichtung Radfahrer</i> | | |
| 1 | Regelwidrig | Nutzung von Radweg oder Fahrbahn in regelwidriger Fahrtrichtung im Längsverkehr |
| <i>Fahrbahnseite regelwidrige Nutzung</i> | | |
| 1 | Rechts | Teilnehmer nutzt Radweg neben der rechten Fahrbahnseite des Autoverkehrs regelwidrig |
| 2 | Links | Teilnehmer nutzt linke Fahrbahnseite oder Radweg neben der linken Fahrbahnseite des Autoverkehrs |
| <i>Abstellen am Wohnort</i> | | |
| 1 | Im Freien | |
| 2 | In geschlossenen Räumen | z.B. Keller, Garage, Schuppen |
| <i>Freie Fahrt</i> | | |
| 1 | Freie Fahrt ohne Hindernisse | zu Hindernissen zählen. vorausfahrender/ entgegenkommender Verkehr, parkende Fahr-zeuge, andere Verkehrsteilnehmer (z.B. Fußgänger), Kreuzungen/Einmündungen/Kreisverkehr, sichtbehinderte Gegenstände oder Infrastruktur-verläufe (z.B. starke Kurven); sollte mindestens zehn Sekunden dauern |

Allgemeine Hinweise zur Kodierung

- Kodierungen wurden nur vorgenommen, wenn die Teilnehmer ihr Zweirad bewegten. Standzeiten ohne Bewegung, in denen die Teilnehmer vom Zweirad abgestiegen waren (z.B. beim Einkaufen), wurden nicht kodiert.
- Überquerungen von Infrastruktur wurden nicht gesondert kodiert. Fuhr ein Teilnehmer beispielsweise von einem Supermarktparkplatz über einen Fußweg auf die Straße, um dort seinen Weg fortzusetzen, wurde der überquerte Fußweg nicht kodiert.
- Das Befahren von Einbahnstraßen in falscher Richtung bei Durchfahrtsverbot wurde nicht als regelwidrig kodiert. Dieses Fahrverhalten wurde stattdessen als Kombination der Kodierungen genutzte Infrastruktur = Fahrbahn und angebotene Infrastruktur = keine Infrastruktur gekennzeichnet.

Anhang 2. Schema zur Kodierung der kritischen Ereignisse.

| Code | Beschreibung | Anmerkungen |
|---|---|---|
| <i>Typ des kritischen Ereignisses</i> | | |
| 1 | Konflikt mit Sturz | Konflikt zwischen Radfahrer und anderem Verkehrsteilnehmer bzw. Objekt mit Sturzfolge (mit und ohne Kollision) |
| 2 | Konflikt <u>ohne</u> Sturz mit Reaktion | Ausweich- bzw. Bremsmanöver des (Elektro-) Radfahrers oder eines anderen Verkehrsteilnehmers, um einen Konflikt zu lösen bzw. eine Kollision zu verhindern |
| 3 | Konflikt <u>ohne</u> Sturz <u>ohne</u> Reaktion | Konflikt im Straßenverkehr ohne Manöver des (Elektro-) Radfahrers z.B. zu nahes Überholen von anderen Fahrzeugen |
| 4 | Sturz | (Elektro-) Radfahrer fällt ohne Einwirkung Anderer zu Boden |
| 5 | Beinahesturz | (Elektro-) Radfahrer kann bevorstehenden Sturz mit Mühe vermeiden (ohne Einwirkung Anderer) |
| <i>Art des kritischen Ereignisses</i> | | |
| 1 | Kritisches Ereignis ohne Konflikt (allein) | Fahrer verliert Kontrolle über (E-)Fahrrad: Geschwindigkeit nicht entsprechend dem Verlauf, Querschnitt, Neigung oder Zustand der Straße gewählt, oder weil Verlauf oder Querschnittsänderung zu spät erkannt z.B. Sturz Auch Beinahesturz → kann sich noch stabilisieren |
| 2 | Abbiege-Konflikt | Konflikt zwischen unserem abbiegendem (Elektro-) Radfahrer und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer an Einmündungen, Kreuzungen von Straßen, Feld- oder Radwegen sowie an Zufahrten zu Grundstück oder Parkplatz |
| 3 | Einbiegen /Kreuzungskonflikt | Konflikt zwischen einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen (unserem (Elektro-) Radfahrer) und einem Vorfahrtberechtigten z.B. an Rechts-vor-Links-Kreuzung an Einmündungen, Kreuzungen von Straßen, Feld- oder Radwegen sowie an Zufahrten zu Grundstück oder Parkplatz |
| 4 | Überschreiten- Konflikt | Konflikt zwischen einem die Fahrbahn oder Radweg überschreitenden Fußgänger/anderem (Elektro-) Radfahrer und unserem (E-) Fahrrad sofern das (E-) Fahrrad nicht soeben abgebogen |
| 5 | Konflikt durch ruhenden Verkehr | Konflikt zwischen Fahrzeug (kann unser (E-) Fahrrad sein) des fließenden Verkehrs und einem auf der Fahrbahn ruhenden, d.h. einem haltenden/parkenden Fahrzeug (kann unser (E-) Fahrrad sein) Konflikt mit ein- oder ausparkenden Fahrzeug |
| 6 | Konflikt im Längsverkehr | Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegten z.B. auch auf Radweg sofern dieser Konflikt nicht Folge eines Verkehrsvorgangs der anderem Konflikttyp entspricht |
| 7 | Sonstiger Konflikt | Alle Konflikte, die keinem anderen Konflikttyp zuzuordnen sind |
| <i>Art des kritischen Ereignisses (dreistellig)</i> | | |
| | Als Freitext kodieren | Nummer siehe Unfalltypenkatalog |
| <i>Beschreibung des Ereignisses detailliert</i> | | |
| | Als Freitext kodieren | Bespiele sind: <ul style="list-style-type: none"> • Fahrzeugtür eines Pkws wird plötzlich geöffnet, (Elektro-) Radfahrer muss ausweichen • LKW blinkt und biegt links ab, geradeausfahrender (Elektro-) Radfahrer hat eigentlich Vorfahrt, dadurch musste (Elektro-) Radfahrer stark bremsen • (Elektro-) Radfahrer hat sich beim Abbiegen Kurve nicht bekommen, musste dadurch in Feld / auf andere Spur ausweichen • Pkw parkt mit blinken längs zur Fahrbahn aus, (Elektro-) Radfahrer muss ausweichen |
| <i>Tageszeit</i> | | |

| Code | Beschreibung | Anmerkungen |
|---|--|---|
| | Zeitangabe eintragen | |
| <i>Andere Beteiligte</i> | | |
| 10 | Fußgänger | |
| 20 | Fahrrad/ Elektrofahrrad | |
| 30 | Mofa/Moped | Die Kennzeichenfarbe wechselt jährlich und ist in 2012 hellblau.  |
| 40 | Motorrad | Erkennungsmerkmal sind hier die beiden TÜV Plaketten auf Nummernschild  |
| 51 | Pkw | |
| 52 | SUV |  |
| 61 | Kleintransporter |  |
| 62 | Solo LKW |  |
| 63 | Solo-LKW mit Anhänger |  |
| 64 | Sattelzug mit Auflieger |  |
| 70 | Linienbus / Reisebus |  |
| 80 | Straßenbahn |  |
| 90 | Bahn | |
| 100 | Sonstige | z.B. Tiere, Traktoren etc. |
| 00 | Keiner | |
| <i>Genutzte Infrastruktur des (Elektro-) Radfahrers</i> | | |
| 1 | Straßenbegleitender getrennter Rad- und Gehweg | Innerorts in der Regel farblich oder baulich von Fußweg abgetrennt; Außerorts in der Regel mit Verkehrszeichen für Radweg gekennzeichnet  |
| 2 | Markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn | getrennt durch Schutzstreifen (Linie durchbrochen) oder Radfahrstreifen (Linie durchgezogen)  |

| Code | Beschreibung | Anmerkungen | |
|---|---|---|--|
| 31 | Straßenbegleitender gemeinsamer Rad- und Gehweg | in der Regel sind Fuß- und Radweg farblich gleich gestaltet |  |
| 32 | Selbstständig geführter gemeinsamer Rad- und Gehweg | |  |
| 4 | Fahrbahn | | |
| 5 | Gehweg | | |
| 61 | Fußgängerzone für Radfahrer frei | Fußgängerzonen sind für (Elektro-) Radfahrer eigentlich tabu, nur wenn Schild (Elektro-) Radfahrer frei, dann dürfen (Elektro-) Radfahrer Schrittgeschwindigkeit fahren (ansonsten als 62 kodieren!) |   |
| 62 | Fußgängerzone | |  |
| 7 | Feld-/Waldweg | | |
| 8 | Verkehrsberuhigter Bereich | |  |
| 9 | Gehweg für Radfahrer frei | |  |
| 0 | Sonstiges | z.B. Parkplatz, Kleingartenanlage | |
| <i>Angebotene Infrastruktur des (Elektro-) Radfahrers</i> | | | |
| 1 | Straßenbegleitender getrennter Rad- und Gehweg | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 2 | Markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 31 | Straßenbegleitender gemeinsamer Rad- und Gehweg | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 32 | Selbstständig geführter gemeinsamer Rad- und Gehweg | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 4 | Fahrbahn | | |
| 61 | Fußgängerzone für Radfahrer frei | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 9 | Gehweg für Radfahrer frei | nur für Pedelec25- und Radfahrer | |
| 0 | Keine Infrastruktur | z.B. bei Feld-/Waldwegen, in Fußgängerzonen, in Kleingartenanlagen | |
| <i>Art der Kreuzung</i> | | | |
| 1 | LSA geregelt | Ampelkreuzung | |
| 2 | Durch Schilder geregelt |     | |
| 3 | rechts vor links | | |

| Code | Beschreibung | Anmerkungen | |
|--|---|--|---|
| 4 | Weg ohne Kreuzungsregelung | | |
| <i>Verhalten des (Elektro-) Radfahrers VOR der Situation</i> | | | |
| 1 | Unerwartetes Verhalten | unerwartetes Verhalten gemessen an Verkehrsregelung und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer | |
| 2 | Erwartbares Verhalten | erwartbares Verhalten unter gegebenen Umständen an Verkehrsregelung und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer | |
| <i>Verhalten des (Elektro-) Radfahrers VOR der Situation detailliert</i> | | | |
| | Als Freitext kodieren | <p>Nur kodieren wenn oben 1</p> <p>z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schaut in falsche Richtung • Wechselt plötzlich Infrastruktur z.B. von Radweg auf Straße • Überfährt rote Ampel • Plötzliche Spurwechsel | |
| <i>Reaktion des (Elektro-) Radfahrers IN der Situation</i> | | | |
| 1 | Bremsen | Achtung: alle Kategorien als Freitext kodieren, kann Mehrfachnennungen geben | |
| 2 | Bremsen bis zum Stillstand | | |
| 3 | Ausweichmanöver | | |
| 4 | Stehenbleiben | d.h. im Stand befindlich und im Stand verharren, obwohl losfahren angezeigt – z.B. Kreuzungssituation, „Abgeben“ der Vorfahrt | |
| 5 | Kein Verhalten | | |
| <i>Genutzte Infrastruktur des anderen Beteiligten</i> | | | |
| 1 | Straßenbegleitender getrennter Rad- und Gehweg | Innerorts in der Regel farblich oder baulich von Fußweg abgetrennt; Außerorts in der Regel mit Verkehrszeichen für Radweg gekennzeichnet |  |
| 2 | Markierte Radverkehrsführung auf der Fahrbahn | getrennt durch Schutzstreifen (Linie durchbrochen) oder Radfahrstreifen (Linie durchgezogen) |  |
| 31 | Straßenbegleitender gemeinsamer Rad- und Gehweg | in der Regel sind Fuß- und Radweg farblich gleich gestaltet |  |
| 32 | Selbstständig geführter gemeinsamer Rad- und Gehweg | |  |
| 4 | Fahrbahn | | |
| 5 | Gehweg | | |
| 61 | Fußgängerzone für Radfahrer frei | Fußgängerzonen sind für (Elektro-) Radfahrer eigentlich tabu, nur wenn Schild (Elektro-) Radfahrer frei, dann dürfen (Elektro-) Radfahrer Schrittgeschwindigkeit fahren (ansonsten als 62 kodieren!) |  |
| 62 | Fußgängerzone | |  |
| 7 | Feld-/Waldweg | | |

| Code | Beschreibung | Anmerkungen |
|--|----------------------------|---|
| 8 | Verkehrsberuhigter Bereich |  |
| 9 | Gehweg für Radfahrer frei |  |
| 0 | Sonstiges | z.B. Parkplatz, Kleingartenanlage |
| <i>Verhalten des anderen Beteiligten VOR der Situation</i> | | |
| 1 | Unerwartetes Verhalten | unerwartetes Verhalten gemessen an Verkehrsregelung und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer |
| 2 | Erwartbares Verhalten | erwartbares Verhalten unter gegebenen Umständen an Verkehrsregelung und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer |
| <i>Verhalten des anderen Beteiligten VOR der Situation detailliert</i> | | |
| | Als Freitext kodieren | Nur kodieren wenn oben 1 z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Wechselt plötzlich Infrastruktur z.B. von Radweg auf Straße • Schaut in falsche Richtung • Blinkt nicht wenn er abbiegt • Bremsst unerwartet stark ab • Überfährt rote Ampel • Plötzliche Spurwechsel |
| <i>Reaktion des anderen Beteiligten IN der Situation</i> | | |
| 1 | Bremsen | Achtung: alle Kategorien als Freitext kodieren, kann Mehrfachnennungen geben |
| 2 | Bremsen bis zum Stillstand | |
| 3 | Ausweichmanöver | |
| 4 | Stehenbleiben | d.h. im Stand befindlich und im Stand verharren, obwohl losfahren angezeigt – z.B. Kreuzungssituation, „Abgeben“ der Vorfahrt“ |
| 5 | Kein Verhalten | |

Anhang 3. Schema zur Kodierung des Aktivitätentagebuchs.

| Allgemeine Variablen | |
|--|-------------------------|
| <i>Monat der Bearbeitung</i> | |
| 7 = Juli | 10 = Oktober |
| 8 = August | 11 = November |
| 9 = September | |
| <i>Kalenderwoche der Bearbeitung</i> | |
| Scale Value | |
| <i>Normalität Tagebuchwoche</i> | |
| 0 = Normal | 1 = Nicht normal |
| <i>Gründe für Abweichung der Tagebuchwoche von der Normalität</i> | |
| 1 = Urlaub | 4 = Sonstige Gründe |
| 2 = Krankheit | 99 = Keine Angabe |
| 3 = Gar nicht außer Haus | 9999 = Nicht zutreffend |
| <i>Beschreibung der Gründe für Abweichung der Tagebuchwoche von der Normalität</i> | |
| String | |
| <i>Wann wurde das Tagebuch ausgefüllt?</i> | |
| 1= Während Tagebuchtag | 3= Am Tag danach |
| 2= Am Ende des Tagebuchtags | 4= Nach x Tagen |
| <i>Datum</i> | |
| Scale Value | |
| <i>Wochentag</i> | |
| 1 = Montag | 5 = Freitag |
| 2 = Dienstag | 6 = Samstag |
| 3 = Mittwoch | 7 = Sonntag |
| 4 = Donnerstag | |
| <i>Wetter</i> | |
| 1 = Sonnig | 4 = Regen |
| 2 = Leicht bewölkt | 5 = Schnee |
| 3 = Bedeckt | |
| <i>Wegnummer</i> | |
| Scale Value | 9999 = Nicht zutreffend |
| <i>Etappennummer</i> | |
| Scale Value | 9999 = Nicht zutreffend |
| <i>Aktivitätsnummer</i> | |
| Scale Value | 9999 = Nicht zutreffend |
| <i>Handelt es sich um einen Weg?</i> | |
| 0 = Nein | 9999 = Nicht zutreffend |
| 1 = Ja | |
| <i>Erster Weg des Tages?</i> | |
| 0 = Nein | 9999 = Nicht zutreffend |
| 1 = Ja | |
| <i>Letzer Weg des Tages</i> | |

| Allgemeine Variablen | |
|---|---|
| 0 = Nein | 9999 = Nicht zutreffend |
| 1 = Ja | |
| <i>Startzeit Hauptaktivität</i> | |
| Scale Value | |
| <i>Endzeit Hauptaktivität</i> | |
| Scale Value | |
| <i>Dauer der Aktivität bzw. des Weges in Minuten</i> | |
| Scale Value | |
| <i>Hauptaktivität bzw. Weg</i> | |
| für Wege siehe Tabelle „Kodierung von Wegen“ | für Aktivitäten siehe Tabelle „Kodierung von Aktivitäten“ |
| <i>Gleichzeitige Aktivität</i> | |
| für Aktivitäten siehe Tabelle „Kodierung von Aktivitäten“ | 9999 = Keine gleichzeitige Aktivität ausgeübt |
| <i>Startadresse</i> | |
| String | |
| <i>Art des Ausgangspunktes</i> | |
| 1 = Zu Hause | 8 = Garten |
| 2 = Arbeitsplatz | 9 = Freizeit |
| 3 = Schule/Universität | 10 = Übergang zu anderen Verkehrsmittel |
| 4 = Einkaufen | 11 = Ehrenamt/Kirche |
| 5 = Essen/Restaurant | 12 = Freunde/Familie |
| 6 = Kindereinrichtung | 13 = Sonstiges |
| 7 = Besorgungen | |
| <i>Endadresse</i> | |
| String | |
| <i>Art des Zielpunktes</i> | |
| 1 = Zu Hause | 8 = Garten |
| 2 = Arbeitsplatz | 9 = Freizeit |
| 3 = Schule/Universität | 10 = Übergang zu anderen Verkehrsmittel |
| 4 = Einkaufen | 11 = Ehrenamt/Kirche |
| 5 = Essen/Restaurant | 12 = Freunde/Familie |
| 6 = Kindereinrichtung | 13 = Sonstiges |
| 7 = Besorgungen | |
| <i>Verkehrsmittel für Etappe</i> | |
| 1= S-Bahn | 8 = Motorrad |
| 2 = Fern/Regionalbahn | 9 = Mofa/Moped/Motorroller |
| 3 = Straßenbahn | 10 = Fahrrad |
| 4 = Bus | 11 = Elektrofahrrad |
| 5 = ÖPNV Kombination | 12 = Zu Fuß |
| 6 = Pkw als Fahrer | 13 = Sonstiges |
| 7 = Pkw als Mitfahrer | 9999 = Kein Weg |
| <i>Verkehrsmittel für Weg</i> | |
| 1= S-Bahn | 8 = Motorrad |
| 2 = Fern/Regionalbahn | 9 = Mofa/Moped/Motorroller |

| Allgemeine Variablen | |
|--|----------------------------------|
| 3 = Straßenbahn | 10 = Fahrrad |
| 4 = Bus | 11 = Elektrofahrrad |
| 5 = ÖPNV Kombination | 12 = Zu Fuß |
| 6 = Pkw als Fahrer | 13 = Sonstiges |
| 7 = Pkw als Mitfahrer | 9999 = Kein Weg |
| <i>Aggregierter Wegzweck</i> | |
| 1 = Arbeitsplatz | 8 = Erholung/Sport im Freien |
| 2 = Schule/Universität | 9 = Sportstätte allgemein |
| 3 = Kinderkrippe/Kindergarten | 10 = Andere Freizeitaktivität |
| 4 = Einkaufen | 11 = Privater Besuch |
| 5 = Dienstleistungen | 12 = Sonstiges |
| 6 = Kultur/Theater/Kino | 9999 = Nicht zutreffend |
| 7 = Restaurant/Kneipe/Gaststätte/Kantine | |
| <i>Planung der Fahrt</i> | |
| 1 = Regelmäßig, Routine | 4 = Gerade eben, spontan |
| 2 = Ein oder mehrere Tage vorher | 9998 = Keine Angabe |
| 3 = Im Laufe des Tages | 9999 = Kein Weg |
| <i>Anzahl der begleitenden Personen</i> | |
| Scale Value | 9999 = Nicht zutreffend |
| <i>Art der begleitenden Personen</i> | |
| 1 = K = Kind | 5 = Erwachsener und Gepäck |
| 2 = E = Erwachsener (ab 11 Jahre) | 6 = Kind(er) und Gepäck |
| 3 = G = Schweres Gepäck | 9999 = Nicht zutreffend |
| 4 = Kind und Erwachsener | |
| <i>Zeitdruck</i> | |
| 0 = Nein | 9999 = Nicht zutreffend |
| 1 = Ja | |
| <i>Alternatives Verkehrsmittel</i> | |
| 1 = S-Bahn | 9 = Fahrrad |
| 2 = Fern/Regionalbahn | 10 = Elektrofahrrad |
| 3 = Straßenbahn | 11 = Zu Fuß |
| 4 = Bus | 12 = Keine Alternative vorhanden |
| 5 = ÖPNV nicht näher bez./Kombination | 13 = Taxi |
| 6 = Pkw | 14 = Sonstiges |
| 7 = Motorrad | 9998 = Keine Angabe |
| 8 = Mofa/Moped | 9999 = Nicht zutreffend |
| <i>Kritische Situation vorhanden</i> | |
| 0 = Nein | 9999 = Nicht zutreffend |
| 1 = Ja | |
| <i>Beschreibung kritischer Situation während der Fahrt</i> | |
| String | |
| <i>Rundweg</i> | |
| 0 = Nein | 9999 = Nicht zutreffend |
| 1 = Ja | |

| Kodierung von Wegen | | | |
|----------------------------|-----------------|-------------|---|
| Level 2 | Level 1 | Level 0 | Definition Level 2 |
| 1 ToFromWork | 1 ToFromWork | 1 Work | Wege von/zu Erwerbstätigkeit |
| 2 Work | 2 Work | 1 Work | Wege dienstlich/geschäftlich |
| 3 Education | 3 Education | 2 Education | Wege zur Aus- und Fortbildung |
| 4 ShopDaily | 4 Shopping | 3 Shopping | Wege zum Einkauf für tägl. Bedarf, z.B. Lebensmittel, Tanken |
| 5 ShopNonDaily | 4 Shopping | 3 Shopping | Wege zum sonstigen Einkauf, z.B. Kleidung, Möbel, Hausrat |
| 6 ShopSpree | 4 Shopping | 3 Shopping | Wege Einkaufsbummel |
| 7 ShopOther | 4 Shopping | 3 Shopping | Wege sonstiger Einkauf |
| 8 ShopGeneral | 4 Shopping | 3 Shopping | Wege Einkäufe, ohne Angabe zum Detail |
| 9 Service | 5 Errands | 4 Errands | Wege Dienstleistung, Behörden |
| 10 Doctor | 5 Errands | 4 Errands | Wege Arzt, Krankenhaus |
| 11 PrivErrandsOther | 5 Errands | 4 Errands | Wege private Erledigung für andere Person (unentgeltlich) |
| 12 ErrandsOther | 5 Errands | 4 Errands | Wege sonstiger privater Erledigungszweck |
| 13 ErrandsGeneral | 5 Errands | 4 Errands | Wege privater Erledigungszweck allgemein, ohne Angabe zum Detail |
| 14 Dog | 6 Dog | 5 Leisure | Hund spazieren führen, wenn Verkehrsmittel angegeben |
| 15 VisitFriends | 7 VisitFriends | 5 Leisure | Wege soziale Kontakte, Besuch, Treffen Familie, Freunde |
| 16 Restaurant | 8 Culture | 5 Leisure | Wege Restaurant, Bar, Disko, Kantine, Mensa |
| 17 Culture | 8 Culture | 5 Leisure | Wege Unterhaltung, Kultur, Besuch von Sportveranstaltungen |
| 18 Sport | 9 Sport | 5 Leisure | Wege eigener Sport |
| 19 LeisureOther | 10 LeisureOther | 5 Leisure | Wege Hobby, Spiele, Massenmedien |
| 20 Holiday | 11 Holiday | 5 Leisure | Wege zur Urlaubsort, Zweitwohnung, Garten |
| 21 Stroll | 12 Stroll | 5 Leisure | Wege Reisen/Fahren um seiner selbst willen, z.B. Spaziergang, Radtour |
| 22 Accompany | 13 Accompany | 6 Accompany | Fahrdienste für, Bringen/Holen von, Begleitung von Kindern und Erwachsenen, wenn Ort Verkehrsmittel |
| 23 Care | 14 Care | 7 Care | Wege in Verbindung mit Pflege/Betreuung Erwachsener im eigenen Haushalt |
| 24 Voluntary | 15 Voluntary | 8 Voluntary | Wege in Verbindung mit Ehrenamt |
| 25 Church | 15 Voluntary | 8 Voluntary | Wege in Verbindung mit Kirche, religiöser Aktivität, Friedhof |
| 26 Other | 16 Other | 9 Other | Anderes |

Kodierung von Aktivitäten

| Level 2 | Level 1 | Level 0 | Definition Level 2 |
|-------------------------|--------------------|-----------------|--|
| 27 Work_OH | 17 Work_OH | 10 Work | außer Haus! bezahlte Haupt- oder Nebenerwerbstätigkeit; damit verbundene unbezahlte Arbeit; Arbeitssuche; Fortbildung während der Arbeitszeit; Lesen für Arbeit |
| 28 Education_OH | 18 Education_OH | 11 Education | außer Haus! alle Schul-bzw. /Hochschularten; Vor- und Nachbereitung, z.B. Lerngruppen; Aus- und Fortbildung aus persönlichen und beruflichen Gründen außerhalb der Arbeitszeit, z.B. Kurse, Messebesuch |
| 29 Shopping_OH | 19 Shopping_OH | 12 Shopping | außer Haus! alle Arten von Einkäufen |
| 30 Service_OH | 20 Errands_OH | 13 Errands | außer Haus! Inanspruchnahme von Dienstleistungen (Post, Wäscherei, Handwerker), Behördengänge |
| 31 Doctor_OH | 20 Errands_OH | 13 Errands | außer Haus! alle Arten von Arztbesuchen, Physiotherapie, Krankenhausaufenthalt |
| 32 Dog_OH | 21 Dog_OH | 14 Leisure | außer Haus! Hund spazieren führen, wenn kein Verkehrsmittel angegeben ist |
| 33 VisitFriends_OH | 22 Social_OH | 14 Leisure | außer Haus! Face-to-face soziale Kontakte; Gespräche; Unterhaltung; sich mit Hobby-Freunden austauschen; Zubereitung von Essen für/mit Gästen |
| 34 Restaurant_OH | 22 Social_OH | 14 Leisure | außer Haus! Ausgehen mit und ohne Essen (z.B. Cafés, Bistros, Kneipen, Discos, Bars, Restaurant, Kantine) |
| 35 Culture_OH | 22 Social_OH | 14 Leisure | außer Haus! Besuch von Theater, Konzerten, Museen, Kino, Bibliothek; Sportveranstaltung als Zuschauer |
| 36 Sport_OH | 23 Sport_OH | 14 Leisure | außer Haus! Sport treiben; alle Sportarten auch Wandern; nicht Spaziergehen |
| 37 LeisureOther_OH | 24 LeisureOther_OH | 14 Leisure | außer Haus! Nicht näher bezeichnete Freizeitaktivitäten, die in keine andere Kategorie passen |
| 38 Holiday_OH | 25 Holiday_OH | 14 Leisure | außer Haus! Ausflüge; Zoo; Zirkus; Kirmes; Vergnügungspark |
| 39 Stroll_OH | 26 Stroll_OH | 14 Leisure | außer Haus! Spaziergehen |
| 40 Playground_OH | 23 Sport_OH | 14 Leisure | außer Haus! Aktives Spielen oder Sport treiben mit Kindern auf dem Spielplatz |
| 41 Chaperoning_OH | 27 Chaperoning_OH | 15 Chaperoning | außer Haus! Begleitung oder Beaufsichtigung von Kindern oder Erwachsenen, wenn Ort kein Verkehrsmittel! |
| 42 Care_OH | 28 Care_OH | 16 Care | außer Haus! Pflege, Unterstützung, Betreuung von erwachsenen Haushaltsmitgliedern |
| 43 Voluntary_OH | 29 Voluntary_OH | 17 Voluntary | Außer Haus! Ausübung von Ämtern oder ehrenamtlichen Tätigkeiten; informelle Hilfe für andere Haushalte; Gartenarbeit für andere Haushalte; Pflege, Unterstützung, Betreuung von Angehörigen anderer Haushalte; Gastgebern helfen bei der Zubereitung von Essen |
| 44 Church_OH | 29 Voluntary_OH | 17 Voluntary | außer Haus! Teilnahme an religiösen Aktivitäten oder Zeremonien; in und um Kirche |
| 46 Sleep_IH | 31 PersonalCare_IH | 19 PersonalCare | zu Hause! Schlafen im Bett, auf Sofa; krank im Bett |
| 47 HaveMeals_IH | 31 PersonalCare_IH | 19 PersonalCare | zu Hause! Essen und Trinken; Frühstück; Mittagessen; Kaffeezeit; Abendbrot |
| 48 PersonalCare_IH | 31 PersonalCare_IH | 19 PersonalCare | zu Hause! Aufstehen; Waschen; Anziehen; Körperpflege |
| 49 PersonalCareOther_IH | 31 PersonalCare_IH | 19 PersonalCare | zu Hause! Kinderbetreuung; Unterstützung, Pflege und Betreuung erwachsener Haushaltsmitglieder |

| Kodierung von Aktivitäten | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------|--|
| Level 2 | Level 1 | Level 0 | Definition Level 2 |
| 50 PrepareMeals_IH | 31 PersonalCare_IH | 19 PersonalCare | zu Hause! Zubereitung von Mahlzeiten; Abwasch; Tisch decken; Backen; Haltbarmachen von Lebensmitteln |
| 51 MaintenanceHouseGarden_IH | 39 Care_IH | 16 Care | zu Hause! Instandhalten von Haus und Wohnung; Herstellen, Ausbessern, Pflege von Textilien; Gartenarbeit wenn Garten am Haus; Bauen und handwerkliche Tätigkeiten; Haustierpflege; Zimmerpflanzenpflege; |
| 52 HouseholdOrganisation_IH | 39 Care_IH | 16 Care | zu Hause! Haushaltsplanung und -organisation; Finanzplanung; Schriftverkehr; Behördengänge vorbereiten; Behördengänge per Telefon/Internet; Urlaubs- und Reiseplanung; Vorbereitung Ausflug |
| 53 HouseworkFamilyCareOther_IH | 39 Care_IH | 16 Care | zu Hause! Nicht genauer bezeichnete Tätigkeiten, z.B. Hausarbeit erledigen |
| 54 SocialEntertainment_IH | 32 SocialEntertainment_IH | 14 Leisure | zu Hause! soziale Kontakte; Gespräche; Unterhaltung; Besuch empfangen; Familienfeiern; Essen mit anderen Personen zu Hause |
| 55 Rest_IH | 32 SocialEntertainment_IH | 14 Leisure | zu Hause! Ausruhen; Auszeit; Zeit überbrücken; Ankommen; Warten auf Telefonanruf |
| 56 Art_IH | 32 SocialEntertainment_IH | 14 Leisure | zu Hause! künstlerische Tätigkeiten, z.B. Malen, Schreiben, Musizieren; auch Kunst, die am Computer entstanden ist |
| 57 Hobby_IH | 33 HobbyGames_IH | 14 Leisure | zu Hause! Technische Hobbies; Sammeln; Filmen/Fotografieren |
| 58 Games_IH | 33 HobbyGames_IH | 14 Leisure | zu Hause! alle Arten von Spielen; auch Computerspiele; Kreuzwörterrätsel |
| 59 Read_IH | 34 Massmedia_IH | 14 Leisure | zu Hause! Lesen von Büchern, Zeitungen, Zeitschriften; auch sich vorlesen lassen |
| 60 TV_IH | 34 Massmedia_IH | 14 Leisure | zu Hause! Fernsehen, Filme, Video, DVD anschauen |
| 61 Music_IH | 34 Massmedia_IH | 14 Leisure | zu Hause! Radio, Musik- oder andere Tonaufnahmen anhören |
| 62 Computer_IH | 34 Massmedia_IH | 14 Leisure | zu Hause! Kommunikation, Informationssuche via Computer oder Handy, Laptop, Tablet; Internet; Installation, Reparatur, Programmierung des Computers |
| 63 Other_IH | 35 Other_IH | 20 Other | Hilfscodes, z.B. Tagebuch ausfüllen |
| 64 RestDuringWork_OH | 17 Work_OH | 10 Work | außer Haus! mit Erwerbstätigkeit verbundene Pausen, z.B. Mittagspause, Kaffeepause; auf Dienstreise; Feier während der Arbeitszeit; Zubereitung von Mittagessen auf Arbeit |
| 65 PhoneCalls_IH | 36 PhoneCalls_IH | 14 Leisure | zu Hause! Telefonate führen, Festnetz und/oder mobil; Skypen |
| 66 TeleShoppingBanking_IH | 39 Care_IH | 16 Care | zu Hause! Einkaufen (Internet-/Teleshopping); Bankgeschäfte per Internet |
| 67 Work_IH | 37 Work_IH | 17 Work | zu Hause! bezahlte Haupt- oder Nebenerwerbstätigkeit; damit verbundene unbezahlte Arbeit; Arbeitssuche; Fortbildung; Telearbeit; Home-Office |
| 68 Education_IH | 38 Education_IH | 11 Education | zu Hause! alle Schul- und Hochschularten; Selbstlernen, z.B. Fernstudium; Vor- und Nachbereitung, z.B. Hausaufgaben; Aus- und Fortbildung aus persönlichen und beruflichen Gründen außerhalb der Arbeitszeit |
| 69 Doctor_IH | 45 Errands_IH | 13 Errands | zu Hause! Hausbesuch von Ärzten, Physiotherapeuten, Krankenschwestern |
| 70 Sport_IH | 40 Sport_IH | 14 Leisure | zu Hause! Sport, z.B. Morgensport, Gymnastik, auf Gerät trainierten |

| Kodierung von Aktivitäten | | | |
|------------------------------|--------------------|-----------------|---|
| Level 2 | Level 1 | Level 0 | Definition Level 2 |
| 71 Voluntary_IH | 41 Voluntary_IH | 17 Voluntary | zu Hause! Ausübung von Ämtern oder ehrenamtlichen Tätigkeiten für Organisationen; informelle Hilfe für andere Haushalte |
| 72 Sleep_OH | 42 PersonalCare_OH | 19 PersonalCare | außer Haus! Schlafen, z.B. während Dienstreisen; Urlaub; längeren Krankenhausaufenthalt |
| 73 PersonalCare_OH | 42 PersonalCare_OH | 19 PersonalCare | außer Haus! Aufstehen; Waschen; Anziehen; Körperpflege, z.B. während Dienstreisen, Urlaub |
| 74 PrepareMeals_OH | 42 PersonalCare_OH | 19 PersonalCare | außer Haus! Mahlzeiten zubereiten, z.B. Grillen im Garten |
| 75 Rest_OH | 22 Social_OH | 14 Leisure | außer Haus! Ausruhen; Auszeit; Zeit überbrücken, z.B. Pause auf der Autobahn; Entspannen im Garten |
| 76 Games_OH | 46 HobbyGames_OH | 14 Leisure | außer Haus! alle Arten von Spielen, z.B. Kreuzworträtsel auf der Parkbank; Spieleabend; W-Lan Partys bei Freunden |
| 77 Read_OH | 43 MassMedia_OH | 14 Leisure | außer Haus! Lesen von Büchern, Zeitungen, Zeitschriften; auch sich vorlesen lassen, z.B. als Nebenaktivität zu Wegen |
| 78 TV_OH | 43 MassMedia_OH | 14 Leisure | außer Haus! Fernsehen, Filme, Video, DVD anschauen, z.B. mit Laptop oder Smartphone |
| 79 Music_OH | 43 MassMedia_OH | 14 Leisure | außer Haus! Radio, Musik- oder andere Tonaufnahmen anhören, z.B. mit MP3 Player als Nebentätigkeit von Wegen |
| 80 Computer_OH | 43 MassMedia_OH | 14 Leisure | außer Haus! Kommunikation, Informationssuche via Computer oder Handy, Laptop, Tablet; Installation, Reparatur, Programmierung des Computers |
| 81 PhoneCalls_OH | 43 MassMedia_OH | 14 Leisure | außer Haus! Handynutzung zum Telefonieren außer Haus |
| 82 Church_IH | 41 Voluntary_IH | 17 Voluntary | zu Hause! Teilnahme an religiösen Aktivitäten oder Zeremonien, z.B. Beten |
| 83 MaintenanceHouseGarden_OH | 28 Care_OH | 16 Care | außer Haus! z.B. im eigenen Schrebergarten/Grundstück Gartenarbeit verrichten; Laube reparieren |
| 84 Hobby_OH | 46 HobbyGames_OH | 14 Leisure | außer Haus! technische Hobbies; Sammeln; Filmen/Fotografieren |
| 85 Art_OH | 22 Social_OH | 14 Leisure | außer Haus! künstlerische Tätigkeiten, z.B. Malen, Schreiben, Musizieren; auch Kunst, die am Computer entstanden ist |
| 86 LeisureOther_IH | 47 LeisureOther_IH | 14 Leisure | zu Hause! nicht näher bezeichnete Freizeitaktivitäten, die in keine andere Kategorie passen |

Allgemeine Hinweise zur Kodierung

- Hin- und Rückweg wurden als zwei Wege kodiert. Ihnen wurde stets derselbe Wegzweck zugewiesen.

Anhang 4. Anzahl der kritischen Situationen nach Beteiligten und Infrastruktur.

| | Fahrbahn | Markierte Radverkehrs- führung auf der Fahrbahn | Straßen- begleitender getrennter Rad- und Gehweg | Straßen- begleitender gemeinsamer Rad- und Gehweg | selbstständig geführter gemeinsamer Fuß- und Radweg | Gehweg | Gehweg Radfahrer frei | Fußgänger- zone für Radfahrer frei | Feldweg/ Waldweg | Verkehrs- beruhigter Bereich | Sonstige | Gesamt |
|-----------------------------|-----------|---|--|---|---|-----------|-----------------------------|---|---------------------|------------------------------------|-----------|---------------|
| Fußgänger | 14 | 2 | 8 | 2 | 4 | 15 | 3 | 1 | 2 | 0 | 4 | 55 |
| Fahrräder | 8 | 1 | 3 | 1 | 10 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 32 |
| Mofa/ Moped/ Motorrad | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Pkw+SUV | 50 | 2 | 11 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 74 |
| Kleintransporter | 6 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| LKW | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Bus | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Mehrere Beteiligte | 3 | 0 | 1 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 12 |
| Sonstige z.B. Traktor | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Keiner | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 6 |
| Gesamt | 91 | 7 | 27 | 3 | 22 | 29 | 5 | 3 | 3 | 1 | 11 | 202 |



Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

Wilhelmstraße 43/43G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

Tel.: 030/2020 - 50 00, Fax: 030/2020 - 60 00
www.gdv.de, www.udv.de