



Graz University of Technology

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Fernverkehr in Österreich – Vergleich anonymisierter Mobilfunkdaten mit einer Mobilitätserhebung

MASTERARBEIT

vorgelegt von

Marlene Brodacz, BSc.

bei

Univ. Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Mitbetreuender Assistent:

Dipl.-Ing. Michael Cik

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Graz, am 1. März 2018

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008
Genehmigung des Senats am 01.12.2008

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtliche und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, _____

Marlene Brodacz, BSc.

Statutory Declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, _____

Marlene Brodacz, BSc.

Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei meiner Familie und vor allem bei meinen Eltern und Großeltern bedanken, da sie mir das Studium ermöglicht und mich in jeder Hinsicht unterstützt haben.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Peter, der mich immer motiviert, sich mit mir über Fortschritte gefreut und seine kritische Meinung zur Arbeit geäußert hat.

Weiterer Dank gebührt meinen Freunden, durch die das Studium zu einer unvergesslichen, schönen Zeit geworden ist.

Abschließend möchte ich mich bei Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf und Dipl.-Ing. Michael Cik für die laufende Betreuung während der Erstellung der Masterarbeit bedanken.

Aufgabenstellung für die Masterarbeit

von Marlene Brodacz

Graz, am 27.02.2018

Abschätzung des Fernverkehrs in Österreich anhand von anonymisierten Mobilfunkdaten und der Verkehrsbefragung „Österreich unterwegs“

Problemstellung

In der Verkehrsplanung sind Verkehrsnachfragemodelle ein wichtiges Instrument. Als Basis für die Modelle dienen Quell-Ziel-Beziehungen zwischen den einzelnen Bezirken innerhalb des betrachteten Gebietes. Die notwendigen Daten zur Erstellung der Quelle-Ziel-Matrizen werden aus Verkehrserhebungen gewonnen.

Verkehrsbefragungen können sowohl auf lokaler Ebene, als auch national durchgeführt werden. Sie liefern die erforderlichen Wegeketten von Einzelpersonen, zusammen mit verkehrsverhaltensbezogenen und soziodemographischen Informationen. Die traditionell durchgeführten Haushaltsbefragungen weisen jedoch mehrere Nachteile auf. Die Vorbereitung und Durchführung sind mit einem hohen Aufwand verbunden und in der Regel kostenintensiv. Die Anzahl der gewonnenen Daten ist im Vergleich dazu gering, da eine Abhängigkeit von der Bereitschaft zur Teilnahme der Probanden besteht.

Eine erheblich größere Stichprobe mit geringen Erhebungskosten liefern neue Technologien. Diese sind das Floating Car Verfahren, bei dem das Mobilitätsverhalten von einzelnen Fahrzeugen verfolgt wird und die Verwendung von Mobilfunkdaten, mit deren Hilfe Wegeketten von Personen nachvollzogen werden können.

Die Masterarbeit beschäftigt sich mit Fernreisen, die in bisherigen Befragungen unterrepräsentiert sind. Dabei werden die Daten der in Österreich zuletzt realisierten Haushaltsbefragung „Österreich unterwegs“ ausgewertet. Anschließend wird eine weitere Auswertung mit den Mobilfunkdaten des österreichischen Netzbetreibers A1 durchgeführt, wobei die verwendeten Daten erst aufbereitet werden müssen. Da keine eindeutige Definition für Fernreisen vorliegt, werden alle zurückgelegten Wege, die länger als 50 Kilometer sind, betrachtet und in Klassen eingeteilt, um die Ergebnisse verschiedener Weglängen beleuchten zu können. Die beiden Methoden sollen anhand von gewählten Kenngrößen verglichen werden, um die Ergebnisse von „Österreich unterwegs“ zu validieren und Unterschiede festzustellen.

Aufgabenstellung

Ziel der Arbeit ist, eine geeignete Methode für die Auswertung von Mobilfunkdaten zu ermitteln und die Ergebnisse der beiden Auswertungen miteinander zu vergleichen. Die folgende Liste enthält wesentliche Bearbeitungspunkte der Masterarbeit; Abweichungen mit fortschreitendem Erkenntnisstand während der Bearbeitung sind möglich:

- Literaturrecherche zum Thema Erhebungen und Analysen von Fernverkehr aus Wegekettenprotokollen.
- Auswertung der nationalen Verkehrsbefragung „Österreich unterwegs“, bezogen auf Fahrten größer 50 Kilometern, hinsichtlich Fahrzweck, Verkehrsmittel, Soziodemographie in verschiedenen Klassen der Weglänge; ein möglicher Einfluss verschiedener Stichprobengrößen in den Bundesländern soll überprüft werden.
- Ermittlung einer Methodik, um Fernverkehr aus den Mobilfunkdaten zu isolieren. Das Kriterium zur Sortierung der Daten ist die Reisezeit, die Verkehrsmittelwahl bleibt unberücksichtigt. Der Betrachtungszeitraum beträgt drei Monate (Mai-Juli 2017).
- Analyse der gewonnenen Daten und Ermittlung von Wegekettenmustern
- Statistischer Vergleich der beiden Methoden hinsichtlich zu wählender Kenngrößen, wie zum Beispiel Fahrtweitenverteilung, Anzahl der Fahrten, regionale Unterschiede, Fahrdauer. Die Ergebnisse der Befragung „Österreich unterwegs“ sollen validiert werden.

Für die Anfertigung der Auswertung wird das Statistikprogramm „R“ verwendet. Der Diplomat verpflichtet sich, die bereitgestellten Daten ausschließlich zur Anfertigung der Masterarbeit zu nutzen.

Die Arbeit ist zweifach mit allen Anlagen in DIN A4 gebunden einzureichen. Ein Datenträger mit dem Masterarbeitstext und Präsentationen ist beizulegen.

Kurzfassung

Fernverkehr in Österreich – Vergleich anonymisierter Mobilfunkdaten mit einer Mobilitätserhebung

119 Seiten, 50 Abbildungen, 45 Tabellen

Haushaltsbefragungen sind der traditionelle Weg für die Erhebung von Verkehr. Die aus den Wegeketten abgeleiteten Quelle-Ziel-Beziehungen bilden die Grundlage für die Verkehrsnachfrage in Modellen. Neben den Wegeprotokollen liefern die Befragungen verkehrsverhaltensbezogene und soziodemographische Informationen zu den teilnehmenden Personen.

Die Anwendung von Haushaltsbefragungen weist jedoch mehrere Nachteile auf. Die Vorbereitung und Durchführung sind mit einem hohen Aufwand verbunden und in der Regel kostenintensiv. Die Anzahl der gewonnenen Daten ist im Vergleich dazu gering, da eine Abhängigkeit von der Bereitschaft zur Teilnahme der Probanden besteht.

Eine erheblich größere Stichprobe liefern neue Technologien, wie der Einsatz von Mobilfunksignalisierungsdaten, mit deren Hilfe Wegeketten von Personen mittels Standortaufzeichnungen nachvollzogen werden können.

In dieser Arbeit werden Auswertungen zu beiden Erhebungsmethoden erstellt und miteinander verglichen. Im Speziellen wird der Fernverkehr betrachtet, da dieser in bisherigen Haushaltsbefragungen unterrepräsentiert ist. Für den Vergleich dient die in Österreich zuletzt durchgeführte Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs“ und ein Wegedatensatz, der aus anonymisierten Mobilfunkdaten des Netzbetreibers A1 Telekom AG erstellt wurde.

Die Gegenüberstellung der Weglängen und der Verkehrsleistung aus den beiden Erhebungsmethoden zeigt, dass der Anteil der Fernverkehrswege in den Mobilfunkbewegungsdaten deutlich stärker vertreten ist. Auch Wege mit einer geringeren Entfernung als einem Kilometer konnten in Österreich unterwegs als unterrepräsentiert identifiziert werden. Aufgrund des geringeren Informationsgehaltes der Mobilfunkdaten sind diese vor allem als Ergänzung zu Haushaltsbefragungen einsetzbar.

Abstract

Long-distance trips in Austria – Comparison of anonymized floating phone data and a mobility survey

119 pages, 50 figures, 45 tables

Household surveys are the traditional way for the collection of the number of trips. The origin-destination-relations derived from trip chains are the basis for travel demand in models. Beside travel diaries the surveys provide information about travel behaviour und socio-demographics of the participating persons.

However, the application of household surveys has several disadvantages. The prearrangement and realisation are associated with extensive effort and are usually cost-intensive. The amount of gathered data is small by comparison, since there is a dependence on the test persons' willingness.

A considerable higher sample is provided by new technologies, as the utilization of floating phone data, which can be used to retrace trip chains of persons by positioning records.

In this thesis evaluations are made for both enquiry methods and compared with each other. In particular the long-distance trips are examined, because they are underrepresented in previous surveys. For the comparison the most recent national travel survey in Austria "Österreich unterwegs" and a data set of trips, that was created from anonymized floating phone data of the network operator A1 Telekom AG, are used.

The comparison of the trip lengths and passenger kilometres of both enquiry methods shows, that the share of long-distance trips is clearly higher in the floating phone data. Also trips with short distance could be identified as underrepresented in "Österreich unterwegs". Due to the lower information content, the floating phone data is especially applicable as an addition to household surveys.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	v
Abkürzungen.....	vii
1 Einleitung und Problemstellung	1
2 Allgemeine Grundlagen und analysierte Literatur	4
2.1 Erhebungsmethoden für Verkehr.....	4
2.2 Haushaltbefragungen	6
2.3 Mobilfunkbewegungsdaten.....	11
2.4 Erhebung von Fernverkehr	16
2.4.1 Definition von Fernverkehr	17
2.4.2 Beispiele zu Untersuchungen von Fernverkehrserhebungen	18
2.4.3 Beispiele und Ergebnisse von Fernverkehrserhebungen	21
3 Methodik der Arbeit	30
4 Auswertung und Analyse der Verkehrserhebung „Österreich unterwegs“	34
4.1 Stichprobenrohdaten	35
4.1.1 Anpassung der Daten	35
4.1.2 Erzielte Stichproben	36
4.1.3 Auswertung	38
4.2 Hochgerechneter Datensatz.....	39
4.2.1 Datenüberblick und allgemeine Auswertungen.....	40
4.2.2 Modal Split	43
4.2.3 Wegzweck	46
4.2.4 Bundesländer	50
4.2.5 Wohnraumtyp	54
4.2.6 Auswertung hinsichtlich soziodemographischer Merkmale und andere Auswertungen ...	57
4.3 Anmerkungen zu Österreich unterwegs.....	62
5 Auswertung und Analyse der Mobilfunkbewegungsdaten für Österreich	65
5.1 Datenverarbeitung	66
5.2 Detaillierte Auswertung der Mobilfunkbewegungsdaten.....	71
6 Vergleichsanalyse von Österreich unterwegs und Mobilfunkbewegungsdaten	73
6.1 Vergleich der Weglänge und Verkehrsleistung	74
6.2 Vergleich der Raumtypen	78

6.3 Analyse mittels statistischem Test	88
7 Zusammenfassung und Ausblick.....	95
7.1 Zusammenfassung.....	95
7.2 Fazit und Ausblick.....	99
Literaturverzeichnis.....	101
Anhang A – Tabellen zu den Abbildungen und zusätzliche Auswertungen	106
Anhang B – R-Code für die Verarbeitung der Mobilfunkdaten.....	114

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleich der drei Methoden in ausgewählten Ländern [Kuhnimhof, Last, 2009, S.6] ...	20
Abbildung 2: Anteil der Wegzwecke in Großbritannien [Dargay, Clark, 2012]	21
Abbildung 3: Verkehrsmittelwahl in Großbritannien [Dargay, Clark, 2012]	21
Abbildung 4: Berichtete Reisen pro Monat [Aultman-Hall et al., 2015]	24
Abbildung 5: Schematische Darstellung des methodischen Ablaufs	30
Abbildung 6: Anteil der Weglängen an den Weglängenklassen und die dazugehörige Verkehrsleistung, Datenquelle Österreich unterwegs	41
Abbildung 7: Verkehrsmittelwahl je Weglängenklasse, Datenquelle Österreich unterwegs	42
Abbildung 8: Modal Split nach Weglänge an einem Werktag, Datenquelle Österreich unterwegs	43
Abbildung 9: Modal Split nach Weglänge an einem Samstag, Datenquelle Österreich unterwegs	44
Abbildung 10: Modal Split nach Weglänge an einem Sonn- und Feiertag, Datenquelle Österreich unterwegs	45
Abbildung 11: Wegzweckmatrix aus dem KOMOD-Handbuch [Sammer et al., 2011]	46
Abbildung 12: Wegzweck nach Weglänge an einem Werktag, Datenquelle Österreich unterwegs	47
Abbildung 13: Wegzweck nach Weglänge an einem Samstag, Datenquelle Österreich unterwegs	48
Abbildung 14: Wegzweck nach Weglänge an einem Sonn- und Feiertag, Datenquelle Österreich unterwegs	49
Abbildung 15: Verteilung der Personen und Wege auf die Bundesländer, Datenquelle Österreich unterwegs	50
Abbildung 16: Modal Split ab 50 Kilometern je Bundesland, Datenquelle Österreich unterwegs	51
Abbildung 17: Modal Split je Bundesland [Tomschy et al., 2016a, S.78]	52
Abbildung 18: Wegzweck ab 50 Kilometern je Bundesland, Datenquelle Österreich unterwegs	53
Abbildung 19: Einteilung der Bezirke nach Raumtyp [Tomschy et al., 2016b, S. 54]	54
Abbildung 20: Verteilung der Personen und Wege auf die Raumtypen, Datenquelle Österreich unterwegs	55
Abbildung 21: Anteil der Weglängen an den Weglängenklassen je Raumtyp, Datenquelle Österreich unterwegs	56
Abbildung 22: Verteilung der Personen und Wege nach Geschlecht, Datenquelle Österreich unterwegs	57
Abbildung 23: Verteilung der Personen und Wege nach Alter, Datenquelle Österreich unterwegs ...	58
Abbildung 24: Verteilung der Personen und Wege nach Bildung, Datenquelle Österreich unterwegs	59
Abbildung 25: Verteilung der Personen und Wege nach Beruf, Datenquelle Österreich unterwegs...	60
Abbildung 26: Auszug der Informationen einer ID in den Mobilfunkdaten und daraus abgeleitete Größen, Datenquelle A1 Telekom Austria AG	65
Abbildung 27: ID mit Bewegungsdaten im Raum Graz, Datenquelle A1 Telekom Austria AG, Bildquelle: Google Earth	66
Abbildung 28: schematische Darstellung der Aufenthaltsermittlung nach Ansatz 1	67
Abbildung 29: Schematische Darstellung eines Sprungs	68
Abbildung 30: Vergleich einer Trajektorie vor (blau) und nach (rot) Entfernung der Geschwindigkeiten größer 200 km/h, Datenquelle A1 Telekom Austria AG, Bildquelle: Google Earth	69
Abbildung 31: zwei beieinanderliegende Aufenthalte in den Rohdaten, Quelle: Google Earth	70

Abbildung 32: Anteil der Weglängen an den Weglängenklassen und die dazugehörige Verkehrsleistung der Mobilfunkbewegungsdaten, Datengrundlage A1 Telekom Austria AG.....	71
Abbildung 33: Anteil der Weglängen an den Weglängenklassen je Raumtyp der Mobilfunkbewegungsdaten, Datengrundlage A1 Telekom Austria AG	72
Abbildung 34: Vergleich der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten.....	75
Abbildung 35: Differenz der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten	76
Abbildung 36: Vergleich der Verkehrsleistung aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten.....	77
Abbildung 37: Differenz der Verteilung der Verkehrsleistung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten	78
Abbildung 38: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten je Wohnraumtyp.....	79
Abbildung 39: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten in Wien.....	80
Abbildung 40: Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten in Wien.....	81
Abbildung 41: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten in den Großstädten ohne Wien	82
Abbildung 42: Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten in den Großstädten ohne Wien	83
Abbildung 43: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten in den zentralen Bezirken	84
Abbildung 44: Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten in den zentralen Bezirken	85
Abbildung 45: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten in den peripheren Bezirken	86
Abbildung 46: Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten in den peripheren Bezirken	87
Abbildung 47: schematische Darstellung des Hypothesentests mit einem Signifikanzniveau von 0,05, eigene Darstellung.....	89
Abbildung 48: Wahrscheinlichkeitsdichte der Chi-Quadrat-Verteilung [Sachs, Hedderich, 2006, S. 215]	90
Abbildung 49: Modal Split nach Weglänge an einem Wochentag, Datenquelle Österreich unterwegs	108
Abbildung 50: Wegzweck nach Weglänge an einem Wochentag, Datenquelle Österreich unterwegs	110

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiele von Verkehrserhebungen [Frei et al., 2010; U.S. Department of Transportation, 2006; Finnish Transport Agency and WSP Finland Ltd, 2017; Department for Transport UK, 2017; Follmer et al., 2010; Armoogum et al., 2011; Perret et al., 2017; Hjorthol et al., 2014; Cornelis et al., 2012]	18
Tabelle 2: verwertbare Nettostichproben, Datenquelle Österreich unterwegs	37
Tabelle 3: erzielte Stichproben der Personen in den einzelnen Bundesländern, Datenquelle Österreich unterwegs und Statistik Austria	37
Tabelle 4: Stichprobe der Fernverkehrswege, Datenquelle Österreich unterwegs	37
Tabelle 5: Stichproben der Wege je Hauptverkehrsmittel, Datenquelle Österreich unterwegs	38
Tabelle 6: Kennwerte der Weglängen, Datenquelle Österreich unterwegs	38
Tabelle 7: Außer-Haus-Anteil, Datenquelle Österreich unterwegs	39
Tabelle 8: Anzahl der Wege und Verkehrsleistung an einem durchschnittlichen Tag, Datenquelle Österreich unterwegs	40
Tabelle 9: Wege pro Person und Tag, n=196.604 Wege	60
Tabelle 10: Zweck der Auslandswege, n=2037 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	61
Tabelle 11: Top 10 Zielgemeinden, relativ zur Einwohnerzahl, Datenquelle Österreich unterwegs & Statistik Austria	62
Tabelle 12: Vergleich von Wegzweck und Zielzweck ohne Wege nach Hause, Datenquelle Österreich unterwegs	63
Tabelle 13: Anteile der Wege an den Wohnraumtypen	78
Tabelle 14: Berechnung der beobachteten und erwarteten Häufigkeiten der Weglängen für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten für die Ermittlung der Prüfgröße	91
Tabelle 15: Berechnung der beobachteten und erwarteten Häufigkeiten der Verkehrsleistung für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten für die Ermittlung der Prüfgröße	91
Tabelle 16: Berechnung der relativen Summenhäufigkeit der Weglängen in Wien für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten	92
Tabelle 17: Berechnung der relativen Summenhäufigkeit der Weglängen in den Großstädten ohne Wien für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten	93
Tabelle 18: Berechnung der relativen Summenhäufigkeit der Weglängen in den zentralen Bezirken für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten	93
Tabelle 19: Berechnung der relativen Summenhäufigkeit der Weglängen in den peripheren Bezirken für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten	93
Tabelle 20: Differenz der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten	98
Tabelle 21: Differenz der Verteilung der Verkehrsleistung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten	98
Tabelle 22: absolute Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten je Raumtyp	98
Tabelle 23: relative Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten je Raumtyp	99
Tabelle 24: Stichtage nach Wochentagstyp, Datenquelle Österreich unterwegs	106
Tabelle 25: Stichtage nach Jahreszeit, Datenquelle Österreich unterwegs	106

Tabelle 26: Verteilung der Weglängen und Verkehrsleistung je Weglängenklasse, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	106
Tabelle 27: Verkehrsmittelwahl je Weglängenklasse, n=195.603 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	106
Tabelle 28: Verkehrsmittelwahl-Klassen Werktag, n=144.646 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	107
Tabelle 29: Verkehrsmittelwahl-Klassen Samstag, n=28.369 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	107
Tabelle 30: Verkehrsmittelwahl-Klassen Sonntag, n=22.588 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	108
Tabelle 31: Wegzweck Werktag, n=143.244 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	109
Tabelle 32: Wegzweck Samstag, n=27.912 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	109
Tabelle 33: Wegzweck Sonntag, n=21.864 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs.....	110
Tabelle 38: Verteilung der Wege je Bundesland, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	111
Tabelle 39: Verkehrsmittelwahl je Bundesland ab 50 Kilometer, n=10.872 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs.....	111
Tabelle 40: Wegzweck je Bundesland ab 50 Kilometer, n=10.238 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	111
Tabelle 41: Verteilung der Wege nach Raumtyp, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	111
Tabelle 42: Verteilung der Weglängen je Weglängenklasse und Raumtyp, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	112
Tabelle 34: Verteilung der Wege je Geschlecht, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	112
Tabelle 35: Verteilung der Wege je Altersklasse, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	112
Tabelle 36: Verteilung der Wege nach Bildung, n=192.664 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	112
Tabelle 37: Verteilung der Wege nach Beruf, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs	113
Tabelle 43: Verteilung der Weglängen und Verkehrsleistung je Weglängenklasse in den Mobilfunkdaten.....	113
Tabelle 44: Verteilung der Weglängen je Weglängenklasse und Raumtyp in den Mobilfunkdaten ..	113
Tabelle 45: Verteilung der Weglängen und Verkehrsleistung je Weglängenklasse an einem Werktag im Herbst innerhalb Österreichs, Datenquelle Österreich unterwegs.....	113

Abkürzungen

QZ-Matrix	Quelle-Ziel-Matrix
GPS	Global Positioning System
PAPI	Paper-and-Pencil-Interview
CATI	Computer-Assisted-Telephone-Interview bzw. Computer-Aided-Telephone-Interview
CAWI	Computer-Assisted-Web-Interview bzw. Computer-Aided-Web-based-Interview
CAPI	Computer-Assisted-Personal-Interview bzw. Computer-Aided-Personal-Interview
GSM	Global System for Mobile Communication
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
LTE	Long Term Evolution
MSC	Mobile Switching Center
BTS	Base Tranceiver Station
CDR	Call Detail Records
ID	Identification, Identifikationsnummer
SIM-Karte	Subscriber Identity Module
ÖU	Österreich unterwegs
MF	Mobilfunkbewegungsdaten

1 Einleitung und Problemstellung

Verkehrserhebungen sind für das Fachgebiet der Verkehrsplanung von großer Bedeutung. Sie liefern Daten zum Verkehrsaufkommen, der Verkehrszusammensetzung, dem Mobilitätsverhalten von Personen und die Entwicklung dieser Kenngrößen über den zeitlichen Verlauf. Mit diesen Informationen können Aussagen über die Verkehrsnachfrage und die Verkehrsverteilung getroffen werden. Diese Parameter sind in Form von Quelle-Ziel-Matrizen festgehalten, welche die Anzahl an Fahrten von einer Verkehrszelle (Quelle) in eine andere (Ziel) für das betrachtete Gebiet angeben. Die QZ-Matrizen werden schließlich als Grundlage für Verkehrsmodelle genutzt und können für unterschiedliche Aufgabenstellungen angewendet werden. Dazu gehört die Dimensionierung von Verkehrsanlagen, die Wirkungsabschätzung von Maßnahmen, das Erstellen von Planfällen und die Darstellung des Verkehrsablaufs und dessen Auswirkungen.

Damit die modellierten Prognosen auch tatsächlich eintreten, muss die Datengrundlage aus den Verkehrserhebungen so realitätsnah wie möglich sein. Vor allem die korrekte Abbildung des Fernverkehrs spielt dabei eine wichtige Rolle. Der Fernverkehr ist in der Gesamtheit der Wege ein seltenes Ereignis, aber für einen großen Anteil der Kilometerleistung verantwortlich. Durch diese Tatsache ist er nicht nur ein wichtiger Faktor für die Modellbildung, sondern auch für den Energieverbrauch und Umwelteinwirkungen. Der Tourismussektor ist ebenfalls interessiert an vollständigen und aktuellen Daten zu Fernreisen.

Verkehrserhebungen, die sich vornehmlich mit dem Fernverkehr beschäftigen, sind jedoch häufig nicht verfügbar. Durch das geringe Auftreten von Fernverkehrswegen ist bei Befragungen ein langer Erhebungszeitraum notwendig, um eine aussagekräftige Stichprobe an Wegen und ein repräsentatives Ergebnis zu erreichen. Dadurch entsteht der Nachteil, dass der Aufwand für die Befragten hoch wird, was wiederum zu einer geringeren Teilnehmerzahl führt und die Gefahr birgt, dass Wege vergessen werden. Des Weiteren sind vorhandene Studien größtenteils nicht vergleichbar, da sich die Erhebungen in ihrer Methodik stark unterscheiden und der Fernverkehr sehr unterschiedlich definiert wird. Zur Anwendung kommen nicht nur unterschiedliche Distanzen, der Fernverkehr wird auch durch die Wegdauer, oder die Definition der Fernreise als Ausflug mit zumindest einer Übernachtung, ohne Berücksichtigung der Weglänge, abgegrenzt.

Eine alternative und oft verwendete Datenquelle für Fernverkehrswege sind nationale Haushaltsbefragungen. Deren eigentliche Aufgabe besteht in der Erfassung des alltäglichen Mobilitätsverhaltens der Bevölkerung eines Landes. Dabei entsteht ein Wegeprotokoll, das detaillierte Angaben zu den Wegen der Probanden beinhaltet, die über den Zeitraum von einem oder mehreren Tagen festgehalten werden. Ein allgemeiner Fragenteil liefert zusätzlich verkehrsverhaltensbezogene und soziodemographische Informationen, durch welche Merkmale, die die Mobilität beeinflussen, identifiziert werden können. Die aus der Befragung resultierende Stichprobe fällt für den Fernverkehr sehr niedrig aus und umfasst nur einen geringen Anteil der erhobenen Wege. Generell führt der langjährige Trend der steigenden Motorisierung und das wachsende Angebot der Verkehrsinfrastruktur zu einer immer höheren Mobilität. Dadurch steigt die Verkehrsleistung, die Anzahl der Auslandsreisen nimmt zu und damit auch die Anzahl der nicht alltäglichen Wege. Schätzungen zufolge können diese Wege für bis zu 50 Prozent des Gesamtverkehrsaufkommens

verantwortlich sein [Janzen et al., 2016]. Eine weitere Problematik, die sich bei Haushaltsbefragungen ergibt, ist, dass nicht alle Personengruppen gleichermaßen für die Teilnahme an der Erhebung gewonnen werden können und vor allem Vielreisende in den Datensätzen unterrepräsentiert sind. Mehrere Studien beschäftigten sich mit diesem Thema und konnten aufzeigen, dass Haushaltsbefragungen hinsichtlich der Tageswegehäufigkeit nicht zuverlässig sind [z.B. Kuhnimhof, Last, 2009].

Um die Entwicklungen der Mobilität in die Erhebungsdaten einzubinden und Diskrepanzen zwischen dem tatsächlichen und dem modellierten Werten zu minimieren, müssen neue Methoden gefunden werden, die eine Abbildung des tatsächlichen Verkehrsaufkommens erlauben. Die schnelle Entwicklung und Verbreitung von technischen Geräten eröffnet für Mobilitätsenerhebungen neue Möglichkeiten. Eine der sich bietenden neuen Methoden ist die Nutzung von Mobilfunksignalisierungsdaten, die eine Vielzahl an Informationen liefern können. Bei einer Verarbeitung der aufgezeichneten Positionen zu Wegen, können vor allem Fernverkehrswege zuverlässig bestimmt werden. Der Vorteil im Vergleich zu Haushaltsbefragungen besteht unter anderem darin, dass für die Personen kein Aufwand entsteht und die benötigte Hardware, die Mobiltelefone, von einem Großteil der Bevölkerung genutzt und in der Regel immer mitgeführt werden. Durch die fehlende Befragung und Datenschutzbestimmungen können jedoch keine personenspezifischen Daten gewonnen werden. Aus diesem Grund stellt die Verwendung von Mobilfunkdaten keinen vollständigen Ersatz, aber eine gute Möglichkeit der Ergänzung von Haushaltsbefragungen dar.

Das Ziel der Masterarbeit ist die Abschätzung des Fernverkehrs für Österreich. Dieser soll anhand der in den Jahren 2013 und 2014 durchgeführten nationalen Haushaltsbefragung „Österreich unterwegs“ abgeschätzt und anhand verschiedener weg- und personenspezifischer Merkmale dargestellt werden. Als eine zweite Datengrundlage für die Ermittlung des Fernverkehrs dienen Mobilfunkbewegungsdaten der A1 Telekom Austria AG. Diese sollen zu Wegen aufbereitet und ebenfalls ausgewertet werden. Abschließend wird ein Vergleich der beiden Erhebungsmethoden durchgeführt, der die Unterschiede der Verteilungen hinsichtlich Weglänge und Verkehrsleistung zeigt. Dieser Vergleich soll zudem darstellen, dass der Fernverkehr in Österreich unterwegs unterrepräsentiert ist. Hier werden die größten Abweichungen zwischen den beiden Auswertungen erwartet.

Die vorliegende Arbeit ist wie folgt gegliedert: Kapitel 0 gibt einen allgemeinen Überblick über die Thematik Verkehrserhebungen, die Ermittlung von Fernverkehr im Speziellen, sowie einige Beispiele aus der Literatur für Fernverkehrserhebungen. Danach folgt ein Überblick über die methodische Vorgehensweise in dieser Arbeit in Kapitel 3. Die weiteren Kapitel befassen sich mit der Auswertung von der Haushaltsbefragung Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten. Kapitel 4 beschäftigt sich mit dem Ablauf und der Auswertung von Österreich unterwegs. Die Ergebnisse sind graphisch dargestellt und werden eingehend analysiert. Im nächsten Kapitel erfolgt die konkrete Beschreibung der Datenvorverarbeitung der Mobilfunkbewegungsdaten, die für die anschließende Auswertung nötig ist. Analog zu Österreich unterwegs sind die Ergebnisse graphisch dargestellt und werden analysiert. Das folgende Kapitel beinhaltet die Gegenüberstellung der Auswertungen, bei der die Unterschiede der beiden Erhebungsmethoden anhand der Parameter Weglänge und

Verkehrsleistung diskutiert und statistisch beurteilt werden. Eine abschließende Zusammenfassung der in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse, das Fazit und ein Ausblick auf zukünftige Themen befinden sich in Kapitel 6.3.

2 Allgemeine Grundlagen und analysierte Literatur

In diesem Kapitel wird ein allgemeiner Überblick über Verkehrserhebungen und Fernverkehrserhebungen im Speziellen gegeben.

2.1 Erhebungsmethoden für Verkehr

Die Verkehrsplanung ist für Maßnahmen, Bewertungen und die Dimensionierung von Verkehrsanlagen auf Zahlen der Verkehrsstärke angewiesen. Dies reicht von lokalen Maßnahmen bis hin zu großräumigen Verkehrskonzepten. Durch die komplexen Gründe und Einflüsse für und auf das Verkehrsaufkommen ist eine exakte Erfassung nicht beziehungsweise nur temporär begrenzt möglich. Um Mobilität und Verkehr abschätzen zu können, gibt es verschiedene Methoden, die je nach Aufgabenstellung gewählt werden können.

Eine einfache Erhebungsmöglichkeit ist die Messung des Verkehrs durch Zählungen. Dabei werden manuell oder automatisiert Fahrzeuge gezählt. Möglich sind Querschnittszählungen, die an einer bestimmten Stelle im Straßennetz durchgeführt werden und hauptsächlich zur Bestimmung der Verkehrsstärke und der Zusammensetzung des Verkehrs hinsichtlich der Verkehrsmittel eingesetzt werden. Knotenstromzählungen beinhalten zusätzlich die Abbiegebeziehungen, womit die Verkehrsstärke an jedem „Ast“ einer Kreuzung bekannt ist. Noch eine Ebene darüber liegt die Strömerhebung. Diese erfasst kleinräumig Quelle-Ziel-Beziehungen und umfasst zum Beispiel mehrere Kreuzungen, ein Stadtgebiet etc. Durchgeführt werden können Strömerhebungen beispielsweise mit einer automatischen Kennzeichenerfassung. Eine weitere Methode ist die Zählung von Grenzübergängen, die vor allem Validierungszwecken von Modellen dienen [Kuhnimhof, Last, 2009].

Detailliertere Informationen zu Wegen, Personen und Beweggründen, sowie Erhebungen für große räumliche Bereiche können durch Befragungsmethoden gewonnen werden. Eine Einteilung von Verkehrsbefragungen ist nach unterschiedlichen Gesichtspunkten möglich [Schnabel, Lohse, 2011].

- Art der Befragungsdurchführung

Traditionell werden Verkehrsbefragungen mittels Fragebögen durchgeführt, welche den Probanden übermittelt werden und diese selbst ausfüllen. Anschließend werden die Wegeprotokolle gesammelt ausgewertet. Diese Methode wird als Paper-and-Pencil-Interview (PAPI) bezeichnet. Eine weitere Möglichkeit ist das Computer-Assisted-Telephone-Interview (CATI). Dabei werden die Probanden telefonisch von einem Interviewer befragt. Dieser hat den Fragebogen in Form einer Computeranwendung vorliegen, bei dem die Antworten direkt eingetragen werden können. Der Vorteil liegt darin, dass der Interviewer mit Unterstützung des Computers den Teilnehmer auf fehlende oder widersprüchliche Angaben hinweisen kann und bei Unklarheiten oder sonstigen Fragen weiterhelfen kann. Die Daten sind bereits digital erfasst und müssen in der Regel nicht nachbearbeitet werden. Die Schwäche dieser Methode liegt darin, dass Telefonnummern oft nicht vorliegen. Eine moderne Methode, die eine Alternative zu PAPI darstellt, ist das Computer-Assisted-Web-Interview. Hier wird der Fragebogen nicht am Papier, sondern im Internet ausgefüllt. Die Vorteile sind, dass für Eingabefelder gültige Werte oder Pflichtfelder definiert werden können, durch die Fehler und vergessene Angaben vermieden werden. Das Verlinken von Zusatzinformationen, die am Fragebogen selbst keinen Platz finden, können den Teilnehmern bei Bedarf helfen. Weiters ergeben sich Einsparungen durch weniger Material- und Portokosten. Eine Ankündigung auf

dem postalischen oder telefonischen Weg ist dennoch für ein seriöses Auftreten und die Sicherstellung einer üblichen Rücklaufquote notwendig. Nachteilig ist, dass Computer nicht von allen Personen genutzt werden und unter Umständen die Stichproben von zum Beispiel älteren Personengruppen nicht groß genug sind. Möglich sind auch persönliche face-to-face-Interviews, bei denen die Probanden zum Beispiel auf der Straße angesprochen werden. Dazu gehört auch das Computer-Assisted-Personal-Interview (CAPI), das mit CATI vergleichbar ist.

- Art des Befragungsinhalts

Hier erfolgt die Unterscheidung zwischen bereits stattgefundenen Ereignissen (Revealed Preference) und hypothetischen, zukünftigen Ereignissen. So lassen sich Wegetagebücher unter Revealed Preference einordnen. In die zweite Kategorie fallen die Stated Preference-, Stated Choice- und Stated Ranking-Methoden. Bei Stated Preference müssen die Befragungsteilnehmer eine vorgestellte Verkehrssituation etwa mit Punkten beurteilen. Diese Vorgehensweise kann bei der Bewertung einer geplanten Maßnahme sinnvoll sein, um zu prüfen, wie diese angenommen wird. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Überprüfung zur Bereitschaft einer Verhaltensveränderung, zum Beispiel der Umstieg vom Pkw zum öffentlichen Verkehr bei entsprechendem Angebot. Stated Choice beschreibt hingegen eine Aufzählung mehrerer Alternativen, zum Beispiel unterschiedliche Routenwahl für ein Ziel, oder ein Weg mit der Auswahl verschiedener Verkehrsmittel, bei denen sich die Befragten auf eine von ihnen bevorzugte Variante festlegen müssen. Das gleiche Prinzip wird bei Stated Ranking angewandt, anstatt eine Auswahl zu treffen, müssen die Probanden jedoch eine Reihung erstellen.

- Ort der Befragung

Befragungen im Haushalt sind jene, bei denen der Fragebogen an die Wohnadresse eines Haushalts geschickt oder bei der privaten Telefonnummer angerufen wird. Weitere Möglichkeiten sind die Befragung am Arbeitsplatz, oder im Verkehrsraum, wo entweder Fragebögen nur ausgeteilt werden, oder die Befragung direkt stattfindet, was zu einer Beeinträchtigung des Verkehrs führen kann.

- Wiederholung der Befragung

Erhebungen können einmalig für einen bestimmten Zeitraum durchgeführt werden, oder in (periodischen) Zeitabständen wiederholt werden, wie es bei nationalen Verkehrserhebungen meist der Fall ist. Eine solche Längsschnitterhebung ermöglicht die Datenaktualisierung und einer Verfolgung der Entwicklung des Verkehrs. Die sogenannte Panelerhebung unterscheidet sich von der Längsschnitterhebung dadurch, dass die befragte Personenstichprobe dieselbe bleibt. Im konkreten Fall der Erhebung „Deutsches Mobilitätspanel“ werden Teilnehmer gebeten, drei Jahre hintereinander ein Wegetagebuch für den Zeitraum einer Woche und ein Tank- und Fahrtenbuch für acht Wochen auszufüllen. Diese Form der Erhebung dient der Untersuchung des individuellen Verkehrsverhaltens und dessen Veränderung, vor allem wenn sich für den Probanden neue Lebensumstände einstellen.

Durch die rasch fortschreitende Entwicklung der Technik, ergeben sich auch für Verkehrserhebungen neue Möglichkeiten. Bereits 1996 wurden Erhebungen mit GPS-Geräten durchgeführt. Die immer kleiner gewordenen Datenlogger werden von den Probanden mitgeführt. Aufgrund der lückenhaften Daten, die auf Abschattungseffekte und lange andauernde Signalwiederherstellungen zurückzuführen sind, eignet sich die alleinige Verwendung von GPS nur bedingt für Erhebungen. Allerdings setzte man die GPS-Logger häufig zusätzlich zu Wegetagebüchern ein, so konnten erstmals Fehler abgeschätzt werden, die beim Ausfüllen der Wegeprotokolle entstehen.

Eine andere Anwendung von GPS ist Floating Car Data. Dabei werden mittels GPS die Bewegungsdaten von einzelnen Fahrzeugen aufgezeichnet. Die abgeleiteten Geschwindigkeiten ermöglichen Aussagen über den Verkehrsfluss und liefern somit Informationen für Verkehrslageberichte. Weitere Anwendungen betreffen Emissionsberechnungen, die Optimierung von Verkehrslichtsignalanlagen und andere relevante Verkehrsabläufe. Häufig werden für Floating Car Data Taxis eingesetzt, da diese eine geringere Stillstandszeit aufweisen als Privatfahrzeuge. [Wolf et al., 2014]

Werden anbieterseitige Informationen von Mobilfunkgeräten für die Positionsbestimmung benutzt, spricht man von Floating Phone Data. Diese Methode bietet den Vorteil, dass keine zusätzliche Ausstattung erforderlich ist, da das Mobiltelefon zum ständigen und weit verbreiteten Begleiter geworden ist. Eine ausführliche Beschreibung zur Verwendung von Mobilfunkdaten für Erhebungen findet sich in Kapitel 2.3.

Im Folgenden soll auf jene Erhebungsmethoden näher eingegangen werden, die die Grundlage für die in dieser Arbeit verwendeten Daten bilden.

2.2 Haushaltbefragungen

Haushaltsbefragungen zählen zu den am häufigsten angewendeten Methoden, um Verkehr großräumig zu erheben. Dabei werden Haushalte zufällig ausgewählt und kontaktiert, somit sind Haushaltsbefragungen eine Stichprobenerhebung. Durch sie entsteht eine Fülle an Informationen zu Personen, Haushalten und Wegen. Die Anzahl und der Inhalt der Fragen kann beliebig gewählt werden und richtet sich nach den zu untersuchenden Kriterien und deren (vermuteten) beeinflussenden Faktoren. Die Befragung findet meist mittels PAPI oder telefonisch statt, möglich sind auch andere Formen, ebenso wie eine Kombination von mehreren Methoden.

Regelmäßig zum Einsatz kommen Haushaltsbefragungen bei nationalen Verkehrserhebungen, welche weltweit und in den meisten Ländern Europas wiederholt durchgeführt werden. Die häufigsten Gründe dafür sind Datensammlung allgemein, Unterstützung für politische Entscheidungen, Unterstützung für die Verkehrsplanung, Forschung und die Verifikation bestehender Daten [Ahern et al., 2013]. Geeignet sind Haushaltsbefragungen auch für kleinere Gebiete wie Bundesländer, Bezirke und Regionen.

Obwohl sich Haushaltsbefragungen in der Vergangenheit etabliert haben, ist bekannt, dass sich die Ergebnisse nicht mit der Realität decken.

Die erste Fehlerquelle stellen die Probanden selbst dar. Warum und in welchem Ausmaß die Probanden falsche Angaben machen, ist schwer zu eruieren. Bereits in den 1980ern wurde untersucht, wie viele Wege nicht angegeben werden [Brög et al., 1982]. Dabei erhielten 201 Personen einen

KONTIV-Befragungsbogen (kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten), der in Deutschland regelmäßig zur Anwendung kommt und somit schon mehrfach erprobt wurde. Nach der Vervollständigung des Befragungsbogens wurden die Teilnehmer von einem speziell geschulten Interviewer befragt. Das Ziel des Interviews war es, unvollständige und falsche Angaben zu beheben. Die abschließende Auswertung ergab, dass die Teilnehmer 14,2 Prozent aller Wege und 8,8 Prozent der zurückgelegten Wegdistanz nicht angegeben hatten. Etwa die Hälfte davon hätte durch eine gute Datenaufbereitung behoben werden können (zum Beispiel fehlender Rückweg am Ende des Tages), die andere Hälfte wäre ohne das Interview unberücksichtigt geblieben. Im Detail wurde festgestellt, dass vor allem kurze Wege zu Fuß und mit dem Fahrrad oft nicht berichtet wurden, aber auch 8,9 Prozent der Wege mit dem Auto, welches das am häufigsten genutzte Verkehrsmittel ist, blieben unerwähnt. Bei Wegen mit einer Länge von über 20 Kilometern blieben 5,3 Prozent untererfasst. Hinsichtlich des Wegzwecks berichteten die teilnehmenden Personen die regelmäßig stattfindenden, alltäglichen Aktivitäten am zuverlässigsten. Neben diesen nicht vernachlässigbaren Abweichungen darf nicht vergessen werden, dass es noch weitere nicht berichtete Wege gibt, die die Probanden auch in der zusätzlichen Befragung nicht preisgeben wollten oder konnten.

Bei einer in den 1990er Jahren durchgeführten Studie in den USA, fand eine Untersuchung zur Genauigkeit der Haushaltsbefragung in Kalifornien mithilfe des Einsatzes der GPS-Technologie statt. Von den 16.990 teilnehmenden Haushalten wurden 517 in drei verschiedenen Regionen mit GPS-Loggern für die im Haushalt vorhandenen Fahrzeuge ausgestattet. Letztendlich konnten die Daten von 292 Haushalten mit 523 Fahrzeugen verwertet werden. Über die zusätzliche Informationsquelle sollten die Fehler, die Haushaltsbefragungen liefern, ermittelt werden. Bei dieser Methode wurde die Gesamtheit der falschen und fehlenden Angaben eruiert, da die Personen einzelne Wege nicht mehr vorenthalten konnten. Allerdings bestand die Einschränkung in einer ausschließlichen Bewertung der Wege, die mit dem PKW absolviert wurden, da die GPS-Aufzeichnung nur mit den Loggern in den Fahrzeugen der Teilnehmer erfolgte. Eine eindeutige Übereinstimmung zwischen dem Wegetagebuch und den GPS-Daten gab es lediglich bei 43,4 Prozent der Fahrzeuge. Alle übrigen Informationen aus den Fahrzeugen wurden in vier weitere Kategorien eingeteilt: falsche Angaben aber eine Zuordnung ist möglich (12,6 %), fehlende Wege in CATI (31,9 %), fehlende Wege mit GPS (5,0 %), fehlende Wege in CATI und mit GPS (7,1 %). Die Summe aller CATI- und GPS-Wege zeigte eine Differenz von 483 Wegen, was einem Prozentsatz von 22,7 entspricht. Werden die Wege, die ausschließlich im Interview berichtet wurden und auf eine zu späte Inbetriebnahme oder zu frühe Entfernung des Loggers zurückzuführen sind, im GPS-Datensatz ergänzt, erhöht sich der Anteil der fehlenden Wege auf 27,4 Prozent. Vor allem kurze Wege mit einer Dauer von null bis zehn Minuten wurden häufig nicht berichtet, mit 70,9 Prozent machen sie den größten Anteil der fehlenden Wege aus. Nicht berichtete Wege mit einer Dauer von mehr als 30 Minuten kamen auf 5,3 Prozent, was in etwa 13 Prozent aller Wege in dieser Kategorie entspricht. Mit den soziodemographischen Angaben, die für jeden Haushalt und die Personen vorhanden waren, konnten Gruppen ermittelt werden, die besonders häufig zu wenige Wege angeben. Nach der Durchführung einer Regressionsanalyse waren vor allem eine kurze Wegdauer, ein geringes Haushaltseinkommen, eine hohe Anzahl an Fahrzeugen im Haushalt und ein niedriges Alter der Personen ein guter Indikator dafür, dass zu wenige Wege berichtet wurden [Zmud, Wolf, 2003].

Viele weitere Studien wurden mit demselben Prinzip der GPS-gestützten Ermittlung von Abweichungen zu den berichteten Wegen durchgeführt. Diese kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen, jedoch konnte in allen eine zu geringe Anzahl an den von Personen berichteten Wegen

festgestellt werden. Ein Überblick über diese Studien und eine weitere Erhebung dieser Art sind in [Stopher et al., 2007] nachzulesen.

Das Fehlen von Wegen ist einer der schwerwiegendsten Fehler bei Haushaltsbefragungen und wirkt sich direkt auf die Wegeanzahl pro Person und Tag aus und kann die Verteilung der Wege nach verschiedenen Kenngrößen wie Weglänge, Alter, Wegzweck et cetera, beeinflussen. Diese Fehler werden durch die Hochrechnung auf die Grundgesamtheit noch verstärkt.

Einer der Gründe für das Fehlen von Wegen ist, dass die Probanden diese vergessen. Dabei spielen der Berichtszeitraum und der Zeitpunkt der Fragenbeantwortung eine große Rolle. Je länger der Berichtszeitraum ist, umso schwieriger wird es für die Teilnehmer, sich an alle geforderten Angaben zu erinnern. Bei Fernverkehrserhebungen ist ein langer Zeitraum notwendig, da Fernverkehrswege ein seltenes Ereignis sind und eine große Stichprobe mit der Abfrage weniger Tage nicht, oder nur durch die Befragung von sehr vielen Menschen möglich ist. Durch das seltene Auftreten von Fernverkehrswegen bleiben diese Ereignisse besser in Erinnerung, für Vielreisende, die einen großen Einfluss auf die Durchschnittswerte haben, ist es schwierig, alle Wege anzugeben. Bei der KITE-Erhebung (A Knowledge Base for Intermodal Passenger Travel in Europe) wird diesem Problem entgegengewirkt, indem die Probanden einer kurzen Vorabbefragung unterzogen werden, in welcher das Reiseverhalten ermittelt wird [Frei et al., 2010]. Die weitere Befragung unterscheidet sich nach Häufigkeit und Regelmäßigkeit der Reisen.

Auch bei einem kurzen Erhebungszeitraum können Wege vor allem dann vergessen werden, wenn die Befragung nicht unmittelbar danach, beziehungsweise in mehreren Teilen in kürzeren Abständen während des Berichtszeitraums, durchgeführt wird. Dieses Problem tritt vor allem bei PAPI auf, da die Teilnehmer selbst dafür verantwortlich sind, die Fragebögen zeitnah auszufüllen. In Österreich unterwegs wird dieser Fehlerquelle durch Erinnerungsaktionen begegnet. Vor dem ersten Stichtag erfolgt ein Erinnerungsanruf, nach den Stichtagen gibt es bei nicht zurückgesendeten Erhebungsunterlagen weitere Erinnerungen mit Ersatzstichtagen. Ein weiterer Einfluss besteht durch den Zeitpunkt der Kontaktierung der Probanden. Wenn die Teilnehmer im Vorhinein informiert werden, können sie bewusst auf ihr Verhalten achten und Wege werden seltener vergessen. Vor allem für hoch mobile Personen ist es ein Vorteil, wenn sie die Wegetagebücher nicht am Ende des Berichtszeitraums, sondern laufend vervollständigen können. Bei der persönlichen Befragung besteht hingegen die Gefahr, dass die Personen zum Zeitpunkt der Befragung unter Zeitdruck stehen, oder zu wenig Zeit bekommen, um über ihren Tagesablauf im Detail nachzudenken. Häufig wird der letzte Weg zurück nach Hause am Ende des Tages vergessen. Fehlende Rückwege können durch entsprechende Datenverarbeitung korrigiert werden.

Ein weiteres Kriterium, welches das Vergessen von Wegen begünstigt, sind kurze Weglängen. Sehr kurze und beiläufige Wege werden oft nicht angegeben. Beispiele dafür sind beiläufige Erledigungen, wie zum Beispiel das Abholen eines Pakets, schnelle Besorgungen am Nachhauseweg, Lebensmitteleinkäufe in der Mittagspause und so weiter.

Ein weiterer Grund für falsche Ergebnisse sind bewusst unvollständige und falsche Angaben. Möglich ist die Beschreibung eines anderen Tages, weil die Probanden in eigenem Ermessen entscheiden, dass dieser Tag ihr Verkehrsverhalten nicht korrekt beschreibt, wenn am Stichtag ungewöhnliche Wege stattfinden, ebenso wie bei außerplanmäßiger Nichtmobilität, wie zum Beispiel bei Krankheit. Weiters kann statt dem geforderten Stichtag der aktuelle Tag, an dem die Fragen beantwortet werden, angegeben werden. Ein weiterer Beweggrund zur unwahrheitsgemäßen Vervollständigung ist ein zu

großer Aufwand. Hier kann wiederum ein anderer Tag gewählt, oder einzelne Wege weggelassen werden. Dieses Verhalten wird „soft-refusal“ [Madre et al., 2007] oder auch Item-Non-Response genannt und beschreibt im Gegensatz zur grundsätzlichen, die teilweise Verweigerung von Antworten, um den Aufwand zu reduzieren. Generell kann bei mehrtägigen Befragungen davon ausgegangen werden, dass die Bereitschaft zur vollständigen Beantwortung der Fragen abnimmt. Dies wurde auch in Österreich unterwegs festgestellt, von den beiden Stichtagen wies insgesamt der erste eine höhere Wegeanzahl pro Person auf. Bei der Gewichtung der Daten wurde dies berücksichtigt und an den ersten Tag angeglichen.

Denkbar ist außerdem, dass manche Wege aus privaten Gründen nicht oder falsch angegeben werden. Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes, oder Befangenheit gegenüber anderen Haushaltsmitgliedern sind mögliche Erklärungen. Letztlich können bewusst Fehler erzeugt werden, weil die Probanden bestimmte Auswirkungen des Erhebungsergebnisses vermuten, die sie beeinflussen möchten.

Ein wichtiger Faktor für das Ausmaß der Nicht- und Falschangaben ist, wie ernst die Teilnehmer die Studie nehmen und wie viel Zeit sie der Beantwortung widmen wollen oder können. Jugendliche, viel Beschäftigte, Pensionisten und weitere Personengruppen werden dabei ein variierendes Verhalten aufweisen. Die Beweggründe für diese Fehler sind vielfältig, können nicht nachvollzogen werden und sind damit nicht korrigierbar.

Der nächste Punkt sind unbeabsichtigte Falschangaben. Dazu gehört, dass statt Wegen Wegetappen oder gesamte Aktivitäten berichtet werden. Entstehen mehrere Wege für die selbe Aktivität, kann es dazu kommen, dass diese von den Probanden vernachlässigt werden. Weitere Probleme können bei der Angabe von Rundwegen entstehen. Existieren Unklarheiten bei der Angabe eines Weges, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass dieser nicht berichtet wird. Um diese Probleme zu vermeiden, ist vorab eine kurze Begriffserklärung von Vorteil. Zu klären ist die Definition eines Weges im Gegensatz zu Wegetappen und Wegeketten. Wegdauer und Weglänge können verfälscht sein, weil die Probanden diese schätzen. Teilweise ist es möglich, die Fehler durch Datenbearbeitung zu beheben, wobei sich dadurch der Aufwand erhöht und wiederum neue Fehler entstehen können.

Die Qualität der Ergebnisse hängt auch mit dem Rücklauf zusammen. Wichtig ist, dass sich eine möglichst große Stichprobe mit verwertbaren Interviews ergibt. Um dies sicherzustellen, müssen zum einen bei der Stichprobenziehung unter Berücksichtigung der erwarteten Rücklaufquote genügend Haushalte gewählt werden, zum anderen müssen die Probanden durch ansprechende Unterlagen, gute Betreuung, eine Kontaktierungsmöglichkeit und geringstmöglichen Aufwand zur Teilnahme motiviert werden. Die Stichprobe sollte nicht nur insgesamt groß genug sein, sondern auch für jedes Merkmal, mithilfe dessen die Gewichtung und Hochrechnung durchgeführt werden soll. Damit sich ein für die Gesamtbevölkerung repräsentatives Ergebnis ergibt, sollte jede Personengruppe gleichermaßen vertreten sein. Bekannt ist, dass sich nicht oder wenig mobile Personen häufig nicht angesprochen fühlen. Ein entsprechender Hinweis im Anschreiben vermindert diesen Effekt. Eine weitere schwer zu erreichende Gruppe sind Personen mit sehr vielen Wegen. Diese Personen finden einerseits seltener Zeit für die Befragung, andererseits ist das Interview für sie am umfangreichsten. Ergeben sich aus beruflichen Gründen viele Wege, ist es fraglich, ob die betreffenden Personen an der Befragung teilnehmen, ob alle Wege angegeben werden und wenn ja, ob dies überhaupt sinnvoll ist. Genannt werden können die Berufsgruppen der Zusteller, Landwirte, Makler, Handwerker,

Berufsfahrer, Schaffner und viele weitere. Bei der Verkehrserhebung „Mobilität in Deutschland“ wird für diese Problematik seit dem Jahr 2002 ein sogenanntes Wirtschaftsverkehrsmodul eingesetzt [Follmer et al., 2010]. Alle Personen mit regelmäßig auftretenden beruflichen Wegen werden überblicksmäßig erfasst und mit unregelmäßig geschäftlichen Wegen zum Wirtschaftsverkehr zusammengefasst. Im Rahmen von Mobilität in Deutschland 2008 wurde ermittelt, dass in Deutschland sechs Prozent der Erwerbstätigen Berufe mit regelmäßigen Wegen ausüben. Dadurch entstehen 79 Prozent des Wirtschaftsverkehrs, die übrigen 21 Prozent sind unregelmäßig stattfindende Geschäftswege, die durch die herkömmlichen Wegeprotokolle ermittelt wurden.

Um auszuschließen, dass sich das Verkehrsverhalten der antwortenden und nicht antwortenden Personen unterscheidet und es deshalb zu einer falschen Gewichtung kommt, besteht die Möglichkeit eine Non-Response-Erhebung durchzuführen. Dabei wird erneut versucht, zu nicht antwortenden Haushalten Kontakt herzustellen, wobei sie bei der Non-Response-Erhebung dazu befragt werden, aus welchen Gründen sie nicht bei der Haupterhebung teilgenommen haben. In Österreich unterwegs wurde ein eigener Gewichtungsschritt für die Ausgleichung einer Verzerrung durch Unit-Non-Response angesetzt. Für die dafür notwendige Non-Response-Erhebung wurden nicht antwortende Haushalte aufgesucht, um diese persönlich zu befragen. Die sich daraus ergebende Stichprobe erwies sich jedoch als zu gering, sodass keine Non-Response-Gewichtung durchgeführt werden konnte.

Generell kann die Rücklaufquote durch Erinnerungsaktionen verbessert werden. Diese werden in Österreich unterwegs bevorzugt telefonisch durchgeführt, bei nicht verfügbarer Telefonnummer erfolgen sie auf postalischem Weg. Eine weitere Maßnahme zur Erhöhung der Rücklaufquote ist die Ermöglichung der Teilnahme an der Erhebung durch verschiedene Erhebungstechniken. In Österreich unterwegs wurden neben der PAPI-Methode auch CAWI und CATI angeboten. Eine Ankündigung vor der Zusendung der Erhebungsunterlagen hat ebenfalls einen positiven Effekt auf den Rücklauf [Sammer et al., 2011].

Neben den Probanden ist die zweite Fehlerquelle das Design, sowie die Durchführungsmethode der Erhebung und betrifft somit die beauftragten Planer der Studie. Zum einen besteht die Möglichkeit, dass Probanden durch Fragestellungen, beziehungsweise durch die angebotenen Auswahlmöglichkeiten beeinflusst werden, zum anderen können beispielsweise Fachbegriffe für Verwirrung sorgen, das Design ermüdend wirken, oder der bereitgestellte Platz zur Beantwortung der Fragen zu gering sein. Auch nach der Erhebungsphase sind systematische Fehler durch das Treffen von Annahmen im Rahmen der Datenaufbereitung und Auswertung möglich.

Einige der genannten Fehler können bei den Befragungsformen CATI, CAWI und dem persönlichen Interview nicht oder in einem geringeren Ausmaß auftreten. Der Interviewer hat die Möglichkeit, gezielte Fragen zu stellen, sodass möglichst keine Wege vergessen werden und er kann darauf achten, dass die Antworten vollständig und schlüssig sind. Diese Formen bergen jedoch die Gefahr, dass die Stichprobe durch die Abhängigkeit des Telefon- beziehungsweise Computer- und Internetbesitzes noch stärker verzerrt wird, oder der Rücklauf geringer ausfällt, da die Personen die Befragung verweigern können, bevor sie über deren Inhalt informiert werden.

Eine weitere Art von Fehler ergibt sich durch statistische Unsicherheiten, die bei Stichprobenerhebungen immer vorhanden sind. Diese können jedoch durch die Größe der Stichprobe beeinflusst werden und sind abschätzbar.

Im Folgenden sollen bereits erwähnte und weitere Maßnahmen zur Verhinderung oder Minimierung von Fehlern zur Qualitätsverbesserung der Ergebnisse in Österreich unterwegs zusammengefasst werden. Der gesamten Studie wurde das KOMOD-Handbuch [Sammer et al., 2011] zugrunde gelegt, welches aus einem eigenen Forschungsprojekt entstanden ist und in Hinblick auf die Durchführung von Österreich unterwegs und für in Zukunft stattfindende nationale Befragungen erarbeitet wurde. Das Stichprobendesign, die Datenverarbeitung und Auswertung richtet sich im Wesentlichen nach den Vorgaben des Handbuchs. Die Haushalte wurden einige Zeit im Voraus kontaktiert, wobei diese selbst wählen konnten, ob die Befragung mittels zugesendeten Fragebögen, online oder telefonisch erfolgen sollte. Als Hilfestellung wurde eine eigene Hotline eingerichtet und eine Website mit häufigen Fragestellungen, Informationen und Kontaktmöglichkeiten bei Fragen angeboten. Eine telefonische Erinnerung erfolgte einen Tag vor dem ersten Stichtag, drei weitere Erinnerungen wurden nach den Stichtagen und einer kurzen Wartezeit durchgeführt. Dabei wurden neue Stichtage vorgegeben, um ein zeitnahes Ausfüllen des Fragebogens zu ermöglichen, wenn dies noch nicht erfolgt war. Der letzte Versuch eine Antwort zu erhalten, bestand in einem Neuversand der kompletten Erhebungsunterlagen und wiederum zwei neuen Stichtagen. Die abschließende Non-Response-Erhebung konnte aufgrund einer zu geringen Stichprobe nicht verwertet werden. [Follmer et al., 2016]

Darauf folgte die Verarbeitung der Datensätze. Die vorgenommenen Änderungen beinhalten das Zusammenfassen von Wegetappen, die Teilung von Wegen und die Ergänzung fehlender Nach-Hause- und Zwischenwege. Fehlende und fehlerhafte Angaben wurden so gut als möglich ergänzt, beziehungsweise richtiggestellt. Danach konnten die Daten schließlich auf den verschiedenen Ebenen der Erhebung, Haushalt, Personen, Berichtstag, Weg, gewichtet werden. Das Verfahren erfolgte iterativ in drei Schritten, die die Anpassung der Tageswegehäufigkeit am zweiten Berichtstag, die räumliche und zeitliche Verteilung, sowie die soziodemographischen Merkmale umfassen. Die Hochrechnung der gewichteten Daten erfolgte für alle Haushalte und Personen je Raumtyp und Bundesland. Eine weitere Maßnahme stellt die projektbegleitende externe Qualitätssicherung durch die BOKU-IVe und ZIS+P dar. [Tomschy et al., 2016b]

Auf den generellen Ablauf von Österreich unterwegs wird in Kapitel 4 näher eingegangen.

2.3 Mobilfunkbewegungsdaten

Mobiltelefone bieten eine neue Möglichkeit der Datenerfassung für verkehrstechnische Fragestellungen. Durch die weite Verbreitung und intensive Nutzung der Mobilfunkgeräte entstehen immer mehr Daten, die genutzt werden können. Vor allem bei den jüngeren Generationen sind Smartphones mit Internetzugang weit verbreitet. Für die Positionsbestimmung mittels Mobiltelefon gibt es verschiedene Herangehensweisen.

Unterschieden werden kann zwischen aktiven und passiven Erhebungsmethoden. Zur aktiven Ermittlung von Bewegungsdaten zählen Verfahren, bei denen das Mobilfunkgerät automatisch Standorte erfasst und aufzeichnet, Wege und Aufenthalte identifiziert und eventuell das Verkehrsmittel bestimmt. Im Anschluss werden die Smartphonebesitzer dazu aufgefordert, Wege sowie Verkehrsmittel zu korrigieren, beziehungsweise zu bestätigen. Der von den Teilnehmern bearbeitete Datensatz wird gespeichert und zur Auswertung übermittelt. Passive Erhebungen verzichten auf die Interaktion zwischen den Probanden mit ihrem Mobiltelefon.

Hinsichtlich der technischen Umsetzung stehen mehrere Varianten zur Verfügung. Vor allem im städtischen Bereich kann eine Lokalisierung durch WLAN-Hotspots eingesetzt werden. Dies geschieht durch die Speicherung der Geokoordinate, die jedem Hotspot zugeordnet sind. Die Nachteile dieses Verfahrens liegen in der Beeinflussbarkeit des Signals durch Magnetfelder und einem hohen Wartungsaufwand, da die Geokoordinate bei einer Standortänderung des Hotspots nicht automatisch aktualisiert wird. [Schelewsky et al., 2014]

Der Einsatz von GPS-Daten ist auch in Verbindung mit Mobilfunkgeräten möglich und birgt den Vorteil einer hohen Genauigkeit. Eine amerikanische Studie [Sadeghvaziri et al., 2016] befasste sich mit der GPS-Datengewinnung aus der Google Location History, abgekürzt GLH, Daten, die bei der Nutzung von Google-Apps gespeichert werden. Die Standortbestimmung erfolgt nicht nur mit GPS, sondern auch über WLAN-basierte Ortung und mittels des Mobilfunknetzes. Für die Studie gaben 25 Personen ihr Einverständnis, die Daten über den Zeitraum eines Monats zu nutzen. Die Daten lagen in einer ähnlichen Form wie in dieser Arbeit vor, aber über den gesamten Auswertungszeitraum. Aufenthalte wurden über die Aufenthaltsdauer von über sechs Minuten und einer Distanz von mindestens 150 Fuß (etwa 46 Meter) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Punkten festgelegt. Es werden drei verschiedene Orte, beziehungsweise Aktivitäten unterschieden, der Wohnort, die Arbeit und andere. Diese werden anhand der Uhrzeiten und durch die Langzeitbeobachtungen identifiziert. Die Bestimmung des Verkehrsmittels erfolgte über die durchschnittliche und die maximale Weggeschwindigkeit. Diese Studie zeigt, wie man mit einfachen Mitteln viele Informationen aus den Daten gewinnen und auch für eine größere Stichprobe anwenden kann. Da die Aufzeichnung auch bei ausgeschaltetem GPS-Signal möglich ist, ist die Akkubelastung geringer als in anderen GPS-gestützten Erhebungen und deshalb attraktiver für die Teilnehmer.

Im Moment existieren noch keine Erhebungen, die diese Technologie für große Stichproben angewandt haben.

Die dritte gebräuchliche Technik für die Lokalisation durch Mobilfunkgeräte ist die Positionsbestimmung über Funkzellen. Durch die flächendeckende Verfügbarkeit der Mobilfunkstandards ist die Erhebung von Positionsdaten sowohl im ländlichen, als auch im urbanen Raum und innerhalb von Gebäuden möglich. Dazu gehören das GSM-, UMTS- und LTE-Netz.

Das GSM-Netz war in Europa der erste einheitliche Standard für die mobile Kommunikation, der sich letztendlich auch außerhalb Europas durchsetzen konnte. Das Netz gliedert sich in drei verschiedene Subsysteme. Dies ist zum einen das Network Subsystem, welches die zentralen Elemente eines Mobilfunknetzwerks beinhaltet, die mobile Vermittlungsstellen MSC (Mobile Switching Center). Untereinander sind die MSC über Schnittstellen verbunden. Ein MSC ist mehreren Funkzellen übergeordnet und für Aufgaben der Verbindungsherstellung und Positionsbestimmung zuständig. Es stellt durch das sogenannte Location Update sicher, dass die Position des Endgeräts bekannt ist, auch wenn in eine andere Funkzelle gewechselt wird. Bei einem Funkzellenwechsel im Zusammenhang mit einer aktiven Verbindung, etwa während eines Telefongesprächs, erfolgt das sogenannte Handover von einer Zelle in die nächste ebenfalls über das MSC, ohne dass die Verbindung unterbrochen wird. Zu den weiteren Aufgaben zählt die Authentifizierung der einzelnen Gesprächsteilnehmer, der Registrierung jedes Mobilfunkgeräts im Netz, das Weiterleiten von SMS und der Verbindungsaufbau zwischen zwei Geräten. Die weiteren Bestandteile des Subsystems unterstützen die MSC bei ihren Aufgaben. Dazu gehören das Visitor Location Register, ein temporäres Verzeichnis mit Informationen

über alle aktuellen Teilnehmer des MSC-Bereichs, dessen Daten aus dem Home Location Register stammen, einer vollständige Datenbank der Teilnehmer des Netzwerks, das Authentication Center und das Short Message Service Center.

Das zweite Subsystem ist das Base Station Subsystem. Dessen wichtigstes Element ist die Basisstation BTS (Base Transceiver Station), die die Funkverbindung von einer Zelle abdeckt. Da eine BTS nur mit einer bestimmten Anzahl an Geräten mit einer aktiven Verbindung zugleich kommunizieren kann, ist die Größe der Zelle abhängig von der Nutzeranzahl. Im städtischen Bereich sind die Radien, die durch eine BTS abgedeckt werden können, wesentlich kleiner als im ländlichen Raum. Üblich abgedeckte Reichweiten belaufen sich auf maximal 15 Kilometer pro BTS, bis hin zu Radien unter 500 Metern. Die Kommunikation zwischen BTS und den einzelnen Geräten geschieht mittels Luftschnittstellen. Den BTS übergeordnet sind die Base Station Controller BSC. Während die BTS Verbindungen realisieren, sind die BSC dafür verantwortlich, dass die Aufrechterhaltung einer Verbindung, beziehungsweise deren Auf- oder Abbau zustande kommt, indem sie Sprachkanäle überprüfen und freigeben, Handovers einleiten und mit dem MSC kommunizieren. Die weiteren Inhalte dieses Subsystems betreffen die Sprachdatenübertragung und weitere Mechanismen, die für Telekommunikation notwendig sind, worauf hier jedoch nicht näher eingegangen wird.

Das dritte Subsystem ist das Intelligent Network Subsystem, welches nicht zwingend für den Betrieb eines Netzwerks notwendig ist, sondern zusätzliche Dienste zur Verfügung stellt. Der wichtigste dieser Zusatzservices sind Prepaid-Dienste.

Das Universal Mobile Telecommunication System UMTS ist eine Weiterentwicklung des GSM-Netzes und baut auf diesem auf. UMTS erlaubt hohe Übertragungsraten und vereint Sprachkommunikation und Datendienste. Eine weitere Stufe mit neuen Funktionen bietet das Long Term Evolution-Netz (LTE). Eine Neuerung gegenüber den alten Netzwerken ist der Einsatz eines neuen Übertragungsverfahrens. Außerdem werden nur noch SMS-Services über die herkömmliche Signalisierungstechnik abgewickelt, für alle anderen Dienste wird ein paketvermittelndes Kernnetz verwendet. [Sauter, 2015]

Eine Möglichkeit die Mobilfunkstandards zu verwenden, bieten die Einzelgesprächsnachweise der SIM-Karten, die sogenannten Call Detail Records (CDR). Diese werden von den Mobilfunkbetreibern für die Abrechnung benötigt. Aus den Daten sind die anonymisierte Identifikationsnummer (ID), der Zeitstempel, die Dauer einer Aktivität mit dem Mobilfunkgerät und der dazugehörige Standort der Basisstation bekannt, diese punktuellen Aufzeichnungen werden Events genannt. CDR-Daten kamen zum Beispiel in Frankreich zur Untersuchung des Fernverkehrs zum Einsatz. Betreffende Studie nutzt die Daten des Anbieters Orange™ France zur Ermittlung aller Fernverkehrswege. Hier kommt die Definition des Fernverkehrs mittels des persönlichen Umfelds mit einem Umkreis von 80 Kilometern um den Wohnort zu tragen. Die Daten wurden im Jahr 2007 für jede Person über einen Zeitraum von fünf Monaten aufgezeichnet. Aufenthaltsorte außerhalb der französischen Staatsgrenze konnten nicht erfasst werden. Der Zweck der einzelnen Wege wurde mit der Klassifikation des Random Forests ermittelt. Dazu wurden verschiedene Kenngrößen wie Weglänge, Dauer und Wochenendanteil gewählt. Anhand einer nationalen Befragung zum Fernverkehr, die in Frankreich im selben Jahr stattfand, wurden den fünf verschiedenen Zwecken unterschiedliche Ausprägungen der Kenngrößen zugeordnet. Auf dieser Basis aufbauend, wurden die Eigenschaften auf den Mobilfunkdatensatz angewendet und der Wegzweck bestimmt. Die Auswertung ergibt 1,42 Fernverkehrswege pro Person und Monat. Da zu dieser Zeit die Nutzung der mobilen Daten mittels Telefonen noch nicht so weit verbreitet war wie aktuell, ist die Genauigkeit der Daten eingeschränkt. Deshalb und aufgrund der

fehlenden Wege außerhalb Frankreichs, ist in der Realität eine höhere Anzahl an Fernreisen anzunehmen. [Janzen et al., 2016]

Der Nachteil der Nutzung von CDR-Daten besteht darin, dass nur aufgezeichnet wird, wenn das Mobiltelefon aktiv genutzt wird, das heißt während einem Telefongespräch, bei dem Abschicken einer SMS, oder der Nutzung der mobilen Datenübertragung. Für die Auswertung von Fernverkehrswegen eignet sich diese Methode gut, da die Nutzung des Mobiltelefons bei langen Wegen wahrscheinlicher ist.

Floating Phone Data bietet umfassendere Daten als die CDRs. Zusätzliche Events entstehen durch Location Updates und Handovers. Das heißt, dass ein Ortswechsel festgehalten wird, sobald ein Übertritt von einer Funkzelle in eine andere erfolgt und das Mobiltelefon mitgeführt wird. Dadurch werden auch kürzere Wege mit einer hohen Wahrscheinlichkeit erfasst und Wege von Personen, die ihr Mobiltelefon nicht häufig aktiv nutzen. Die in dieser Arbeit vorliegenden Daten nutzen die Technologie Floating Phone Data.

Ein weiteres Beispiel für den Einsatz von Mobilfunkdaten ist die Erhebung des Tourismus. In Estland wurden vom größten Netzbetreiber in Estland die Roamingdaten vom 1. April 2004 bis zum 31. August 2005 von allen im Ausland registrierten Mobiltelefonen gespeichert. In diesen 17 Monaten konnten 1,2 Millionen IDs aus 96 verschiedenen Ländern aufgezeichnet werden. Im Vergleich dazu zeigt die Nächtigungsstatistik im selben Zeitraum 2,3 Millionen Touristen. Bei der Auswertung zu beachten ist die unterschiedliche Rate des Mobiltelefonbesitzes, die in den einzelnen Ländern variiert und dass manche Touristen ihr Telefon nicht mitnehmen oder ausgeschaltet lassen, um ungestört zu bleiben. Mobiltelefone aus den USA und Asien sind zum Teil mit dem GSM-Netz nicht kompatibel und deshalb unterrepräsentiert. Einfluss haben auch vorbeifahrende Schiffe, da sich die Mobiltelefone der vorbeifahrenden Nutzer im Netz registrieren und nahe an der Grenze Estlands liegende Orte.

Im Durchschnitt können pro ID 10,3 Aktivitäten auf dem Mobiltelefon festgestellt werden. Auch die Aktivitätenanzahl ist von vielen Parametern abhängig, etwa von den Roamingkosten, die durch das unterschiedliche Einkommensniveau für manche Touristen teurer sind, oder dem Zweck der Reise. Mithilfe der Aktivitäten können genauere Aussagen zum Reiseverhalten der Touristen gemacht werden. Die erste Aktivität gibt Auskunft über den Ort des Eintritts in Estland. Die Daten zeigen weiters die Nationalität des Besuchers, das Reiseziel, besuchte Orte, den Ablauf der Wege und die Aufenthaltsdauer im zeitlichen Verlauf und im Zusammenhang mit Veranstaltungen. Diese Informationen sind wertvoll für Marketing, Informationsservices, Veranstalter, Hoteliers, die Gastronomie, etc. Trotz einiger Einschränkungen sind Mobilfunkdaten eine kostengünstige Möglichkeit, um den Tourismus zu erheben und viele räumliche und zeitliche Verteilungen des Tourismus zu erfassen. Aus diesem Grund wäre eine derartige Erhebung auch in anderen Ländern vorstellbar. [Ahas et al., 2008]

Zur Vollständigkeit sollen hier auch noch Bluetooth, Radiofrequenzidentifikation und Dead Reckoning genannt werden, die weiteren Ortungsmethoden darstellen. Sie spielen jedoch in der Praxis eine untergeordnete Rolle, oder können nur als Ergänzung verwendet werden, um die Genauigkeit der Daten zu erhöhen. [Schelewsky et al., 2014]

Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile der in dieser Arbeit zur Verfügung stehenden Mobilfunkdaten im Vergleich zu Österreich unterwegs, beziehungsweise der allgemeinen Nutzung von mobilfunkgestützten Erhebungen im Vergleich zu herkömmlichen Wegetagebüchern aufgeführt:

Vorteile:

- Die Daten stehen sofort zur Verfügung und können unmittelbar ausgewertet werden, damit sind Echtzeitanalysen möglich.
- Der Arbeitsaufwand und der finanzielle Aufwand sind gering.
- Ist einmal ein Algorithmus entwickelt, ist keine Vorlaufzeit mehr nötig. Der zeitliche Aufwand besteht aus der Rechenzeit bei der Auswertung.
- Durch eine nicht vorhandene Beeinflussung der Teilnehmer können keine Fehler aus bewussten und unbewussten Falschangaben der Probanden entstehen und das Mobilitätsverhalten ändert sich ebenfalls nicht.
- Die Stichprobe ist sehr groß und richtet sich nach der Mobilfunktelefonnutzung der Bevölkerung, sowie dem Marktanteil des Anbieters der verwendeten Daten.
- Die Daten liegen anonymisiert vor, das Einverständnis der Probanden ist nicht notwendig und somit unabhängig von der Teilnahmebereitschaft.
- Die Daten können jederzeit und über einen beliebigen Zeitraum verfügbar gemacht werden, da die Aufzeichnung automatisch erfolgt.
- Verkehrsmittel können anhand der Kennwerte Durchschnittsgeschwindigkeit, Höchstgeschwindigkeit, Beschleunigung und Zwischenstopps teilweise zuverlässig bestimmt werden. Weitere Sicherheit bei der Zuordnung kann durch die Verwendung externer Daten gewonnen werden. Dazu zählen GIS-Daten, zum Beispiel zur Unterscheidung von Bahnstrecken und Autobahnen und die Einbindung von Bushaltestellen, um Busfahrten zu identifizieren, oder auch die Einbindung von Daten der Car-Sharing-Unternehmen, um diese neue Form der Mobilität abbilden zu können [Sadeghvaziri et al., 2016, Schelewsky et al., 2014]. Dies ermöglicht erstmals Analysen von intermodalen Wegen hinsichtlich Weglänge und -dauer je Verkehrsmittel und deren Abfolge, während bei Wegetagebüchern Anteile von Verkehrsmitteln durch die Zuordnung eines Hauptverkehrsmittels verschwinden.

Nachteile:

- Täglich entstehen sehr große Datenmengen mit über 100 Gigabyte. Dementsprechend ist der Bedarf an Speicherkapazität und Rechenleistung sehr hoch.
- Es gibt keine soziodemographischen Informationen zu den Wegen, beziehungsweise den Personen.
- Ebenfalls fehlen Angaben zum Wegzweck. Um diesen zu bestimmen, ist der Einsatz von Map-Matching denkbar, sodass zum Beispiel Einkaufsstätten, Sportplätze, Schulen etc. identifiziert werden können. Bei einer Aufzeichnung der Bewegungen einzelner Personen über einen längeren Zeitraum können Arbeitsplatz und Wohnort über Aufenthaltszeiten festgestellt werden, womit Arbeits- und Nach-Hause-Wege klassifiziert werden könnten. Die Bestimmung des Wegzwecks dürfte dennoch mit vielen Unsicherheiten behaftet bleiben.
- Die Verkehrsmittelbestimmung ist vor allem im urbanen Raum schwierig, da sich die Kennwerte der Verkehrsmittel durch geringere Durchschnittsgeschwindigkeiten ähneln. Eine Unterscheidung zwischen Lenker und Mitfahrer ist allgemein nicht möglich.
- Die Wege werden pro SIM-Karte nur für 24 Stunden aufgezeichnet, danach erfolgt die Zuweisung einer neuen ID. Eine Langzeitbetrachtung für einzelne Personen und die Änderung des Mobilitätsverhaltens ist daher nicht möglich.
- Wege und Teilwege können nur innerhalb der Staatsgrenze aufgezeichnet werden.
- Die Ermittlung von kurzen Wegen ist mit Schwierigkeiten verbunden, vor allem wenn einem kurzen Weg ein kurzer Aufenthalt folgt.
- Bei der Auswertung muss eine Schichtung durch unterschiedliche Mobilfunktelefonnutzung je Personengruppe beachtet werden
- Fehler können durch ausgeschaltete, vergessene und nicht mitgeführte Mobiltelefone entstehen, die Größe des Fehlers ist schwer abschätzbar.
- Vor allem in ländlichen Gebieten gibt es die Koordinaten der Position betreffend hohe Ungenauigkeiten.
- Die zur Verfügung stehenden Daten können je nach Datenschutzgesetz zwischen den Ländern variieren. Einheitliche Erhebungen auf europäischer Ebene und darüber hinaus sind deshalb unter Umständen nicht möglich.

Der Datenschutz ist ein wichtiges Thema im Zusammenhang mit Mobilfunkdaten. Obwohl alle Daten nur mit einer anonymisierten Identifikationsnummer zur Verfügung gestellt werden, müssen die Datenschutzbestimmungen besonders bei einem längeren Aufzeichnungszeitraum der einzelnen IDs eingehalten werden. In diesem Fall können der Wohnort, der Arbeitsplatz, bevorzugte Einkaufsmöglichkeiten, etwaige Hobbies und andere Verhaltensmuster ermittelt werden [Schelewsky et al., 2014]. Eine genaue Identifikation von bestimmten Personen ist jedoch nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand zu erreichen.

2.4 Erhebung von Fernverkehr

Die letzten Jahre zeigen, dass das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung immer weiter steigen, was zu einer Belastung bestehender Verkehrsanlagen und der Umwelt führt. In Frankreich konnte zwischen den Jahren 1979 und 1999 eine Steigerung des Flugverkehrs um 200 %, auf bestehenden

Autobahnen um 150 % und im Schienenfernverkehr um 10 % festgestellt werden [Cabanne, 2003]. In Österreich ist die Verkehrsleistung im Eisenbahnverkehr von 2014 bis 2016 um vier Prozent gestiegen [Karner et al., 2017], in der Schweiz erhöhte sich die Verkehrsleistung zwischen den Jahren 2000 und 2006 im Landverkehr um 30 Prozent und beim Flugverkehr um 50 Prozent [Schweizerische Eidgenossenschaft - Bundesamt für Statistik, 2017]. Auch die Statistiken anderer Länder weisen auf eine steigende Mobilität hin. Um diese Entwicklung abbilden zu können, ist die Erhebung von Fernverkehr, der für die Höhe der Verkehrsleistung maßgeblich verantwortlich ist, eine wichtige Aufgabe.

Dennoch sind eigens für den Fernverkehr durchgeführte Befragungen selten. Notwendig sind lange Berichtszeiträume, um genügend Fernverkehrswege festzuhalten. Dies bedeutet für die Probanden je nach Reiseverhalten unterschiedliche, aber häufig hohe Aufwände. Für die Ausführenden der Studien ist der Aufwand ebenfalls sehr hoch und ähnelt jenem bei nationalen Befragungen, wobei der lange Berichtszeitraum noch mehr Kontaktaufnahmen zu den Teilnehmern notwendig macht. Somit entsteht auch für die Auftraggeber eine finanzielle Belastung, die „nur“ einen Teil aller Wege als Daten liefert.

Bei bestehenden Fernverkehrserhebungen wird diesen Problemen mit verschiedenen Ansätzen entgegengewirkt. Die genaue Beschreibung der unterschiedlichen Studien folgt in Kapitel 2.4.3.

Aktuelle Daten können oft nur aus nationalen Erhebungen gewonnen werden. Am Beispiel der Befragung „Mobilität in Deutschland“, bei der der Fernverkehr durch einen eigenen Fragenblock erhoben wird, zeigt sich, dass dies eine gute Möglichkeit darstellt, um den Fernverkehr gezielt, aber im Rahmen einer nationalen Erhebung zu ermitteln. Der Nachteil liegt in einer höheren zeitlichen Belastung für die Probanden, was zu einer geringeren Rücklaufquote führt. Damit der Rücklauf nicht zu gering ausfällt, kann die Stichprobe der kontaktierten Personen erhöht werden. Dieser Mehraufwand kann im Vergleich zur Durchführung einer zweiten, eigenständigen Befragung in Kauf genommen werden.

Im Folgenden soll ein Überblick gegeben werden, welche Informationen und Informationsquellen über den Fernverkehr zur Verfügung stehen.

2.4.1 Definition von Fernverkehr

Bei Durchsicht der Literatur wird deutlich, dass es für den Begriff des Fernverkehrs keine einheitliche Definition gibt. In den verschiedenen Verkehrserhebungen werden unterschiedliche Kriterien zur Abgrenzung herangezogen. So kann Fernverkehr mit unterschiedlichen Entfernungen angegeben und entweder als tatsächlich zurückgelegten Weg, oder mit der kürzesten Distanz zwischen Start- und Zielort, der Luftlinie, oder über eine bestimmte Wegdauer [z.B. Cambridge Systematics, Inc, 2010] definiert werden. Weitere Möglichkeiten sind die Voraussetzung von zumindest einer Übernachtung am Zielort, oder die Überschreitung der Landesgrenze. Letztere beiden Definitionen kommen bevorzugt in Erhebungen zur Tourismusanfrage zum Einsatz. Weitere Unterschiede betreffen den abweichenden Einbezug von regelmäßig stattfindenden Fernverkehrswegen, wie zum Beispiel Pendlerfahrten und den stark variierenden Berichtszeitraum für die befragten Personen. Einen beispielhaften Überblick über die erheblichen Unterschiede der Definition des Fernverkehrs in einzelnen, vorhandenen Erhebungen gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Beispiele von Verkehrserhebungen [Frei et al., 2010; U.S. Department of Transportation, 2006; Finnish Transport Agency and WSP Finland Ltd, 2017; Department for Transport UK, 2017; Follmer et al., 2010; Armoogum et al., 2011; Perret et al., 2017; Hjorthol et al., 2014; Cornelis et al., 2012]

Verkehrserhebung	Land	Jahr	Definition	Berichtszeitraum
Kite	Schweiz, Tschechien, Portugal	2008/ 2009	>100 km Luftlinie	8 Wochen
National Household Travel Survey	USA	2001/ 2002	> 50 Meilen	
National Travel Survey	Finnland	2010/ 2011	> 100 km	28 Tage/ 14 Tage (PKW)
National Travel Survey	England	2016	≥ 50 Meilen	7 Tage
Mobilität in Deutschland	Deutschland	2008	≥ 1 Übernachtung	3 Monate
Enquête Nationale Transports et Déplacements	Frankreich	2007/ 2008	> 80 km Luftlinie vom Wohnort	
Mikrozensus Mobilität und Verkehr	Schweiz	2015	Tagesreisen >3 h; ≥ 1 Übernachtung	14 Tage 4 Monate
Norwegian Travel Survey	Norwegen	2013/ 2014	≥ 100 Kilometer oder Auslandsreise	
Beldam	Belgien	2009/ 2010	> 100 Kilometer, ohne Pendlerwege	12 Monate

Um diesem Problem entgegenzuwirken und die Vereinheitlichung von Verkehrserhebungen zu fördern, werden Empfehlungen für das Erhebungsdesign, Erhebungsdurchführung und die Hochrechnung in SHANTI (Survey Harmonisation with New Technologies Improvement) ausgesprochen. Darüber hinaus werden Möglichkeiten für Vergleiche von bestehenden und etablierten Befragungen vorgeschlagen. Damit soll sichergestellt werden, dass die Darstellung der Entwicklung des Verkehrsverhaltens nicht von methodischen Unterschieden beeinflusst wird. Ebenso werden in SHANTI neue Erhebungsformen behandelt. [Armoogum et al., 2014]

2.4.2 Beispiele zu Untersuchungen von Fernverkehrserhebungen

In einer Studie wurde die Erhebung von Fernverkehr in drei verschiedene Befragungsmethoden eingeteilt, welche bei bisherigen Haushaltsbefragungen zum Einsatz kamen und miteinander verglichen wurden [Kuhnimhof, Last, 2009]:

Wegetagebücher

Die Intention ist nicht die Erhebung des Fernverkehrs, sondern des Verkehrs insgesamt und enthält als Teilmenge den Fernverkehr. Probanden werden dazu angehalten, die zurückgelegten Wege des vergangenen Tages, oder von mehreren vergangenen Tagen, zu berichten. Aufgrund des kurzen Zeitraums und der unmittelbaren Vervollständigung der Wegetagebücher ist der Einfluss des Vergessen von langen Wegen vernachlässigbar gering. So entsteht eine gute Abbildung der Verkehrsnachfrage im Bereich von 100 bis 200 Kilometern. In diesen Entfernungen wird die Erhebungsmethode mit Wegetagebüchern für Ausflüge ohne Übernachtung als zuverlässig erachtet.

Die Nachteile des kurzen Erhebungszeitraums sind, dass Vielreisende nicht identifiziert werden können und große Entfernungen, vor allem mit Übernachtung, nicht ausreichend abgebildet werden.

Einzelprotokollfernverkehrsbefragungen („single-protocol long distance travel surveys“)

Dieses Instrument wird oft angewendet, wenn ausschließlich der Fernverkehr, beziehungsweise der Tourismus erhoben werden soll. Der Einsatz dieser Methode ist aber auch als Ergänzung zu Wegetagebüchern möglich. Meistens wird die Einzelprotokollfernverkehrsbefragung über einen Zeitraum von mehreren Wochen durchgeführt und geschieht retrospektiv. Alle Teilnehmer erhalten denselben Befragungsbogen, der Fernverkehr ist meist definiert durch eine Übernachtung am Zielort. Häufig Reisende können bei dieser Methode identifiziert werden, somit ist eine Einteilung der Bevölkerung in Personengruppen und eine Auswertung in Hinblick auf deren soziodemographischen Eigenschaften möglich. Wegen des langen Erhebungszeitraumes werden häufig Fernverkehrswege vergessen, insbesondere wenn die Entfernungen unter 200 Kilometern liegen, keine Übernachtung erfolgt und wenn solche Wege schon lange zurückliegen.

Multiprotokollfernverkehrsbefragungen („multi-protocol long distance travel surveys“)

Dies ist eine innovative Methode, die den Fernverkehr repräsentativ darstellen soll. Zu Beginn gibt es eine Vorerhebung und darauf basierend eine Unterteilung je nach Fernverkehrsverhalten. Die verschiedenen Gruppen bekommen eigens auf sie zugeschnittene Erhebungsbögen. Haben die Befragten im Erhebungszeitraum keine Fernreise unternommen, werden sie zum Zeitpunkt der letzten Fernfahrt befragt. Diese Form der Verkehrserhebung produziert die am besten repräsentative und realistischste Abbildung des Fernverkehrs im gesamten Spektrum der Weglängen. Außerdem beinhaltet diese Methode auch alle Vorteile der Einzelprotokollfernverkehrsbefragung.

Um die Unterschiede der drei Methoden zu veranschaulichen, wurden, wie in Abbildung 1 ersichtlich, die Ergebnisse von verschiedenen Erhebungen für ausgewählte europäische Länder miteinander verglichen. Hier wird davon ausgegangen, dass sich die Abweichungen der Befragungen am wahrscheinlichsten aufgrund der Erhebungsmethode ergeben. In der Studie wird weiters die Annahme getroffen, dass die jeweiligen höchsten Werte die Realität am besten darstellen.

Um den Fernverkehr bestmöglich darzustellen, sehen Kuhnimhof und Last die Kombination der drei Instrumente aus den verschiedenen Datenquellen. Diese sind zum einen in nationalen Haushaltsbefragungen und zum anderen in den von der EU durchgeführten Tourismuserhebungen zu finden. Besonders eine Integration der verschiedenen Quellen in ein agentenbasiertes Modell ergibt eine repräsentative Abbildung. Durch die Protokolle der Agenten besteht unter anderem die Möglichkeit, das Verhalten der Agenten zu untersuchen und QZ-Matrizen zu erstellen. Um mit diesem Ansatz gute Daten zu liefern, müssen die Befragungen noch verbessert werden, um vollständige, detailliertere Ergebnisse liefern zu können. In diesem Zusammenhang wäre eine einheitliche Multiprotokollfernverkehrsbefragung auf EU-Ebene erstrebenswert.

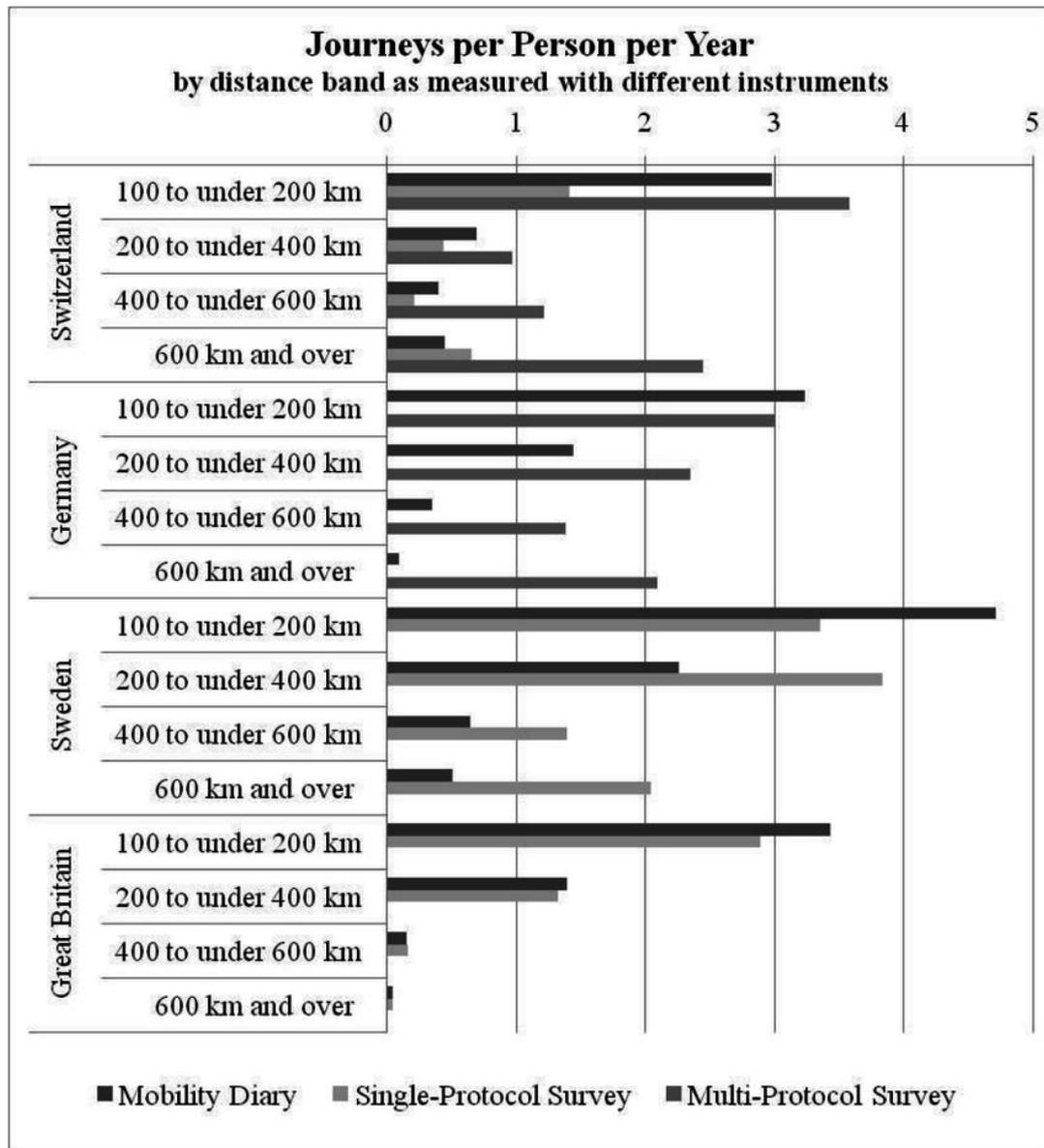


Abbildung 1: Vergleich der drei Methoden in ausgewählten Ländern [Kuhnimhof, Last, 2009, S.6]

Eine britische Studie beschäftigte sich mit den Parametern, die einen Einfluss auf den Fernverkehr haben [Dargay, Clark, 2012]. Untersucht wurden Einkommen, Alter, Geschlecht, Erwerbstätigkeit, Haushaltsmerkmale, Gemeindegröße, Wohnort und Zeitraum des Verbleibs an diesem Wohnort. Zusätzlich unterschied das Modell die zwei Weglängenklassen von 50 bis 150 Meilen und größer 150 Meilen, die vier Verkehrsmodi Auto, Flugzeug, Eisenbahn und Bus, sowie fünf verschiedene Wegzwecke. Die Datengrundlage bildete die nationale Verkehrserhebung von 1995 bis 2006. Die Teilnehmer füllten dabei jeweils eine Woche ein Wegetagebuch aus. Die Definition der Fernreise wurde aus der nationalen Befragung mit 50 Meilen übernommen.

Den höchsten Einfluss auf das Reiseverhalten im Fernverkehr ergab das Einkommen. Besonders der Anteil des Fernverkehrs mit dem Flugzeug, aber auch mit der Eisenbahn und Arbeitswege steigen mit einem höheren Einkommen.

Weitere Abhängigkeiten zeigten sich beim Alter, dem Geschlecht und der Zusammensetzung des Haushalts. Männer legen mehr Fernreisen zurück, ebenso wie Personen unter 60 Jahren, Studenten

und Angestellte, Personen mit Firmenauto und Personen mit geringen Haushaltsgrößen, vor allem ohne Kinder. Weitere Parameter, die zu häufigeren längeren Wegen führen sind ein Wohnort in ländlicher Gegend und ein kürzerer Zeitraum des Wohnsitzes. Zwischen den Jahren 2002 und 2006 legte jeder Brite im Schnitt 20,5 Fernverkehrswege pro Jahr zurück. Die genauen Berechnungen ermöglichen die Erstellung eines Modells, mit dessen Hilfe die zukünftige Nachfrage nach Fernverkehr prognostiziert werden kann.

Long distance travel, journey purpose shares (%) of distance travelled by mode, 2002–2006 NTS.					
	Car	Rail	Coach	Air	Total
Business	20	22	5	55	20
Commuting	9	18	3	3	10
Holiday	21	16	42	25	21
Leisure	21	16	38	6	21
VFR	30	28	12	11	28

Shares do not sum to 100 due to rounding.

Abbildung 2: Anteil der Wegzwecke in Großbritannien [Dargay, Clark, 2012]

Long distance travel, mode shares (%) of distance travelled by distance band, 2002–2006 NTS.				
	Car	Rail	Coach	Air
<150 miles	84	11	5	0
150+ miles	68	14	8	10

Abbildung 3: Verkehrsmittelwahl in Großbritannien [Dargay, Clark, 2012]

2.4.3 Beispiele und Ergebnisse von Fernverkehrserhebungen

Fernverkehrserhebungen

Vor allem für ältere Verkehrserhebungen ist ein Vergleich meist sehr schwierig. Der Trend ist aber vor allem auf europäischer Ebene dahingehend, dass Erhebungen immer weiter standardisiert werden und spezielle Konzepte europaweit angewendet werden. Der erste Ansatz dazu ist auf EUROSTAT zurückzuführen – das statistische Amt der Europäischen Union. Die Anfänge gehen zurück ins Jahr 1996, wo die beiden Pilotstudien Methods for European Surveys of Travel Behaviour MEST und Technologies for European Surveys of Travel Behaviour TEST durchgeführt wurden. Ziel war es, Standards für repräsentative Fernverkehrserhebungen hinsichtlich der Befragung selbst, deren Verarbeitung und Auswertung festzulegen [Commission of the European Communities, 2001].

Auf Basis von MEST und TEST, führte EUROSTAT schließlich die erste Fernverkehrsbefragung auf europäischer Ebene durch, die DATELINE-Erhebung (**D**esign and **A**pplication of a **T**ravel Survey for **E**uropean **L**ong-distance **T**rips Based on an **I**nternational **N**etwork of **E**xpertise). Die teilnehmenden Länder waren die EU15-Staaten und die Schweiz. Das Projekt begann im April 2000 und endete im Juni 2003. Die eigentliche Befragung fand über einen Zeitraum von 12 Monaten statt, dabei wurden die Stichproben jeden Monat gezogen. Je nach Art der Fernreise variierte der Berichtszeitraum, um ein Vergessen von Wegen möglichst auszuschließen. Die Probanden sollten Angaben zu Urlaubsreisen der letzten zwölf Monate, andere Privat- und Geschäftsreisen der letzten drei Monate und Pendlerwege

des letzten Monats angeben. Erhoben wurden dabei alle Wege über 100 Kilometer. An der Befragung nahmen etwa 80.000 Personen teil. [Brög et al., 2003]

Die KITE-Erhebung (A Knowledge Base for Intermodal Passenger Travel in Europe) ist ein neuerer Ansatz für Fernverkehrsbefragungen, der ebenfalls auf MEST und INVERMO aufbaut [Frei et al., 2010]. Ein neues Design wurde in einer Pilotbefragung in Portugal, Schweiz und Tschechien getestet. Die erzielte Stichprobe lag bei jedem Land knapp über 1000 Personen. Die Durchführung der Befragung startete im November 2008 und endete im März 2009. Zum Einsatz kamen die Erhebungsmethoden CATI (Schweiz, Portugal) und das persönliche Interview (Tschechien). In den Auswertungen wurden alle Wege mit einer Distanz von 100 Kilometer Luftlinie und mehr berücksichtigt, in der Befragung wurden jedoch Wege ab 75 Kilometern erhoben. Durch diese Maßnahme sollte eine Verfälschung des Ergebnisses aufgrund der falschen Abschätzung von Entfernungen seitens der Befragten verhindert werden. In der Auswertung zeigte sich, dass es eine ähnliche Anzahl an Wegen zwischen 75 und 100 Kilometern (18%), sowie zwischen 100 und 125 Kilometern (19%) gab. Da die Häufigkeit von Wegen mit der Entfernung abnehmen, ließ sich erkennen, dass diese Maßnahme erfolgreich war. Der Erhebungszeitraum betrug acht Wochen, wenn in dieser Zeit keine Fernreise unternommen wurde, mussten die Teilnehmer den Zeitpunkt ihrer letzten Fernreise angeben und die Detailfragen dazu beantworten. Nach einer kurzen Vorerhebung erhielten die Personen unterschiedliche Fragen, angestimmt auf ihr Reiseverhalten. Gab es zum Beispiel Pendler, die jeden Tag Wege mit 100 Kilometern oder mehr zurücklegten, bekamen diese eine vereinfachte Erfassungsmöglichkeit der Fahrten für sich wiederholende Wege. Somit gehört KITE zu den Multiprotokollfernverkehrsbefragungen.

Durch die vorhandenen Informationen zu der letzten Fernreise bei Personen, die im Erhebungszeitraum keine Angaben machen konnten, wurde das Ergebnis erheblich verbessert. Die durchschnittliche Reishäufigkeit konnte für alle Personen mithilfe einer Überlebensfunktion berechnet werden. Im Durchschnitt ergab sich eine Überlebenszeit von 41,2 Tagen, dies entspricht dem Zeitraum, der zwischen zwei Reisen liegt, wobei hier eine Reise zwei Fernverkehrswege beinhaltet. Bei Betrachtung der einzelnen Länder ergeben sich 8,2 Reisen pro Jahr und Person in der Schweiz und in Portugal und 9,0 Reisen in Tschechien. Insgesamt zeigten sich für die Schweiz und Portugal sehr ähnliche Werte, der Unterschied zu Tschechien lässt sich durch die abweichende Erhebungsmethode, das persönliche Interview, erklären.

Ein Vergleich der KITE-Ergebnisse mit anderen Erhebungen in den Ländern Schweiz und Portugal ergab erhebliche Unterschiede und eine durchgängig höhere Fernverkehrsrate in allen Entfernungsbereichen und bestätigte die Verbesserung des Erhebungsdesigns.

In Deutschland gibt es eine große Anzahl an verschiedenen Verkehrserhebungen für allgemeine und Fernverkehrswege. In den Jahren 1979 und 1980 wurde die Fernverkehrserhebung KONTIFERN durchgeführt, parallel zu der kontinuierlichen Verkehrserhebung der Alltagsmobilität KONTIV. Im Jahre 1999 erfolgte eine sechswöchige Erhebung mittels Wegetagebuch im Rahmen der Studie Mobidrive [Axhausen et al., 2000]. In den beiden deutschen Städten Karlsruhe und Halle beteiligten sich 317 Personen ab sechs Jahren in 139 Haushalten an Mobidrive. Erhoben werden konnten 543 Tage mit Fernverkehrsreisen zu Orten außerhalb des Untersuchungsraums.

Eine Panelerhebung für den Fernverkehr begann in Deutschland im Jahr 2000 unter dem Namen INVERMO (**I**nter**M**odale **V**ernetzung) [Zumkeller et al., 2005]. Das Ziel lag darin, eine potentielle Nachfrage für intermodalen Fernverkehr zu ermitteln und Hinderungsgründe zu identifizieren, wofür die Befragung die Grundlage bilden sollte. Die Auswahl der Personen erfolgte zufällig aus der Grundgesamtheit der deutschen Haushalte mit Telefonanschluss und Personen ab 14 Jahren. Die Durchführung erfolgt in drei Phasen. In einem ersten Schritt werden die Probanden in einem telefonischen Interview zu ihren Urlaubsreisen der letzten 12 Monate und zu sonstigen Reisen der letzten drei Monate mit einer Mindestentfernung des Ziels von 100 Kilometern befragt. Diese Befragung dient der repräsentativen Darstellung des Reiseverhaltens der Bevölkerung. Aus der Menge der teilnehmenden Personen wird eine Stichprobe für die Haupterhebung gezogen. Dabei werden bevorzugt Probanden ausgewählt, die viele Fernreisen berichten können, um möglichst viele Ereignisse aufzeichnen zu können. In diesem zweiten Teil halten die Teilnehmer Wege über 100 Kilometer in einem Zeitraum von acht Wochen fest. Je nach zuvor erhobener Mobilität bekommen die Probanden drei bis fünf Reisebögen. Dabei werden sehr detaillierte Angaben zu den Reisen verlangt und sind für die teilnehmenden Personen sehr aufwendig. Zusätzlich wird erhoben, wann die letzte Reise stattfand und ob es noch mehr Reisen im Berichtszeitraum gibt. Die Haupterhebung wird als Längsschnitterhebung geführt und in einem Abstand von acht Monaten von denselben Teilnehmern noch weitere zwei Male wiederholt. Insgesamt beteiligten sich an der Haupterhebung 1.517 Personen. Abschließend wird wiederum aus der Stichprobe der Personen der Haupterhebung erneut eine Unterstichprobe gezogen, die einem Intensivinterview unterzogen werden. Dieses beschäftigt sich mit intermodalen Wegen in Form einer telefonischen Stated-Preference-Befragung.

Die Panelerhebung ergibt, dass 86 Prozent der Befragten zumindest eine Fernreise im Jahr absolvieren. Dies entspricht im Durchschnitt für alle Personen 7,5 Fernverkehrswege pro Jahr, mit Berücksichtigung der Wege die durch Fernpendeln entstehen sind es 8,8. Der häufigste Zweck entfällt mit einem Anteil von 62 Prozent auf Privatreisen ohne Urlaub, 21 Prozent sind Urlaubsreisen und 17 Prozent Geschäftsreisen. Etwa drei Viertel der Wege werden mit dem Pkw zurückgelegt, an zweiter Stelle steht die Eisenbahn mit elf Prozent, gefolgt vom Flugzeug (8 Prozent) und dem Bus (5 Prozent). Am häufigsten treten Reisen im Inland auf (84 Prozent), 14 Prozent führen in die restlichen Länder Europas und bei nur zwei Prozent der Reisen liegt das Ziel außerhalb Europas.

Aus den Ergebnissen der Erhebung konnte ein Reaktionsmodell gebildet werden, welches wiederum in ein Simulationsmodell implementiert wurde. Dieses zeigt, dass Potential für intermodale Fernverkehrswege gegeben ist, die Schaffung des zugehörigen Angebots ist jedoch unwirtschaftlich.

Ein Beispiel aus den USA betrifft eine Pilotstudie zum Thema Fernverkehr mit dem Namen Longitudinal Study of Overnight Travel [Aultman-Hall et al., 2015]. Die Teilnehmer beantworteten von Februar 2013 ein Jahr lang monatlich einen Fragebogen zu Reisen mit Übernachtung außerhalb der Heimatstadt über das Internet. Im ersten Monat konnte eine Stichprobe von 1.220 Personen gewonnen werden, wovon mehr als die Hälfte die Panelerhebung vollständig abschlossen. Die Probanden waren Personen mit Wohnsitz in den USA oder Kanada, ab einem Alter von 25 Jahren.

Um die erste Befragung nicht zu umfangreich werden zu lassen, wurden zunächst persönliche Daten erhoben, sowie geplante Reisen für die nächsten zwölf Monate. Die elf folgenden Erhebungen betrafen alle tatsächlich durchgeführten Reisen, neu geplante Reisen, Tagesreisen über 50 Meilen und Änderungen von bereits berichteten Angaben. Durch die Web-basierte Befragungsmethode konnten geplante Reisen aus vorangegangenen Monaten mit wenig Aufwand geändert, als abgesagt oder als

absolviert markiert werden. Eine weitere Erleichterung, die mit der Online-Befragung einherging, betraf die zeitsparende Eingabe des Zielorts und Zwischenstopps in einer interaktiven Karte inklusive der automatisch berechneten Wegdistanz. Außerdem war es möglich, bei Unklarheiten, Anregungen oder Bedenken einen Kommentar zu schreiben. Eine Übersicht aller berichteten Reisen befindet sich in Abbildung 4.

Im Anschluss an die letzte monatliche Befragung wurden einige zufällig ausgewählte Teilnehmer dazu eingeladen, ihre Erfahrungen bei einem Treffen in Fokusgruppen zu besprechen. Dieses Treffen und Auswertungen der Kommentare, sowie zu den Personen die an dem Panel nicht bis zum Schluss teilnahmen, konnten einige Erkenntnisse getroffen werden. Probleme traten dort auf, wo Auswahlmöglichkeiten fehlten, etwa bei der Angabe des Wegzwecks, bei unklaren Definitionen, wie zum Beispiel der Begriff der Reisegruppe, und bei der Einschätzung der Entfernung von Tagesreisen. Vor allem häufig Reisende schieden im Laufe der Erhebung aus und wenig Reisende fühlten sich zur Teilnahme oft nicht angesprochen, was durch entsprechende Rückmeldungen bekannt ist. Aus der Studie ergeben sich die Empfehlung der Beibehaltung der ganzjährigen Erhebung, des monatlichen Berichtintervalls und der Definition der Reise mit einer Übernachtung. Um die Last der Befragten zu reduzieren und dadurch einen geringeren Verlust an Probanden im Laufe des Panels zu erzielen, kann auf die Angabe geplanter Reisen verzichtet werden und sich wiederholende Reisen sollen vereinfacht eingegeben werden können.

Survey Number	New Planned trips	Existing Planned Trips	Completed Trips	Cancelled Trips	Respondents	New Planned Trips Per Respondent	Completed Trips Per Respondent
1 – Feb 2013	5,381	-	-	-	1220	4.41	-
2 – Mar 2013	662	4,293	1,050	415	1001	0.66	1.05
3 – Apr 2013	551	3,692	1,108	357	952	0.58	1.16
4 – May 2013	477	2,762	805	247	868	0.55	0.93
5 – June 2013	475	2,320	856	177	816	0.58	1.05
6 – July 2013	460	1,955	737	145	781	0.59	0.94
7 – Aug 2013	477	1,668	765	129	731	0.65	1.05
8 – Sept 2013	414	1,408	647	112	698	0.59	0.93
9 – Oct 2013	448	1,320	649	100	697	0.64	0.93
10 – Nov 2013	471	1,182	714	108	656	0.72	1.09
11 – Dec 2013	489	1,021	606	89	660	0.74	0.92
12 – Jan 2014	479	969	430	61	628	0.76	0.68
Total	10,784		8,367	1,940			

Abbildung 4: Berichtete Reisen pro Monat [Aultman-Hall et al., 2015]

Nationale Verkehrserhebungen mit eigener Erhebung des Fernverkehrs

Die aktuellsten Daten für Deutschland zum Thema Fernverkehr finden sich aus dem Jahr 2008 in der nationalen Haushaltsbefragung Mobilität in Deutschland, welche die KONTIV-Befragungen ersetzt und regelmäßig durchgeführt wird [Follmer et al., 2010]. Die Nettostichprobe umfasst 25.922 Haushalte mit 60.713 Personen mit Aufzeichnungen zu 193.290 Wegen. Der Erhebungszeitraum begann im Jänner 2008 und endete im April 2009. Die Haushalte wurden postalisch kontaktiert und, wobei ein Haushaltsfragebogen zugesendet wurde. Alle Haushalte mit einer verfügbaren Telefonnummer wurden telefonisch zu den Haushaltsangaben befragt, für die übrigen gab es die Möglichkeit den Haushaltsfragebogen am Papier oder online auszufüllen. Anschließend wurden die Wegeprotokolle versandt, wobei die Erhebung der Personen- und Wegeinformationen ausschließlich per Telefon durchgeführt wurde, um eine hohe Qualität und einen hohen Rücklauf zu erreichen. Dieses

telefonische Interview fand am Tag nach dem zu erhebenden Stichtag bis maximal zwei Wochen danach statt. Ziel war es, das Interview mit jeder Person einzeln durchzuführen und nur in Ausnahmefällen konnte ein anderes Haushaltsmitglied stellvertretend die Fragen beantworten. Angaben wurden für alle Personen ohne Altersbeschränkung gesammelt.

Der Fernverkehr wird mit einem eigenen Fragenteil in Form von Reisen erhoben, welche zumindest eine Übernachtung beinhalten. Konkret soll die Anzahl aller Reisen in den letzten drei Monaten genannt werden, die drei letzten werden detailliert betrachtet. Die geforderten Angaben sind der Zielort, der Zweck, das hauptsächlich verwendete Verkehrsmittel, die Anzahl der Übernachtungen, die Anzahl der begleitenden Haushaltsmitglieder und die geschätzte Entfernung des Reiseziels.

Insgesamt wurden 36.182 Reisen von Personen ab 14 Jahren erhoben. Die Zahl der Personen, die eine Angabe zu einer Reise mit Übernachtung in den letzten drei Monaten machen konnten, liegt bei 54 Prozent und ist im Vergleich zur MiD 2002 um drei Prozentpunkte gestiegen. Zwei Prozent der Personen geben an, mehr als 10 Reisen absolviert zu haben. Der Großteil der Reisen findet innerhalb Deutschlands statt, rund ein Viertel führen in andere Länder Europas und vier Prozent der Reiseziele liegen außerhalb Europas. Im Schnitt ergeben sich 1,4 Reisen pro Person für das Jahr 2008. Ebenso kann ein Anstieg in der Reisedauer festgestellt werden. Bei den Reisewegen gibt es eine Abnahme des Pkw-Anteils, während die Wahl der Eisenbahn und des Flugzeugs als Verkehrsmittel steigt. Dennoch bleibt der Pkw insgesamt am beliebtesten. Die Auswertung des Verkehrsmittels erfolgt entfernungsabhängig. Wege bis 250 Kilometer werden hauptsächlich mit dem Pkw (73 Prozent) und der Eisenbahn (22 Prozent) zurückgelegt, ab 2000 Kilometern liegt das Flugzeug mit 92 Prozent an erster Stelle. Der Hauptgrund für Reisen sind mit 43 Prozent Urlaube, rund ein Viertel Besuche und 18 Prozent Geschäftsreisen. Berufspendler sind dabei nicht berücksichtigt.

Die aktuellste Erhebung wurde im Jahr 2017 durchgeführt, die Ergebnisse werden im Laufe des Jahres 2018 zur Verfügung gestellt.

Der Mikrozensus in der Schweiz beinhaltet, ähnlich wie MiD, die Erfassung von Reisen mit zumindest einer Übernachtung. Zusätzlich existiert die Definition der Tagesreise, die alle Reisen umfasst, die nicht regelmäßig und außerhalb der gewohnten Umgebung stattfinden und eine Mindestdauer von drei Stunden aufweisen. Die letzte Erhebung im Jahr 2015 ergibt im Schnitt pro Person ab sechs Jahren 12,5 Tagesreisen in einem Jahr und ist damit um 1,1 Tagesreisen höher als im Jahr 2010. Die durchschnittliche Weglänge beträgt dabei 130 Kilometer und ist die Summe aus Hinweg, Rückweg und Wegen am Zielort. Bei Betrachtung der Gesamtdistanz aus Tagesreisen legen Männer, Personen zwischen 25 und 44 Jahren und Personen aus einem Haushalt mit hohem Einkommen die meisten Kilometer zurück. Als Verkehrsmittel wird zu 61 Prozent der Pkw und zu 32 Prozent der öffentliche Verkehr gewählt. Das Flugzeug erreicht einen Anteil von drei Prozent. Die häufigsten Gründe für Tagesreisen sind Besuche, gefolgt von Ausflügen, Kulturveranstaltungen & Freizeitanlagen, Sport, Wanderungen, Geschäftsreisen und andere.

Reisen mit zumindest einer Übernachtung werden jährlich 2,9-mal pro Person durchgeführt und sind 2015 um 0,4 Reisen häufiger als 2010. Hierbei werden regelmäßig stattfindende Übernachtungen nicht mitgezählt. Die durchschnittliche Reisedistanz nach selber Definition ist 2.620 Kilometer lang. Hinsichtlich der zurückgelegten Gesamtdistanz pro Personengruppe hat vor allem das Haushaltseinkommen einen großen Einfluss. Die Altersklasse zwischen 25 und 44 Jahren legt wiederum die meisten Kilometer zurück, der Unterschied zwischen Männer und Frauen ist nur sehr gering. 78 Prozent der Reisen werden mit dem Flugzeug zurückgelegt, das zweitbeliebteste Verkehrsmittel ist der

Pkw mit 16 Prozent und fünf Prozent entfallen auf den öffentlichen Verkehr. Über die Hälfte aller Reisen sind Urlaube oder Ausflüge, knapp ein Viertel Besuche und zehn Prozent Geschäftsreisen. [Perret et al., 2017]

Die finnische Verkehrserhebung findet im Abstand von sechs Jahren statt und wird bereits seit 1974 durchgeführt. Für die Erhebung in den Jahren 2009 und 2010 wurden über 12.000 Personen ab einem Alter von sechs Jahren mittels eines telefonischen Interviews befragt. Die Auswertung des Fernverkehrs betrifft alle Wege über 100 Kilometer. Erhoben werden diese über einen Zeitraum von 14 Tagen, wenn als Verkehrsmittel das Auto gewählt wurde, ansonsten beträgt der Berichtszeitraum 28 Tage. Der Anteil der Fernverkehrswege beläuft sich auf zwei Prozent, ist jedoch für 54 Prozent der Verkehrsleistung verantwortlich. Pro Person werden durchschnittlich pro Jahr 23 Fernverkehrswege zurückgelegt. Hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl erreicht der Pkw einen Anteil von 44 Prozent, der Zug elf, das Flugzeug sieben und der Bus sechs Prozent. 71 Prozent der Wege können der Freizeit zugeordnet werden, 21 Prozent sind Arbeits- und Geschäftswege und der restliche Teil setzt sich aus den Zwecken Ausbildung, Einkauf und Erledigungen zusammen. Die aktuellste Befragung wurde 2016 durchgeführt und wird im März 2018 veröffentlicht. [Finnish Transport Agency and WSP Finland Ltd, 2017]

Die nationale Verkehrserhebung in Norwegen fand zum siebten Mal in den Jahren 2013 und 2014 statt [Hjorthol et al., 2014]. Etwa 60.000 Personen ab 13 Jahren nahmen an der Befragung teil. Der Fernverkehr ist definiert als Weg mit einer Distanz über 100 Kilometer und einer Auslandsreise, unabhängig der Entfernung. Mehr als die Hälfte der Befragten unternahm eine Fernreise. Insgesamt ergeben sich pro Person 1,5 Reisen im Monat. Der Zweck für Fernreisen kann zu 40 Prozent Urlaubs- und Freizeitaktivitäten zugeordnet werden, 21 Prozent der Wege sind Besuche, 20 Prozent Geschäftswege. Die Fernreisen innerhalb Norwegens werden mit dem Auto zurückgelegt, für Urlaubs- und Freizeitziele wird für rund drei Viertel der Wege der Pkw verwendet. Bei den Geschäftswegen ist mit rund jedem zweiten Weg das Flugzeug am beliebtesten.

Reisen, die ins Ausland führen, werden hauptsächlich für Urlaub und Freizeit unternommen, andere private Gründe sind vor allem das Einkaufen. Elf Prozent der Auslandsreisen sind Geschäftsreisen. Das am häufigsten gewählte Verkehrsmittel ist mit 65 Prozent das Flugzeug.

Zusätzlich geben 40 Prozent der Norweger an, ein Ferienhaus zu besitzen. Dieses wird durchschnittlich einmal pro Monat aufgesucht.

Nationale Verkehrserhebungen mit verfügbaren Auswertungen zum Fernverkehr

In Belgien ersetzt die nationale Haushaltsbefragung Belgian Daily Mobility BELDAM die zuletzt durchgeführte und erste belgische Erhebung MOBIL (Enquête nationale sur la mobilité des ménage) im Jahr 1999 [Cornelis et al., 2010]. Der Erhebungszeitraum von BELDAM erstreckt sich über ein Jahr, von Dezember 2009 bis Dezember 2010. Die Vergleichbarkeit der beiden Erhebungen ist prinzipiell gegeben.

Zur Teilnahme berechtigt sind alle Personen aus dem belgischen Melderegister ab einem Alter von sechs Jahren. Die Befragung erfolgt in allen drei offiziellen Sprachen, Französisch, Niederländisch und Deutsch. Die Personen werden dabei gebeten, ihre Wege für einen vorgegebenen Stichtag

aufzuzeichnen. Für die Befragung werden unterschiedliche Methoden gewählt. Aus der gezogenen Stichprobe aller Haushalte erfolgt ein Resampling, das heißt, die Ziehung einer Unterstichprobe. Diese Haushalte sind für ein persönliches Interview ausgewählt. Dabei wird so vorgegangen, dass der Haushalt postalisch über die Auswahl zur Teilnahme informiert wird, ein Interviewer besucht vor dem Stichtag die Probanden an ihrem Wohnsitz, um einen Termin für das Einsammeln der Fragebögen zu vereinbaren. Bei einer Verweigerung der Teilnahme zu diesem Zeitpunkt wird vom Interviewer versucht, eine Non-Response-Erhebung durchzuführen. Bei dem Treffen am vereinbarten Termin, werden die Fragebögen auf Vollständigkeit und Richtigkeit kontrolliert, Probleme beim Ausfüllen besprochen und schließlich die Fragebögen aller Haushaltsmitglieder eingesammelt.

Alle übrigen Haushalte werden ebenso auf dem Postweg kontaktiert und bekommen die Erhebungsunterlagen zugesandt. Ist eine Telefonnummer des Haushalts bekannt, wird zwei Tage vor dem Stichtag ein Erinnerungsanruf durchgeführt, der zusätzlich zur Beteiligung motivieren und offene Fragen klären soll. Nachdem die Probanden ihr Wegeprotokoll ausgefüllt haben, wird in einem telefonischen Interview kontrolliert, ob die Personen das Wegeprotokoll richtig ausgefüllt und alle Fragen richtig verstanden haben. Kann keine Telefonnummer ermittelt werden, erfolgt die rein postalische Befragung. Die Rücklaufquote zeigt große Unterschiede der Methoden. Diese fiel am besten bei der kombinierten Variante aus und beläuft sich auf 30 Prozent. Das persönliche Interview erreicht einen Rücklauf von 17 Prozent der kontaktierten Haushalte, die rein postalische Methode 13 Prozent. Insgesamt konnten 15.821 Personen in 8.532 Haushalte für die Teilnahme an der Befragung gewonnen werden.

Der Fernverkehr wird nicht eigens erhoben, aber gesondert ausgewertet. Dabei werden alle Wege über 100 Kilometer berücksichtigt, die nicht Teil des alltäglichen Lebens sind. Ausgewertet werden diese Reisen nach den Merkmalen Geschlecht, Alter und Bildung. Unterschieden nach den drei Regionen Flandern, Wallonien und Brüssel wird zusätzlich die Anzahl der Reisen angegeben. Für Reisen ins Ausland gibt es zusätzlich Angaben zum Verkehrsmittel, Zweck und Land des Reiseziels.

71 Prozent der Befragten geben an, in den letzten 12 Monaten zumindest eine Reise mit einer Entfernung über 100 Kilometern absolviert zu haben, wobei sich eine Reise aus zwei Wegen zusammensetzt. Bei 19 Prozent der Befragten sind es zumindest zehn Reisen. Etwa ein Viertel der nicht Reisenden ist 65 Jahre alt oder älter. Insgesamt ergeben sich im Schnitt drei Reisen pro Person, von denen 52 Prozent ins Ausland führen. Somit geben 57 Prozent der Personen an, in den letzten 12 Monaten im Ausland gewesen zu sein. Bei der Verkehrsmittelwahl für Reisen ins Ausland liegt das Auto mit einem Anteil von rund zwei Drittel an erster Stelle, jeder fünfte Weg wird mit dem Flugzeug zurückgelegt und fünf Prozent entfallen jeweils auf die Verkehrsmittel Zug und Bus. Der Zweck von Auslandsreisen ist mit 73 Prozent zumeist Urlaub und Freizeit, 16 Prozent sind Besuche bei Freunden oder Verwandten und sieben Prozent sind geschäftlicher Natur.

Eine weitere Auswertung für Fernverkehrswegen gibt es zur nationalen Haushaltsbefragung in den Vereinigten Staaten, die von März 2001 bis Mai 2002 durchgeführt wurde [U.S. Department of Transportation, 2006]. Dazu zählen alle Wege ab einer Entfernung von 50 Meilen (entspricht 80 Kilometern) vom Wohnort. Pro Jahr werden in den USA 2,6 Milliarden Fernverkehrswege zurückgelegt, das entspricht täglich 7,2 Millionen Wegen. Mehr als die Hälfte der Wege wird für Freizeitzwecke zurückgelegt, 16 Prozent sind Geschäftsreisen und sonstige private Gründe und Arbeitswege erreichen jeweils einen Anteil von 13 Prozent. Mit 90 Prozent ist der Pkw das vorherrschende Verkehrsmittel für Fernverkehrswege. Für eine Distanz von 50 bis 250 Meilen werden 97 Prozent der Wege mit dem Pkw

zurückgelegt. Bei Wegen mit Entfernungen ab 1.500 Meilen ist das Flugzeug das beliebteste Verkehrsmittel, wobei immer noch 15 Prozent der Wege mit dem Pkw absolviert werden. Insgesamt erreicht das Flugzeug einen Anteil von sieben Prozent, der Bus zwei Prozent und die Eisenbahn ein Prozent. Es konnte beobachtet werden, dass Fernverkehrswege, die ihren Ursprung in der Stadt oder einem städtischen Gebiet haben, häufiger mit einem öffentlichen Verkehrsmittel zurückgelegt werden. Weiters wechselt das Verkehrsmittel für den Hin- und Rückweg bei acht Prozent der Wege, die mit dem öffentlichen Verkehr durchgeführt werden. Dabei zählen per Definition alle Verkehrsmittel, der Pkw ausgenommen, zum öffentlichen Verkehr.

Eine aktuelle Befragung wurde im April 2017 beendet, die Veröffentlichung der Daten ist derzeit noch nicht erfolgt.

Tourismuserhebungen

Tourismusstatistiken sind für alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union vorgeschrieben. Diese beinhalten zumindest Angaben zu verfügbaren Nächtigungsmöglichkeiten und deren Auslastung, sowie die Tourismuskonsum der Bevölkerung des jeweiligen Landes. Die Nächtigungsstatistik wird meist mit Daten erstellt, die von den Touristen in ihren Unterkünften angegeben werden müssen. Die Tourismuskonsum wird entweder durch Grenzzählungen oder Befragungen erhoben. [EUROSTAT, 2017]

Eine Quelle für statistische Auswertungen des Tourismus aller Länder der EU ist EUROSTAT. Insgesamt ergeben sich für das Jahr 2016 1,2 Milliarden Reisen bei Berücksichtigung der Einwohner der EU28-Staaten ab einem Alter von 15 Jahren. 62 Prozent der Personen unternahmen zumindest eine Reise zu privaten Zwecken. Den höchsten Wert erzielt die Bevölkerung Finnlands mit rund 89 Prozent, während in Rumänien lediglich 24 Prozent der Personen reisten. Rund drei Viertel der Reiseziele liegen im eigenen Land und umfassen größtenteils kurze Aufenthalte von einer bis drei Übernachtungen. Aufenthalte im Ausland dauern durchschnittlich länger. [EUROSTAT, 2017]

Weitere Zahlen für Tourismus werden unter anderem vom European Parliamentary Research Service und von der European Travel Commission bereitgestellt, oder finden sich im World Travel Trends Report.

Fernverkehrserhebungen mit alternativen Methoden

Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, wurden Mobilfunkdaten bereits erfolgreich für die Ermittlung von Fernverkehr beziehungsweise Tourismus in Frankreich und Estland eingesetzt. Auch auf europäischer Ebene besteht Interesse am Einsatz von Mobilfunkdaten. Im Jahr 2014 führte EUROSTAT eine Machbarkeitsstudie für die Verwendung von Mobilfunkdaten für Tourismuserhebungen durch [Ahas et al., 2014]. Die Ergebnisse zeigen, dass der Zugang zu Mobilfunkdaten in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich ausfällt und sich zumeist aus Datenschutzgründen als schwierig erweist. Dadurch ist die Möglichkeit einer europaweiten Tourismuserhebung mittels Mobilfunksignalisierungsdaten nicht möglich, die Entwicklungen einzelner Länder können jedoch beobachtet werden.

Wegen fehlender Daten, die für Tourismuserhebungen in der EU-Vorschrift 692/2011/EU verpflichtend enthalten sein müssen, beschränkt sich die Verwendung von Mobilfunkbewegungsdaten auf eine Ergänzung zu bestehenden Erhebung. Der größte Gewinn dieser Zusatzinformationsquelle

ergibt sich durch eine hohe Aktualität der Daten, die Erfassung von nicht gemeldeten oder unbezahlten Übernachtungen und eine detailliertere Aufenthaltsbestimmung.

Die angeführten Beispiele zeigen, dass sich der Vergleich des Fernverkehrs für verschiedene Länder als schwierig erweist. Die nationalen Erhebungen unterscheiden sich nicht nur in der Definition des Fernverkehrs, sondern auch in der Erhebungsmethodik, dem Berichtszeitraum für den Fernverkehr und in der Auswertung. Der Einbezug von Arbeitswegen konnte als weiterer Unterschied in der Definition des Fernverkehrs identifiziert werden. Ein weiteres Hindernis in Bezug auf nationale Verkehrserhebungen ist, dass diese für manche Länder nicht oder nur teilweise frei zugänglich sind, oder der Bericht zur Studie nur in der Landessprache vorliegt.

Europaweit stattfindende Befragungen, die sich mit dem Fernverkehr beschäftigen, sind um einheitlichere Vorgehensweisen bemüht, wobei immer noch Verbesserungen gewünscht und getestet werden, die eine veränderte Methodik bewirken. Vor allem EUROSTAT liefert in diesem Bereich viele Studien.

Eine weitere Informationsquelle bieten Tourismusstatistiken, die zumindest Fernverkehrswege mit Nächtigungen in offiziellen Unterkünften beinhalten.

3 Methodik der Arbeit

Dieses Kapitel soll einen Überblick über die angewendete Vorgehensweise geben. Abbildung 5 zeigt den grundsätzlichen Ablauf der Auswertungen der beiden Wegerhebungsmethoden.

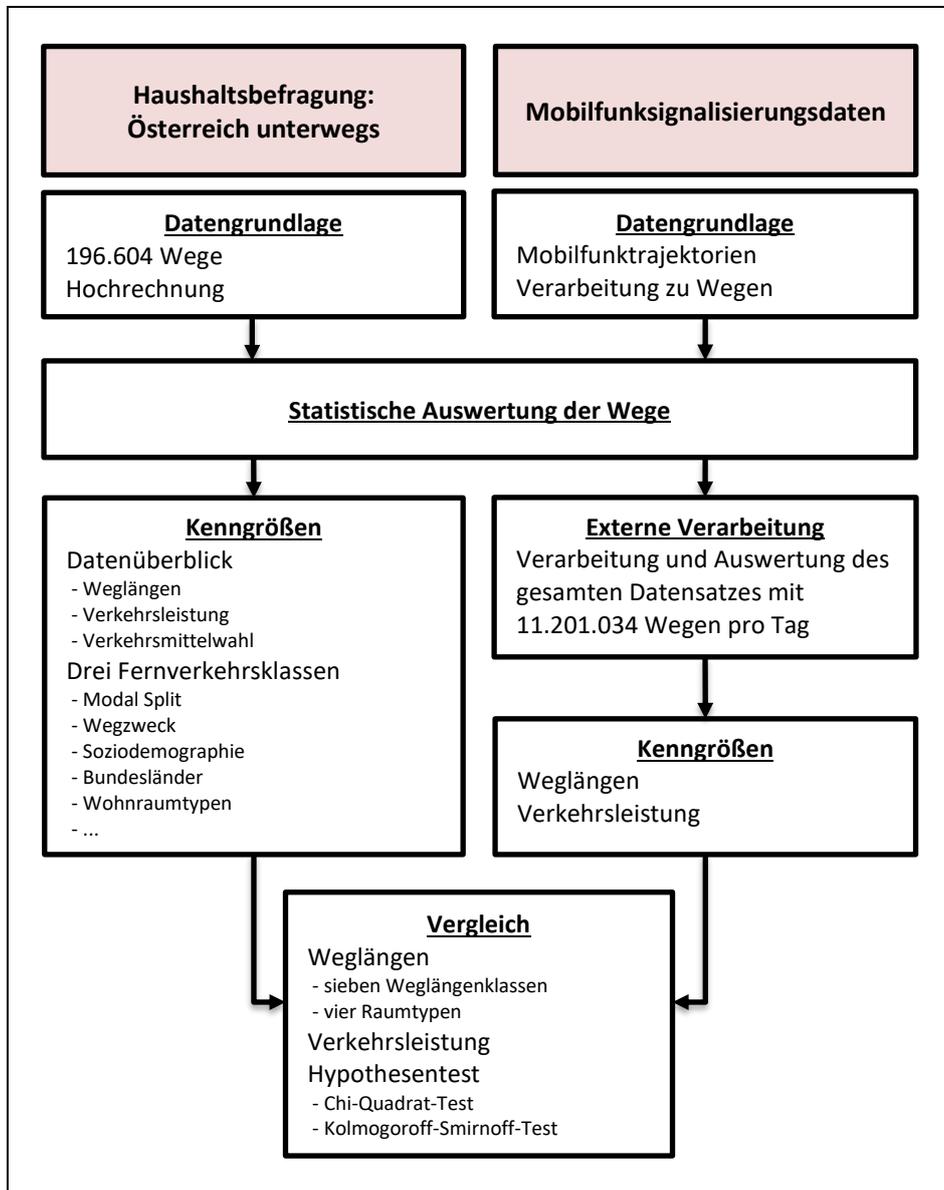


Abbildung 5: Schematische Darstellung des methodischen Ablaufs

Österreich unterwegs ist eine bereits abgeschlossene Haushaltsbefragung, deren Ziel die Abbildung der alltäglichen Mobilität der Österreicher ist. Im Datensatz sind Informationen über den Haushalt, die darin lebenden Personen, die verfügbaren Fahrzeuge und alle Wege für zwei aufeinanderfolgende Stichtage enthalten. Im Gegensatz zu anderen nationalen Verkehrserhebungen, wurde im abschließenden Bericht auf eine eigene Auswertung des Fernverkehrs verzichtet. In dieser Arbeit sollen die verfügbaren Rohdaten genutzt werden, um den Fernverkehr in Österreich darzustellen.

Zunächst werden allgemeine Aussagen über die Rohdaten getroffen, um einen Überblick über die Daten zu geben. Dazu werden erreichte Stichproben angeführt, Kenngrößen wie Mittelwert und Median berechnet und der Außer-Haus-Anteil betrachtet. In weiterer Folge müssen die Rohdaten

gewichtet und hochgerechnet werden, damit ein Datensatz entsteht, der das Mobilitätsverhalten aller Österreicher beschreibt. Die Hochrechnungsfaktoren, die eine Gewichtung und die Hochrechnung beinhalten, wurden bereits für das Projekt Österreich unterwegs ermittelt und stehen ebenfalls zur Verfügung. Durch deren Anwendung können, im Rahmen einer statistischen Sicherheit, korrekte Aussagen für die österreichische Bevölkerung getroffen werden.

Im Folgenden wird allgemein gezeigt, wie sich die Verteilung der Weglängen darstellt. Zu diesem Zweck erfolgt eine Einteilung in sieben „Weglängenklassen“. Parallel dazu ist die zugehörige Verkehrsleistung ersichtlich. In einer weiteren Auswertung wird jede Weglängenkategorie aufgesplittet in die gewählten Verkehrsmittel.

Der nächste Teil beschäftigt sich eingehend mit dem Fernverkehr. In dieser Arbeit sollen bei der Auswertung alle Wege ab 50 Kilometer berücksichtigt werden. Wie in Kapitel 2.4.1 beschrieben, ist eine Definition des Fernverkehrs nicht einheitlich verfügbar. Aus diesem Grund werden die Auswertungen für drei Fernverkehrsklassen durchgeführt, um die Unterschiede darzustellen. Deshalb wird der Fernverkehr bewusst nicht unterteilt, sondern jeweils ab 50, 75 und 100 Kilometern nebeneinander dargestellt. Auf diese Weise werden verschiedene Auswertungen für alle Wege und die drei Fernverkehrsklassen vorgenommen. Dazu zählt der Modal Split, der das gewählte Verkehrsmittel zeigt und der Wegzweck, der in der Regel die Aktivität beschreibt, die am Ende des Weges ausgeübt wird. Dabei erfolgt die Unterscheidung zwischen einem Werktag, Samstag und Sonntag. Die soziodemographischen Auswertungen werden dargestellt, indem die Verteilung der Personen, der Wege insgesamt und der Wege der drei Fernverkehrskategorien in jeder Klasse gegenübergestellt werden. Hier betreffen die verschiedenen Klassen das ausgewertete Merkmal, das zu Österreich unterwegs konform unterteilt wird. Dazu gehören das Alter, das Geschlecht, die Bildung, der Beruf, das Wohnbundesland und der Wohnraumtyp. Diese Auswertungen beziehen sich auf einen durchschnittlichen Wochentag.

Hinsichtlich der einzelnen Bundesländer sind die weiteren Vergleiche der Modal-Split und der Wegzweck aller Wege ab 50 Kilometern. Für die Auswertung der Wohnraumtypen werden die Weglängenklassen, die jenen der allgemeinen Auswertungen entsprechen, in die vier verschiedenen Raumtypen aufgeteilt. Die Raumtypen sind in Österreich unterwegs festgelegt und werden den Personen über den Wohnort als Attribut zugeordnet.

Alle Auswertungen, sowie die wirtschaftliche Situation des Haushalts, liegen in tabellarischer Form für einen durchschnittlichen Wochentag für Österreich und alle neun Bundesländer und für einen durchschnittlichen Werktag für Österreich vor, wobei sich in dieser Arbeit nur die in diesem Kapitel beschriebenen Auswertungen befinden.

Weiters wird auf die Wege eingegangen, die nicht ausschließlich in Österreich stattfinden und auf die Wege pro Person und Tag für die unterschiedlichen Wochentagstypen und Bundesländer. Den Abschluss bildet die Auswertung der beliebtesten Zielgemeinden. Diese werden ermittelt, indem die Endpunkte aller Wege, die in einer Gemeinde enden, aufsummiert und auf die Einwohnerzahl bezogen werden.

Die Mobilfunkbewegungsdaten umfassen alle Events, die vom österreichischen Netzbetreiber A1 Telekom Austria an sechs ausgewählten Werktagen im Oktober 2017 aufgezeichnet wurden. Die bei aktiver und passiver Nutzung des Mobiltelefons entstehenden Events liegen in Form von Punkten vor, die durch ein Koordinatenpaar, Datum und Uhrzeit räumlich und zeitlich festgelegt sind. Um aus den einzelnen Punkten einen analysierbaren Datensatz zu erhalten, müssen die Aufzeichnungen

vorverarbeitet werden. Dieser Teil der Arbeit ist ein iterativer Prozess, bei dem der Algorithmus zur Datenbearbeitung immer weiter verbessert wird. Aufgrund der großen Datenmenge, die durch beinahe drei Millionen aktiver Sim-Karten entsteht, beschränkt sich dieser Arbeitsschritt auf einen Auszug von einigen IDs.

Als erstes werden die Daten von Ausreißern, die die Ergebnisse verfälschen würden, bereinigt. Das dafür gewählte Kriterium ist eine Beschränkung der maximalen Geschwindigkeit. In weiterer Folge werden Aufenthalte ermittelt. Diese sind gekennzeichnet durch nahe beieinanderliegende Punkte und eine geringe dazwischenliegende Geschwindigkeit. Die betroffenen Punkte werden zu einem Aufenthalt zusammengefasst. Aufenthalte, welche zumindest 15 Minuten dauern, werden als stationär betrachtet und stellen die Anfangs- und Endpunkte der einzelnen Wege eines Mobilfunkgeräts und dessen Nutzer dar. Kürzer andauernde Aufenthalte werden als Zwischenstopps betrachtet. Mit den festgelegten Aufenthalten können letztendlich die dazwischenliegenden Wege über die verbleibenden Punkte berechnet werden. Die genaue Vorgehensweise wird in Kapitel 5.1 beschrieben.

Die abschließende Bearbeitung der Rohdaten wird extern durchgeführt. Dafür wird ein Hadoop-Cluster, ein Parallelrechnersystem, eingesetzt. Die Einbettung eines Shape-Files für die Unterscheidung der Raumtypen ist ebenfalls nur bei der externen Berechnung vorhanden. Das Shape-File wird so erstellt, dass die Raumtypen in Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten übereinstimmen. Die Ausgabe des Hadoop-Clusters liefert die Anteile der Weglängenklassen für alle Weglängen und die Verkehrsleistung in Österreich und die Weglängen je Raumtyp. Die Weglängenklassen stimmen ebenfalls mit den in der Auswertung von Österreich unterwegs gewählten überein, um die Vergleichbarkeit in der späteren Gegenüberstellung zu gewährleisten.

Die Stichprobenzahl ergibt sich als Durchschnittswert aller aktiven IDs, die an den sechs Werktagen ermittelt wurden und nicht die Grenze Österreichs überschreiten.

Schließlich werden die beiden Verkehrserhebungen miteinander verglichen. Limitierend ist dabei der eingeschränkte Informationsgehalt der Mobilfunkdaten. Gegenübergestellt werden können die Verkehrsleistung, die Weglänge und die Weglängen je Raumtyp. Damit aufgrund des unterschiedlichen Erhebungszeitraums kein Fehler entsteht, werden diese Parameter für Österreich unterwegs noch einmal mit einem veränderten Datensatz ausgewertet. Dazu werden alle Wege außerhalb Österreichs entfernt und der Hochrechnungsfaktor für Werktage im Herbst angewendet. Dennoch muss bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden, dass die beiden Methoden unterschiedlichen Voraussetzungen unterliegen.

Die Abweichungen, die sich aus den zwei unterschiedlichen Verkehrserhebungen ergeben, werden durch die graphische Darstellung der Differenzen aus den beiden Verteilungen verdeutlicht. Zusätzlich wird die Zusammensetzung der Weglängen aus den vier Raumtypen für jeden Raumtyp einzeln betrachtet.

Weitere Erkenntnisse entstehen durch die Anwendung statistischer Tests. Ein statistischer Test ermöglicht unter anderem einen Vergleich von zwei Stichproben, hinsichtlich ihrer Verteilung, Mittelwerte und Varianzen. Das Ziel dieser Tests liegt darin, eine Aussage darüber treffen zu können, ob die beiden Stichproben derselben Grundgesamtheit entstammen und die Unterschiede der genannten Kenngrößen nur zufällig entstehen, oder ob sich die beiden Verteilungen grundsätzlich unterscheiden. Diese Aussage kann auf Basis einer gewählten Wahrscheinlichkeit getätigt werden.

Allen statistischen Tests folgen dem selben Ablauf. Zunächst wird eine Hypothese aufgestellt, die sogenannte Nullhypothese H_0 , die besagt, dass die beiden Stichproben derselben Population angehören. Das Gegenstück dazu stellt die Alternativhypothese H_A dar. Danach wird das Signifikanzniveau festgelegt, das die sogenannte Irrtumswahrscheinlichkeit festlegt. Als nächstes wird der kritische Bereich festgelegt, der durch die Prüfgröße abgegrenzt wird. Diese Prüfgröße lässt sich aus Tabellen ablesen, oder berechnen. Sie hängt zum einen davon ab, welcher Test gewählt wurde und zum anderen vom Signifikanzniveau und der Anzahl der Freiheitsgrade, die wiederum von der Stichprobengröße abhängt. Ist der kritische Bereich festgelegt, wird der beobachtete Wert aus der Stichprobe ermittelt. Das Vorgehen unterscheidet sich je nach Art des Tests. Fällt nun der beobachtete Wert in den kritischen Bereich, wird die Nullhypothese verworfen und es kann davon ausgegangen werden, dass die Alternativhypothese gültig ist. Liegt der beobachtete Wert hingegen im Annahmebereich, wird die Nullhypothese angenommen.

Die Wahl des Tests ist hauptsächlich von der vorliegenden Form der zu untersuchenden Stichproben abhängig, da für jeden Test unterschiedliche Voraussetzungen erfüllt sein müssen. In dieser Arbeit werden der Chi-Quadrat-Test und der Kolmogoroff-Smirnoff-Test angewendet, mit welchen geprüft werden soll, ob Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten aus derselben Grundgesamtheit stammen. Die beiden Tests setzen keine bestimmte Verteilung voraus und ermöglichen den Vergleich der Verteilungen. [Sachs, Hedderich, 2006]

Alle Bearbeitungen, Zwischenergebnisse und Auswertungen werden mit der Open Source Software R Project erstellt. Das Programm ist für statistische Berechnungen und zur Erstellung von Graphiken ausgelegt.

4 Auswertung und Analyse der Verkehrserhebung „Österreich unterwegs“

In Österreich fand die letzte nationale Verkehrserhebung im Jahr 1995 statt. Mehr als 15 Jahre später ersetzt nun die Haushaltsbefragung Österreich unterwegs diese Daten. Die Haushaltsbefragung wurde innerhalb eines Jahres - von Oktober 2013 bis Oktober 2014 – durchgeführt und liefert erstmals das Verkehrsverhalten der Österreicher im Jahresverlauf. Zu den Auftraggebern zählen das *Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie*, die *Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-AG*, die *Österreichischen Bundesbahnen Infrastruktur AG* und die Bundesländer Burgenland, Niederösterreich, Steiermark und Tirol. Bei der Befragung wurden aus dem Melderegister an zwei bestimmten Stichtagen per Zufall Personen ausgewählt, die der Ansprechpartner für ihren Haushalt waren. Die Verantwortlichen für die Stichprobenauswahl und die externe Qualitätssicherung waren Sammer und Partner Zivilingenieur GmbH ZIS+P und das Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur BOKU-Ive. Die Stichprobenziehung erfolgte nicht proportional, das bedeutet, dass aus verschiedenen Gebieten unterschiedlich große Stichproben gezogen wurden. Die Gründe dafür sind ein weiteres Projekt, für welches die Daten im Rahmen von Österreich unterwegs miterhoben wurden und die Erreichung eines gleich großen statistischen Fehlers für Raumtypen, Bezirke und Gemeinden. Das angesprochene Projekt ist „BRAWISIMO“ (Region **B**ratislava **W**ien: Studie zum **M**obilitätsverhalten), welches die Grundlage für Planungsentscheidungen für den zunehmenden Verkehr zwischen Nordostösterreich und der Slowakei bieten soll.

Die ausgewählten Haushalte wurden mittels einer Vorankündigung kontaktiert. Danach folgte die Zusendung der Fragebögen, die von jeder im Haushalt lebenden Person ab sechs Jahren ausgefüllt werden sollte. Die Erhebung konnte von den Teilnehmern wahlweise telefonisch, schriftlich oder über das Internet durchgeführt werden. Die Erhebung selbst oblag dem deutschen Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH infas und TRICONSULT – Wirtschaftsanalytische Forschung GesmbH aus Wien. Folgende Inhalte wurden erfasst:

- Fragen zum Haushalt
 - Anzahl der Personen im Haushalt
 - Anbindung an den öffentlichen Verkehr
 - Mitgliedschaft bei einem Carsharingunternehmen
 - Einschätzung der wirtschaftlichen Situation des Haushalts
 - Anzahl der Fahrräder beziehungsweise E-Bikes
 - Anzahl der Mopeds und Motorräder
 - Anzahl der vorhandenen PKW
 - Detailfragen zu den PKW

- Fragen zu den Personen
berücksichtigt wurden alle Personen ab sechs Jahren
 - Geburtsjahr
 - Geschlecht
 - höchster Schulabschluss
 - Beschäftigung
 - Fragen zum Arbeitsplatz
 - Führerscheinbesitz
 - Fahrzeugverfügbarkeit
 - Besitz von Zeit- oder Ermäßigungskarten
 - Nutzung von Navigationsdiensten
 - Betreuung von Personen

- Fragen zu den Wegen an den Stichtagen
hier wurden zwei aufeinanderfolgende Stichtage vorgegeben, wobei unterschiedliche Haushalte über das Jahr verteilte Stichtage zugeteilt bekamen
 - Wochentag
 - Datum
 - Startort des ersten Weges
 - Startzeit, Zweck, benutztes Verkehrsmittel, Ziel, Zielzeit und Länge aller Wege
 - nur bei CATI und CAWI: Anzahl der Begleitpersonen

Haushalte mit bekannter Telefonnummer erhielten einen Tag vor den festzuhaltenden Tagen einen Erinnerungsanruf. Wurden die ausgefüllten Unterlagen nicht zurückgeschickt, erhielten die jeweiligen Haushalte nacheinander drei postalische oder telefonische Erinnerungen mit je zwei neuen Stichtagen, danach wurden die Fragebögen noch einmal komplett zugeschickt.

Die Erhebungstage wurden über das ganze Jahr und über alle sieben Tage der Woche verteilt. Die Daten liegen in vier miteinander verknüpften Ebenen vor: Haushalte, Fahrzeuge und Personen, Berichtstage, Wege. [Follmer et al., 2016; Sammer et al., 2016]

4.1 Stichprobenrohdaten

4.1.1 Anpassung der Daten

Alle Daten wurden im ersten Schritt von *HERRY Consult GmbH*, dem Unternehmen, das mit der Auswertung der Daten beauftragt wurde, einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Fehlende und nach den festgelegten Kriterien falsche Angaben wurden automatisch ersetzt, wenn dies möglich war. Andernfalls erfolgte eine Markierung als nicht plausibler Wert. Zum Beispiel wurde die Plausibilität der Fortbewegungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit des Verkehrsmittels, des Alters in Kombination mit der abgeschlossenen Ausbildung und der Erwerbstätigkeit überprüft, oder Immobilität bei Angabe von Wegen durch Mobilität ersetzt. Weiters wurden alle nicht verwertbaren Personen- und

Haushaltsinterviews vom Datensatz ausgeschlossen. Nicht verwertbar gelten jene Interviews, bei denen zu wenige Angaben vorhanden sind. Im Detail müssen von einer Person das Alter und das Geschlecht bekannt sein, zusätzlich ist es notwendig, dass Immobilität angegeben wurde, oder von mindestens der Hälfte der Wege der Start- oder Zielzeitpunkt, das Hauptverkehrsmittel, Zielzweck und -adresse bekannt sind. Der Haushalt ist verwertbar, wenn die Wohngemeinde und die Anzahl der Personen ab sechs Jahren angegeben wurden und von zumindest der Hälfte der Personen gültige Interviews vorliegen.

Bei der weiteren Bearbeitung der Rohdaten wurden Änderungen, die die Wege betreffen, durchgeführt. Fehlende Wege nach Hause am Ende eines Erhebungstages wurden ergänzt, wenn der erste Weg des nächsten Berichtstages nicht am letzten Zielort startete. Zusätzlich wurden dabei die Kriterien Wegzweck, Wochentag, Weglänge, und Hauptverkehrsmittel berücksichtigt und Wege nur dort eingefügt, wo diese logisch und wahrscheinlich waren. Außerdem wurden fehlende Zwischenwege eingefügt, wenn die Aufenthaltsdauer in Abhängigkeit des Zwecks sehr lang war und Ziel- und Quellzweck der aufeinanderfolgenden Wege nicht übereinstimmten. Durch die Festlegung dieser Kriterien konnte die Datenkorrektur automatisiert erfolgen, eine manuelle Bearbeitung wäre aufgrund der großen Datenmenge mit einem zu hohen Aufwand verbunden gewesen.

Andere Wege mussten zusammengefasst werden, da die befragten Personen Wegetappen angaben, oder geteilt werden, wenn die Aktivität des angegebenen Wegzwecks über die gesamte Wegdauer stattfand, obwohl der Weg selbst zeitlich kürzer war.

Auf diese Weise wurden insgesamt 19.070 Wege ergänzt. Im nächsten Schritt wurden zunächst 542 zu viel eingefügte Wege wieder gelöscht. Diese Wege entstanden durch die fehlerhafte Angabe des Zielzwecks, wodurch zu viele Zwischenwege und versteckte Rückwege nochmals imputiert wurden. Nach der Korrektur des Zielzwecks war wiederum eine automatisierte Entfernung der redundanten Wege möglich. Abschließend wurden die zuvor als unplausibel ermittelten Angaben korrigiert. Dies umfasste eine zu hohe Anzahl an Fahrzeugen pro Person, die ersetzt wurde durch „keine Angabe“, die zeitliche Abfolge von Wegen, die manuell korrigiert werden musste, Wegzweckanpassungen und weitere. Besondere Beachtung fand die Korrekturen von Weglänge und Wegdauer. Erschienen diese unrealistisch, erfolgte eine Anpassung der Daten, um eine Verfälschung des Ergebnisses für Durchschnittswerte zu verhindern. Die Korrektur basierte auf üblichen Durchschnittswerten der angegebenen Verkehrsmittel. [Tomschy et al., 2016b]

4.1.2 Erzielte Stichproben

Im Zuge von Österreich unterwegs wurden 65.080 Haushalte kontaktiert (bereinigte Bruttostichprobe). An der Umfrage beteiligten sich 18.232 Haushalte. Nach der Korrektur von Falschangaben und dem Abzug der nicht verwendbaren Befragungen, ergibt sich eine verwertbare Nettostichprobe von 17.070 Haushalten. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der erzielten Stichproben nach Ausscheiden aller Personen und Wege, die den nicht verwertbaren Haushalten zugeordnet waren [Tomschy et al., 2016a].

Tabelle 2: verwertbare Nettostichproben, Datenquelle Österreich unterwegs

	Stichprobengröße
Haushalte	17.070
Personen	38.220
Berichtstage	76.440
Wege	196.604

Somit konnte die im KOMOD-Handbuch geforderte Mindestnettostichprobe für österreichweite Mobilitätserhebungen von 14.300 Personen erreicht werden.

Bei einem Vergleich der erzielten Stichproben in den einzelnen Bundesländern ergibt sich die höchste Personenbeteiligung, gemessen an den Einwohnern ab 6 Jahren [Statistik Austria], in den Bundesländern Burgenland, Niederösterreich, Steiermark und Tirol. Die Ursache dafür liegt in der Beteiligung der jeweiligen Länder als Mitauftraggeber und deren zusätzlichen Anforderungen, die zu einer Stichprobenverdichtung geführt haben. Die niedrigste Beteiligung ergibt sich in Oberösterreich, obwohl in diesem Bundesland die Rücklaufquote niedriger angenommen wurde, da kürzlich zuvor eine landesweite Erhebung durchgeführt worden war. Aus diesem Grund wurde dieselbe Annahme für Salzburg getroffen, mit 0,4 Prozent der Einwohner liegt Salzburg im Durchschnitt der nicht mitbeteiligten Bundesländer.

Tabelle 3: erzielte Stichproben der Personen in den einzelnen Bundesländern, Datenquelle Österreich unterwegs und Statistik Austria

Bundesland	B	K	NÖ	OÖ	Sb	St	T	V	W
Personen	2.925	1.733	9.182	2.137	1.774	8.704	4.317	1.541	5.907
[%] der Einwohner	1,1	0,3	0,6	0,2	0,4	0,8	0,6	0,4	0,4

Hinsichtlich des Fernverkehrs ergibt sich eine Stichprobe von 10.904 Wegen, das entspricht 5,5 Prozent der Gesamtwegeanzahl (Tabelle 4). Davon sind 5.564 Wege über 75 Kilometer und 3.775 Wege über 100 Kilometer lang.

Tabelle 4: Stichprobe der Fernverkehrswege, Datenquelle Österreich unterwegs

Anteil des Fernverkehrs	Anzahl der Wege	[%]
Wege \geq 50 km	10.904	5,5
Wege \geq 75 km	5.564	2,8
Wege \geq 100 km	3.775	1,9
Wege gesamt	196.604	100

Im Anhang befinden sich noch weitere Stichprobenzahlen zu den Jahreszeiten und dem Wochentagstyp (Tabelle 24 & Tabelle 25).

In weiterer Folge werden die einzelnen Verkehrsmittel betrachtet. Tabelle 5 soll zeigen, wie sich die erhobenen Wege auf die einzelnen Verkehrsmittel verteilen, bevor die Zusammenfassung zu Klassen vorgenommen wird. Viele Verkehrsmittel, die hauptsächlich dem Fernverkehr angehören, erzielen nur geringe Stichproben. Als Beispiele hierfür sind Reisebusse, Flugzeuge und LKWs zu nennen. Ebenfalls ein sehr geringer Anteil der Wege wird in der Kategorie „Eisenbahn/Schnellbahn/Fernzug“ und mit dem Schiff, dem Motorrad/Moped und dem Taxi zurückgelegt.

Zu der Kategorie „anderes Verkehrsmittel“ gehören Seilbahnen, landwirtschaftliche Geräte, Zahnradbahnen und sonstige Luftfahrzeuge. Verkehrsmittel wie Skateboards und Rollschuhe gehören zu den Fußwegen. Diese Einteilung wurde vom KOMOD-Handbuch übernommen.

Tabelle 5: Stichproben der Wege je Hauptverkehrsmittel, Datenquelle Österreich unterwegs

Hauptverkehrsmittel	Zu Fuß	Fahrrad	Taxi	Pkw Lenker	Moped/Motorrad	Pkw Mitfahrer	Stadt-/Regionalbus	Straßen-/U-Bahn
Wege	33.946	11.740	377	91.510	1.571	29.298	7.931	11.462
Wege [%]	17,3	6,0	0,2	46,5	0,8	14,9	4,0	5,8
Hauptverkehrsmittel	Eisen-/Schnellbahn/Fernzug	Reisebus	Lkw	Flugzeug	Schiff	anderes Verkehrsmittel	keine Angabe	gesamt
Wege	6.459	317	101	109	28	754	1.001	196.604
Wege [%]	3,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,4	0,5	100,0

4.1.3 Auswertung

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Verteilung der Weglängen, die in den Rohdaten vorhanden sind. Die kürzesten Wege sind 10 Meter lang, das Maximum liegt bei 6.738 Kilometern. Ein Weg ist im Durchschnitt rund 14 Kilometer lang. Der Median beträgt fünf Kilometer und liegt deutlich unter dem Mittelwert. Das heißt, dass zumindest die Hälfte aller Wege bis fünf Kilometer lang sind und eine rechtsschiefe Verteilung vorliegt. Auch das dritte Quartil liegt mit 14 Kilometern noch leicht unter dem Mittelwert. Die Hälfte aller Wege sind zwischen zwei und 14 Kilometer lang.

Tabelle 6: Kennwerte der Weglängen, Datenquelle Österreich unterwegs

Weglänge						
	Minimum	1. Quartil	Median	Mittelwert	3. Quartil	Maximum
[km]	0,01	2	5	14,47	14	6.738

Die befragten Personen waren an 77 Prozent der Tage mobil, die übrigen 23 Prozent der Tage verbrachten sie ausschließlich zu Hause. In der späteren Hochrechnung ergibt sich laut Österreich unterwegs ein Verhältnis von 79 zu 21 Prozent.

Tabelle 7: Außer-Haus-Anteil, Datenquelle Österreich unterwegs

	Tage	Prozent
mobil	59.141	77%
nicht mobil	17.299	23%
gesamt	76.440	100%

4.2 Hochgerechneter Datensatz

Für die weiteren Auswertungen werden die zuerst gewichteten und danach hochgerechneten Daten verwendet. Die Hochrechnungsfaktoren wurden bereits im Rahmen von „Österreich unterwegs“ ermittelt.

Die vorangehende Gewichtung war aus mehreren Gründen notwendig. Zum einen wurde beobachtet, dass die Wegehäufigkeit am zweiten Stichtag geringer ausfiel, was einem Ermüdungseffekt der Befragten zugeschrieben wurde. Um Mobilitätskennziffern korrekt abzubilden, musste die Anzahl der Wege am zweiten Stichtag nach oben korrigiert werden. Zum anderen gab es aufgrund der Interessen der Mitauftraggeber und des Projekts „BRAWISIMO“ Verdichtungen im räumlichen und zeitlichen Bereich. So kam es in den betroffenen Bundesländern zu Verdichtungen auf Gemeinde- und Bezirksebene, sowie zu bezirksübergreifenden Verdichtungen. Um eine Überrepräsentanz zu verhindern, wurden diese Gebiete und alle Wohnraumtypen der einzelnen Bundesländer gesondert betrachtet und separat gewichtet. Somit wurde die zeitliche und soziodemographische Auswertung für 49 Teilgebiete realisiert. Zeitliche Verdichtungen entstanden durch eine unterschiedliche Verteilung der Berichtstage über die Wochentage und Jahreszeiten. Die soziodemographische Gewichtung wurde für die Parameter Haushaltsgröße, Altersklasse, Geschlecht, Ausbildung, Erwerbsstatus und KFZ-Bestand durchgeführt. Die Daten dafür stammen von Statistik Austria. Für die Wiener Bezirke wurde auch der Zeitkartenbesitz für öffentliche Verkehrsmittel gewichtet, diese Daten wurden von den Wiener Linien und vom Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) übernommen. Die vorgesehene Gewichtung der Tageswegehäufigkeit der nicht antwortenden Personen konnte aufgrund einer zu geringen realisierten Stichprobe von 200 Interviews nicht berücksichtigt werden.

Das Gewichtungsverfahren erfolgte iterativ, bei dem alle Wege, Haushalte und Personen auf Ebene der Berichtstage zusammengeführt wurden. Da die Gewichtung somit für alle Ebenen gleichzeitig realisiert werden konnte, ist das Ergebnis höchst repräsentativ. Die in den Rohdaten angegebenen Hochrechnungsfaktoren beinhaltet sowohl die Gewichtung, als auch die Hochrechnung der Stichprobe auf die Grundgesamtheit, die Einwohner Österreichs ab einem Alter von sechs Jahren. Somit können nicht nur relative, sondern auch absolute Aussagen über das Verkehrsverhalten der Österreicher getroffen werden. Von Österreich unterwegs werden mehrere Hochrechnungsfaktoren bereitgestellt, auf Wegeebe sind das Hochrechnungsfaktoren für einen durchschnittlichen Wochentag, einen Werktag, einen Werktag im Herbst, einen Samstag und einen Sonn- und Feiertag. Der Hochrechnungsfaktor für eine Person ergibt sich als Durchschnittswert der beiden Stichtage dieser Person. Für die Bestimmung eines Hochrechnungsfaktors für die Haushalte wurde eine unabhängige Gewichtung nur auf Haushaltsebene ausgeführt. [Tomschy et al., 2016b]

Einschränkungen der Hochrechnung sind insofern gegeben, als dass nur jene Informationen hochgerechnet werden, die auch in der Stichprobe enthalten sind. Auftretende Fehler, die auf fehlende oder unterrepräsentierte Wegedaten, beziehungsweise Personengruppen zurückzuführen sind, verstärken sich in der Hochrechnung.

Bei der Auswertung wird das Hauptaugenmerk auf den Fernverkehr gelegt. Da es keine einheitliche Definition des Fernverkehrs gibt, werden drei verschiedene Weglängerklassen betrachtet. Obwohl in den meisten Studien und Befragungen erst Wege ab 75 Kilometern oder mehr zum Fernverkehr gezählt werden, beginnt in dieser Auswertung die erste Klasse bei 50 Kilometern. Dies wurde zum einen deshalb gewählt, weil in Österreich aufgrund der Größe des Landes weniger weite Wege möglich sind und zum anderen, weil sich ein guter Vergleich zwischen den Klassen ergibt. Die weiteren Klassen sind Wege ab 75 und ab 100 Kilometern.

Die genauen prozentualen Werte aller Graphiken, inklusive der Kategorien „keine Angabe“ und „andere“ befinden sich in tabellarischer Form im Anhang.

4.2.1 Datenüberblick und allgemeine Auswertungen

Die Hochrechnung der Daten ergibt für einen durchschnittlichen Tag im Jahr 20.548.526 Wege (Tabelle 8), das entspricht 2,6 Wegen pro Person, beziehungsweise laut Österreich unterwegs 3,3 Wege bei ausschließlicher Berücksichtigung der mobilen Personen. Der Fernverkehr besitzt im hochgerechneten Datensatz einen Anteil von 5,3 Prozent; 2,7 Prozent entfallen auf Wege über 75 Kilometer und 1,8 Prozent auf Wege über 100 Kilometer. Die Werte sind gegenüber den Rohdaten geringfügig niedriger. Die dazugehörige Verkehrsleistung ergibt insgesamt etwa 285 Millionen Personenkilometer, die die Österreicher täglich zurücklegen. Die Fernverkehrswege erreichen dabei einen Anteil von 43,4 Prozent.

Tabelle 8: Anzahl der Wege und Verkehrsleistung an einem durchschnittlichen Tag, Datenquelle Österreich unterwegs

	Anzahl der Wege pro Tag		Verkehrsleistung [Perskm/Tag]	
	Anzahl	Anteil	Verkehrsleistung	Anteil
Wege allgemein	20.548.526	100,0%	285.188.127	100,0%
Wege ≥ 50 km	1.085.466	5,3%	123.708.125	43,4%
Wege ≥ 75 km	551.274	2,7%	92.017.348	32,3%
Wege ≥ 100 km	378.997	1,8%	77.626.940	27,2%

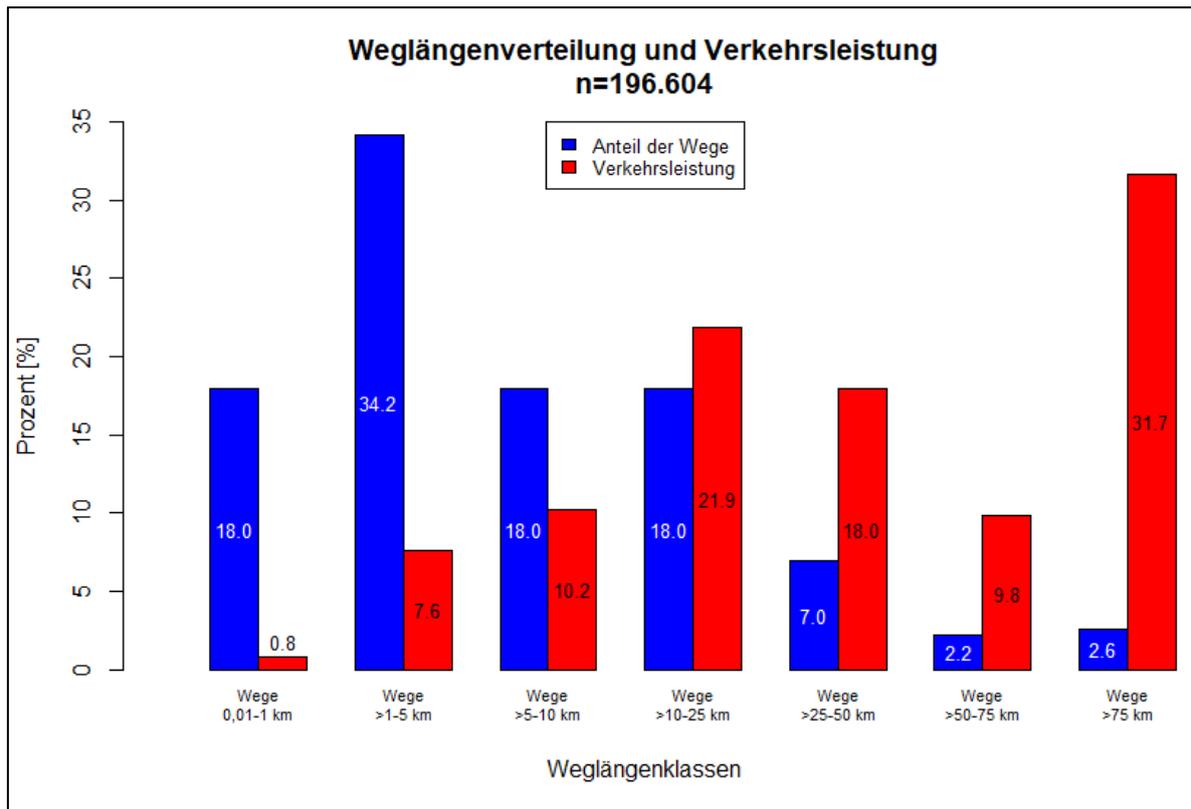


Abbildung 6: Anteil der Weglängen an den Weglängenklassen und die dazugehörige Verkehrsleistung, Datenquelle Österreich unterwegs

Abbildung 6 zeigt, wie sich die Weglängen und die Verkehrsleistung auf sieben verschiedene Weglängenklassen aufteilen. Ein Großteil der Wege, die täglich zurückgelegt werden, sind Kurzstrecken. Die ersten beiden Klassen beinhalten 52,2 % aller Wege, somit sind mehr als die Hälfte unter beziehungsweise bis fünf Kilometer lang. Der Anteil der Wege mit über 50 Kilometern Länge, beläuft sich lediglich auf 4,8 %. Bei einer Betrachtung der Verkehrsleistung, die den Anteilen der Personenkilometer in den gleichen Weglängenklassen entspricht, lässt sich jedoch die Bedeutung der korrekten Erfassung der Fernreisen erkennen. Mit 42,5 % entspricht die Verkehrsleistung von Wegen über 50 Kilometern einem erheblichen Anteil der Gesamtleistung. Im Gegensatz dazu beträgt der Anteil in den Klassen eins und zwei nur 8,4 %. Die Weglängenklassen mit den mittleren Distanzen sind hinsichtlich der Länge und Leistung ausgeglichen. Während der höchste Anteil der Weglängen in der Klasse von einem bis fünf Kilometer auftritt und dann allmählich abfällt, steigt die Verkehrsleistung bis zu der Klasse von zehn bis 25 Kilometern an. Die Ausnahme bildet die Weglängenkategorie mit allen Wegen über 75 Kilometern. Deren Anteil der Weglängen erhöht sich noch einmal leicht, da diese Klasse ein sehr breites Entfernungsspektrum abdeckt. Die Verkehrsleistung erreicht hier ihr Maximum, wobei die längsten Wege bis zu 6.738 Kilometern das Ergebnis stark beeinflussen.

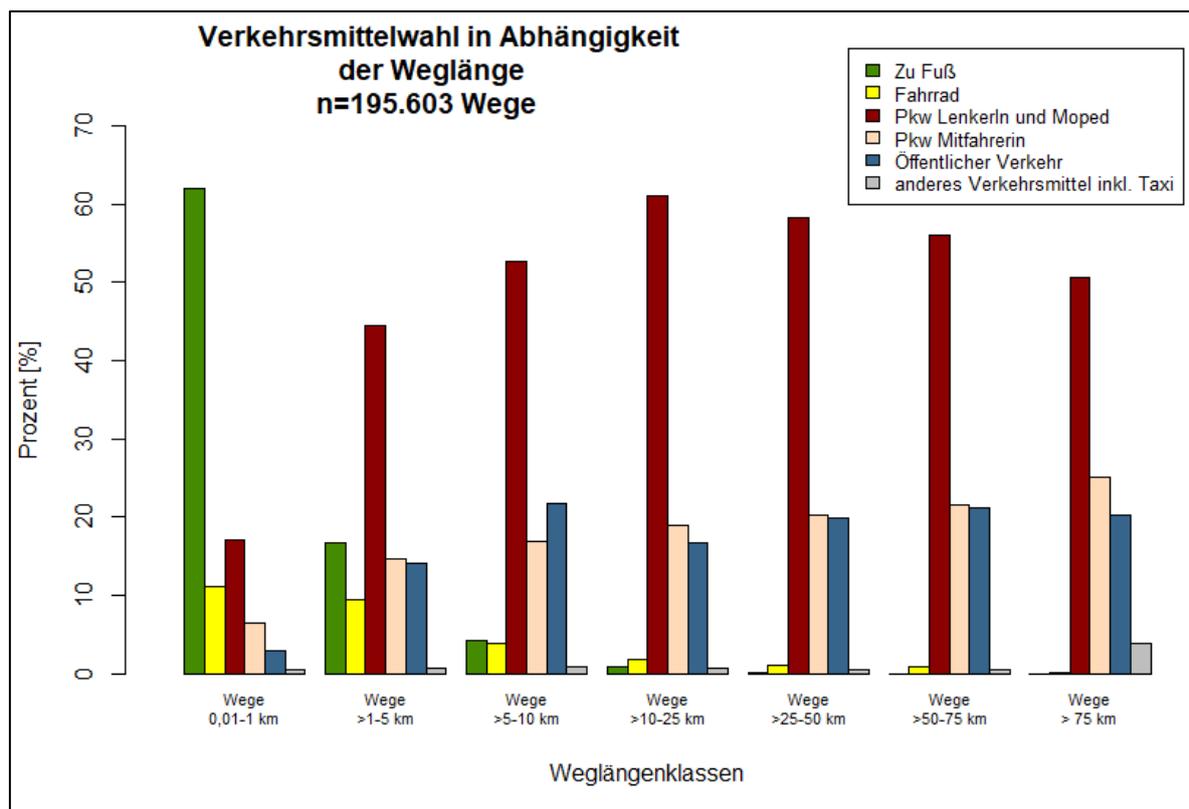


Abbildung 7: Verkehrsmittelwahl je Weglängenkategorie, Datenquelle Österreich unterwegs

In Abbildung 7 ist die Zusammensetzung der verschiedenen Verkehrsmittel je Weglängenkategorie ersichtlich. Wege bis zu einem Kilometer werden erwartungsgemäß vorwiegend zu Fuß zurückgelegt. Das am zweithäufigsten gewählte Verkehrsmittel für die geringsten Entfernungen ist bereits der Pkw, beziehungsweise das Moped als Lenker. An dritter Stelle liegt mit rund zehn Prozent das Fahrrad, danach folgt der Pkw als Mitfahrer und schließlich der öffentliche Verkehr. In allen anderen Weglängenkategorien dominiert der Pkw. Dessen Anteil steigt zunächst mit der Entfernung, erreicht bei Weglängen zwischen zehn und 25 Kilometern das Maximum und geht danach wieder leicht zurück. Der Anteil der Pkw-Mitfahrer steigt stetig mit der zurückgelegten Distanz. Demnach steigt der Besetzungsgrad der Pkw mit der zurückgelegten Distanz. Bei den Wegen über 75 Kilometern beträgt der Anteil der Mitfahrer bereits rund ein Viertel. Der öffentliche Verkehr wird für etwa jeden fünften Weg am häufigsten in der Klasse von größer fünf bis zehn Kilometern gewählt. In den drei Klassen mit den längsten Wegen werden ähnliche Werte erreicht. Einer von vier Wegen mit einer Länge über einem bis fünf Kilometer werden zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt, in der dritten Klasse mit Wegen bis zehn Kilometern sind es noch acht Prozent. Über zehn Kilometern werden Wege nur noch selten mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt, wobei in der Klasse über 50 bis 75 Kilometer immer noch Radwege vorhanden sind.

Unter der Bezeichnung „anderes Verkehrsmittel“ werden bei Österreich unterwegs die Verkehrsmittel Schiff, Flugzeug, Taxi, LKW und sonstige, von den Befragten angegebenen Verkehrsmittel zusammengefasst. Die Zuordnung von Wegen mit Skateboards oder Inlineskates wird in Österreich unterwegs nicht explizit erwähnt, gehören jedoch laut KOMOD-Handbuch den Fußwegen an.

Die Kategorie der „anderen Verkehrsmittel inklusive Taxi“ haben ihren größten Anteil in der letzten Weglängenkategorie. Eine detailliertere Auswertung hat gezeigt, dass dieser vor allem durch Taxifahrten

zwischen 75 und 100 Kilometern entsteht. Bei Wegen ab 100 Kilometern ist das Flugzeug der größte Anteil der anderen Verkehrsmittel.

Jene Wege, denen kein Verkehrsmittel zugeordnet werden kann und in den Daten mit „keine Angabe“ enthalten sind, werden aufgrund der geringen Werte und Aussagekraft in den Abbildungen vernachlässigt.

4.2.2 Modal Split

Der Modal Split ist eine gängige Kenngröße, um zu zeigen, welche Verkehrsmittel bevorzugt genutzt werden. Er gibt den Anteil der Wege, die mit einem bestimmten Verkehrsmittel zurückgelegt werden, an. Ausschlaggebend ist dabei das Verkehrsmittel, das für einen Weg hauptsächlich genutzt wurde, das heißt, dass einzelne Wegetappen, die mit anderen Verkehrsmitteln, beziehungsweise zu Fuß zurückgelegt werden, nicht berücksichtigt sind.

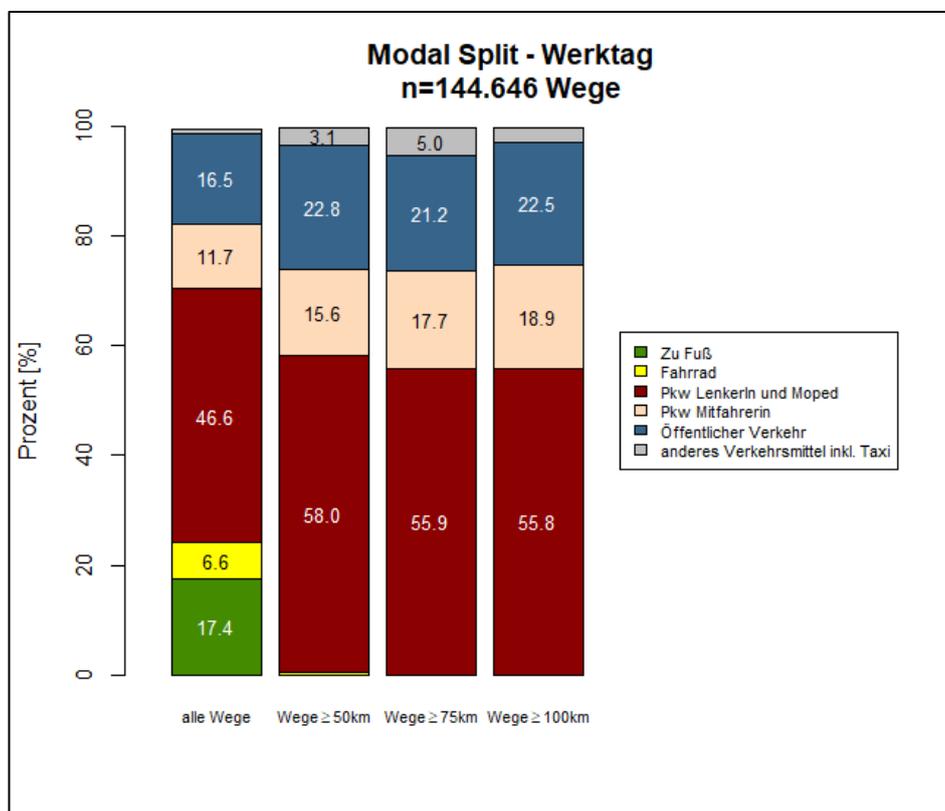


Abbildung 8: Modal Split nach Weglänge an einem Werktag,
Datenquelle Österreich unterwegs

Abbildung 8 zeigt den Modal Split für einen durchschnittlichen Werktag in Österreich. Während rund 24 Prozent der Wege zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, sind diese beiden Verkehrsmodi beim Fernverkehr nicht, beziehungsweise kaum vertreten. Das wichtigste Verkehrsmittel ist der Pkw und wird mit 46,6 Prozent für fast jeden zweiten Weg genutzt. Bei der Beurteilung dieser Werte muss beachtet werden, dass viele Pkw-Fahrten Teil intermodaler Wege sind und dem öffentlichen Verkehr und sonstigem Verkehrsmittel zugeordnet werden. Beim Fernverkehr ist dieser Wert mit 58 Prozent noch höher. Der Anteil der Mitfahrer steigt mit der zurückgelegten

Entfernung an. Der öffentliche Verkehr erzielt bei Fernverkehrsfahrten mit über 20 Prozent gute Werte und spielt im Fernverkehr eine wesentlichere Rolle als bei einem durchschnittlichen Weg.

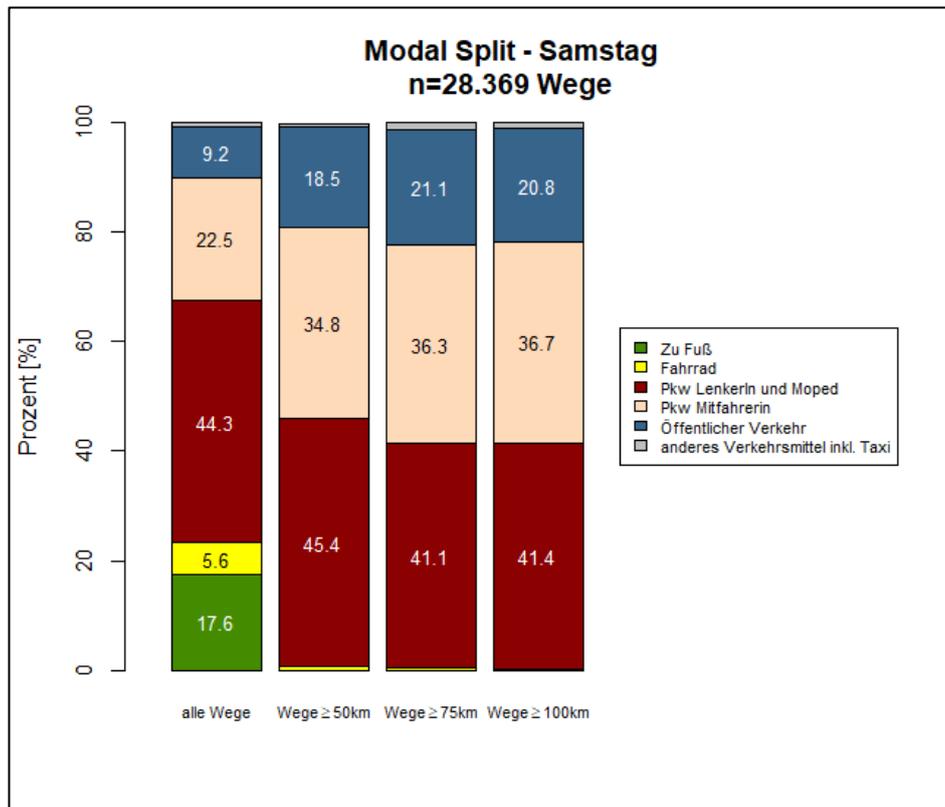


Abbildung 9: Modal Split nach Weglänge an einem Samstag, Datenquelle Österreich unterwegs

An einem durchschnittlichen Samstag ähneln die Anteile des nicht motorisierten Individualverkehrs und der Pkw-Lenker jenen des Werktags (Abbildung 9). Der öffentliche Verkehr wird an Samstagen weniger genutzt, dafür sind die Pkw-Mitfahrer deutlich stärker vertreten. Somit werden insgesamt zwei Drittel aller Wege mit dem Pkw zurückgelegt. Im Fernverkehr steigt der Anteil der Mitfahrer auf über ein Drittel, während die Nutzung des Pkws als Lenker im Fernverkehr nicht höher ist, als bei einem durchschnittlich langen Weg. Der öffentliche Verkehr hat im Fernverkehr einen doppelt so hohen Anteil und entspricht beinahe den Werten des Werktags.

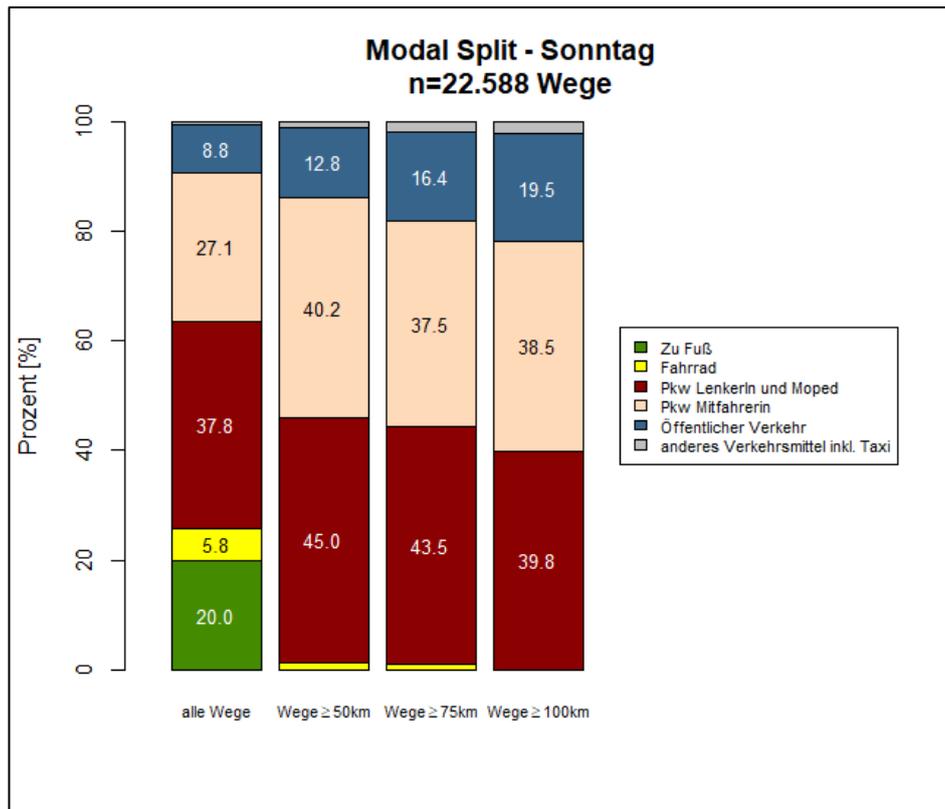


Abbildung 10: Modal Split nach Weglänge an einem Sonn- und Feiertag, Datenquelle Österreich unterwegs

In Abbildung 10 ist ersichtlich, dass an Sonntagen ein Fünftel aller Wege zu Fuß zurückgelegt werden. Auch hier ergeben der Anteil der Pkw-Lenker und Mitfahrer etwa zwei Drittel, wobei der Anteil der Mitfahrer allein schon 27,1 Prozent ausmacht. Im Fernverkehr, insbesondere bei Weglängen ab 100 Kilometern, erreicht der Anteil der Mitfahrer mit 38,5 Prozent beinahe den Anteil der Pkw-Lenker mit 39,8 Prozent. Die Nutzung des öffentlichen Verkehrs steigt mit der zurückgelegten Distanz und ist sonn- und feiertags insgesamt am geringsten.

Im Vergleich der Wochentage zeigt sich, dass der größte Unterschied im Anteil der Pkw-Mitfahrer liegt. Während an einem Werktag nur 11,7 Prozent aller Wege als Mitfahrer zurückgelegt werden, sind es an einem Samstag 22,5 und an einem Sonn- oder Feiertag 27,1 Prozent. Der Anteil der Wege als Pkw-Lenker ist sonntags mit 37,5 Prozent am geringsten. Hinsichtlich des Fernverkehrs verringert sich der Anteil der Pkw-Lenker am Wochenende zugunsten der Pkw-Mitfahrer. Obwohl der öffentliche Verkehr für durchschnittliche Wege am Wochenende deutlich weniger genutzt wird, erreicht er im Fernverkehr annähernd die selben Anteile wie an einem Werktag.

Im Anhang befindet sich der Modal Split für einen durchschnittlichen Wochentag (Abbildung 49), der sich aus den drei vorangegangenen Abbildungen ergibt.

Bei einem Vergleich mit den von EUROSTAT für das Jahr 1996 veröffentlichten Werten, ist die Wahl des Pkw für Wege ab 75 Kilometer um etwa sechs Prozent gestiegen [Weckström-Eno, 1999].

4.2.3 Wegzweck

Der Wegzweck ordnet jedem Weg eine Ursache zu. In den Daten wird dabei unterschieden zwischen einem Quell- und Zielzweck. Der Quellzweck entspricht der vorangegangenen Tätigkeit, der Zielzweck der nachfolgenden. Somit entspricht der Quellzweck dem Zielzweck des vorangegangenen Weges. Im Wesentlichen wird der Wegzweck durch den Zielzweck bestimmt, wobei es zwei Ausnahmen gibt. Führt ein Weg von der Arbeit, beziehungsweise ein geschäftlicher Weg zurück zur Arbeit, ist der Wegzweck „dienstlich/geschäftlich“. Bei dem Zielzweck „nach Hause“, wird zur Bestimmung des Wegzwecks der Quellzweck herangezogen.

Zur Veranschaulichung dient die Wegzweckmatrix aus dem KOMOD-Handbuch (Abbildung 11).

Wegzweckmatrix		Zielzweck									
		Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	Zurück nach Hause	sonstiges	keine Angabe
Quellzweck	Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	Arbeit	sonstiges	keine Angabe
	Dienstlich/ geschäftlich	Dienstlich/ geschäftlich	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	dienstlich	sonstiges	keine Angabe
	Schule/ Ausbildung	Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	Ausbildung	sonstiges	keine Angabe
	Bringen/Holen von Personen	Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	Bringen/ Holen	sonstiges	keine Angabe
	Einkauf	Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	Einkauf	sonstiges	keine Angabe
	Private Erledigung	Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	Private Erledigung	sonstiges	keine Angabe
	Freizeit	Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	Freizeit	sonstiges	keine Angabe
	Zurück nach Hause	Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	Freizeit	sonstiges	keine Angabe
	sonstiges	Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	sonstiges	sonstiges	keine Angabe
	keine Angabe	Arbeit	Dienstlich/ geschäftlich	Schule/ Ausbildung	Bringen/Holen von Personen	Einkauf	Private Erledigung	Freizeit	keine Angabe	sonstiges	keine Angabe

Abbildung 11: Wegzweckmatrix aus dem KOMOD-Handbuch [Sammer et al., 2011]

Neben den Wegen in der Kategorie „keine Angabe“ wurde in den folgenden Diagrammen auch der Wegzweck „anderer Zweck“ nicht berücksichtigt, da dieser mit 207 von 196.604 Wegen in den Rohdaten sehr gering und in der Darstellung nicht erkennbar ist.

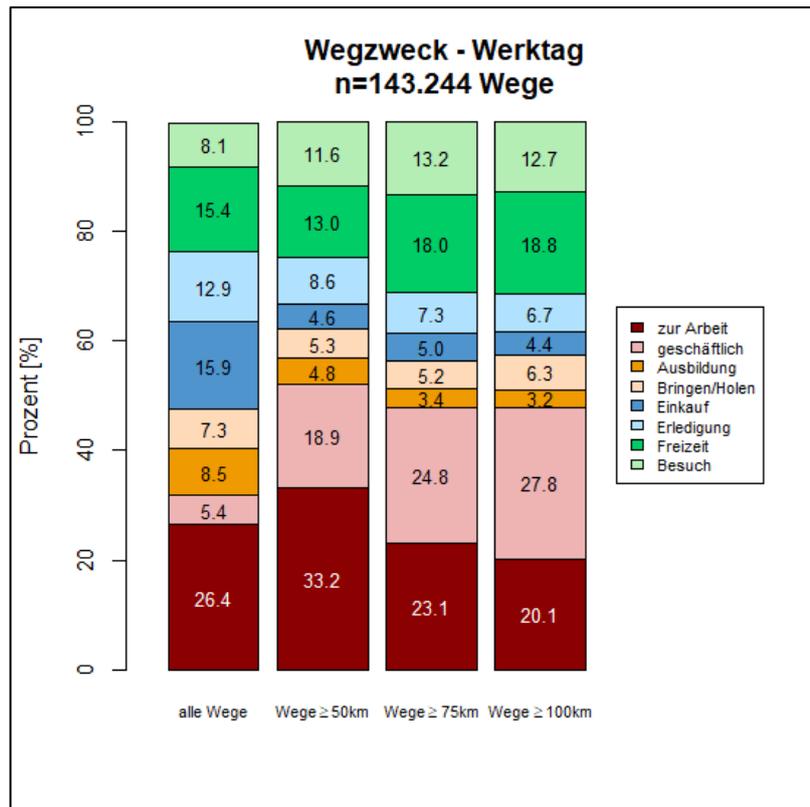


Abbildung 12: Wegzweck nach Weglänge an einem Werktag,
Datenquelle Österreich unterwegs

Abbildung 12 zeigt die Anteile der Wegzwecke an einem Werktag. Der größte Anteil entfällt auf die Arbeitswege. Zusammen mit den geschäftlichen Wegen ergibt sich ein Anteil von 31,8 Prozent. Die nächsthäufigsten Zwecke sind Einkauf und Freizeit. Darauf folgen sonstige Erledigungen, Ausbildung, Besuch und zuletzt das Bringen, Holen oder Begleiten von Personen.

Betrachtet man alle Wege ab 50 Kilometern und somit den Fernverkehr, vergrößert sich der Anteil der Arbeitswege. Dies zeigt, dass sehr viele Österreicher zu ihrem Arbeitsplatz pendeln. Hinzu kommen die geschäftlichen Wege, deren Anteil sich mehr als verdreifacht. Ebenfalls ist der Anteil der Besuche größer als bei den Gesamtwegen. Auf alle anderen Zwecke entfällt ein geringerer Anteil, was sich durch die gute Nahversorgung mit Lebensmittel- und anderen Geschäften, sowie Ausbildungsplätzen ergibt. Der zweithäufigste Grund für einen Fernverkehrsweg nach den mit der Arbeit in Verbindung stehenden Wege sind Freizeitaktivitäten.

Bei den Wegen ab 75 und 100 Kilometern vergrößert sich der Anteil der Geschäftswege noch weiter und stellt in diesen beiden Klassen den häufigsten Zweck dar. Die Zahl der Arbeitswege wird mit steigender Distanz geringer und ist bei den Wegen ab 100 Kilometern nur noch der Grund für jeden fünften Weg. Die übrigen Anteile der Wegzwecke sind in den beiden Klassen sehr ähnlich verteilt. Der dritthäufigste Wegzweck ist die Freizeit mit einem Anteil von 18, beziehungsweise 18,8 Prozent. Wege zu Besuchszwecken erreichen einen Anteil von rund 13 Prozent. Zu beachten ist der Anteil der Bring-, Hol- oder Begleitwege, der bei den längsten Wegen immerhin bei 6,3 Prozent liegt.

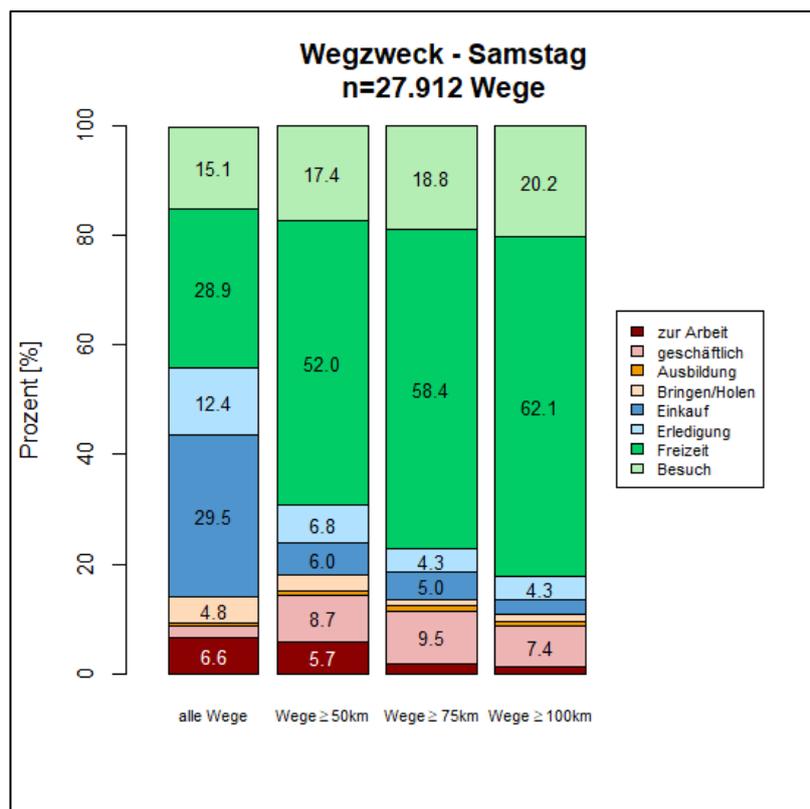


Abbildung 13: Wegzweck nach Weglänge an einem Samstag, Datenquelle Österreich unterwegs

An Samstagen ist die Zahl der Arbeitswege erwartungsgemäß gering (Abbildung 13). Der größte Anteil entfällt mit etwa einem Drittel auf die Einkaufswege, ebenfalls in dieser Größenordnung sind die Wege zu Freizeitwecken. Besuche stehen an dritter Stelle, danach folgen private Erledigungen.

Im Fernverkehr liegt der Anteil der Freizeitwege bei 52 Prozent. Mit steigender Weglänge vergrößert sich der Anteil bis auf 62 Prozent bei Wegen ab 100 Kilometern. Auch der Anteil der Besuche steigt mit der Entfernung. Trotz der geringen Zahl an Arbeitswegen, gibt es im Fernverkehrsbereich samstags mit rund neun Prozent relativ viele Geschäftswege. Einkäufe werden hauptsächlich in der näheren Umgebung getätigt und sind ab 50 Kilometern in einem ähnlichen Anteil vertreten, wie an den Werktagen.

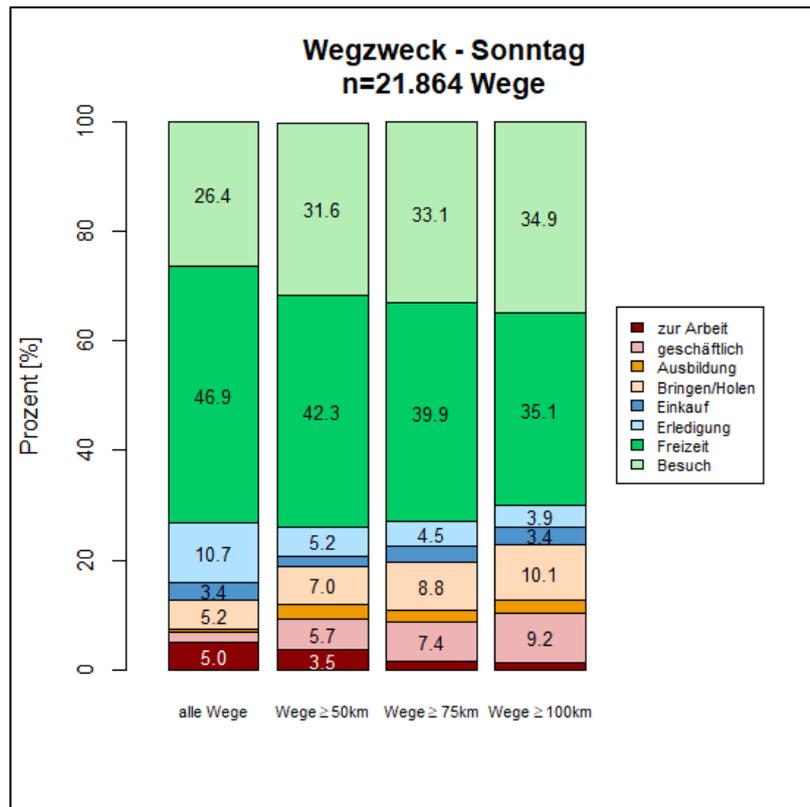


Abbildung 14: Wegzweck nach Weglänge an einem Sonntag- und Feiertag, Datenquelle Österreich unterwegs

An einem durchschnittlichen Sonntag ergeben Besuche und Freizeitaktivitäten den Großteil der Wege. Mit Zunahme der Weglänge vergrößert sich der Anteil der Besuche, bis hin zu einem Anteil von 34,9 Prozent, während jener der Wege zu Freizeitwecken geringer wird. Erledigungen sind der dritthäufigste Grund für einen Weg. Die Bring- und Holwege erreichen ihren Höchstwert bei einer Weglänge ab 100 Kilometern, auf diesen Zweck entfallen 10,1 Prozent. Auch sonntags sind geschäftliche Wege vor allem im Fernverkehrsbereich wesentlich vorhanden. Der Anteil der Ausbildungswege ist sonntags größer als an Samstagen, was unter Umständen auf die geringere Tageswegehäufigkeit zurückzuführen ist (siehe Tabelle 9). Auf den Einkaufszweck entfallen noch 3,4 Prozent, obwohl die meisten Geschäfte geschlossen haben.

Im Anhang befindet sich Abbildung 50, die die Wegzwecke gesamt für einen Wochentag zeigt.

4.2.4 Bundesländer

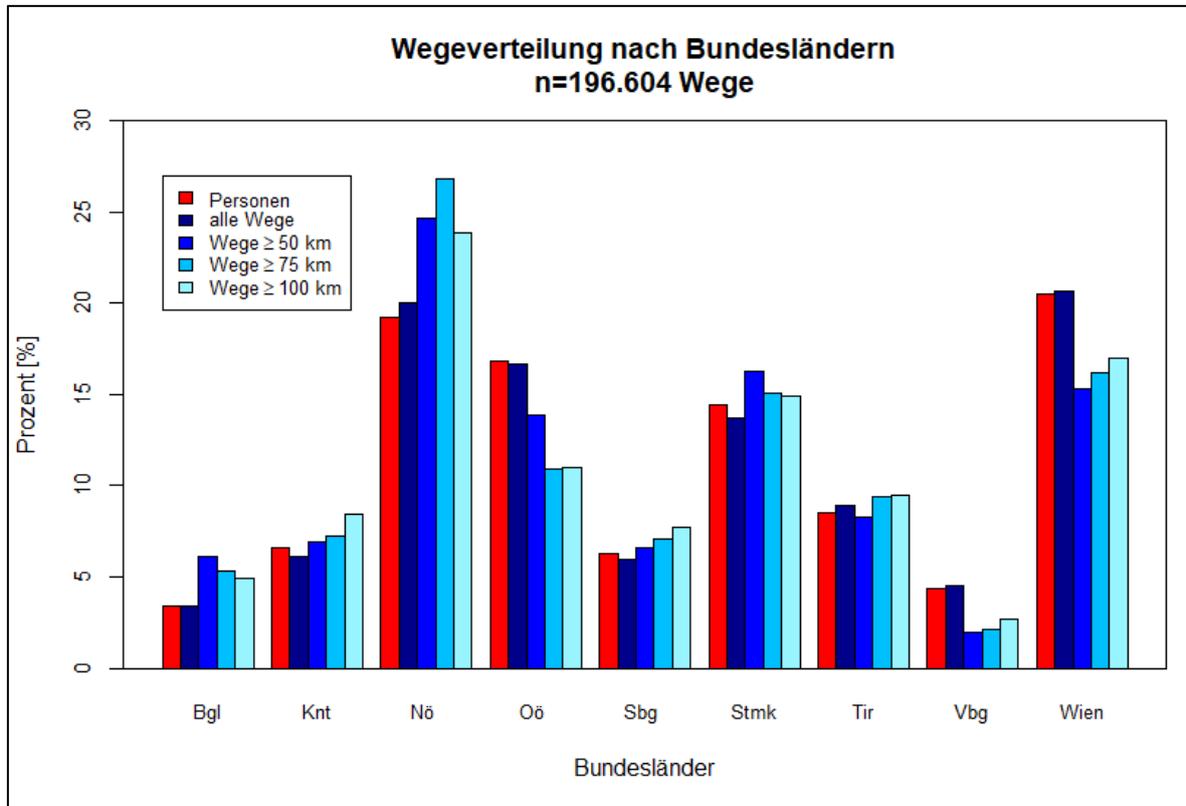
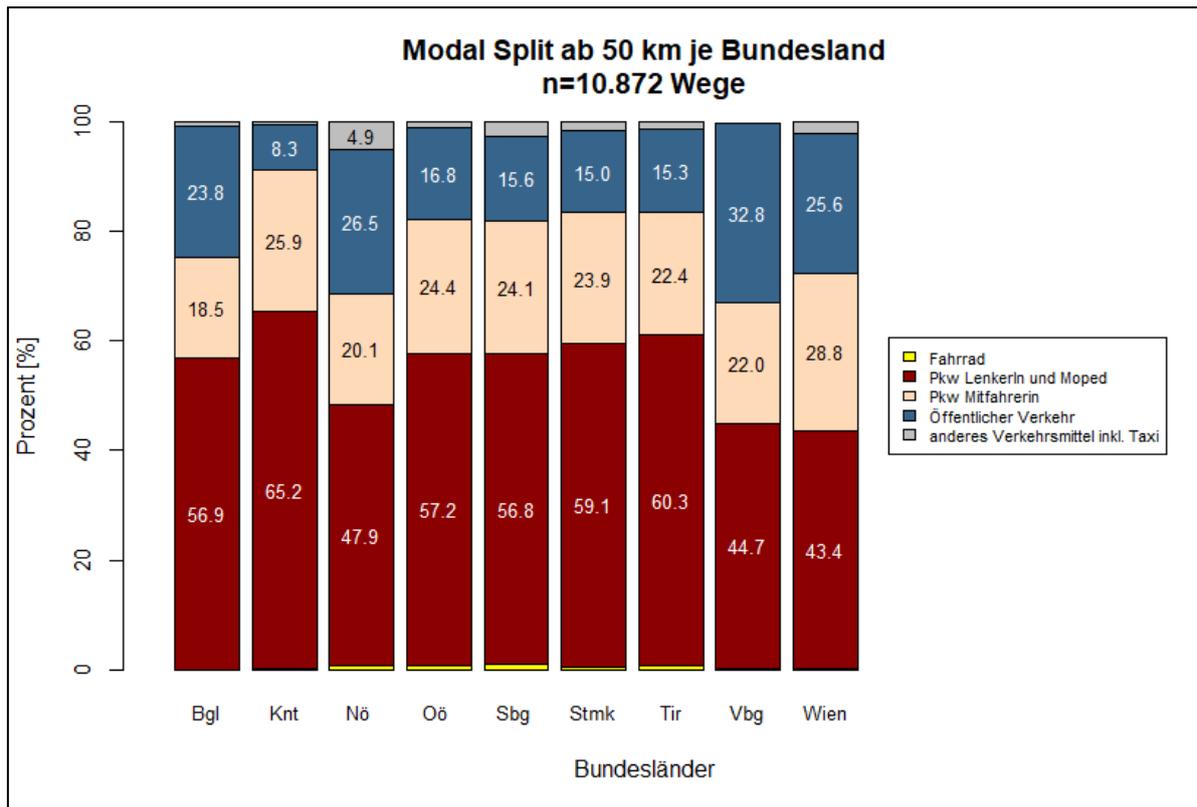


Abbildung 15: Verteilung der Personen und Wege auf die Bundesländer, Datenquelle Österreich unterwegs

Abbildung 15 zeigt zum einen, wie groß der Anteil der Bevölkerung in den jeweiligen Bundesländern ist und zum anderen, wie sich die erhobenen und hochgerechneten Wege auf die Bundesländer verteilen. In den Bundesländern Kärnten, Salzburg und Steiermark werden unterdurchschnittlich viele Wege pro Person und Tag zurückgelegt, dafür ist der Anteil der Fernverkehrswege höher. Auch in Oberösterreich werden täglich weniger Wege absolviert als im österreichischen Durchschnitt, der Fernverkehr ist hingegen in diesem Bundesland unterrepräsentiert. Vor allem in Niederösterreich gibt es einen großen Anteil an weiten Wegen, was vor allem an der hohen Anzahl an Wegen nach Wien liegt. In der Bundeshauptstadt gibt es hingegen vorwiegend kurze Wege. Generell sind die Ergebnisse der Graphik auf die Struktur der Bundesländer zurückführbar.



**Abbildung 16: Modal Split ab 50 Kilometern je Bundesland,
Datenquelle Österreich unterwegs**

Bei einem Vergleich des Modal Split im Fernverkehrsbereich an einem durchschnittlichen Wochentag (Abbildung 16) ergeben sich zum Teil große Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern. In Vorarlberg wird beinahe jeder dritte Weg ab 50 Kilometern mit dem öffentlichen Verkehr zurückgelegt und liegt damit in diesem Bereich an erster Stelle. Das ergibt sich vor allem dadurch, weil Vorarlberg sehr bergig ist und die Besiedelung und die Führung der Trassen des öffentlichen Verkehrs weitestgehend vorgegeben ist. Dem gegenüber steht Kärnten mit einem Anteil von lediglich 8,3 Prozent im öffentlichen Verkehr. Dem geschuldet erreicht dieses Bundesland den höchsten Anteil an Pkw-Lenkern. Hier ist der öffentliche Verkehr, vor allem was die Anbindung zu anderen Bundesländern betrifft, noch nicht optimal ausgebaut. Die sich in Bau befindliche Koralmbahn, deren Inbetriebnahme für das Jahr 2022 geplant ist, wird eine positive Veränderung bringen. Die Koralmbahn ermöglicht ein einfaches Erreichen der Städte Wien und Graz mit der Eisenbahn. Den niedrigsten Prozentsatz an Selbstfahrern und zugleich den höchsten an Mitfahrern erreichen die Wiener. Dennoch ist in jedem Bundesland das bevorzugte Verkehrsmittel für Strecken ab 50 Kilometern der PKW. Wien bildet insofern eine Ausnahme, als dass innerhalb dieses Bundeslandes aufgrund seiner geringen Größe keine Fernverkehrswege zurückgelegt werden können. Vor allem in den Bundesländern Salzburg, Tirol, Ober- und Niederösterreich gibt es noch einige Personen, die mit dem Fahrrad Fernverkehrswege zurücklegen. Den größten Anteil der anderen Verkehrsmittel gibt es in Niederösterreich. Wie bereits in Kapitel 4.2.1 festgestellt wurde, sind dies hauptsächlich Taxifahrten. Da nur in Niederösterreich viele Wege mit einem anderen Verkehrsmittel zurückgelegt werden, kann vermutet werden, dass viele Personen mit dem Taxi von und nach Wien fahren.

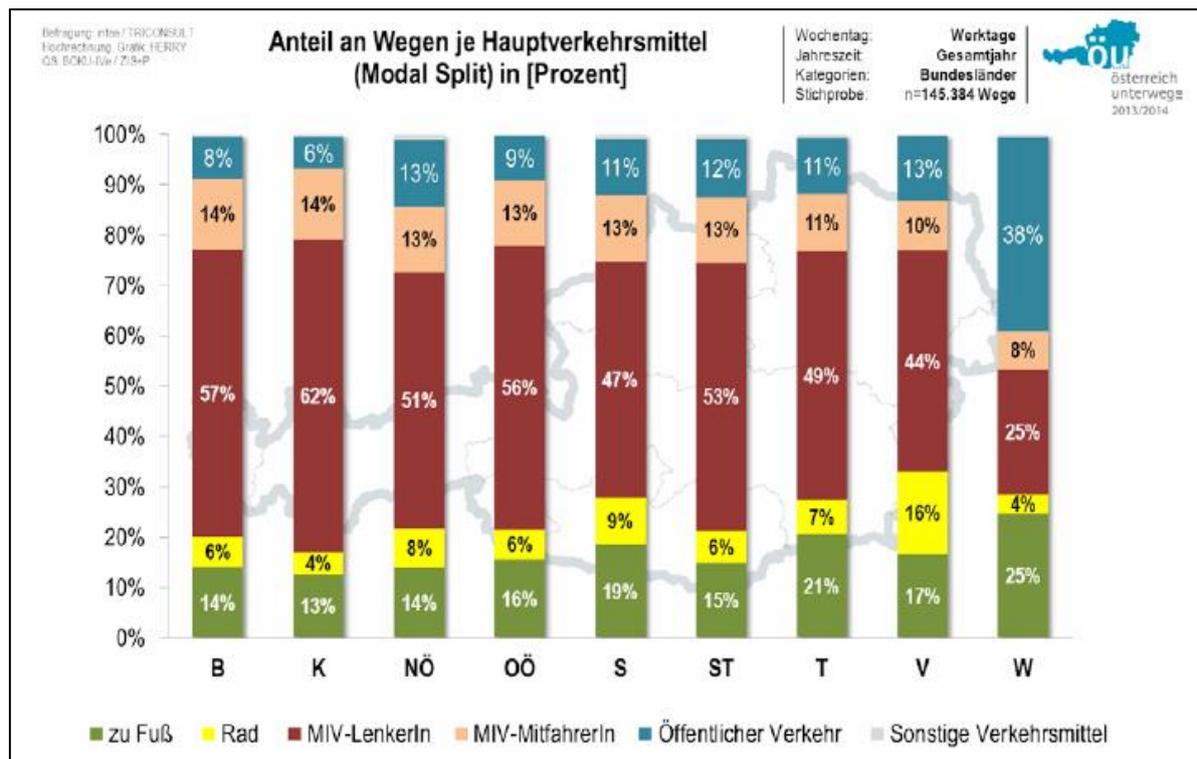
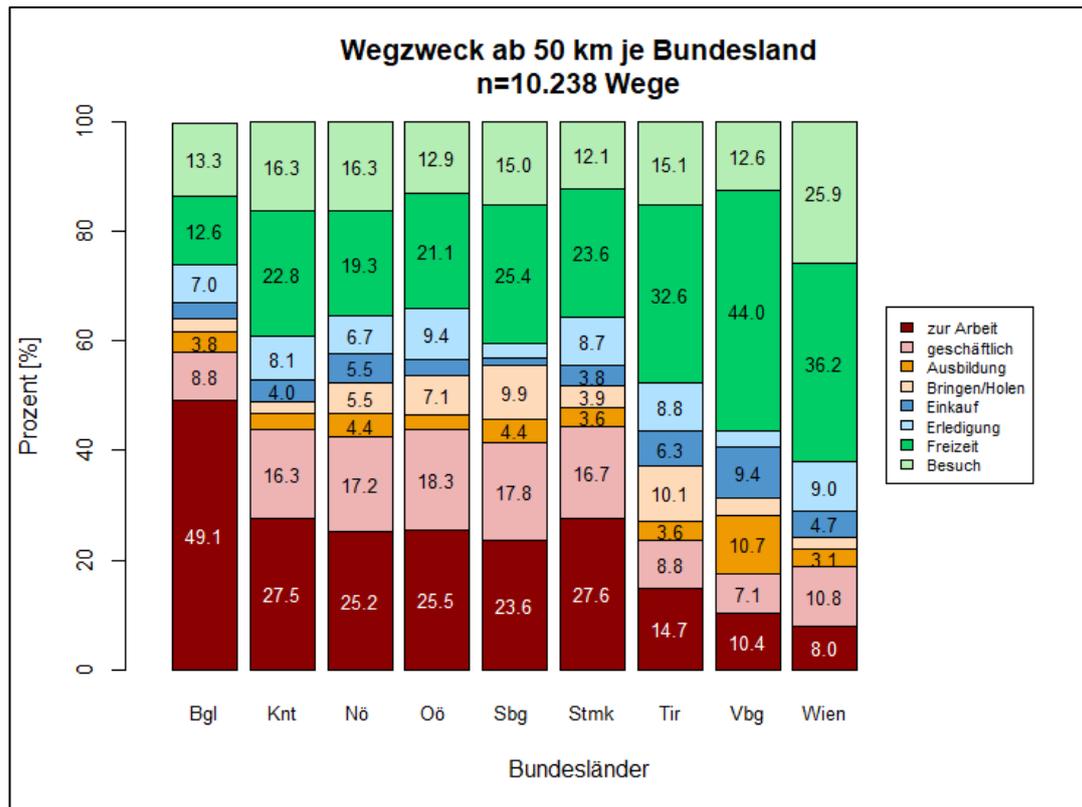


Abbildung 17: Modal Split je Bundesland [Tomschy et al., 2016a, S.78]

In Österreich unterwegs ist eine solche Auswertung des Modal Splits vorhanden, die alle Wege betrachtet (Abbildung 17). Mit der Ausnahme von Wien treten hier weniger Unterschiede zwischen den Bundesländern auf. In Wien ist das am häufigsten gewählte Verkehrsmittel der öffentliche Verkehr. Einerseits ist dieser in der Bundeshauptstadt sehr gut ausgebaut, andererseits ergeben sich durch die Größe der Stadt viele Weglängen, in denen der öffentliche Verkehr am öftesten gewählt wird. Der Anteil der Mitfahrer ist in Wien am geringsten, während er im Fernverkehr am größten ist. Mit dem Auto wird nur jeder vierte Weg zurückgelegt, ebenso häufig sind Fußwege. Der Radverkehr liegt mit vier Prozent an der unteren Grenze aller Bundesländer. Durch das hohe Verkehrsaufkommen ist es nicht attraktiv, mit dem Fahrrad auf den Straßen zu fahren. Die Attraktivität der Fahrradinfrastruktur ist in Wien noch zu verbessern.

Bei den übrigen Bundesländern ist die Benützung des öffentlichen Verkehrs insgesamt viel geringer als im Fernverkehr, die Bundesländer mit den maximalen Anteilen bleiben jedoch Niederösterreich und Vorarlberg. Während der Anteil der Mitfahrer im Fernverkehr im Burgenland am geringsten ist, weisen diesen bei der Betrachtung aller Wege die westlichsten Bundesländer Vorarlberg und Tirol auf. Die häufigste Pkw-Nutzung tritt in Kärnten, dem Burgenland und Oberösterreich auf, die seltenste in Vorarlberg und Salzburg. Die beiden Bundesländer mit den Extremwerten (Kärnten, Vorarlberg), entsprechen jenen des Fernverkehrs.



**Abbildung 18: Wegzweck ab 50 Kilometern je Bundesland,
Datenquelle Österreich unterwegs**

Auch beim Wegzweck der Fernverkehrsfahrten bestehen gravierende Unterschiede zwischen den Bundesländern (Abbildung 18). Im Burgenland ist der häufigste Zweck für eine Fernreise die Arbeit. Zu den 49,1 Prozent kommen 8,8 Prozent geschäftliche Wege. Dies begründet die geringe Mitfahrerzahl bei der zuvor analysierten Verkehrsmittelwahl. Der große Unterschied zu den anderen Bundesländern lässt sich dadurch erklären, dass viele Personen in die größeren Städte Wien und Graz pendeln und die Nord-Süd-Ausdehnung des Burgenlands trotz der geringen Gesamtfläche groß ist. Ebenfalls ist in Kärnten, in der Steiermark und in Nieder- und Oberösterreich die Fahrt zur, beziehungsweise die Fahrt von der Arbeit nach Hause, der häufigste Zweck für einen Weg über oder gleich 50 Kilometer. Zusammen mit den Geschäftswegen ist auch in Salzburg der häufigste Grund für einen langen Weg die Arbeit. Bei den übrigen Bundesländern, Tirol, Vorarlberg und Wien, werden für Freizeitaktivitäten die meisten langen Wege in Kauf genommen, wobei Vorarlberg hier mit 44,0 Prozent der Spitzenreiter ist. Dies trifft auch bei den Wegzwecken „Ausbildung“ und „Einkaufen“ zu. Knapp vor Salzburg ist in Tirol mit 10,1 Prozent der größte Anteil der Bring-, Hol- und Begleitwege über 50 Kilometer zu verzeichnen. Der größte Anteil der Besuche im Fernverkehr ergibt sich mit rund einem Viertel in Wien, der geringste in der Steiermark. Für private Erledigungen werden in Oberösterreich und Wien am häufigsten Fernverkehrswege zurückgelegt, in Salzburg und Vorarlberg am seltensten.

4.2.5 Wohnraumtyp

In Österreich unterwegs erfolgte eine bezirkswise Einteilung in die vier verschiedenen Raumtypen Wien, Großstädte ohne Wien, zentrale Bezirke und periphere Bezirke. In die Kategorie Großstädte ohne Wien fallen alle Landeshauptstädte mit den Ausnahmen St. Pölten, Eisenstadt und Bregenz. Um zwischen zentralen und peripheren Bezirken zu differenzieren, wird die Bestimmung laut österreichische Raumordnungskonferenz ÖROK 2005 herangezogen. Diese sieht vor, dass ein Bezirk ein zentraler Bezirk ist, wenn zumindest 73 Prozent der Personen den nächsten zentralen Ort der Stufe fünf oder höher innerhalb von 50 Minuten sowohl mit dem öffentlichen Verkehr, als auch mit dem motorisierten Individualverkehr erreichen können.

Die Bezirke Neusiedl am See und Leoben wurden aufgrund eines Wunsches der Länder in eine andere Kategorie eingeteilt, als es die Zuordnung mittels der Erreichbarkeiten ergeben hätte. Auf diese Weise ergeben sich insgesamt 26 zentrale und 67 periphere Bezirke.

Abbildung 19 zeigt eine Übersicht über die Einteilung der Wohnraumtypen.

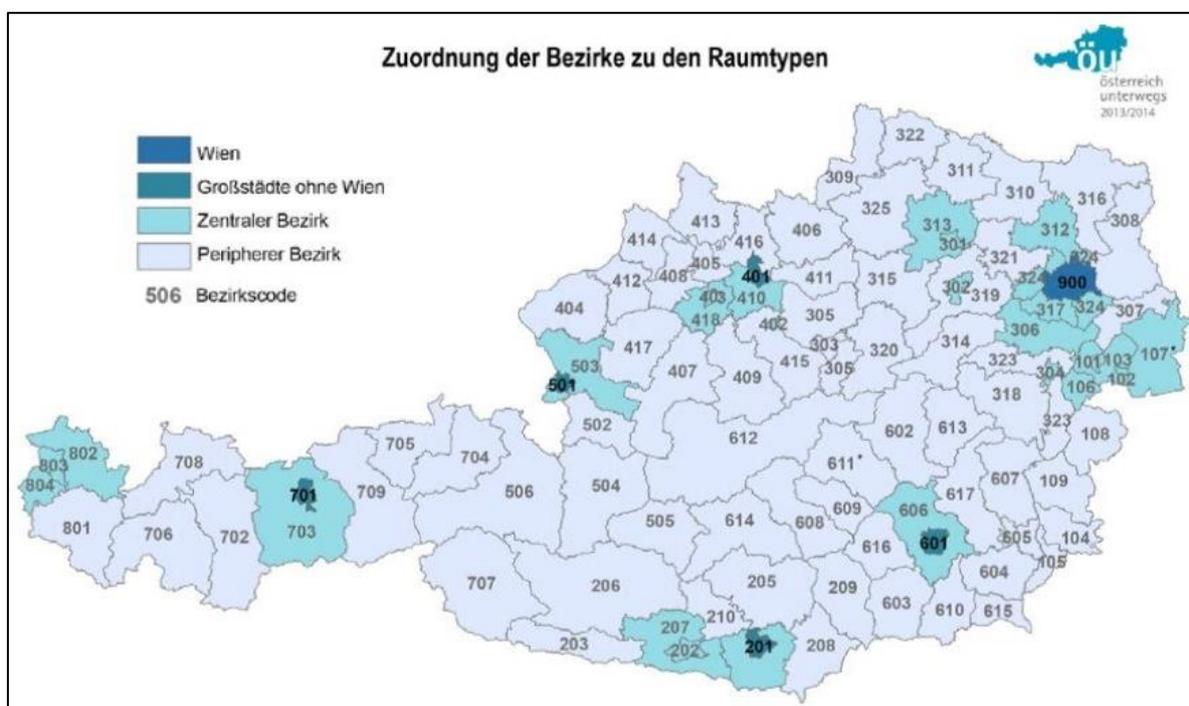


Abbildung 19: Einteilung der Bezirke nach Raumtyp [Tomschy et al., 2016b, S. 54]

Jeder an Österreich unterwegs teilnehmenden Person wurde über den Hauptwohnsitz ein Wohnort und somit der Wohnraumtyp zugeordnet. Die Wege der jeweiligen Person wurden dann diesem Wohnraumtyp zugewiesen, auch wenn der Weg in einem anderen Raumtyp stattfand.

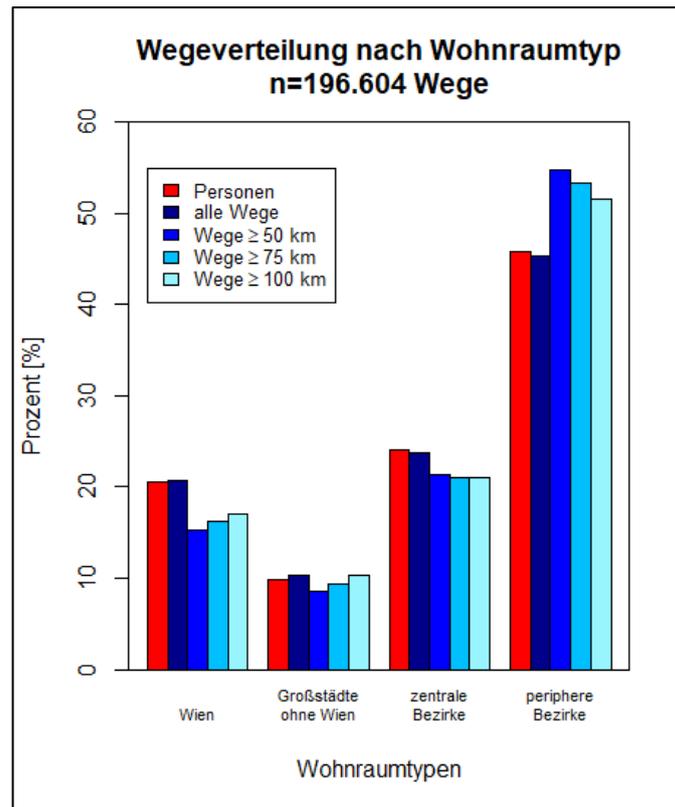


Abbildung 20: Verteilung der Personen und Wege auf die Raumtypen, Datenquelle Österreich unterwegs

In Österreich leben rund 45 Prozent der Bevölkerung Österreichs ab einem Alter von sechs Jahren in peripheren Bezirken (Abbildung 20). Demzufolge sind ebenfalls rund 45 Prozent der Wege diesen Bezirken zugeordnet, wobei der Anteil der Wege etwas geringer ausfällt, als der Anteil der Personen. Im Bereich des Fernverkehrs liegen die durchschnittlichen Wege pro Person in den peripheren Bezirken deutlich höher als in den restlichen Raumtypen.

Auf die zentralen Bezirke entfällt ein Anteil von etwas über 20 Prozent der Personen und der Wege. Auch in diesem Raumtyp werden im Schnitt etwas weniger Wege pro Person zurückgelegt. Der Anteil des Fernverkehrs ist in den zentralen Bezirken deutlich unterdurchschnittlich.

In den großen Städten Österreichs leben etwa 30 Prozent der Personen. In diesen Raumtypen (Wien und Großstädte ohne Wien) werden im Durchschnitt geringfügig mehr Wege pro Person zurückgelegt. In Wien ergibt sich relativ gesehen der geringste Anteil an Fernverkehrswege.

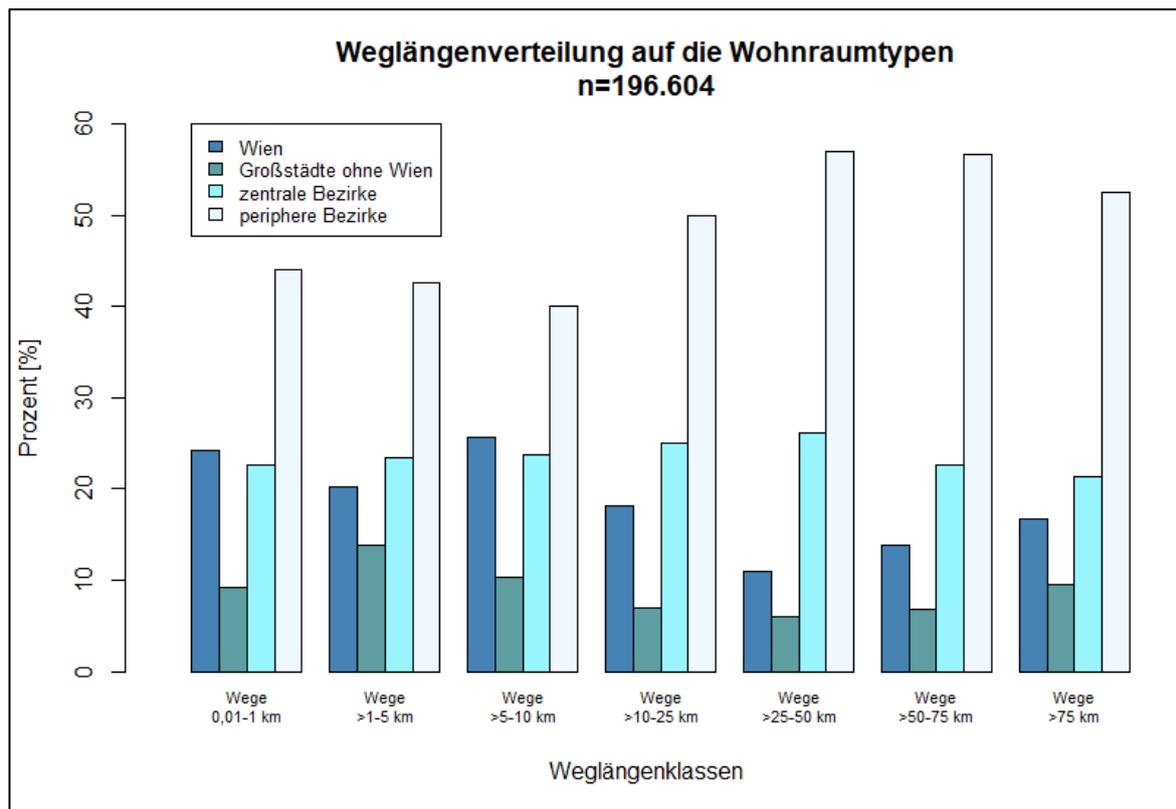


Abbildung 21: Anteil der Weglängen an den Weglängenklassen je Raumtyp, Datenquelle Österreich unterwegs

Eine alternative Darstellung der Raumtypen je Weglängenkategorie ist in Abbildung 21 ersichtlich. Dabei ergeben sich innerhalb einer Klasse 100 Prozent, wodurch die Zusammensetzung einer Weglängenkategorie aus den Raumtypen beschrieben werden kann. Der variierende Anteil eines Raumtyps in den Klassen zeigt, dass sich das Verkehrsverhalten der Personen je Raumtyp unterscheidet.

In Wien gibt es überdurchschnittlich viele Wege bei Entfernungen bis zu einem Kilometer und über fünf bis 10 Kilometer. Generell ist aus der Verteilung über die Weglängenkategorien ersichtlich, dass in Wien eher kürzere Wege zurückgelegt werden. Den geringsten Anteil erreichen die in Wien lebenden Personen bei Wegen über 25 bis 50 Kilometer, während dies der größte Anteil bei den zentralen Bezirken darstellt. Die Verteilung der Wege in den zentralen Bezirken ist am gleichmäßigsten.

Der maximale Anteil der Wege liegt bei den Personen aus Großstädten in der zweiten Weglängenkategorie, Wegen über einem bis fünf Kilometer. Ebenso wie in Wien, kann erkannt werden, dass kürzere Wege in Großstädten häufiger zurückgelegt werden.

Bei Personen aus peripheren Bezirken liegt der größte Anteil in der fünften, der kleinste in der dritten Weglängenkategorie. In diesem Raumtyp werden insgesamt und pro Person die meisten Fernverkehrswege zurückgelegt.

4.2.6 Auswertung hinsichtlich soziodemographischer Merkmale und andere Auswertungen

In Österreich leben 48,6 männliche und 51,4 Prozent weibliche Personen ab sechs Jahren. Die Männer legen im Schnitt etwas mehr Wege zurück als Frauen. Im Fernverkehr werden hingegen rund 6 von 10 Wegen von Männern zurückgelegt (Abbildung 22). Dieser Wert bleibt bei Wegen größer gleich 75 Kilometern gleich. Bei den Fernverkehrswegen ab 100 Kilometern kann bei den Frauen wieder ein kleiner Anstieg beobachtet werden, die Männer legen aber auch in diesem Entfernungsbereich gut 60 Prozent aller Wege zurück.

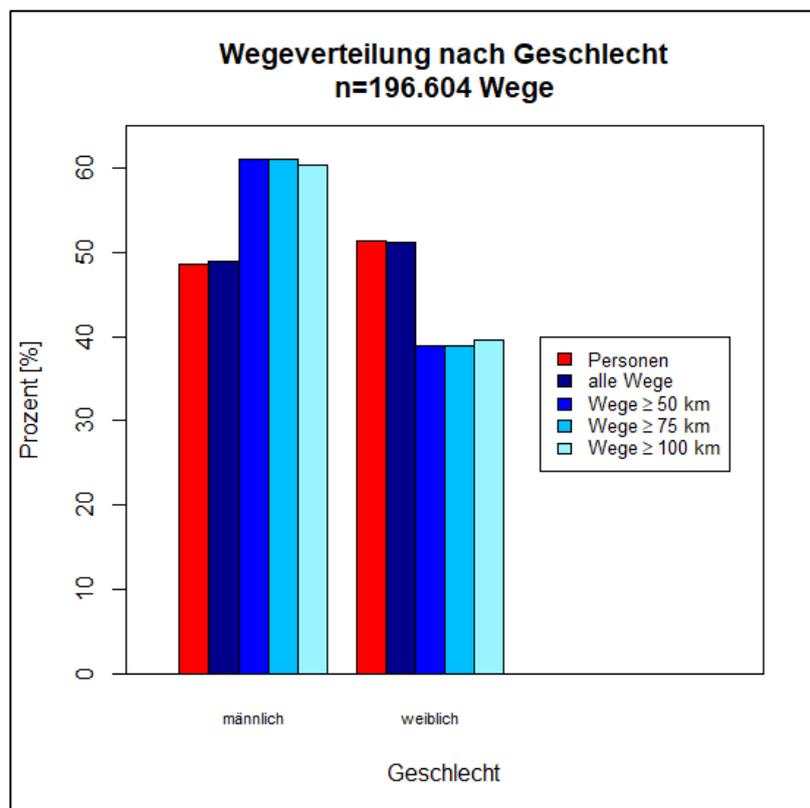


Abbildung 22: Verteilung der Personen und Wege nach Geschlecht, Datenquelle Österreich unterwegs

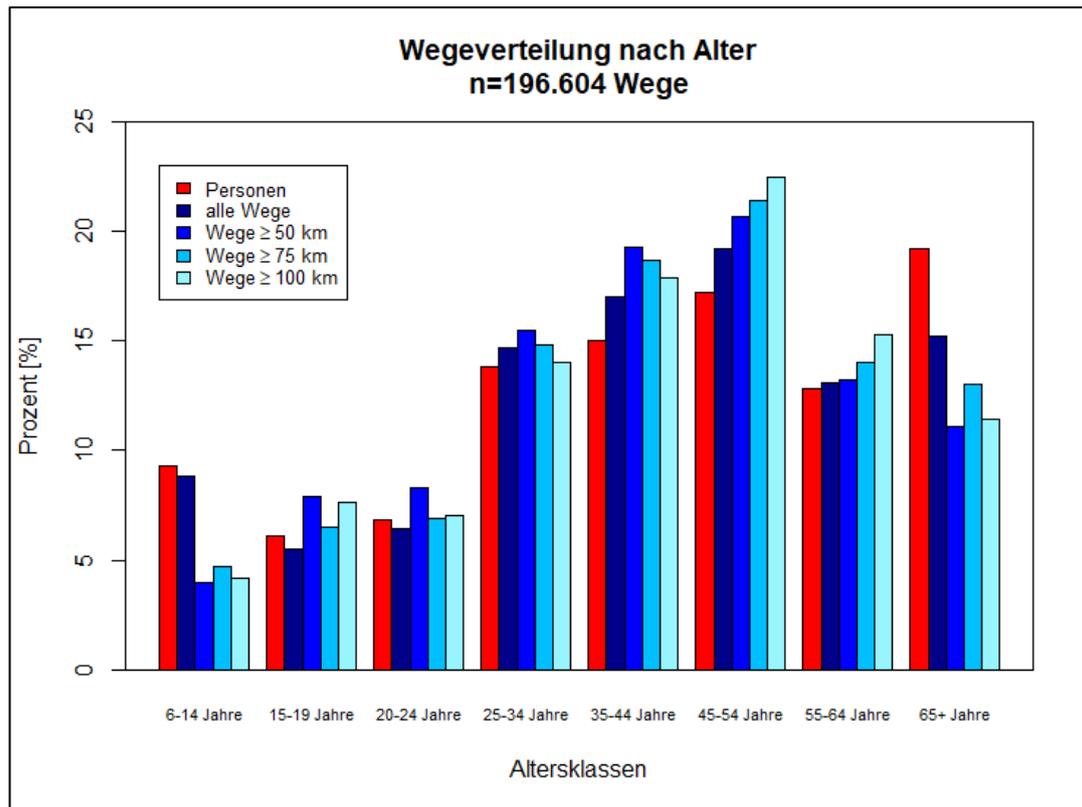


Abbildung 23: Verteilung der Personen und Wege nach Alter, Datenquelle Österreich unterwegs

Betrachtet man die Verteilung der Wege auf unterschiedliche Altersklassen, zeigt sich, dass die Kategorien der 25- bis 64-Jährigen gegenüber den anderen Altersgruppen mehr Wege pro Person absolvieren (Abbildung 23). Dasselbe gilt auch für den Fernverkehr. Personen in einem Alter von 15 bis 24 Jahren legen allgemein weniger Wege, aber überdurchschnittlich viele Fernverkehrswege zurück. Den geringsten Anteil an den weiten Wegen haben die jüngsten Befragungsteilnehmer. Weniger als fünf Prozent der Fernreisen entfallen auf diese Gruppe, obwohl diese mit knapp zehn Prozent in der Bevölkerung vertreten ist. Die zweitniedrigste Bilanz erzielen Personen ab 65 Jahren. Die Altersklasse der 45- bis 54-Jährigen hat insgesamt den größten Anteil am Fernverkehr, im Verhältnis zum Anteil der Personen sind es die 35- bis 44-Jährigen.

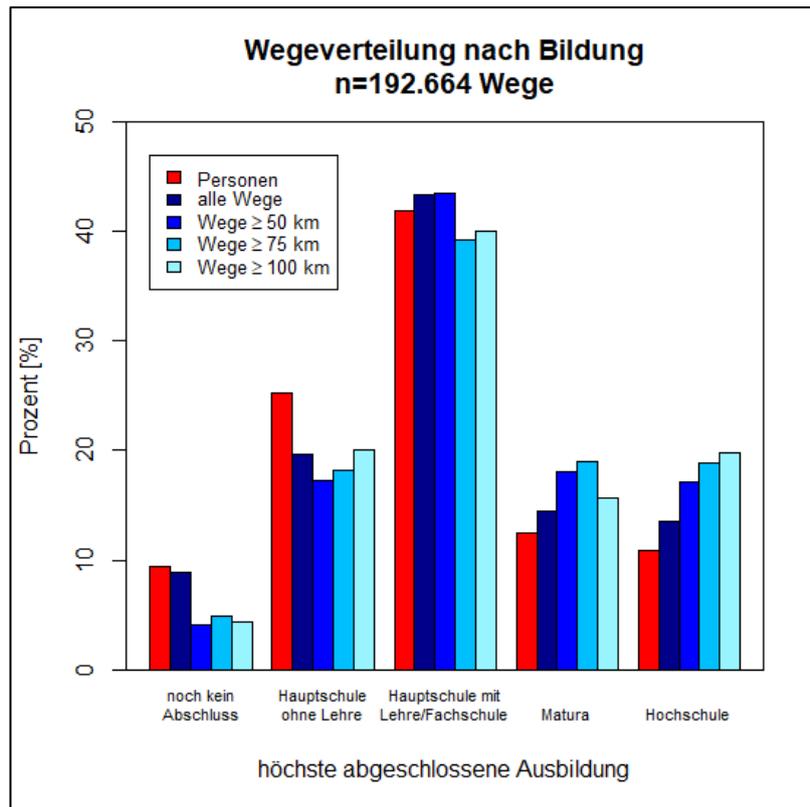


Abbildung 24: Verteilung der Personen und Wege nach Bildung, Datenquelle Österreich unterwegs

In Abbildung 24 wird ersichtlich, dass es einen Zusammenhang zwischen Bildung und Mobilitätsverhalten gibt. Je höher die Bildung, umso größer die Anzahl der Fernverkehrswege pro Person. Dies gilt auch allgemein für die Anzahl der Wege, jedoch ist die Personengruppe ohne schulischen Abschluss die Ausnahme, da diese, gemessen an der Personenzahl, einen höheren Anteil an Wegen aufweist, als die Gruppe der Hauptschulabsolventen ohne Lehre. Dies deckt sich mit der Personengruppe der 6- bis 14-Jährigen aus Abbildung 23, da diese in der Regel mit den Personen ohne Schulabschluss übereinstimmt.

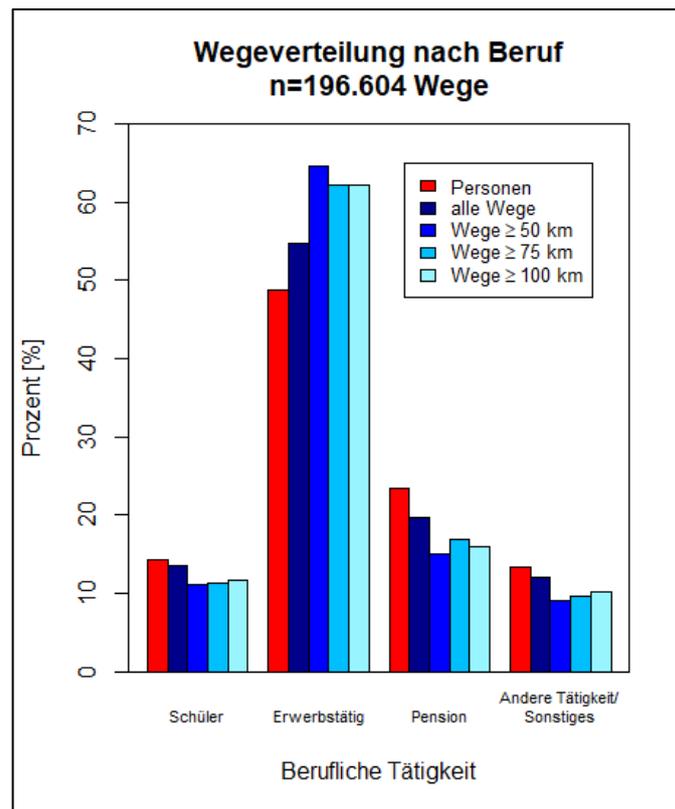


Abbildung 25: Verteilung der Personen und Wege nach Beruf, Datenquelle Österreich unterwegs

Abbildung 25 bekräftigt die Beobachtungen aus Abbildung 23 und Abbildung 24. Die Erwerbstätigen legen pro Person sowohl allgemein die meisten Wege, als auch den größten Anteil der Fernverkehrswege zurück. Auffällig ist, dass die Gruppe der Pensionisten im Vergleich mit den zumindest 65-Jährigen einen hohen Weganteil besitzt. Dies ergibt sich dadurch, dass zu der Gruppe der Pensionisten viele Personen gehören, die jünger als 65 Jahre sind. Dies ist daran erkennbar, dass der Anteil der Personen bei den Pensionisten etwa um 5 Prozent höher liegt.

Die Anzahl der Wege, die eine Person pro Tag im Schnitt zurücklegt, ist in Tabelle 9 ersichtlich und unterscheidet sich bei einem Vergleich der Bundesländer.

Tabelle 9: Wege pro Person und Tag, n=196.604 Wege

	Wochentag	Werktag	Samstag	Sonntag	Burgenland	Kärnten	Niederösterreich
Wege pro Person	2,6	2,8	2,5	1,9	2,6	2,4	2,7
	Oberösterreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	
Wege pro Person	2,6	2,4	2,4	2,7	2,7	2,6	

In Österreich unterwegs sind Wege enthalten, deren Quelle oder Ziel außerhalb Österreichs liegt. Konkret handelt es sich in den Rohdaten um 2037 Wege, von denen 1125 nicht in Österreich enden und 1236 nicht in Österreich beginnen. Das entspricht etwa einem Prozent aller Wege. Sowohl die Quelle, als auch das Ziel befinden sich bei 324 Wegen im Ausland. Nach der Hochrechnung beläuft sich

die Zahl der Auslandswege auf 180.771. Tabelle 10 zeigt die Motivation für diese Auslandsreisen. Dabei ist der häufigste Zweck die Freizeit, gefolgt von Arbeitswegen.

Tabelle 10: Zweck der Auslandswege, n=2037 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

Weg-zweck	zur Arbeit	geschäftlich	Ausbildung	Bringen /Holen	Einkauf	private Erledigung	sonstige Freizeit	privater Besuch	anderer Zweck	keine Angabe
Wege	37726	13057	3516	4938	20592	14006	58981	16497	343	11115
Wege [%]	20,9	7,2	1,9	2,7	11,4	7,7	32,6	9,1	0,2	6,1

Eine weitere Auswertung betrifft die am häufigsten auftretenden Zielorte. Um eine Aussage über die „Beliebtheit“ einer Gemeinde treffen zu können, wurden die Wege mit dem Ziel in der jeweiligen Gemeinde mit deren Einwohnerzahl in Relation gesetzt. Die Einwohneranzahl wurde zu Österreich unterwegs konform gewählt, so sind nur Personen ab sechs Jahren berücksichtigt, das Bezugsjahr ist 2013. Zu beachten ist, dass die von Statistik Austria entnommenen Daten dem Gemeindestand aus dem Jahr 2017 entsprechen und deshalb aufgrund der Gemeindestrukturreform diese nicht übereinstimmen. Ein Großteil der Gemeinden konnte angepasst werden, jene, deren Gemeindegrenzlinie nicht zugeordnet werden konnten, sind bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt, betroffene Gemeinden werden jedoch nicht als relevant angesehen. Ebenfalls in der Auswertung nicht enthalten sind die Wege, die in Österreich unterwegs unter dem gesamten Stadtgebiet von Wien geführt werden, da die Angaben der Befragten keine bezirksgenaue Zuordnung ermöglichten.

Deutlich an erster Stelle liegt der Tiroler Ort Fendels mit rund 50 Wegen die auf einen Einwohner ab 6 Jahren entfallen. Fendels gehört zum Bezirk Landeck, dem westlichsten Bezirk Tirols. Der Grund für dieses Ergebnis liegt zum einen an der geringen Einwohneranzahl von 245 Personen im Jahr 2013. Zum anderen ist der Ort ein beliebtes Tourismusziel, Fendels liegt im Skigebiet Fendels – Ried – Prutz und besitzt unter anderem mehrerer Skilifte, eine Flutlichtanlage und eine Naturrodelbahn. Im Sommer gibt es ausgehend von Fendels mehrere Möglichkeiten zu wandern, eine Gondel und ein Sessellift sind das ganze Jahr in Betrieb. [Tourismusverband Kaunertal, 2018]

Das an zweiter Stelle liegende Ried im Oberinntal ist die Nachbargemeinde von Fendels und hat eine Einwohnerzahl von 1173 Personen ab 6 Jahren. Die beiden Orte sind über die Seilbahn Ried direkt miteinander verbunden. In dieser etwas größeren Gemeinde gibt es zahlreiche Nächtigungsmöglichkeiten und ein gutes Angebot an diversen Freizeitgestaltungsmöglichkeiten. Dadurch bietet Ried einen attraktiven Ausgangspunkt für Freizeitaktivitäten in Fendels und vice versa. Auf etwa 19 Wege pro Einwohner ab 6 Jahren kommt die niederösterreichische Gemeinde Kaumberg. Zum Attraktionspotential zählen die Araburg, die Pfarrkirche und eine schöne Landschaft mit Wanderwegen. In der Gemeinde leben einige Pendler, die täglich nach Wien zur Arbeit und wieder zurück fahren. [Marktgemeinde Kaumberg, 2001]

Die Auswertung der Startorte ergibt dieselben „Top 10“ Gemeinden, in der Reihenfolge sind einzelne Plätze vertauscht.

**Tabelle 11: Top 10 Zielgemeinden, relativ zur Einwohnerzahl,
Datenquelle Österreich unterwegs & Statistik Austria**

Nr.	Gemeindekenn- ziffer	Gemeinde	Bundesland	Wege/EW ab 6 Jahren
1	70602	Fendels	Tirol	50,1
2	70620	Ried im Oberinntal	Tirol	37,5
3	31405	Kaumberg	Niederösterreich	18,8
4	70613	Ladis	Tirol	16,1
5	70624	Serfaus	Tirol	15,9
6	90101	Wien 1.,Innere Stadt	Wien	15,8
7	70337	Oberperfuss	Tirol	14,4
8	70808	Elbigenalp	Tirol	13,9
9	40608	Königswiesen	Oberösterreich	13,7
10	40402	Aspach	Oberösterreich	13,7

4.3 Anmerkungen zu Österreich unterwegs

Im Folgenden sollen ein paar Beispiele angeführt werden, die zu Fehlern beziehungsweise Fehlinterpretationen führen können. Dabei ist festzuhalten, dass die direkte Vergleichbarkeit mit zukünftigen Befragungen bei Einhaltung der selben Vorgehensweise gegeben ist.

- Wie in Kapitel 4.2.3 beschrieben, wird in der Auswertung der Wegzweck „nach Hause“ nicht angegeben. Bei Heimwegen ist nicht wie bei den anderen Zwecken der Zielzweck ausschlaggebend, sondern der Quellzweck. Dieser entspricht dem Zielzweck des vorherigen Weges. Dies ist problematisch bei Wegeketten, da es hier zu einer falschen „Gewichtung“ des Ergebnisses kommt. Zum Beispiel ergibt: zu Hause – Arbeit – Einkauf – nach Hause einmal den Zweck Arbeit und zweimal den Zweck Einkauf, obwohl beide Tätigkeiten nur einmal durchgeführt wurden. Bei einer Auswertung des Zielzwecks ergibt sich ein Anteil von 39,6 Prozent von Wegen, die nach Hause führen. Werden die Heimwege vernachlässigt und der restliche Anteil als 100 Prozent betrachtet, kann durch einen Vergleich des Zielzwecks mit dem Wegzweck die Beeinflussung der Werte durch dieses Vorgehen deutlich gemacht werden (Tabelle 12). In Österreich unterwegs wird diese Methode damit begründet, dass ein Heimweg nicht der Grund war, das Haus zu verlassen. Somit kann die Auswertung des Zielzwecks auch als der tatsächliche Anteil der durchgeführten Aktivitäten gesehen werden. Außerdem könnten weitergehende Auswertungen des Wegzwecks, zum Beispiel in Verbindung mit dem Verkehrsmittel, nur mit dem eingeschränkten Datensatz durchgeführt werden.

Jene Werte, die bei der Auswertung nach Österreich unterwegs einen höheren Wert aufweisen, sind oft Einzelwege oder stehen am Ende einer Wegekette. Die Werte, die beim Wegzweck geringer sind als beim Zielzweck, stehen tendenziell eher am Anfang oder in der Mitte einer Wegekette. Die Entfernung spielt oft eine Rolle, ob Wege mit anderen Aktivitäten verknüpft werden, oder ob der Weg für einen bestimmten Zweck zurückgelegt wird.

Tabelle 12: Vergleich von Wegzweck und Zielzweck ohne Wege nach Hause, Datenquelle Österreich unterwegs

Weglängen [%]	Zielzweck ohne Wege nach Hause				Wegzweck lt. Österreich unterwegs			
	alle	≥ 50 km	≥ 75 km	≥ 100 km	alle	≥ 50 km	≥ 75 km	≥ 100 km
zur Arbeit	20,4	22,2	13,8	11,4	21,1	23,5	15,3	12,4
dienstlich/geschäftlich	5,0	17,3	21,8	22,9	4,5	14,9	18,8	20
Schule/Ausbildung	6,0	3,6	2,7	2,5	6,4	3,8	2,8	2,6
Bringen/Holen	7,2	4,9	4,8	5,9	6,7	5,2	5,3	6,4
Einkauf	15,8	4,0	4,2	3,3	16,3	4,3	4,5	3,9
private Erledigung	12,7	7,6	6,3	5,3	12,6	7,7	6,2	5,7
sonstige Freizeit	21,8	23,7	27,4	28,9	21	24,5	28,8	30
privater Besuch	11,0	16,7	18,9	19,8	11,3	16,1	18,2	19,1

Wege zur Arbeit oder Schule sind in Österreich unterwegs überrepräsentiert. Diese Wege sind oft Einzelwege. Der Unterschied bei den Arbeitswegen vergrößert sich unter Anbetracht der Tatsache, dass der Wegzweck als geschäftlich gewertet wird, wenn dem Zielzweck „Arbeit“ der Quellzweck „Arbeit“ oder „geschäftlich“ vorangeht. Obwohl aufgrund dieser Zuordnung der Geschäftswegeanteil in Österreich unterwegs bevorzugt ist, ist jener dennoch unterrepräsentiert und weist sogar die höchste prozentuelle Abweichung auf. Eine mögliche Erklärung ist, dass auf viele geschäftliche Wege ein weiterer Geschäftsweg folgt und diese demnach häufig innerhalb einer Wegekette stehen.

Der Zweck „Bringen/Holen“, beziehungsweise die Begleitung von Personen ist im Allgemeinen zu gering, da solche Wege oft mit anderen Aktivitäten wie Einkaufen, oder privaten Erledigungen verknüpft werden. Im Fernverkehrsbereich zeigt sich ein gegensätzliches Bild, weil sich diese Wege schwieriger mit anderen Aktivitäten des Alltags verbinden lassen. Dies trifft ebenso auf sonstige Freizeitaktivitäten zu. Einkäufe sind hingegen zu hoch bewertet, häufig werden diese am Ende einer Wegekette getätigt, oder sind vor allem dann Einzelwege, wenn die Personen zu Fuß unterwegs sind.

Die Haushaltsbefragung Mobilität in Deutschland (MiD) 2002 beinhaltet eine andere Regelung für die Bestimmung des Wegzwecks am Ende einer komplexen Wegekette. Hier erfolgt die Ermittlung eines Hauptwegzwecks. Eine Reihung nach dem selben Prinzip wie bei der Festlegung des Hauptverkehrsmittels, bestimmt den ranghöchsten Zweck, welcher den Zweck „nach Hause“ ersetzt [Follmer et al., 2004].

- Die befragten Personen müssen alle Verkehrsmittel angeben, die sie innerhalb eines Weges benutzt haben. Wenn Wegetappen mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln durchgeführt wurden, gibt es eine festgelegte Reihung, welches Verkehrsmittel als Hauptverkehrsmittel zu betrachten ist. Bei dieser Priorisierung kann die Reihung „öffentlicher Verkehr vor motorisiertem Individualverkehr“ zu einer Bevorzugung des öffentlichen Verkehrs kommen. im KOMOD-Handbuch beinhaltet das empfohlene Design die zurückgelegte Weglänge je Verkehrsmittel, dies ist in Österreich unterwegs nicht vorhanden.

- Österreich unterwegs enthält keine Beschreibung des Begriffs „Weg“ oder „Wegetappe“. Auch existiert keine Angabe darüber, ob die Wegentfernung im Straßennetz oder als Luftlinienentfernung angegeben werden soll. Dies führt dazu, dass die Angaben noch ungenauer werden. Zum Beispiel werden einige der Personen die Weglänge schätzen, andere den Weg im Netz unter Zuhilfenahme eines Navigationsprogrammes angeben.
- Weiters existieren zahlreiche Einzelfälle, die zu einem ungerechtfertigten Ausscheiden der Daten führen können. Die Anzahl dieser Fälle wird als sehr gering eingeschätzt, trotzdem kann durch die Hochrechnung unter Umständen ein relevanter Fehler entstehen. Bei der Ausübung mehrerer Berufe durch eine Person, zum Beispiel mehrerer geringfügigen Beschäftigung, wird ein eventuell auftretender Weg von einer Arbeitsstelle zur anderen als Geschäftsweg kategorisiert. Wird beispielsweise bei langen Fahrten der Fahrer getauscht, entsteht durch die Priorisierung des Pkw-Mitfahrers gegenüber des Pkw-Lenkers zweimal das Hauptverkehrsmittel „Mitfahrer“, obwohl es einen Lenker und einen Mitfahrer geben müsste. Bei der Auswahl der Verkehrsmittel ist im Fragebogen das Taxi keine vorgegebene Auswahlmöglichkeit. Eventuell wird hier „Pkw-Mitfahrer“ anstelle des Taxis angegeben. Bei der Plausibilitätsprüfung wird ein Weg als unplausibel angesehen, wenn eine arbeitssuchende Person einen Arbeitsweg angibt. Ein solcher Weg ist jedoch möglich, wenn die Person einer geringfügigen Beschäftigung als Zuverdienst zum Arbeitslosengeld nachgeht, (unentgeltlich) im Familienbetrieb mithilft, zu einem Vorstellungsgespräch geht et cetera. Dasselbe gilt für den Wegzweck „Schule/Ausbildung“, wenn die Person bei der Beschäftigung nicht angegeben hat, Schüler/Student/in Lehre zu sein. Jedoch können Personen die Abendschule, Schulungen vom AMS, private Aus- oder Weiterbildungen besuchen, oder neben der Erwerbstätigkeit studieren, ohne dies bei der Beschäftigung anzugeben. Wenn Personen unter 21 Jahren als höchsten Schulabschluss „Uni/Fachhochschule“ angegeben haben, wurde eine Korrektur auf „Matura“ vorgenommen, obwohl es möglich ist, im 21. Lebensjahr eine dreijährige Hochschulausbildung absolviert zu haben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein gewisser Interpretationsspielraum für die an der Befragung teilnehmenden Personen bestehen bleibt. Zum Teil können Fehler aufgrund von getroffenen Annahmen entstehen, da einerseits nicht alle Wege manuell bearbeitet werden (können) und andererseits, weil es Ausnahmen gibt, die fälschlicherweise als Falschangabe aussortiert werden.

5 Auswertung und Analyse der Mobilfunkbewegungsdaten für Österreich

Die in dieser Arbeit verwendeten Mobilfunkdaten werden von der A1 Telekom Austria AG zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden für sechs Werktage im Oktober 2017, den 10. bis 12. und 17. bis 19. Oktober (jeweils Dienstag bis Donnerstag), ausgewertet. Für jeden dieser Tage gibt es von jeder aktiven A1-SIM-Karte in Österreich eine Datei mit allen gespeicherten Events. Diese ergeben sich, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, durch die laufende Kommunikation des Mobilfunkgeräts mit den Basisstationen. Bei jedem Anruf, jeder Textnachricht, bei aktiver Nutzung der mobilen Datenübertragung und bei einem Wechsel der Mobilfunkzelle entsteht ein solcher Event-Eintrag. Die Zuordnung der Events zu einer Person, beziehungsweise einem Mobilfunkgerät, erfolgt über die SIM-Karte, die die Daten des Teilnehmers enthält und für die Nutzung des Mobilfunknetzwerks notwendig ist (Sauter, 2015). Um die Einhaltung des Datenschutzes sicherzustellen, wird jeder SIM-Karte eine anonymisierte Identifikationsnummer zugewiesen, die sich alle 24 Stunden ändert. Neben der ID werden die aktuellen Koordinaten der SIM-Karte zusammen mit dem Zeitstempel abgespeichert. Eine tabellarische und graphische Darstellung der Rohdaten befinden sich in Abbildung 26 und Abbildung 27 Die beiden Spalten „lat“ und „lon“ stehen für Latitude und Longitude, dem geographischen Breiten- und Längengrad. Die GPS-Koordinaten beziehen sich auf einen Raster mit einer Größe von 50 mal 50 Metern. Die Aufzeichnung erfolgt für jede ID über 24 Stunden, von 0:00 Uhr UTC bis 24:00 Uhr UTC, dies entspricht in Österreich unter der Berücksichtigung der Sommerzeit der Uhrzeit von 2:00 Uhr morgens. Danach wird der jeweiligen Sim-Karte eine neue ID zugewiesen.

	lat	lon	time	distance_km	delta_time_min	geschwindigkeit_km_h
1	47.10281	15.47773	2017-08-03 00:07:02	0.00000000	0.000000e+00	NaN
2	47.10281	15.47773	2017-08-03 00:07:03	0.00000000	7.000009e-04	0.000000e+00
3	47.10236	15.47773	2017-08-03 00:31:03	0.05001360	2.400997e+01	1.249821e-01
4	47.10236	15.47773	2017-08-03 00:31:03	0.00000000	6.833315e-04	0.000000e+00
5	47.10146	15.47838	2017-08-03 00:55:04	0.11183360	2.400998e+01	2.794677e-01
6	47.10146	15.47838	2017-08-03 00:55:04	0.00000000	7.166664e-04	0.000000e+00
7	47.10191	15.47904	2017-08-03 01:10:43	0.07072957	1.565895e+01	2.710127e-01
8	47.10191	15.47904	2017-08-03 01:10:43	0.00000000	7.333318e-04	0.000000e+00
9	47.10326	15.47773	2017-08-03 01:33:03	0.18032607	2.232360e+01	4.846693e-01
10	47.10326	15.47773	2017-08-03 01:33:03	0.00000000	6.833315e-04	0.000000e+00
11	47.10326	15.47773	2017-08-03 01:57:03	0.00000000	2.400998e+01	0.000000e+00
12	47.10326	15.47773	2017-08-03 01:57:03	0.00000000	6.666660e-04	0.000000e+00
13	47.10010	15.47968	2017-08-03 02:21:04	0.38089164	2.401007e+01	9.518299e-01
14	47.10010	15.47968	2017-08-03 02:21:04	0.00000000	6.833315e-04	0.000000e+00
15	47.10011	15.47705	2017-08-03 02:45:05	0.20005250	2.400998e+01	4.999233e-01
16	47.09966	15.47704	2017-08-03 02:45:05	0.05001360	6.666660e-04	4.501228e+03
17	47.09967	15.47638	2017-08-03 02:45:10	0.05001313	8.711667e-02	3.444562e+01
18	47.09967	15.47638	2017-08-03 02:58:31	0.00000000	1.335538e+01	0.000000e+00
19	47.09922	15.47506	2017-08-03 02:58:41	0.11183261	1.617667e-01	4.147923e+01
20	47.09967	15.47638	2017-08-03 02:59:03	0.11183261	3.729500e-01	1.799157e+01

Abbildung 26: Auszug der Informationen einer ID in den Mobilfunkdaten und daraus abgeleitete Größen, Datenquelle A1 Telekom Austria AG



Abbildung 27: ID mit Bewegungsdaten im Raum Graz, Datenquelle A1 Telekom Austria AG, Bildquelle: Google Earth

5.1 Datenverarbeitung

Um die Mobilfunkdaten auswerten zu können, müssen aus den einzelnen aufgezeichneten Events Wege generiert werden. In dieser Arbeit werden die Wege über einen Algorithmus ermittelt. Zunächst ist es jedoch notwendig, die einzelnen Punkte, die zum Teil erheblich vom tatsächlichen Standort abweichen, im Vorhinein zu filtern. Diese Abweichungen sind räumliche Sprünge, die durch Ungenauigkeiten entstehen können. Der Ausschluss dieser inkorrekten Events geschieht über eine Grenzggeschwindigkeit, die mit 150 Kilometern pro Stunde gewählt wird. Ergibt sich nun zwischen zwei Punkten eine Geschwindigkeit, die die Grenzggeschwindigkeit überschreitet, wird der zweite Punkt entfernt und der darauffolgende Punkt wird für die Geschwindigkeitsermittlung herangezogen. Auf diese Weise können Ausreißer aussortiert werden. Im nächsten Schritt werden Punkte zu Standorten zusammengefasst. Durch die hohe Rasterdichte und natürlichen Ungenauigkeiten bei der Standortzuweisung, entstehen rund um länger dauernde Aufenthalte Punktansammlungen, die zu einem einzelnen Standort zusammengefasst werden müssen, um die dazwischenliegenden Wege ermitteln zu können. Dabei werden nur stationäre Aufenthalte, die durch eine bestimmte Dauer abgegrenzt werden, als richtige Aufenthalte berücksichtigt. Auch innerhalb eines Weges können Aufenthalte entstehen, die bei der Auswertung berücksichtigt werden sollen. Diese „unechten“ Aufenthalte sind meist kurz und entstehen zum Beispiel beim Halten an einer Ampel, bei Wartezeiten an Haltestellen oder kurzen Unterhaltungen. Auf der anderen Seite können beispielsweise auch Einkäufe oder Erledigungen eine geringe Aufenthaltsdauer aufweisen. Um weder zu viele, noch zu wenige stationäre Aufenthalte zu erzeugen und damit Wege zu teilen oder zu verbinden, muss ein Wert angenommen werden, der ein gutes Mittelmaß ergibt. In dieser Arbeit wird ein stationärer Aufenthalt mit einer Aufenthaltsdauer von 15 Minuten oder darüber definiert. Das heißt, dass laut dieser Definition die Mindestdauer von Aktivitäten 15 Minuten beträgt, alle kürzeren Aufenthalte können als Zwischenhalte innerhalb der Wege betrachtet werden.

Aufgrund der enormen Datenmenge von rund 170 Gigabyte pro Tag kann die Verarbeitung der Daten nur an einem Parallelrechnersystem durchgeführt werden. Dazu werden die Berechnungen extern mit einem bereits vorhandenen Algorithmus durchgeführt. In dieser Arbeit soll jedoch davon unabhängig für einen geringen Auszug an Daten ein eigener Algorithmus, entsprechend den erforderlichen Kriterien und Bedürfnissen der Fragestellung, angenähert werden. Die Eingangsparameter sind jedoch in beiden Berechnungen gleich.

Die Entwicklung des Algorithmus in dieser Arbeit geschieht schrittweise. In einer ersten Annahme werden die stationären Aufenthalte herausgerechnet, indem ein Radius gewählt wird, der einen Aufenthalt räumlich begrenzt. Nun wird der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Punkten berechnet; liegt dieser außerhalb der gewählten Grenze, findet eine Bewegung der Sim-Karte statt. Liegt der Abstand innerhalb der Distanz, werden die Punkte über den Mittelwert der Koordinaten zusammengefasst. Jeder weitere Vergleich findet zwischen dem Mittelpunkt der bereits zusammengefassten Punkte und dem darauffolgenden Punkt statt. Alle Mittelwerte und alle Punkte, die nicht zusammengefasst wurden, werden in einer neuen Matrix gespeichert. Zusätzlich erhält jeder Eintrag eine neue Information, die Aufenthaltsdauer. Dadurch kann auf einen Blick festgestellt werden, wo ein stationärer Aufenthalt vorliegt (Aufenthaltsdauer ≥ 15 Minuten). Aufenthalte, die geringer als 15 Minuten sind, werden deshalb zusammengefasst, weil die Trajektorie „geglättet“ wird und bei der Ermittlung der Weglänge die Sprünge eine höhere Kilometeranzahl ergeben würden. Bei diesem Ansatz erfolgt noch keine Eliminierung von Punkten anhand der Geschwindigkeit, Ausreißer werden als Wege berücksichtigt.

Um die variierenden Aufzeichnungsgenauigkeiten je nach Standort abzudecken, ist es vorgesehen, für jeden Raumtyp einen anderen Radius festzulegen. In diesem ersten Schritt wird die maximale Entfernung mit 300 Metern für ein Stadtgebiet, beziehungsweise Raumtyp eins und zwei angenommen.

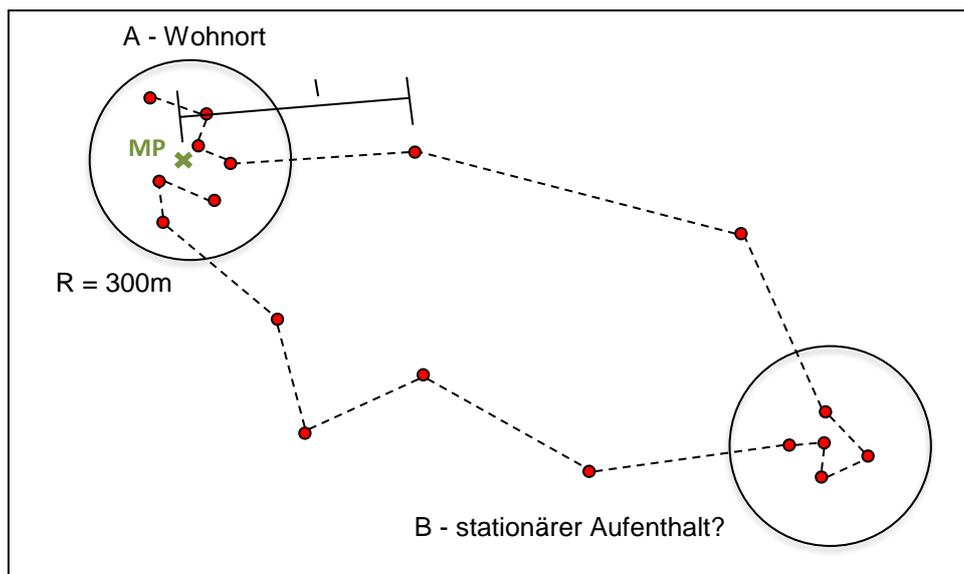


Abbildung 28: schematische Darstellung der Aufenthaltsermittlung nach Ansatz 1

Beim zweiten Ansatz wird ein Aufenthalt nicht nur über den Radius, sondern auch über die Fortbewegungsgeschwindigkeit definiert. Hier werden die Punkte zu einem Aufenthalt zusammengefasst, wenn die Distanz zwischen zwei Punkten, beziehungsweise dem Mittelpunkt und dem nächsten Punkt, weniger als 500 Meter beträgt und die Geschwindigkeit geringer als 5 Kilometer pro Stunde beträgt. Zusätzlich sollen innerhalb der Schleife, die die einzelnen Punkte abarbeitet, Sprünge ausgeschlossen werden. In diesem Fall wird ein Sprung als ein einzelner Punkt betrachtet, der mit falschen Koordinaten behaftet ist. Somit ist ein Sprung erkennbar, wenn die Trajektorie mit hoher Geschwindigkeit zu einem entfernten Punkt springt und der nächste Punkt in dem Umkreis des Ausgangspunktes auftritt. Treffen die Bedingungen zum Zusammenfassen zweier Punkte nicht zu, erfolgt die Überprüfung, ob ein Sprung vorliegt. Die Voraussetzungen sind zum einen eine hohe Geschwindigkeit von über 120 Kilometern pro Stunde, sowohl zwischen den betrachteten Punkten eins und zwei, als auch zwischen den Punkten zwei und drei, zum anderen ein Abstand von maximal 300 Metern zwischen dem Ausgangspunkt und dem dritten Punkt. Bei Erfüllung dieser Voraussetzungen werden die Punkte eins und drei wie zwei aufeinanderfolgende Punkte behandelt und zusammengefasst (Abbildung 29). Bei Nichteinhaltung der 300 Meter-Regel wird entsprechender Punkt lediglich übersprungen.

Durch diesen Ansatz zeigt sich, dass Sprünge auch in anderer Form auftreten können.

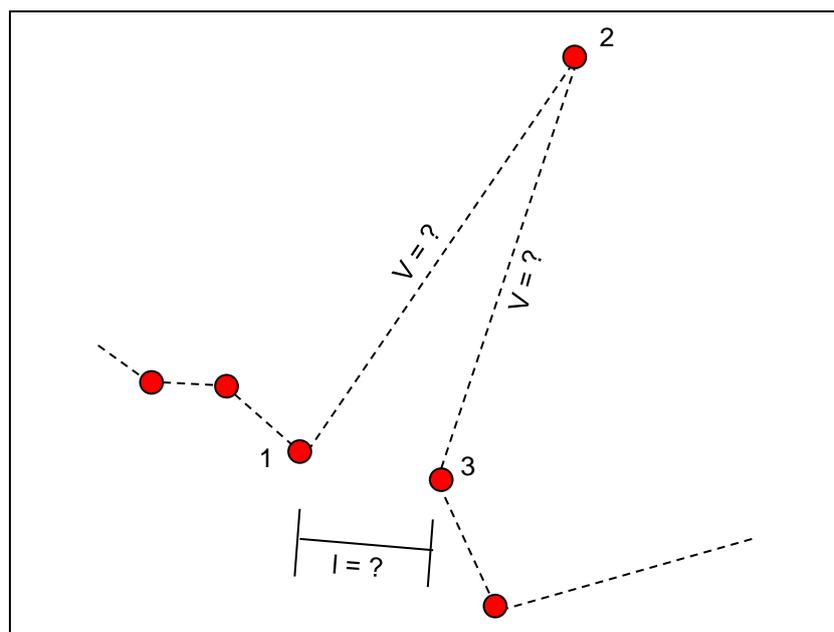


Abbildung 29: Schematische Darstellung eines Sprungs

In Ansatz drei wird zuerst der gesamte Datensatz auf Geschwindigkeiten über 200 Kilometern durchsucht. Jene Punkte, die unter der Geschwindigkeitsbegrenzung bleiben, werden in einer neuen Datentabelle abgespeichert. Ein Großteil aller fehlerhaften Punkte können auf diese Weise ausgeschlossen werden. Abbildung 30 zeigt anhand des konkreten Beispiels der Strecke zwischen Graz und Wien, welcher Unterschied sich durch diese Maßnahme ergibt.

Im nächsten Schritt werden die Punkte wiederum zusammengefasst, wobei nach der Anzahl der bereits gemittelten Punkte unterschieden wird. Bei den jeweils ersten drei hintereinanderliegenden Punkten, die einen Aufenthalt bilden, sind der Abstand, oder die Entfernung zusammen mit der

Grenzgeschwindigkeit die Kriterien. Umfasst der Aufenthalt weitere Punkte, wird der Fokus auf die Geschwindigkeit gelegt.

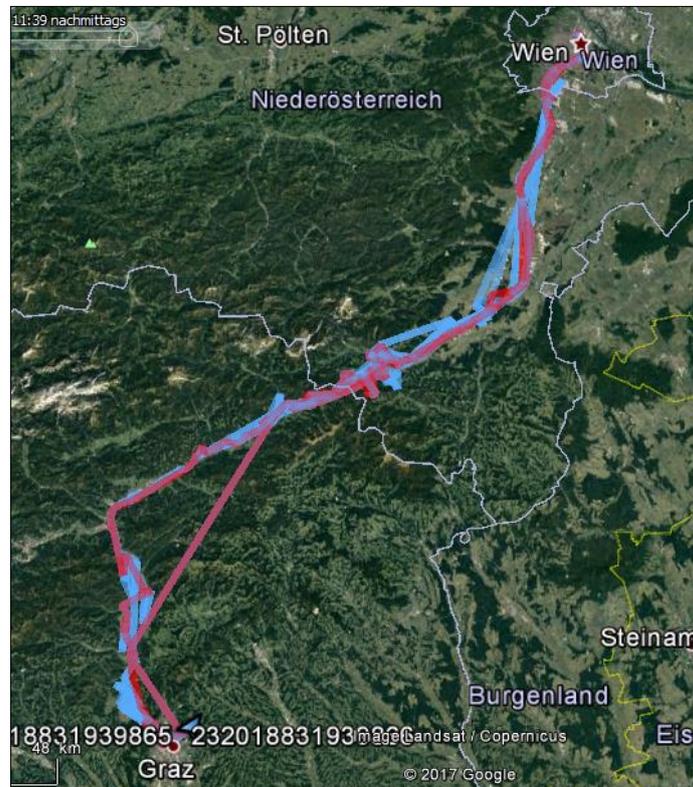


Abbildung 30: Vergleich einer Trajektorie vor (blau) und nach (rot) Entfernung der Geschwindigkeiten größer 200 km/h, Datenquelle A1 Telekom Austria AG, Bildquelle: Google Earth

Nach der Entwicklung des Algorithmus wird dieser an einem größeren Testsample angewendet. Hierfür müssen alle Daten zugleich in R eingelesen werden. Dadurch muss in den Code zusätzlich noch die Unterscheidung der einzelnen IDs und des Datums eingefügt werden, damit der Endpunkt einer ID erkannt wird und Tage einzeln ausgewertet werden können.

Anschließend werden zwischen den zumindest 15-minütigen Aufenthalten die Länge der Wege berechnet. Ergeben sich keine Wege, war die Person an diesem Tag nicht mobil. Aufgrund von Transitfahrten durch Österreich ergeben sich im Testdatensatz einige IDs mit nur einem Weg. Bei den Originaldaten wird dies vermieden, indem Fahrten, die bei der Grenze beginnen oder enden vom Datensatz ausgeschieden werden.

Bei der Validierung der Ergebnisse mit einem optischen Vergleich durch das Programm Google Earth ist ein Verbesserungspotential erkennbar. Zu diesem Zweck werden sowohl die Parameter wie Grenzgeschwindigkeit und -abstände variiert, als auch der in R programmierte Code, ausgehend vom dritten Ansatz, weiterentwickelt.

Im finalen Algorithmus werden im ersten Schritt alle Punkte entfernt, die eine Geschwindigkeit über 150 Kilometer pro Stunde ergeben. Danach werden die Punkte wiederum zu Aufenthalten

zusammengefasst. Neben geringfügigen Anpassungen der Bedingungen aus Ansatz drei, beinhaltet der Algorithmus eine weitere Verbesserung. Bei den bisherigen Ansätzen werden zwei stationäre Aufenthalte des Öfteren fälschlicherweise zusammengefasst, wenn diese nahe beieinanderliegen, das heißt in Entfernungen im Bereich von 400 Metern. Vor allem länger andauernde Aufenthalte sind davon betroffen, weil die Streuung der Punkte größer ist. Ein Beispiel für zwei stationäre Aufenthalte, die fälschlicherweise zusammengefasst wurden, ist in Abbildung 31 dargestellt. Um dies zu verhindern, wird, sobald das Ende eines Aufenthalts identifiziert wird und wenn zumindest 69 Punkte zusammengefasst wurden, überprüft, ob der Mittelpunkt der ersten 30 Punkte und jener der letzten 30 Punkte größer oder gleich 250 Meter ist. Wenn dies zutrifft, wird berechnet, wie die Punkte aufgeteilt werden müssen, sodass die Distanz der Mittelwerte maximiert wird. Danach werden die beiden Punkte abgespeichert. Die Berechnung der Wege erfolgt unverändert. Der vollständige Code befindet sich im Anhang.

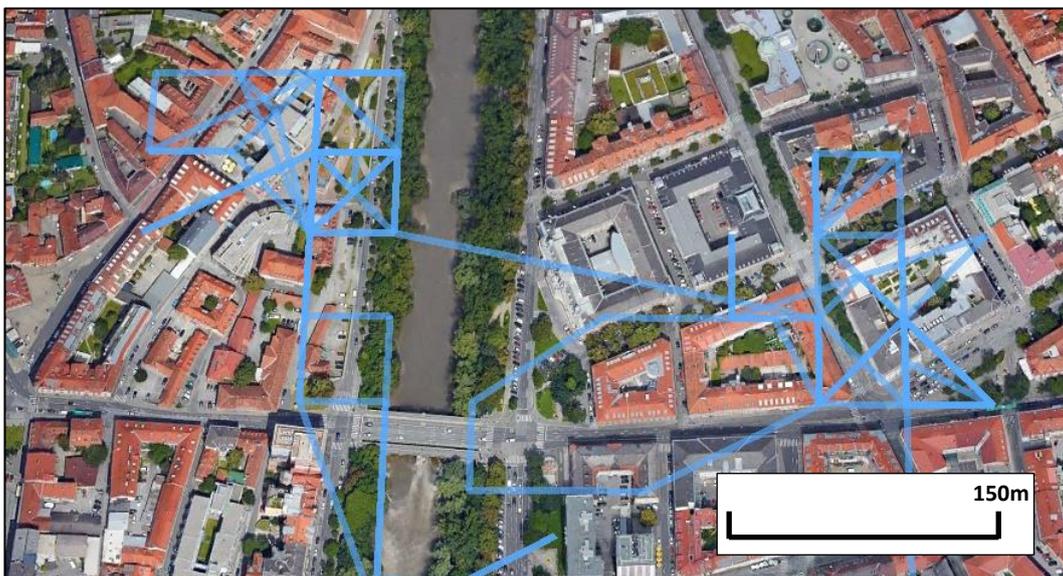


Abbildung 31: zwei beieinanderliegende Aufenthalte in den Rohdaten, Quelle: Google Earth

An dieser Stelle werden die Originaldaten der sechs Oktobertage extern mittels Hadoop Cluster berechnet. Die Bestimmung eines stationären Aufenthalts ist nach wie vor mit 15 Minuten festgelegt. Die Zuordnung des Wohnraumtyps erfolgt unter der Annahme, dass der erste stationäre Aufenthalt dem Wohnort entspricht. Jeder weitere Weg der ID wird nun dem Raumtyp des Wohnorts zugeteilt. Für die Festlegung des Raumtyps im Programm wird ein Shape-File erstellt, in dem die Gemeinden mit dem Attribut des Raumtyps analog zu Österreich unterwegs belegt sind.

Da mit den Mobilfunkdaten auch die Kommunikation von Maschinen und Geräten aufgezeichnet wird, die mit einer Sim-Karte ausgestattet sind, werden alle IDs mit null Wegen und nur einem stationären Aufenthalt aus dem Datensatz ausgeschlossen. Somit fallen alle nicht mobilen Personen aus dem Datensatz. Ebenso wird mit Wegen verfahren, die an der Österreichischen Grenze starten oder enden. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass sich keine abgeschnittenen Wege in den Daten befinden und die Weganzahl pro Person nicht nach unten verfälscht wird. Befindet sich ein Mobilfunkgerät aus dem Ausland ganztägig in Österreich, ist dieses in den Daten enthalten.

5.2 Detaillierte Auswertung der Mobilfunkbewegungsdaten

Die folgenden Abbildungen zeigen die Auswertungen der Mobilfunkdaten. Aufgrund der fehlenden soziodemographischen Informationen, dem unbekanntem Verkehrsmittel und Wegzweck, ist lediglich eine Auswertung der Weglängen und der Verkehrsleistung möglich. Unterschieden wird zwischen Gesamtösterreich und den Raumtypen. Die Stichprobe beläuft sich auf 11.201.034 Wege und stellt den Mittelwert der sechs betrachteten Tage dar. Im Vergleich dazu sind es nach der Hochrechnung bei Österreich unterwegs 20.548.525 Wege. Da bei den Mobilfunkdaten die Daten von 2.913.124 IDs aufgezeichnet wurden, kann festgestellt werden, dass die Anzahl der Wege pro Tag und Person bei den Mobilfunkdaten höher ausfällt. Die genaue Zahl beläuft sich auf 3,8 Wege pro mobiler Person, im Vergleich zu den 3,3 Wegen die sich aus Österreich unterwegs ergeben.

Anzumerken ist, dass die Stichprobe den ausgewerteten Daten entspricht, eine Hochrechnung für die Gesamteinwohnerzahl wird hier nicht durchgeführt. Somit kann es zu Verzerrungen durch die Schichtung in der Mobilfunknutzung kommen. Weiters sind in den ausgewerteten IDs Firmenhandys enthalten. Das führt zum einen dazu, dass manche Personen zweimal in den Daten enthalten sind, wenn sie ein Firmen- und Privathandy mit einem Tarif von A1 besitzen. Zum anderen entsteht dadurch eine höhere Mobilität, weil vorwiegend Personen, die beruflich viele Wege zurücklegen müssen, ein Firmenhandy besitzen. Diese Umstände müssen in der Auswertung berücksichtigt werden. In der Masterarbeit soll jedoch ein erster Überblick geben werden, in welcher Größenordnung die Unterschiede zwischen den beiden Methoden liegen.

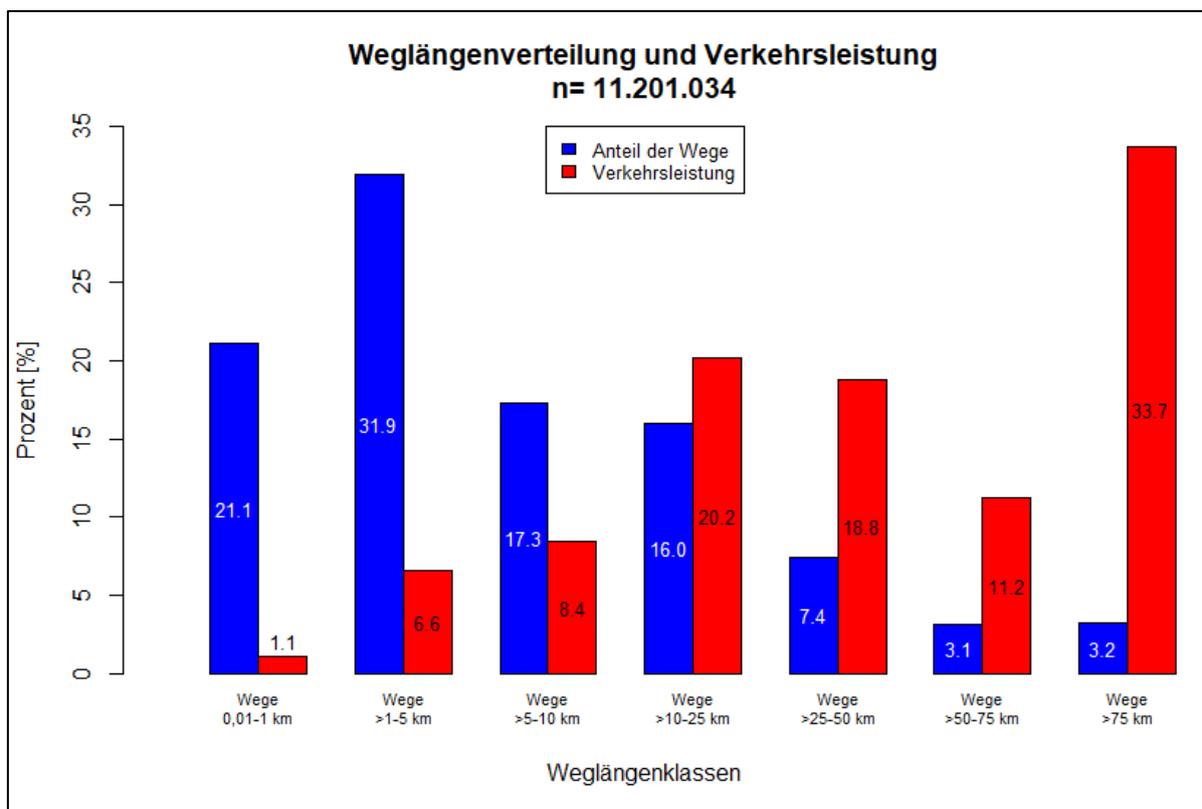


Abbildung 32: Anteil der Weglängen an den Weglängenklassen und die dazugehörige Verkehrsleistung der Mobilfunkbewegungsdaten, Datengrundlage A1 Telekom Austria AG

Abbildung 32 zeigt, wie die Wege hinsichtlich ihrer Länge verteilt sind. Etwa jeder fünfte Weg ist nicht länger als einen Kilometer. Mit rund 32 Prozent ist der größte Anteil der Wege über einen bis fünf Kilometer lang. Wie auch schon in Österreich unterwegs, befinden sich mehr als die Hälfte aller Wege in den ersten beiden Klassen. Wege über 50 Kilometer ergeben einen Anteil von 6,3 Prozent. Der geringe Anstieg in der letzten Weglängenklasse ergibt sich durch das nach oben hin offene Intervall. Obwohl ein Anteil von 53 Prozent aller Wege eine Länge bis 5 Kilometer haben, macht die zugehörige Leistung nur 7,7 Prozent der Gesamtleistung aus. Ab einer Länge von über 10 Kilometern ist der Anteil der Leistung höher als jener der Wege. Die größte Verkehrsleistung ergibt sich mit einem Drittel bei den Wegen über 75 Kilometer. Der Anteil der Verkehrsleistung ist damit mehr als zehnmals so groß wie jener der Wege.

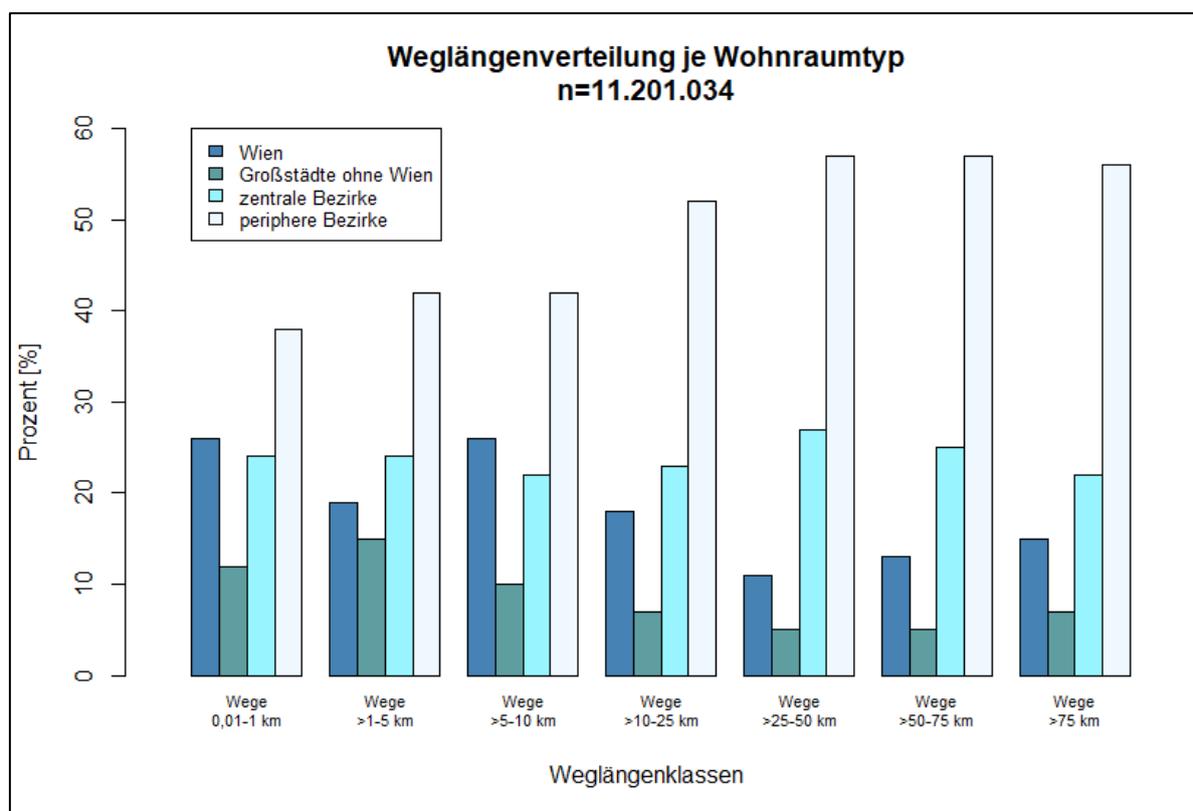


Abbildung 33: Anteil der Weglängen an den Weglängenklassen je Raumtyp der Mobilfunkbewegungsdaten, Datengrundlage A1 Telekom Austria AG

Werden die Weglängenanteile auf die Wohnraumtypen aufgeteilt, entfällt in jeder Klasse der höchste Anteil auf die peripheren Bezirke, da in diesen auch die meisten Personen leben. Jedoch lässt sich erkennen, dass der Anteil an den Wegen je Entfernungsklasse steigt, beziehungsweise bei den weiten Wegen annähernd gleich ausfällt. Im Vergleich dazu, schwankt der Anteil der Wege bei den Wienern stärker. Allgemein ist der Anteil bei Wegen bis 25 Kilometer höher als bei jenen darüber, wobei ab 25 Kilometern ein leichter Anstieg vorhanden ist. Ähnlich verhält es sich bei den Großstädten ohne Wien. Die Anteile der Wege bei den zentralen Bezirken sind relativ gleichmäßig, sie bewegen sich zwischen 22 und 27 Prozent.

6 Vergleichsanalyse von Österreich unterwegs und Mobilfunkbewegungsdaten

In diesem Kapitel werden die beiden Datensätze aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkdaten miteinander verglichen. Zum einen erfolgt ein Vergleich der Weglängen und der dazugehörigen Verkehrsleistung für Gesamtösterreich und zum anderen werden diese Kennwerte für jeden Raumtyp getrennt betrachtet.

An dieser Stelle sollen die Unterschiede zwischen den beiden Datensätzen zusammengefasst werden. Österreich unterwegs ist eine ganzjährige Erhebung, die ihren Fokus auf die Alltagsmobilität der Österreicher legt. Da die vorangegangene nationale Haushaltsbefragung im Herbst durchgeführt wurde, ist in Österreich unterwegs ein Hochrechnungsfaktor vorhanden, der die Auswertung nur für den Herbst ermöglicht. Der Zeitraum Herbst ist durch den kalendarischen Herbst von 23. September bis 21. Dezember festgelegt. Durch die Unterscheidung der Wochentage ist eine Anpassung an die Mobilfunkdaten möglich und es werden alle Werktage für den Vergleich herangezogen. Die Ergebnisse in Österreich unterwegs sind gewichtet und auf die Gesamtbevölkerung hochgerechnet. Die Hochrechnung basiert auf 196.604 Wegen von 38.220 Personen an 76.440 Tagen. Das Mobilitätsverhalten ist für die Personen über 48 Stunden nachvollziehbar, aufgrund der geringeren Mobilität am zweiten Tag wurde diese dem ersten Tag angepasst. Die Daten beinhalten grenzüberschreitende Wege, die jedoch herausgerechnet werden können. Der Wohnraumtyp ist durch die Kontaktadressen der Haushalte exakt bestimmbar. Die Weglängen werden durch die Befragten geschätzt. Der Erhebungszeitraum von Österreich unterwegs reichte von 27. Oktober 2013 bis 24. November 2014. Nur Personen mit österreichischem Hauptwohnsitz konnten an der Befragung teilnehmen.

Bei den Mobilfunkdaten werden lediglich sechs Tage betrachtet, jeweils zweimal aufeinanderfolgend die Werktage Dienstag bis Donnerstag. Die Stichtage sind der 10., 11., 12. Oktober und der 17., 18., und 19. Oktober 2017. Die Stichprobe umfasst pro Tag durchschnittlich 11.201.034 Wege von 2.913.124 Mobilfunkgeräten. Insgesamt ergibt das eine Stichprobe von über 67 Millionen Wegen und ist damit mehr als 340-mal so groß wie in Österreich unterwegs. Die einzelnen Wege sind dem Straßennetz nicht angepasst und verlaufen entlang der aufgezeichneten Zwischenpunkte. Für die Erhebung mittels Mobilfunkdaten ist die Beteiligung der Besitzer der Sim-Karten nicht erforderlich, die Ergebnisse können durch die Personen nicht beeinflusst werden. Abweichungen unbekanntem Ausmaßes zwischen den Bewegungen der Personen und der jeweiligen Mobilfunkgeräte sind vorhanden. Eine durchgehende Aufzeichnung des Mobilitätsverhaltens einer Person ist nur über den Zeitraum vom 24 Stunden und innerhalb der Landesgrenzen Österreichs möglich. Im Gegensatz zu Österreich unterwegs ist die Auswahl der Personen nicht an das Alter gebunden, sondern an den Besitz eines Mobiltelefons bei dem Anbieter A1 Telekom Austria AG. Zusätzlich können Wege von einer Person unter Umständen zweimal im Datensatz enthalten sein, wenn diese Person ein zweites Privat- oder ein Firmenhandy besitzt, welche mit einer Sim-Karte der A1 Telekom Austria AG ausgestattet sind. Die Bestimmung des Wohnraumtyps gründet sich auf die Annahme, dass der erste stationäre Aufenthalt einer ID dem Wohnort entspricht. Durch Verwendung von Roaming-Diensten können sich unter den IDs auch nicht österreichische Personen befinden. Die Daten sind weder gewichtet, noch hochgerechnet, wodurch ein relevanter Fehler zu berücksichtigen ist.

6.1 Vergleich der Weglänge und Verkehrsleistung

In diesem Kapitel werden die Mobilfunkbewegungsdaten mit einem durchschnittlichen Werktag im Herbst aus Österreich unterwegs verglichen, wobei grenzüberschreitende Wege ausgeschieden wurden. Die Stichprobe der in Österreich unterwegs verbleibenden Wege sinkt damit auf 59.995 Wege, die Daten sind wiederum auf ganz Österreich hochgerechnet.

Bei den herbstlichen Werktagen erreichen Wege über 75 Kilometern in Österreich unterwegs nur mehr einen Anteil von 1,7 Prozent, während es bei einem durchschnittlichen Tag 2,6 Prozent der Wege waren (Vgl. Kapitel 4.2.1). Da der Unterschied zwischen den beiden Werten sehr hoch ist, wurde überprüft, wie groß der Einfluss der Auslandswege ist. Wird Österreich unterwegs nach denselben Kriterien (Werktag, Herbst), aber mit Auslandswegen ausgewertet, ergibt sich für Wege über 75 Kilometer ein Anteil von 1,8 Prozent. Somit liegt der Hauptgrund für die Abweichung in der Beschränkung auf Werktage und auf den Herbst.

Beobachtet werden konnte außerdem, dass die Wegeanzahl an einem Werktag im Herbst insgesamt höher ist, als im Jahresdurchschnitt. Zugleich sind Urlaube im Herbst am seltensten, da dieser die einzige Jahreszeit ohne Ferien ist. Die drei Feiertage, die es im Herbst gibt, sind der 26. Oktober, der 1. November und der 8. Dezember. Durch den Beginn der Erhebung am 27. Oktober 2013 und dem Ende am 24. November 2014 fielen vier Herbstfeiertage in den Erhebungszeitraum. Von diesen vier Feiertagen entfielen drei auf das Wochenende, nur der 1. November 2013 war ein Freitag. Somit gab es im Herbst nur ein verlängertes Wochenende, das für einen Kurzurlaub genutzt werden konnte, wobei der 1. November Allerheiligen ist und keinen typischen Urlaubszeitraum darstellt. Da nur die Werktage betrachtet werden, entsteht kein direkter Einfluss der Feiertage, jedoch könnte aus diesem Grund die Anzahl an An- und Abreisewege an Werktagen geringer sein als in anderen Jahren.

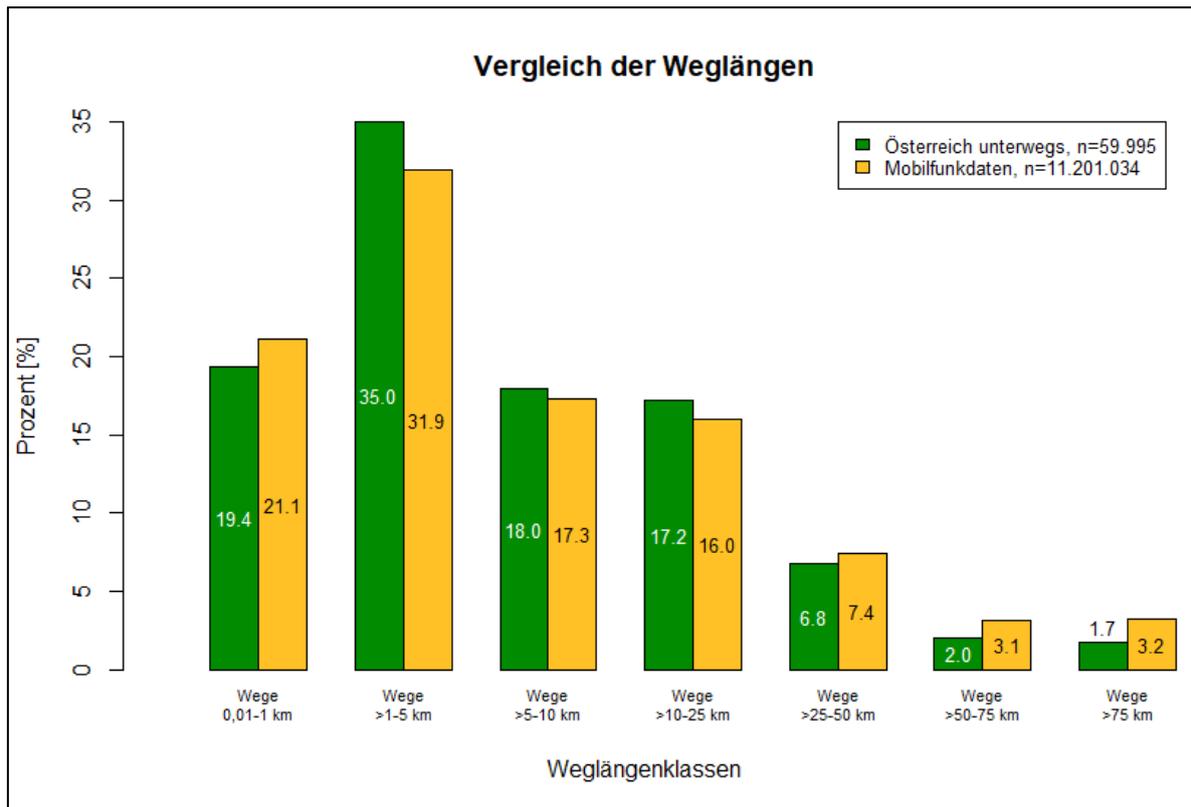


Abbildung 34: Vergleich der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten

Abbildung 34 zeigt die Gegenüberstellung der Weglängen, die auf die in den vorherigen Kapiteln verwendeten Weglängenklassen aufgeteilt sind. Da die jeweiligen Anteile der beiden Erhebungen verglichen werden, sind vor allem Aussagen über die Verteilung und Verteilungsunterschiede möglich. Generell ist davon auszugehen, dass sich bei Österreich unterwegs viele Wege am Ende einer Klasse befinden, da die Entfernung der Wege durch die Probanden gerundet wurden und deshalb ganze Zahlen bevorzugt angegeben wurden. Deshalb kann angenommen werden, dass die Verteilung der Weglängen innerhalb einer Klasse bei Österreich unterwegs im Vergleich zu den Mobilfunkdaten linkschief ist. Im Gegensatz dazu werden die Wege bei den Mobilfunkdaten exakt berechnet, jedoch sind dabei nicht die Straßenverläufe ausschlaggebend, sondern die Position der aufgezeichneten Punkte. Je nach deren Genauigkeit können sich dadurch etwas längere, aber mit größerer Wahrscheinlichkeit kürzere Wege als in der Realität ergeben.

Die Form der beiden Verteilungen ähnelt sich, allerdings fällt auf, dass sich unterschiedlich große Abweichungen zwischen den einzelnen Anteilen der beiden Erhebungsmethoden ergeben. Bei Betrachtung der letzten drei Weglängenklassen mit den weitesten Wegen lässt sich erkennen, dass die Anteile der Mobilfunkdaten deutlich höher ausfallen. Dies bestätigt die Annahme, dass der Fernverkehr in Haushaltsbefragungen unterrepräsentiert ist. Bestätigt wird die These ebenfalls bei Betrachtung der Differenzen (Abbildung 35). Obwohl die Anteile der Wege in den Fernverkehrsklassen bei einer höheren Weglänge immer geringer werden, steigt die Differenz zwischen den Anteilen der beiden Erhebungen.

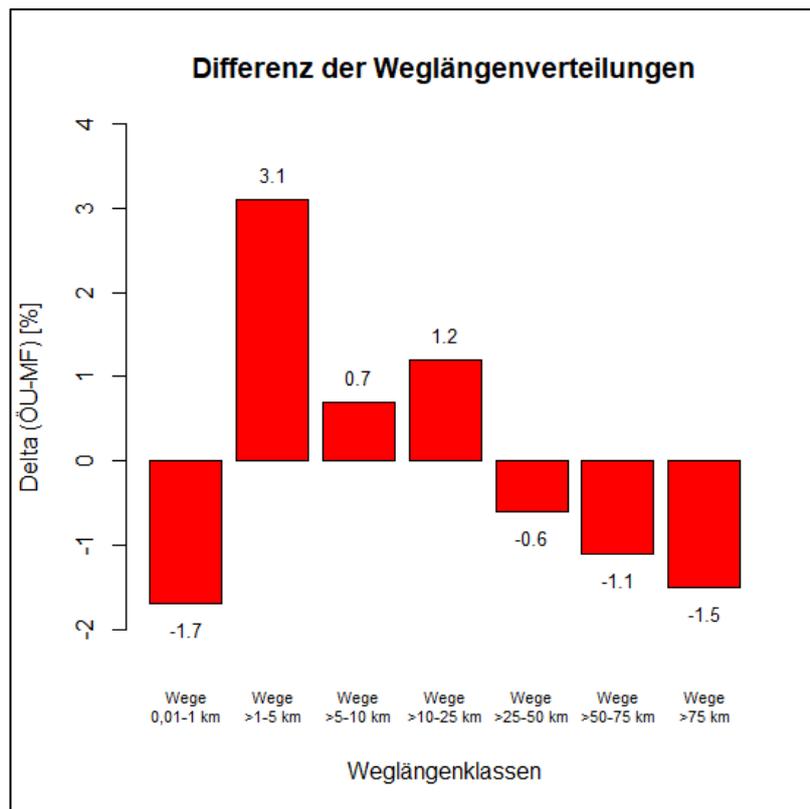


Abbildung 35: Differenz der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten

Nach dieser Prämisse müssten die Anteile der Wegeanzahl in den anderen Klassen für Österreich unterwegs proportional je nach Größe des Anteils aufgeteilt sein. Das ist durch die Tatsache gegeben, dass sich die Differenzen in Summe ausgleichen. Dennoch ergibt sich in der Weglängenkategorie bei Wegen mit einer Distanz von bis zu einem Kilometer wiederum bei den Mobilfunkdaten ein höherer Wert. Eine Begründung ist die Verschiebung von Mobilfunkwegen in die kürzere Weglängenkategorie aufgrund der eingangs beschriebenen Berechnung der Wege entlang der in den Daten vorhandenen Punkten. Eine weitere mögliche Ursache kann in dem Berechnungsmuster der Aufenthalte in den Mobilfunkdaten liegen. Da bei der Ermittlung der Aufenthalte Streuungen um den tatsächlichen Standpunkt berücksichtigt werden müssen, werden die Anfangs- und Endpunkte eines Weges zu den Aufenthalten gezählt, was dazu führt, dass sich die Wege verkürzen. Diese Effekte ergeben zwar nur einen geringen Fehler, wirken sich jedoch bei kurzen Wegen am meisten aus. Gleichzeitig werden Wege bei Haushaltsbefragungen in dieser Weglängenkategorie am häufigsten nicht als Weg wahrgenommen oder vergessen. Aufgrund der großen Differenz kann demnach davon ausgegangen werden, dass auch kurze Wege in Österreich unterwegs unterrepräsentiert sind.

In der dritten Klasse mit Wegen über fünf bis zehn Kilometer ist die Differenz der Erhebungsmethoden auffallend gering. Eine Erklärung für die geringe Differenz in dieser Klasse und die große Abweichung der Anteile für Wege zwischen einem und fünf Kilometer, ist das Runden von den Weglängen durch die Probanden in Österreich unterwegs. Während Entfernungen rund um einen Kilometer und weite Wege recht gut abschätzbar sind, beziehungsweise ihre Länge nachgeprüft wird, ist anzunehmen, dass viele Wege auf fünf Kilometer abgerundet werden.

An dieser Stelle soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die Auswertung der Mobilfunkdaten nicht für die Gesamtbevölkerung steht. Wie in Kapitel 4.2.6 dargestellt, sind die niedrigsten

Fernverkehrsraten bei den 6- bis 14-Jährigen, sowie den Personen ab 65 Jahren vorzufinden. Diese beiden Personengruppen werden jedoch auch mit einem geringeren Mobiltelefonbesitz in Verbindung gebracht und sind demnach in den Mobilfunkdaten nicht ausreichend vertreten. Außerdem könnten kürzere Wege in den Mobilfunkdaten unterrepräsentiert sein, weil Aufenthalte mit einer Mindestdauer von 15 Minuten festgelegt werden. Dadurch entsteht bei kürzeren Aufenthalten nur ein Weg mit doppelter Länge, anstatt zwei Wegen. Kurze Aufenthaltsdauern sind hingegen dann am wahrscheinlichsten, wenn der Hin- und Rückweg zu dieser Aktivität kurz ist. Somit ergeben sich weniger in der Verkehrsleistung, sondern bei der Anzahl der Wege Unterschiede. Eine Kompensation der Abweichungen ist durch diese Auswirkungen vor allem deshalb unwahrscheinlich, weil die Mobilfunkdaten in der ersten Weglängenklasse dennoch einen höheren Anteil besitzen.

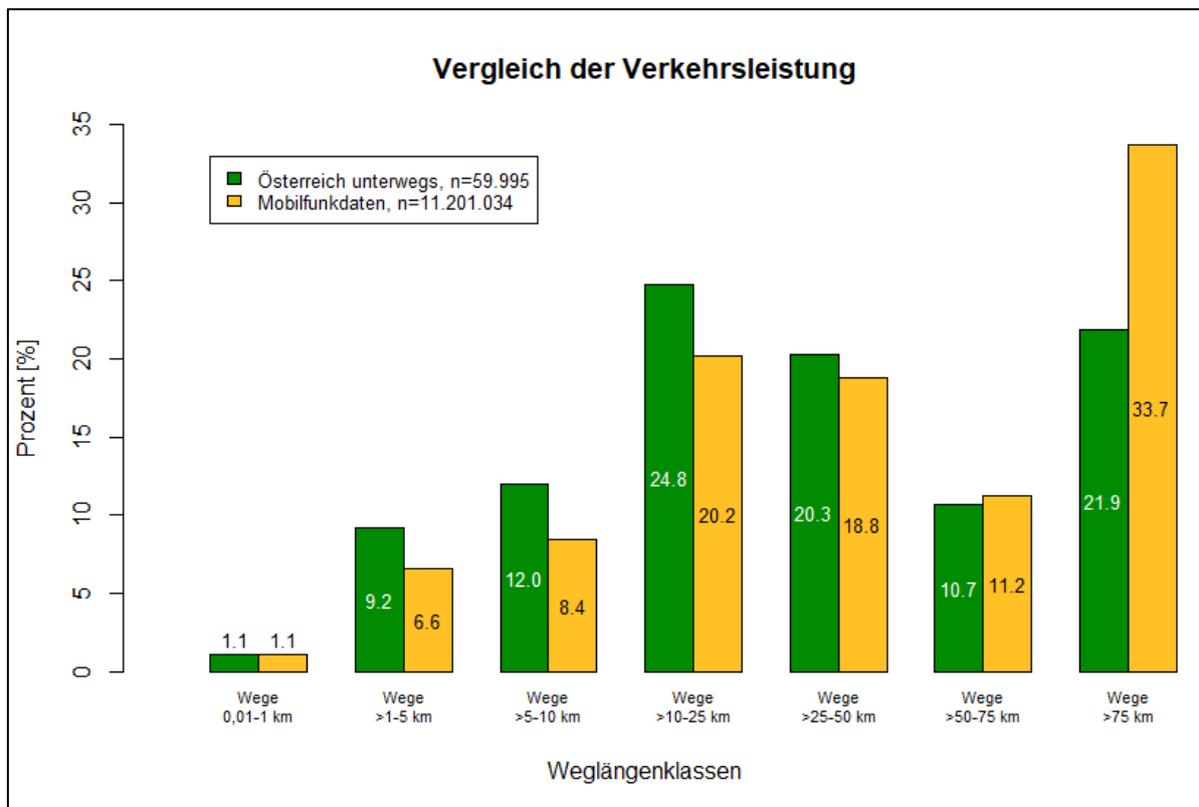


Abbildung 36: Vergleich der Verkehrsleistung aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten

Die Verkehrsleistung gibt die zurückgelegten Personenkilometer an. Dabei werden die Distanzen aller Wege für jede Klasse aufsummiert. Je weiter die Wege sind, umso größer wird die Verkehrsleistung. Ist der Anteil in einer Klasse geringer als in der vorhergehenden, ist dies nur durch eine geringere Anzahl an Wegen möglich.

Der Vergleich der Verkehrsleistung (Abbildung 36) zeigt ein ähnliches Bild wie die Verteilung der Wegezahlen und bestätigt die daraus gewonnenen Erkenntnisse. Hier unterscheiden sich die Verteilungen dadurch, dass bei Österreich unterwegs der höchste Anteil der Verkehrsleistung in der mittleren Weglängenklasse mit Wegen über zehn bis 25 Kilometer liegt, während die Mobilfunkdaten den höchsten Anteil in der siebten und letzten Klasse aufweisen. Die Differenz zwischen den Erhebungsmethoden wird an dieser Stelle nicht nur absolut (Abbildung 37), sondern auch relativ

maximal. Demnach zeigt sich bei der Verkehrsleistung ebenso, dass der Fernverkehr in Österreich unterwegs zu einem geringeren Anteil vertreten ist. Die Wege in der Klasse bis 75 Kilometer sind ebenfalls unterrepräsentiert und erreichen bei den Mobilfunkdaten einen höheren Anteil, was auch auf den höheren Anteil der Wege zurückzuführen ist. Wiederum wird dies in den anderen Weglängenklassen mit höheren Werten für die Anteile in Österreich unterwegs ausgeglichen. Bei Wegen bis zu einem Kilometer ergibt sich derselbe Anteil an der Verkehrsleistung und in der fünften Klasse eine geringe Differenz, insbesondere gemessen an der Größe der Anteile. Dies resultiert daraus, dass die jeweiligen Wege in Österreich unterwegs unterrepräsentiert sind, aber auch aus den größeren Anteilen bei der Weganzahl.

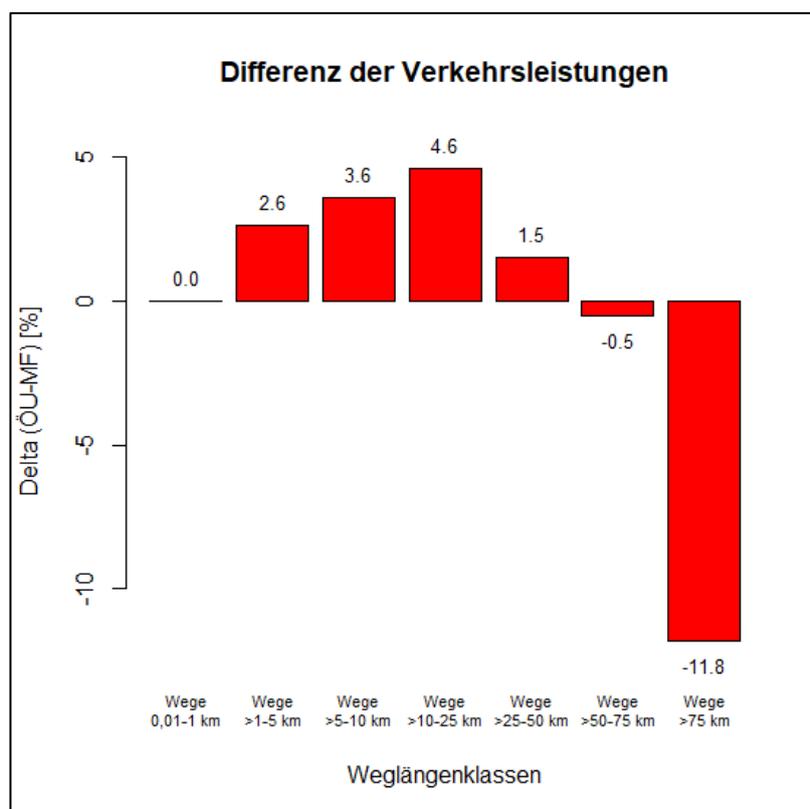


Abbildung 37: Differenz der Verteilung der Verkehrsleistung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten

6.2 Vergleich der Raumtypen

Die Verteilung der Wege auf die Wohnraumtypen im Vergleich der beiden Stichproben, ist im Allgemeinen als homogen zu betrachten (Tabelle 13). Die Mobilfunkdaten bilden daher einen repräsentativen Querschnitt der Gesamtbevölkerung hinsichtlich ihrer Verteilung auf die Raumtypen, bei Annahme einer gleichmäßigen Mobilitätsrate je Raumtyp.

Tabelle 13: Anteile der Wege an den Wohnraumtypen

	Wien	Großstädte ohne Wien	zentrale Bezirke	periphere Bezirke
Österreich unterwegs [%]	21,7	10,3	23,7	44,4
Mobilfunkdaten [%]	20,6	10,9	23,7	44,8

Abbildung 38 zeigt eine Gegenüberstellung der Anteile an den Weglängenklassen je Raumtyp. Dieser Vergleich macht deutlich, wie sich die zuvor betrachteten Anteile der Wege für Gesamtösterreich jeweils aus den Raumtypen zusammensetzen. Durch die Aufrechnung der Wege auf 100 Prozent können die unterschiedlichen Verteilungen je Wohnraumtyp ohne einen Einfluss der unterschiedlichen Wegezahlen betrachtet werden. Aufgrund dieser Form der Betrachtung heben sich die einzelnen Differenzen aus den nachfolgenden Verteilungsvergleichen je Raumtyp nicht auf, sondern innerhalb der Weglängenklassen. Die Abbildung lässt vor allem in den Weglängenklassen fünf und sechs größere Unterschiede in der Zusammensetzung erkennen. Die Verteilung in den Klassen zwei, drei und sieben ist homogener.

Am Beispiel der Wege über 75 Kilometer ist erkennbar, dass sich die Anteile der Wege in dieser Klasse zu gleichen Teilen den in peripheren Bezirken wohnenden Personen zuordnen lassen. Wege von Personen aus zentralen Bezirken sind in den Mobilfunkdaten durchschnittlich häufiger. Bei den beiden verbleibenden Raumtypen, den Großstädten Österreichs, ist dafür der Anteil in Österreich unterwegs höher.

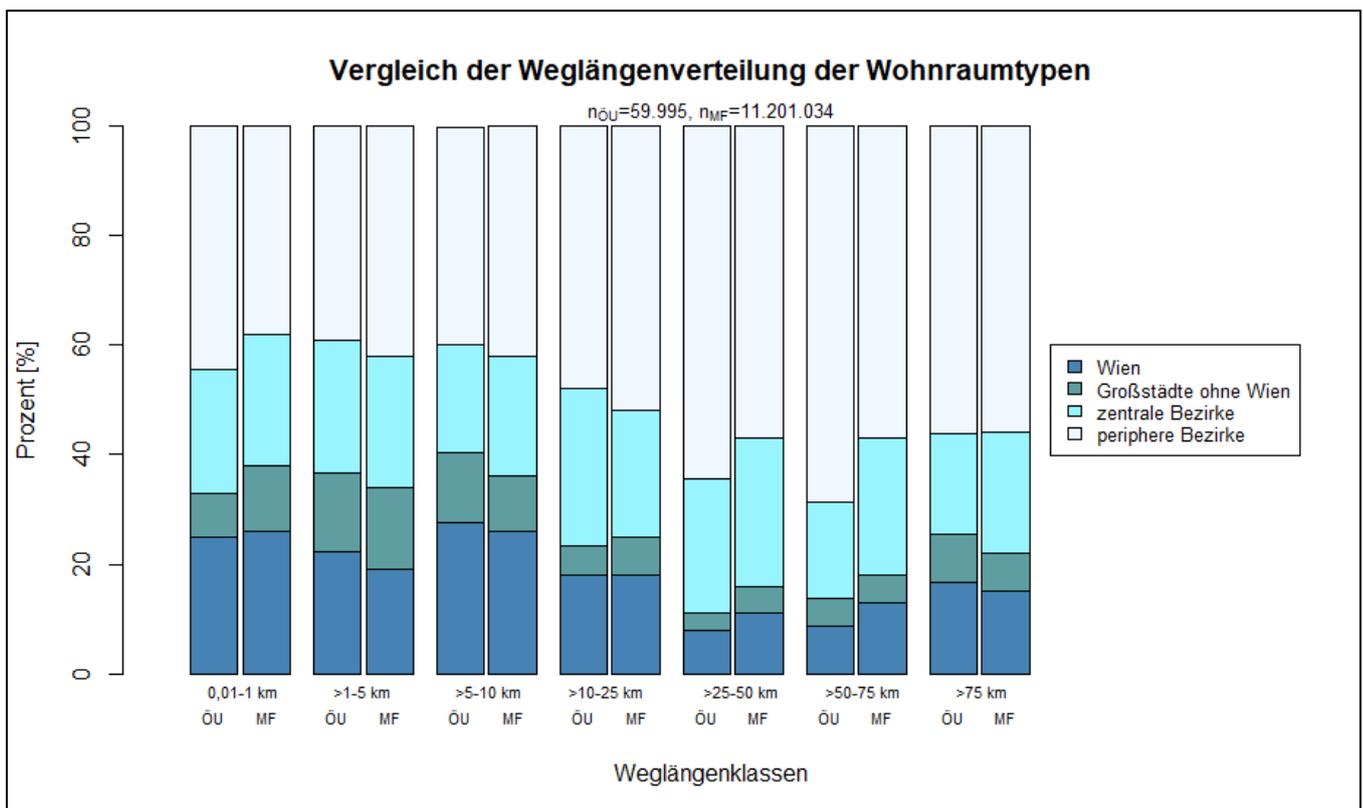


Abbildung 38: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten je Wohnraumtyp

Die folgenden Abbildungen stellen die Verteilungen der Raumtypen einzeln gegenüber, um Verteilungsunterschiede zwischen Österreich unterwegs und den Mobilfunkdaten detaillierter betrachten zu können. Bei einem gleichmäßigen Verhalten der Personen in jedem Raumtyp würden sich für jede Weglängenkategorie pro Raumtyp gleich große Anteile ergeben. Die Größe der Anteile ist hauptsächlich durch die Anzahl der in dem jeweiligen Gebiet lebenden Personen gegeben.

Um mittels der für jeden Raumtyp dargestellten Differenzen eine Aussage treffen zu können, muss folgendermaßen vorgegangen werden:

Ergibt sich in einer Weglängenklasse für einen Raumtyp eine Differenz zwischen Österreich unterwegs und den Mobilfunkdaten, ist in der Weglängenverteilung für Gesamtösterreich (Abbildung 34 & Abbildung 35) zu überprüfen, ob diese Differenz dasselbe Vorzeichen aufweisen. Wenn dies zutrifft, ist der betrachtete Raumtyp dafür ausschlaggebend, dass in der Gesamtverteilung der Wege ein Unterschied entsteht. Ist das Vorzeichen entgegengesetzt, kann daraus abgeleitet werden, dass die übrigen Raumtypen in dieser Längenklasse unterrepräsentiert sind. Je größer die Differenz in einem Raumtyp zwischen den Erhebungsmethoden ist und je größer die Anteile des Raumtyps insgesamt sind, umso mehr ist eine Abweichung in der Gesamtwegeverteilung auf einzelne Raumtypen zurückzuführen. Gibt es hingegen einen Unterschied in der Betrachtung für ganz Österreich, der sich in den Raumtypen durch eine homogene Verteilung nicht oder wenig widerspiegelt, deutet dies darauf hin, dass die Wege in dieser Weglängenklasse in allen vier Raumtypen unter- oder überrepräsentiert sind.

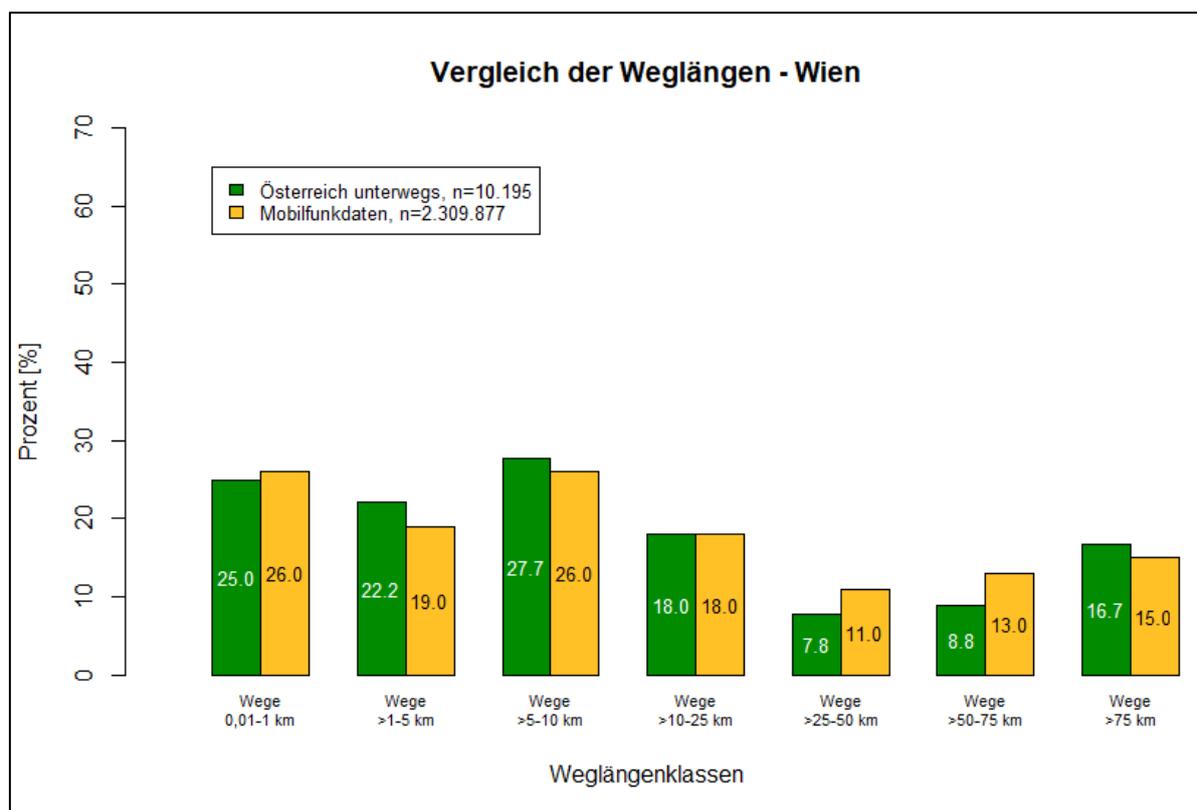


Abbildung 39: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten in Wien

In Wien leben 20,5 Prozent der Bevölkerung ab sechs Jahren (Tabelle 37). Der Anteil der Wege in der dritten Weglängenklasse ist bei Österreich unterwegs und bei den Mobilfunkdaten zusammen mit der ersten Klasse am höchsten (Abbildung 39). In diesen Klassen legen die Wiener überdurchschnittlich viele Wege zurück. Bei Österreich unterwegs trifft dies auch in der zweiten Weglängenklasse zu. Am geringsten fällt der Anteil der Wege in der Klasse über 25 bis 50 Kilometer für beide

Erhebungsmethoden aus. Bei den größeren Entfernungen steigen die Anteile wieder an. In Wien sind kurze Wege häufiger, da die Nahversorgung in der Stadt sehr gut ist. Durch die hohe Anzahl an Personen die in der Bundeshauptstadt leben, ist die flächendeckende Versorgung hier am besten. Wie in Kapitel 4.2.4 dargestellt wurde, sind der Zweck von Fernverkehrswegen hauptsächlich Freizeitaktivitäten und Besuche. Dabei ist der Ort dieser Aktivität oft nur eingeschränkt oder gar nicht wählbar, weshalb der Anstieg in den hinteren Weglängenklassen verzeichnet werden kann.

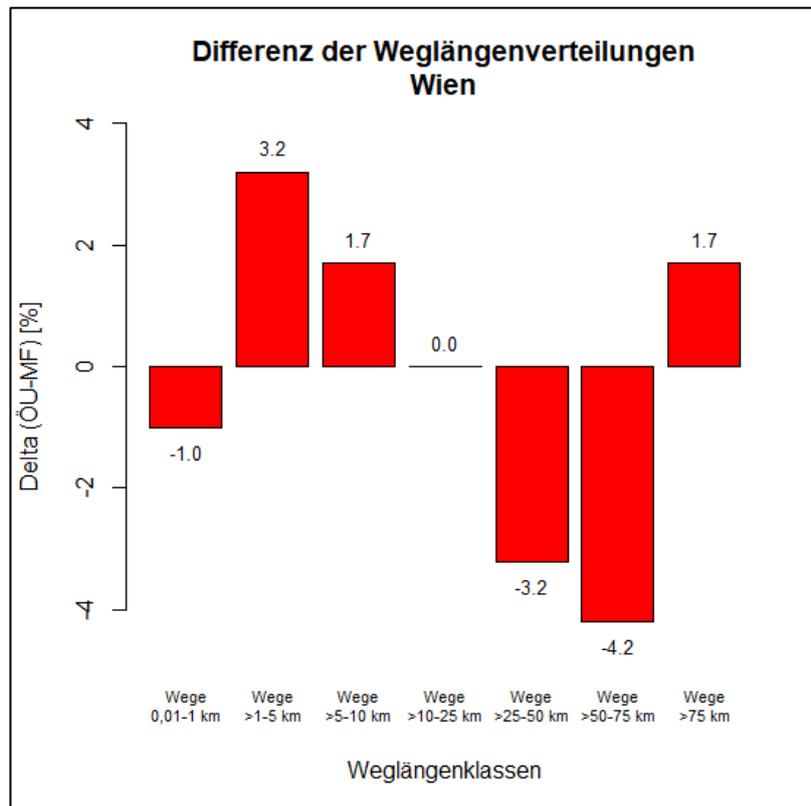


Abbildung 40: Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten in Wien

Die beste Übereinstimmung der Anteile ergibt sich in der vierten Klasse. Hier gibt es keine Unterschiede zwischen den Mobilfunkdaten und Österreich unterwegs. Die maximale Differenz liegt in der sechsten Klasse vor (Abbildung 40). Die Distanzen von über 25 bis 75 Kilometern sind bei Österreich unterwegs in Wien unterrepräsentiert. Wege über einen bis fünf Kilometer sind jedoch in Österreich unterwegs zu stark vertreten, ebenso wie Wege der dritten Klasse. Auch in der siebten Klasse ist der Wert für Österreich unterwegs höher. Da die Wege in dieser Klasse in Österreich unterwegs generell zu gering sind, ist Wien dafür nicht verantwortlich.

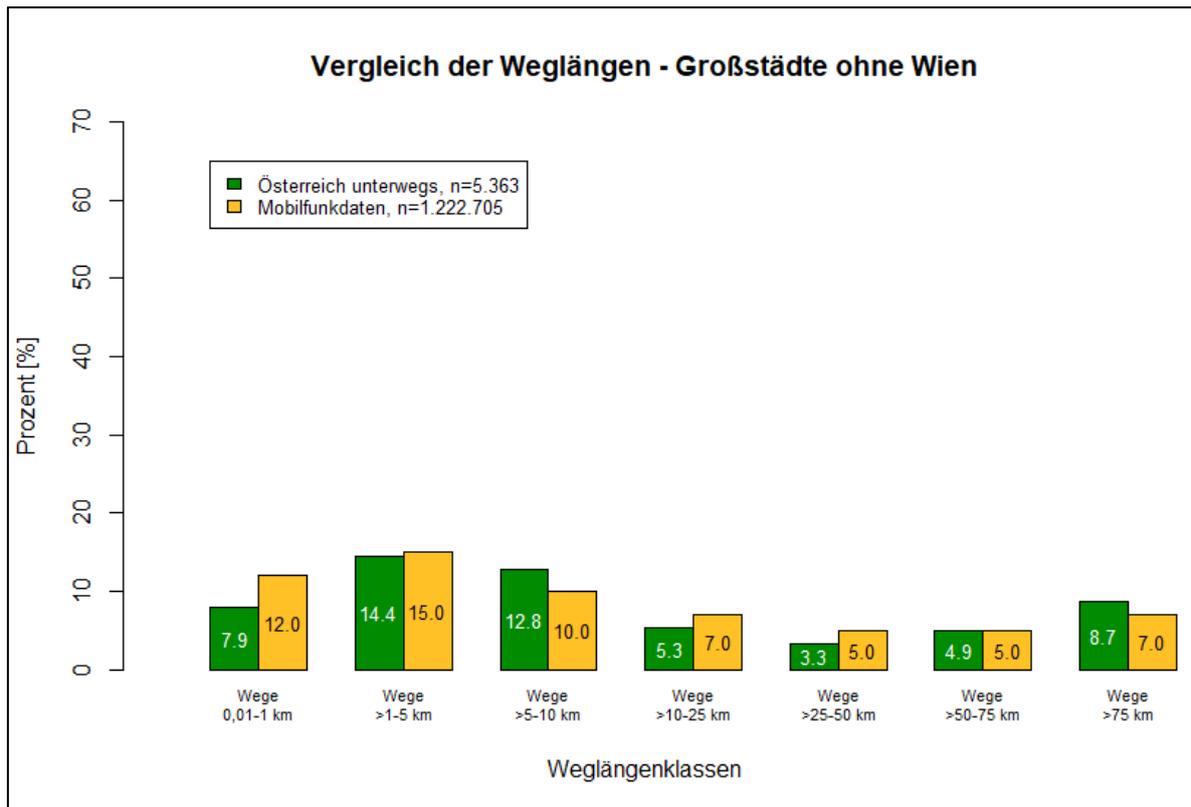


Abbildung 41: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten in den Großstädten ohne Wien

Die nächste Gegenüberstellung betrifft die Großstädte ohne Wien. Diesem Raumtyp können rund zehn Prozent der Bevölkerung zugeordnet werden und die Personen aus Großstädten ohne Wien haben damit generell den geringsten Einfluss auf das Gesamtergebnis. Bei den Mobilfunkdaten können in den ersten beiden Weglängenklassen überdurchschnittlich viele Wege festgestellt werden (Abbildung 41). Bei Österreich unterwegs trifft dies ebenfalls in der zweiten, aber auch in der dritten Klasse zu. Durch eine ähnliche städtische Struktur wie in Wien ergibt sich bei den übrigen Großstädten eine ähnliche Verteilung mit vielen kurzen Wegen und weniger langen, wobei diese mit der Distanz wieder leicht ansteigen. Im Vergleich mit Wien ist der Anteil der Wege in der ersten Klasse gering, was sich aus der niedrigeren Einwohnerzahl und Besiedlungsdichte ergibt und die Wege dadurch etwas länger sind.

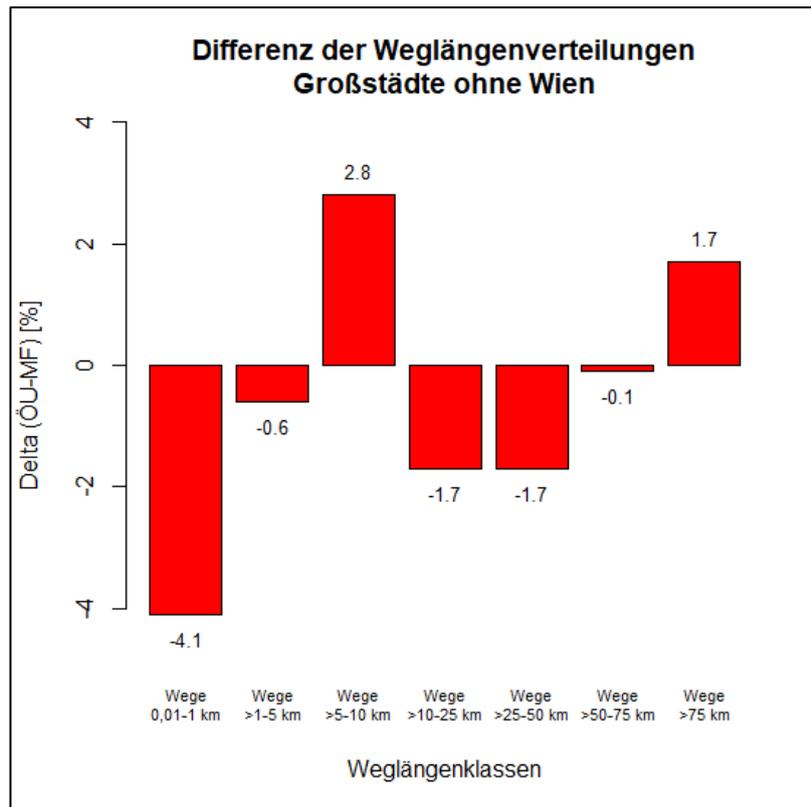


Abbildung 42: Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten in den Großstädten ohne Wien

Zwischen den Erhebungsmethoden sind die Unterschiede bei den kürzesten Wegen am größten (Abbildung 42). Dies zeigt, dass die Unterrepräsentanz der kurzen Wege in Österreich unterwegs vor allem auf das Ergebnis der Großstädte ohne Wien zurückgeführt werden kann. Wege über fünf bis zehn Kilometer, sowie Wege über 75 Kilometer werden in den Großstädten in Österreich unterwegs überdurchschnittlich oft berichtet. Wege mit einer Länge über einem bis fünf Kilometer und zwischen 50 und 75 Kilometern stimmen in den beiden Erhebungsmethoden am besten überein.

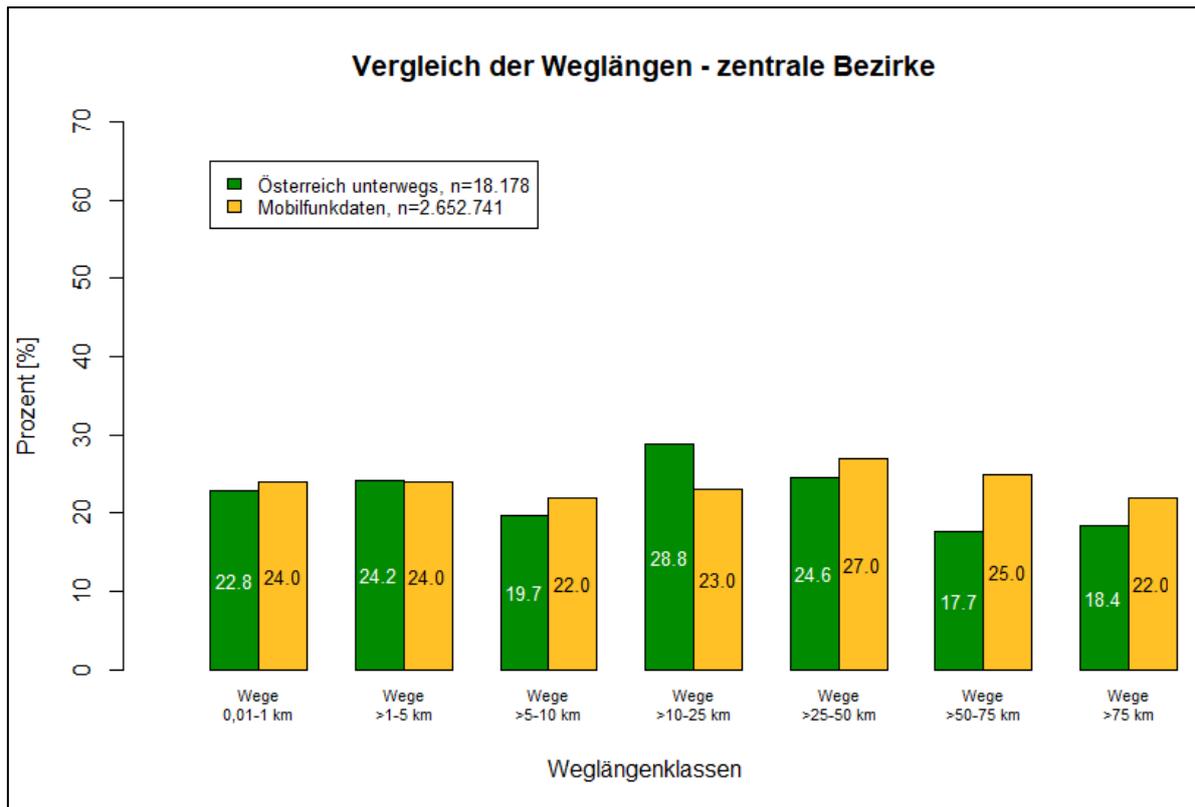


Abbildung 43: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten in den zentralen Bezirken

Der Vergleich der zentralen Bezirke ist in Abbildung 43 und Abbildung 44 dargestellt. Auf diesen Raumtyp entfallen 24 Prozent der Personen ab sechs Jahren. Überdurchschnittlich viele Wege werden mit 27 Prozent bei Entfernungen über 25 bis 50 Kilometer zurückgelegt und mit 25 Prozent bei der sechsten Weglängenkategorie. Unterdurchschnittlich viele Wege sind es in den Klassen drei und sieben, gefolgt von Klasse vier. Bei Österreich unterwegs zeigt sich zum Teil ein entgegengesetztes Bild. Die Verteilung auf die Weglängenkategorie erweist sich vor allem für die Mobilfunkdaten als relativ homogen. Die größere Spannweite tritt bei Österreich unterwegs auf, die Größe der Anteile reicht von 17,7 in Weglängenkategorie sechs bis 28,8 Prozent in der mittleren Klasse. In den zentralen Bezirken ist eine gute Nahversorgung für den täglichen Bedarf meist gegeben, größere Städte sind je nach Wohnort im Bezirk in mittleren oder weiteren Distanzen erreichbar und viele Personen pendeln in die Stadt. Ab 50 Kilometer werden die Anteile wieder geringer.

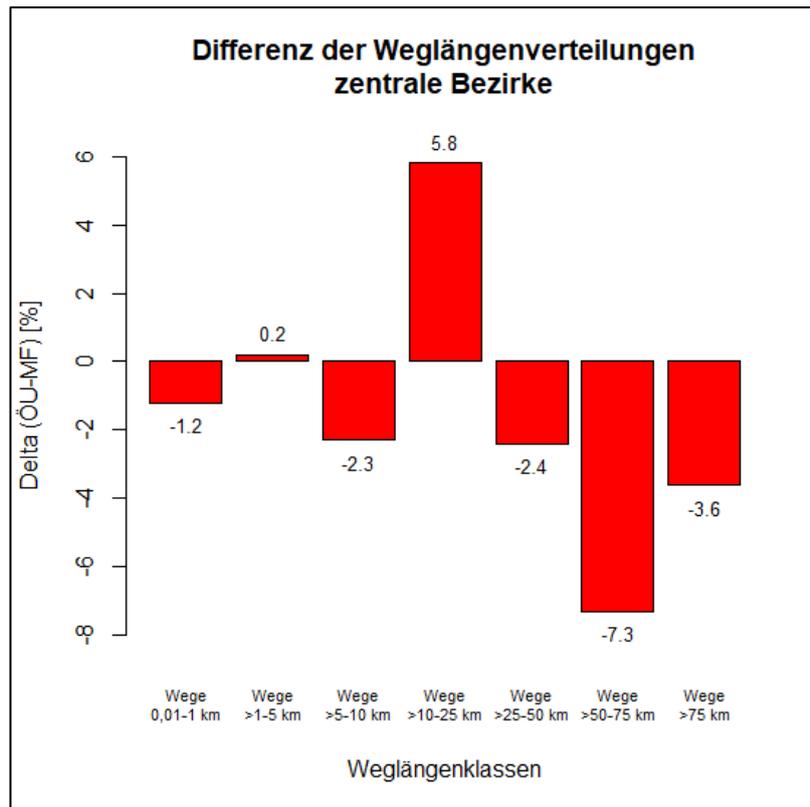


Abbildung 44: Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten in den zentralen Bezirken

Die größte Differenz zwischen Österreich unterwegs und den Mobilfunkdaten tritt in der Klasse mit Wegen über 50 bis 75 Kilometer auf. Die Österreich-unterwegs-Daten sind in diesem Entfernungsbereich am meisten und bei weiten Wegen allgemein in den zentralen Bezirken unterrepräsentiert. Die Klassen mit den geringsten Weglängen stimmen am besten überein, Wege über zehn bis 25 Kilometer wurden in Österreich unterwegs zu oft berichtet. Möglicherweise konnten in den zentralen Bezirken für die Haushaltsbefragung mehr Personen angeworben werden, die die Stichtage in der näheren Umgebung ihres Wohnortes verbracht haben. Andererseits leben in den zentralen Bezirken mehr ältere Personen als in den Städten und sind daher in diesem Raumtyp eher in Österreich unterwegs vertreten als in den Mobilfunkdaten, wodurch sich geringere Anteile im Fernverkehr ergeben.

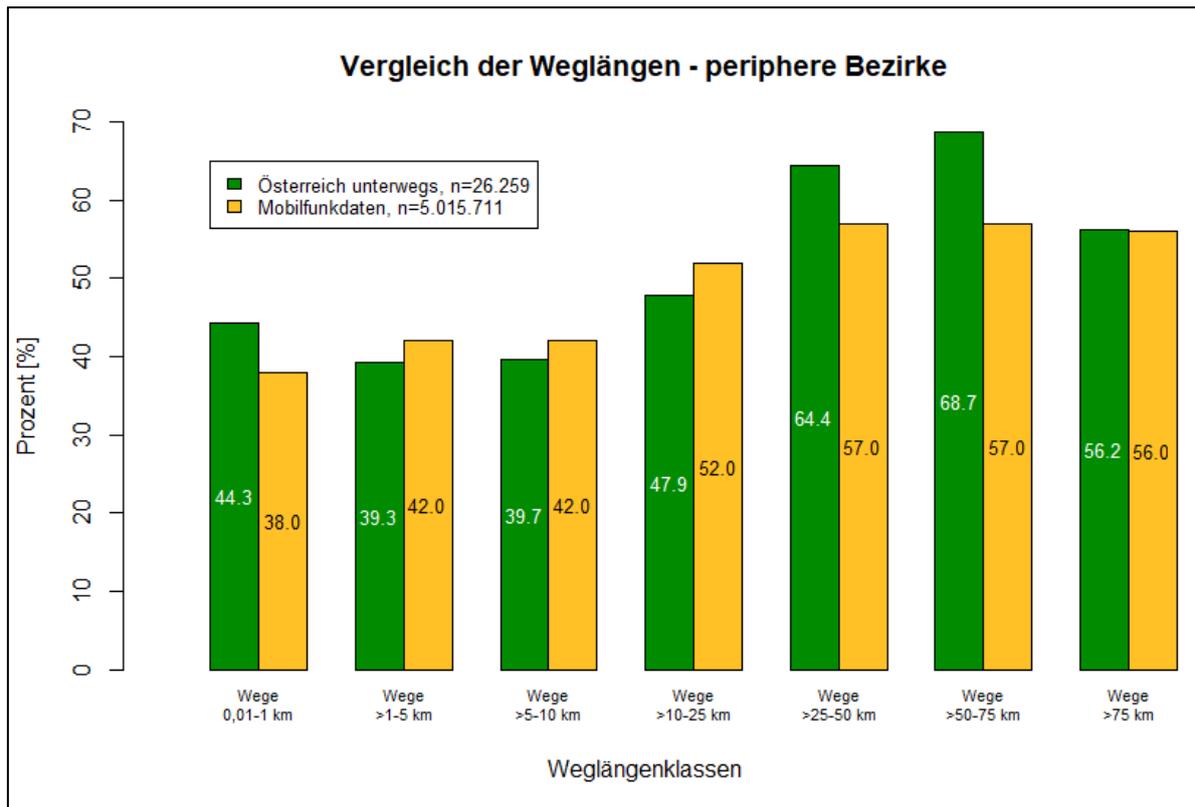


Abbildung 45: Vergleich der Zusammensetzung der Weglängen aus Österreich unterwegs an einem Werktag im Herbst und den Mobilfunkdaten in den peripheren Bezirken

Abbildung 45 und Abbildung 46 zeigen den abschließenden Vergleich der peripheren Bezirke. Diese haben aufgrund des größten Anteils mit rund 46 Prozent der Bevölkerung den größten Einfluss auf das Gesamtergebnis für Österreich. Die Verteilungen aus den beiden Erhebungsmethoden zeigen, dass die Personen unterdurchschnittlich viele kurze und überdurchschnittlich viele lange Wege zurücklegen. Durch die geringe Besiedelungsdichte sind in den peripheren Bezirken die weitesten Wege zurückzulegen. Am Beispiel vom Burgenland in Kapitel 4.2.4 zeigt sich, dass viele Fernverkehrswege Arbeitswege sind und damit werktags täglich absolviert werden. Auch Einkaufswege sind in diesen Bezirken meist länger als in den übrigen Raumtypen.

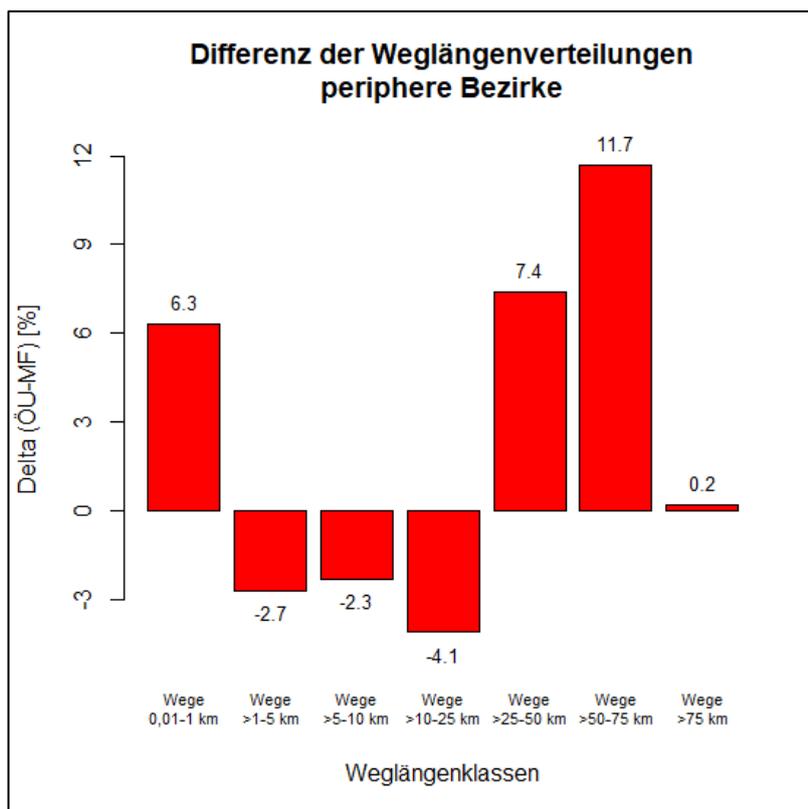


Abbildung 46: Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten in den peripheren Bezirken

In den beiden Klassen mit Wegen zwischen 25 und 75 Kilometer treten die größten Abweichungen zwischen Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten auf. Der Anteil der Wege ist in Österreich unterwegs in diesem Raumtyp überdurchschnittlich hoch und ist somit nicht dafür ausschlaggebend, dass Fernverkehrswege in der Haushaltsbefragung unterrepräsentiert sind. Auch in der ersten Weglängenkategorie ist der Anteil von Österreich unterwegs größer. Geht man davon aus, dass in den Mobilfunkdaten zu wenige kurze Wege vorhanden sind, weil sich diese im peripheren Raum durch eine größere Funkzellengröße schwieriger festhalten lassen, würde dies bedeuten, dass Wege unter einem Kilometer in Österreich unterwegs noch stärker unterrepräsentiert sind. Gleiches gilt bei der Annahme, dass das Durchschnittsalter in den peripheren Bezirken am größten ist und kürzere Wege deshalb in den Mobilfunkbewegungsdaten nicht ausreichend abgebildet werden. Dabei gilt es die zusätzliche Annahme zu beachten, dass Personen in einem höheren Alter seltener ein Mobiltelefon besitzen. Dass ältere Personen weniger lange Wege zurücklegen, wurde in Kapitel 4.2.6 gezeigt.

Ein weiterer Unterschied der peripheren Bezirke ist ein hoher Anteil der Landwirtschaft. Bei dieser Tätigkeit fallen viele kurze Wege an, die in Haushaltsbefragungen häufig nicht berichtet werden. Diese Vermutung bedeutet, dass die Unterrepräsentanz der Wege in der ersten Klasse umso mehr auf die übrigen Raumtypen zurückgeführt werden kann.

Nur in der Weglängenkategorie ab 75 Kilometer ergeben sich Wege aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkdaten gleichermaßen.

Während sich die unterschiedlichen Verteilungen der Weglängen in manchen Klassen recht gut durch einzelne Raumtypen erklären lassen, trifft dies für Wege über 75 Kilometer nur bedingt zu. Die zentralen Bezirke zeigen in Österreich unterwegs zwar einen geringeren Anteil, liefern aber keine Erklärung dafür, dass der Anteil der Wege in den Mobilfunkdaten insgesamt beinahe doppelt so groß ist. Hier kann davon ausgegangen werden, dass die Wege dieser Weglängerklassen in jedem Raumtyp unterrepräsentiert sind.

6.3 Analyse mittels statistischem Test

Um eine qualitative Aussage über den Unterschied der beiden Erhebungsmethoden treffen zu können, wird ein statistischer Test durchgeführt. Dazu steht eine Vielzahl an Verfahren zur Verfügung, deren Auswahl von den vorliegenden Daten und der Fragestellung abhängt. In diesem Fall sollen die beiden Verteilungen aus den Mobilfunkdaten und Österreich unterwegs auf Gleichheit geprüft werden. Die Gleichheit kann mit dem statistischen Test zu einer festgelegten Wahrscheinlichkeit beurteilt werden. Dabei bedeutet Gleichheit, dass die beiden Stichproben aus derselben Grundgesamtheit stammen und Unterschiede in der Verteilung durch die Stichprobenziehung zufällig entstehen.

Der grundsätzliche Ablauf ist für jeden statistischen Test ident. Als erstes wird eine Hypothese aufgestellt, die mit dem statistischen Test überprüft werden soll. Diese, als Nullhypothese H_0 bezeichnete Aussage besagt, dass die beiden Stichproben zu einer bestimmten Wahrscheinlichkeit die gleiche Verteilung besitzen, während die Gegenhypothese H_A einen Zusammenhang ausschließt.

Als nächstes wird das Signifikanzniveau α gewählt, welches die Irrtumswahrscheinlichkeit, auch α -Fehler oder Fehler 1. Art genannt, angibt. Dieser Fehler beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der die Nullhypothese H_0 fälschlicherweise abgelehnt wird. Je geringer das Signifikanzniveau gewählt wird, umso wahrscheinlicher wird der β -Fehler, beziehungsweise der Fehler 2. Art, welcher bedeutet, dass die Nullhypothese fälschlicherweise beibehalten wird.

Mit diesen Informationen kann der kritische Wert, der die Fläche einer Dichtefunktion in den Annahme- und Ablehnungsbereich teilt, ermittelt werden. Der kritische Wert kann aus Tabellen abgelesen, oder berechnet werden und hängt von der zugrundeliegenden Verteilung, dem Signifikanzniveau und den Freiheitsgraden, die sich aus der Stichprobengröße ergeben, ab.

Abbildung 47 zeigt für das Beispiel der Standardnormalverteilung und einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$, beziehungsweise fünf Prozent, den Annahme- und Ablehnungsbereich. Der kritische Wert entspricht dabei einem Wert von 1,96.

Ist der kritische Bereich festgelegt, wird der beobachtete Wert aus den Stichproben, die Prüfgröße, ermittelt. Das Vorgehen unterscheidet sich je nach Art des Tests. Fällt nun der beobachtete Wert in den kritischen Bereich, wird die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese kann als statistisch bestätigt betrachtet werden. Liegt der beobachtete Wert hingegen im Annahmebereich, wird die Nullhypothese beibehalten. Dabei gilt die Verwerfung der Nullhypothese als stärkere Aussage und die Signifikanz der Alternativhypothese kann angegeben werden. Der dazu betrachtete Wert ist der sogenannte p-Wert. Dieser gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der die vorliegende Situation, oder eine extremere auftritt. Ein geringer p-Wert bedeutet daher, dass das vorliegende Ergebnis große Abweichungen liefert, die die Nullhypothese unwahrscheinlicher werden lassen. Ist der p-Wert kleiner als das Signifikanzniveau, wird die Nullhypothese abgelehnt. Dabei stellt der p-Wert die Fläche unter der Dichtefunktion dar, die durch den kritischen Wert begrenzt ist. [Sachs, Hedderich, 2006]

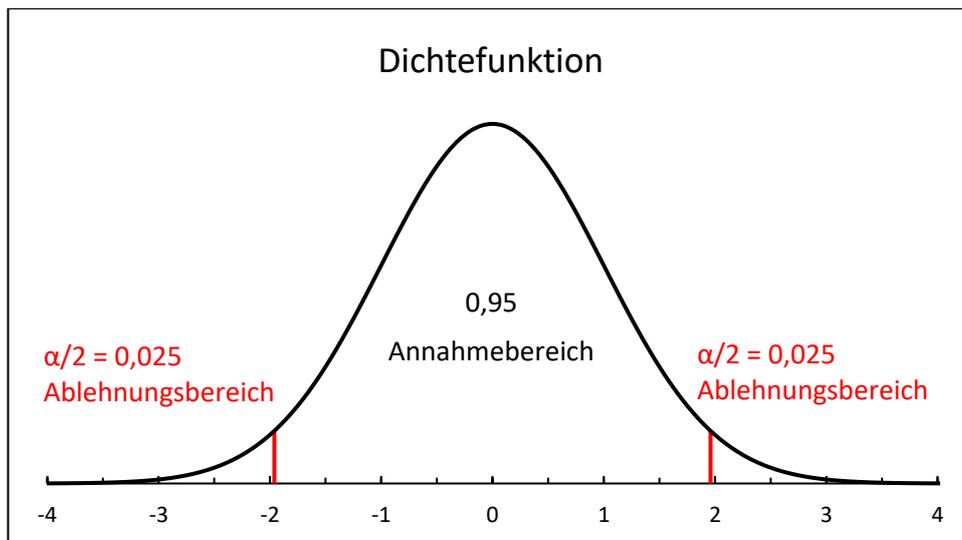


Abbildung 47: schematische Darstellung des Hypothesentests mit einem Signifikanzniveau von 0,05, eigene Darstellung

Für die Durchführung eines Hypothesentests für die beiden unabhängigen Stichproben eignet sich der zweiseitige Chi-Quadrat-Homogenitätstest (χ^2 -Test). Für dessen Anwendung wird keine bestimmte Verteilung vorausgesetzt und gehört damit zu den nicht parametrischen Tests. Der χ^2 -Test ist besonders für große Stichprobenzahlen geeignet und erfordert die Einteilung in Klassen.

Die Wahrscheinlichkeitsdichte ist abhängig von der Anzahl der Freiheitsgrade und nähert sich für eine hohe Anzahl an Freiheitsgraden der Normalverteilung an. Die zugehörige Funktion ist nur für positive Werte definiert mit (1). Die Funktion ist für verschiedene Freiheitsgrade in dargestellt. [Sachs, Hedderich, 2006]

$$f(x) = \frac{x^{\frac{n}{2}-1} * e^{-\frac{x}{2}}}{2^{\frac{n}{2}} * \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \quad (1)$$

Mit: n ... Anzahl der Freiheitsgrade

Γ ... Gammafunktion, $\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} * e^{-t} dt$ für $x > 0$

Für die Ermittlung der Prüfgröße werden aus den Randsummen der Häufigkeiten je Klasse die erwarteten Häufigkeiten berechnet. Die Prüfgröße χ_n^2 entspricht den quadrierten Differenzen zwischen den erwarteten und den empirischen Häufigkeiten, bezogen auf die erwartete Häufigkeit und ergibt sich somit nach (2). [Sachs, Hedderich, 2006]

$$\hat{\chi}_n^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(h_o - h_e)^2}{h_e} \quad (2)$$

Mit: h_o ... beobachtete Häufigkeit

h_e ... erwartete Häufigkeit

k ... Anzahl der Klassen

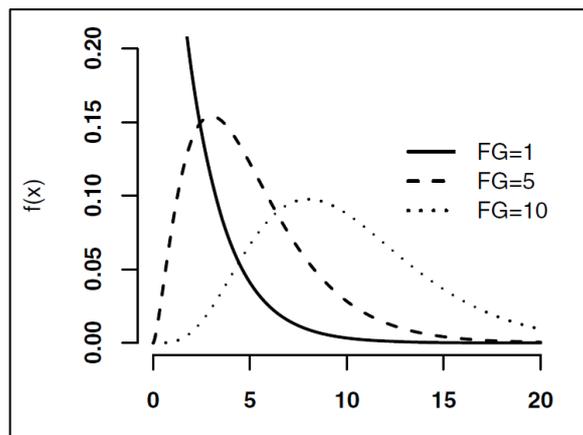


Abbildung 48: Wahrscheinlichkeitsdichte der Chi-Quadrat-Verteilung
 [Sachs, Hedderich, 2006, S. 215]

Im Folgenden wird der Chi-Quadrat-Test für die in diesem Kapitel diskutierten Vergleiche durchgeführt.

Vergleich der Weglänge

Die Anzahl der Freiheitsgrade ist abhängig von der Anzahl der zu vergleichenden Stichproben und der Anzahl der Klassen und wird nach (3) ermittelt.

$$df=(k-1)(m-1)$$

$$df = (k - 1)(m - 1) \quad (3)$$

Mit: k ... Anzahl der Klassen

m ... Anzahl der Stichproben

Der kritische Wert ergibt sich aus der Tabelle der χ^2 -Verteilung für $df = 6$ und dem Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ zu $\chi^2_{\alpha=0,05} = 12,592$ [Sachs, Hedderich, 2006, S. 217].

Für die Berechnung der Prüfgröße werden aus den Häufigkeiten aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten die erwarteten Häufigkeiten berechnet (Tabelle 14). Die Ordnung der Werte ist durch die Klasseneinteilung sichergestellt.

Tabelle 14: Berechnung der beobachteten und erwarteten Häufigkeiten der Weglängen für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten für die Ermittlung der Prüfgröße

		Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km	gesamt
ÖU	Anteil [%]	19,4%	35,0%	18,0%	17,2%	6,8%	2,0%	1,7%	100%
	h _o	11.649	20.985	10.792	10.310	4.058	1.190	1.011	59.995
	h _e	12.654	19.148	10.381	9.603	4.438	1.856	1.915	
MF	Anteil [%]	21,1%	31,9%	17,3%	16,0%	7,4%	3,1%	3,2%	100%
	h _o	2.363.418	3.573.130	1.937.779	1.792.165	828.877	347.232	358.433	11.201.034
	h _e	2.362.413	3.574.967	1.938.190	1.792.872	828.497	346.566	357.529	
	∑ h _o	2.375.067	3.594.115	1.948.571	1.802.475	832.935	348.422	359.444	11.261.029

Mit (2) ergibt sich $\hat{X}^2 = 1.028,08$. Da die Prüfgröße den kritischen Wert übersteigt, wird die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese wird als gültig anerkannt.

Der kritische Wert auf dem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ liefert $X_{\alpha=0,01}^2 = 16,812$ und ist ebenfalls kleiner als die Prüfgröße.

Vergleich der Verkehrsleistung

Die kritischen Werte entsprechen aufgrund derselben Anzahl an Freiheitsgraden jenen der Weglänge. Auch für die Verteilungen der Verkehrsleistung wird die Nullhypothese verworfen, da die Prüfgröße mit $\hat{X}^2 = 4.723,28$ größer ist als die kritischen Werte $X_{\alpha=0,05}^2 = 12,592$ und $X_{\alpha=0,01}^2 = 16,812$.

Tabelle 15: Berechnung der beobachteten und erwarteten Häufigkeiten der Verkehrsleistung für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten für die Ermittlung der Prüfgröße

		Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km	gesamt
ÖU	Anteil [%]	1,1%	9,2%	12,0%	24,8%	20,3%	10,7%	21,9%	100%
	h _o	650	5.523	7.209	14.864	12.181	6.449	13.120	59.995
	h _e	660	3.968	5.051	12.134	11.284	6.718	20.180	
MF	Anteil [%]	1,1%	6,6%	8,4%	20,2%	18,8%	11,2%	33,7%	100%
	h _o	123.211	739.268	940.887	2.262.609	2.105.794	1.254.516	3.774.748	11.201.034
	h _e	123.201	740.823	943.045	2.265.339	2.106.691	1.254.247	3.767.688	
	∑ h _o	123.861	744.791	948.096	2.277.473	2.117.975	1.260.965	3.787.868	11.261.029

Für den Vergleich der Verteilungen auf die Raumtypen ist der Chi-Quadrat-Test nicht anwendbar, da die Anteile nicht 100 Prozent entsprechen und nicht auf absolute Werte umgerechnet werden können. Für den statistischen Test der Vergleiche aus Kapitel 6.2 wird daher der Kolmogoroff-Smirnoff-Test eingesetzt, welcher ebenfalls zu den parameterfreien Tests zählt.

Der kritische Wert D_α kann für große Stichproben nach (4) angenähert werden, wenn $n_1 + n_2 > 35$.

$$D_\alpha = K_\alpha \sqrt{(n_1 + n_2)/(n_1 * n_2)} \quad (4)$$

Mit: $K_{\alpha=0,05} = 1,36$ und $K_{\alpha=0,001} = 1,95$

n . . . Stichprobenumfang

Die Prüfgröße entspricht der maximalen Abweichung zwischen den Verteilungsfunktionen der beiden Stichproben. Die Berechnung der Prüfgröße d aus den Verteilungsfunktionen f_1 und f_2 ergibt sich nach (5) [Sachs, Hedderich, 2006]. Durch diese Vorgehensweise ist der Test sowohl für prozentuale, als auch absolute Werte geeignet, da das Ergebnis ident ist.

$$d = \max|(f_1 - f_2)| \quad (5)$$

Vergleich der Weglänge in Wien

Die Anteile pro Raumtyp sind ungleich 100 Prozent und werden daher auf die Summe der Häufigkeiten bezogen. Der kritische Wert ergibt sich mit den Stichproben von $n_1 = 10.195$ und $n_2 = 2.309.877$ zu $D_{\alpha=0,05} = 0,0135$. Die Prüfgröße entspricht einem Wert von $d = 0,041$ und übersteigt den kritischen Wert; die Nullhypothese wird abgelehnt. Auch auf dem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,001$ wird die Nullhypothese verworfen, der zugehörige kritische Wert beträgt $D_{\alpha=0,001} = 0,0194$.

Tabelle 16: Berechnung der relativen Summenhäufigkeit der Weglängen in Wien für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Summenhäufigkeit ÖU	0,198	0,374	0,594	0,736	0,798	0,868	1,000
Summenhäufigkeit MF	0,203	0,352	0,555	0,695	0,781	0,883	1,000
Δ	-0,005	0,023	0,039	0,041	0,017	-0,015	0,000

Vergleich der Weglänge in den Großstädten ohne Wien

Für die Großstädte ohne Wien ergeben sich die kritischen Werte mit $n_1 = 5.363$ und $n_2 = 1.222.705$ zu $D_{\alpha=0,05} = 0,0186$ und $D_{\alpha=0,001} = 0,0267$. Auch in diesem Fall wird die Nullhypothese wegen des höheren Wertes der Prüfgröße von $d = 0,058$ verworfen.

Tabelle 17: Berechnung der relativen Summenhäufigkeit der Weglängen in den Großstädten ohne Wien für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Summenhäufigkeit ÖU	0,139	0,390	0,614	0,707	0,764	0,848	1,000
Summenhäufigkeit MF	0,197	0,443	0,607	0,721	0,803	0,885	1,000
Δ	-0,058	-0,053	0,007	-0,015	-0,040	-0,037	0,000

Vergleich der Weglänge in den zentralen Bezirken

Die Stichproben in den zentralen Bezirken haben eine Größe von $n_1 = 18.178$ und $n_2 = 2.652.741$, was zu den kritischen Werten $D_{\alpha=0,05} = 0,0101$ und $D_{\alpha=0,001} = 0,0145$ führt. Da die maximale Differenz diese Werte übersteigt, wird die Nullhypothese wiederum abgelehnt.

Tabelle 18: Berechnung der relativen Summenhäufigkeit der Weglängen in den zentralen Bezirken für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Summenhäufigkeit ÖU	0,146	0,301	0,427	0,611	0,769	0,882	1,000
Summenhäufigkeit MF	0,144	0,287	0,419	0,557	0,719	0,868	1,000
Δ	0,002	0,013	0,008	0,054	0,050	0,014	0,000

Vergleich der Weglänge in den peripheren Bezirken

Die Stichprobengrößen in den peripheren Bezirken belaufen sich auf $n_1 = 26.256$ und $n_2 = 5.015.711$ Wege. Daraus ergeben sich die kritischen Werte $D_{\alpha=0,05} = 0,0084$ und $D_{\alpha=0,001} = 0,0121$. Der Wert der Prüfgröße beträgt $d = 0,031$ und führt auch hier zur Ablehnung der Nullhypothese.

Tabelle 19: Berechnung der relativen Summenhäufigkeit der Weglängen in den peripheren Bezirken für Österreich unterwegs und die Mobilfunkbewegungsdaten

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Summenhäufigkeit ÖU	0,123	0,232	0,342	0,475	0,654	0,844	1,000
Summenhäufigkeit MF	0,110	0,233	0,355	0,506	0,672	0,837	1,000
Δ	0,012	-0,001	-0,013	-0,031	-0,018	0,007	0,000

Der Chi-Quadrat-Test und der Kolmogoroff-Smirnoff-Test zeigen für alle Vergleiche einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Erhebungsmethoden Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten. Dies bedeutet, dass die Stichproben aus zwei verschiedenen Grundgesamtheiten stammen, die sich zumindest in einem Merkmal voneinander unterscheiden. Auch die Weglängenverteilung auf die vier Raumtypen unterscheidet sich signifikant. Die Unterschiede der Verteilungen ergeben sich daher nicht nur zufällig und die Verwendung von Mobilfunkdaten für die Abbildung des Verkehrsverhaltens erhält eine Berechtigung.

Das Ergebnis fällt vor allem deshalb deutlich aus, weil die Stichprobe der Mobilfunkbewegungsdaten sehr groß ist. Je größer die Stichprobe ist, umso besser wird die Verteilung der Grundgesamtheit erreicht und die tolerierte Abweichung, die zu einer Beibehaltung der Nullhypothese führt, wird geringer. Ein weiterer Einfluss stellt die Wahl der Klassenanzahl und der Distanzintervalle dar.

Der Nachteil bei der Anwendung des χ^2 -Tests und des KS-Tests liegt darin, dass viele Informationen der Rohdaten unberücksichtigt bleiben. Eine höhere Teststärke erreichen nicht parameterfreie Hypothesentests mit einer großen Anzahl an Voraussetzungen, etwa dem Vorliegen einer bestimmten Verteilung, oder die Homogenität der Varianzen der beiden Stichproben. Eine weitere Verbesserung stellt die Verwendung der tatsächlichen Werte anstelle der Häufigkeiten dar. [Sachs, Hedderich, 2006]

Obwohl die Merkmale der Weglänge und der Verkehrsleistung stetige Variablen sind, ermöglicht die vorliegende Form der Daten keine exakteren Tests. Vor allem die Mobilfunkbewegungsdaten sind problematisch, da nur die Häufigkeiten in den sieben Klassen bekannt sind. Bei Österreich unterwegs eignen sich vor allem die Rohdaten für eine Auswertung der stetigen Werte. Eine weitere Möglichkeit zur Annäherung an die Verwendung von stetigen Werten ist die Erhöhung der Klassenzahlen. Der Vorteil der Klassenbildung liegt darin, dass die geschätzten und damit gerundeten Weglängen in Österreich unterwegs keinen Einfluss auf das Ergebnis haben, sofern die Wege nicht in eine andere Klasse eingeordnet werden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Überlegungen und Ergebnisse zusammengefasst und auf zukünftige Einsatzmöglichkeiten und Forschungsthemen hingewiesen.

7.1 Zusammenfassung

Der erste Teil der Arbeit beschäftigte sich mit der Haushaltsbefragung Österreich unterwegs und deren Auswertung, wobei das Hauptaugenmerk auf dem Fernverkehr lag. Es konnte gezeigt werden, dass der Fernverkehr trotz eines geringen Anteils an den Gesamtwegen eine wichtige Rolle spielt. Nur etwa jeder 19. zurückgelegte Weg ist 50 Kilometer lang oder länger und wird damit dem Fernverkehr zugeordnet. Zugleich sind diese Wege für über 40 Prozent der Verkehrsleistung verantwortlich.

Die personenbezogenen Auswertungen haben gezeigt, dass die nach verschiedenen Merkmalen eingeteilten Personengruppen ein unterschiedliches Verkehrsverhalten aufweisen. Hinsichtlich der Fernverkehrswege konnte beobachtet werden, dass diese bei männlichen Personen, bei Personen in einem Alter zwischen 35 und 54 Jahren, bei Personen mit einem hohen Bildungsniveau und bei Erwerbstätigen stärker ausgeprägt sind, als bei den übrigen Gruppen. Wege über 50 Kilometer werden werktags am häufigsten in Form von Arbeits- und geschäftlichen Wegen zurückgelegt, am Wochenende ergeben sich die meisten Fernverkehrswege durch Freizeitaktivitäten und Besuche. Das mit Abstand beliebteste Verkehrsmittel ist der Pkw. Die Österreicher wählen diesen für mehr als die Hälfte der Fernverkehrswege. Zusätzlich wird etwa ein Viertel des Fernverkehrs als Pkw-Mitfahrer zurückgelegt. Besonders an den Wochenenden ist der Besetzungsgrad in den Fahrzeugen hoch.

Auch räumlich gesehen gibt es Unterschiede im Verkehrsverhalten der Personen. Wichtige Faktoren sind dabei die Topographie und die Entfernung und Größe der nächstgelegenen Stadt.

Die Ergebnisse zeigen ein schlüssiges Bild für die österreichische Bevölkerung. Durch die gewissenhafte Durchführung, Datenkorrektur, Gewichtung und Hochrechnung in Österreich unterwegs ergibt sich ein hochwertiger Datensatz der Gesamtbevölkerung auf Basis der erhobenen Rohdaten. Aufgrund der Erfahrung aus anderen Haushaltsbefragungen und dazu durchgeführten Studien kann jedoch angenommen werden, dass manche Kenngrößen bei Haushaltsbefragungen und auch bei Österreich unterwegs, trotz Maßnahmen zur Verbesserung von bekannten Problemen, nicht korrekt abgebildet werden. Zum einen sind davon kurze Wege betroffen, weil diese zu selten angegeben werden, zum anderen sind Fernverkehrswege unterrepräsentiert, da Vielreisende seltener an Befragungen teilnehmen. Dadurch entstehen für Personengruppen eine nicht der Realität entsprechenden charakteristische Verhaltensweise. Damit ist bereits die Datengrundlage fehlerbehaftet und verstärkt sich durch die Hochrechnung. Dies hat vor allem Auswirkungen auf die Anzahl der Wege pro Person und die Verkehrsleistung, die beiden wichtigsten Parameter für die Beschreibung des Verkehrsaufkommens. Generell existiert bei Befragungen ein Gegenspiel von Informationsgewinn und Belastung der Probanden. Je umfangreicher die Erhebung ausfällt, umso mehr Erkenntnisse können aus den Ergebnissen abgeleitet werden. Wird der Aufwand für die Probanden allerdings zu groß, verringert sich nicht nur der Rücklauf, sondern auch die Qualität der Rücksendungen, da die Sorgfältigkeit bei der Beantwortung der Fragen abnimmt und ein vermehrtes Auftreten von Item-Non-Response entsteht.

Zusätzlich zu diesen anerkannten Problemen von Haushaltsbefragungen gehen diese mit einem großen Aufwand einher, der sich für die Erhebung ergibt. Bereits die Vorbereitung der Befragung ist sehr umfassend. In dieser Phase muss feststehen, welche Auswertungen durchgeführt werden sollen, um die dafür notwendigen Daten in ausreichendem Umfang erheben zu können. Nach Zusammenstellung der Fragen muss die Stichprobe gezogen und die betroffenen Haushalte kontaktiert werden. Die eigentliche Befragung findet meist über den Zeitraum von einem Jahr statt, um Fehler aus jahreszeitlichen Schwankungen zu vermeiden. Auch die Nachbearbeitung erfordert einen hohen Aufwand und die abschließenden Ergebnisse können oft erst ein bis zwei Jahre nach der Erhebung veröffentlicht werden.

Dennoch bieten vor allem nationale Haushaltsbefragungen aktuell die beste Möglichkeit für Verkehrsdaten mit Angaben zu Soziodemographie und Wegzweck. Vor allem wenn diese regelmäßig durchgeführt werden, kann die Entwicklung des Verkehrsverhaltens abgeleitet werden. Auch Fernverkehrsbefragungen liefern personenspezifische Daten und eine verbesserte Erhebung der Fernverkehrswege, die eine hohe Verkehrsleistung produzieren, sind jedoch ebenfalls aufwendig und wurden bisher nur selten durchgeführt. Eine kombinierte Erhebung der Alltagsmobilität und des Fernverkehrs bietet eine gute Alternative zu den beiden eigenständigen Varianten und werden bereits in vielen Ländern eingesetzt. Die stark variierende Vorgehensweise erschwert jedoch den internationalen Vergleich der Ergebnisse. Außerdem werden häufig Reisen anstatt Fernverkehrswege erhoben, die lediglich eine eigenständige Beurteilung des Reiseverhaltens ermöglichen, jedoch nicht zur Verbesserung der Wegeverteilung insgesamt herangezogen werden können.

Um in Zukunft Erhebungen zu beschleunigen und zu vereinfachen und gleichzeitig hochwertigere Daten zu erhalten, werden neue Erhebungsmethoden entwickelt. Diese zielen darauf ab, die Daten automatisch zu erfassen anstatt eine Befragung durchzuführen. Einer dieser Methoden ist die Verwendung von Mobilfunkbewegungsdaten. Durch die weite Verbreitung von Mobilfunkgeräten kann eine große Stichprobe erzielt werden und die Probanden müssen an der Erhebung nicht aktiv teilnehmen, womit die Anforderungen an eine verbesserte Erhebungsmöglichkeit erfüllt sind.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden Mobilfunkdaten als alternative Erhebungsform für Verkehr bearbeitet und ausgewertet. Die größte Hürde bei der Verwendung von Mobilfunkbewegungsdaten liegt in der Erstellung des auswertbaren Datensatzes. Da keine Wege aufgezeichnet werden, sondern nur einzelne Standortpositionen, deren Häufigkeit sich nach der Aktivität des Mobiltelefonbesitzers richten, müssen Ausreißer in den Daten eliminiert und Aufenthalte ermittelt werden. Damit dies erreicht werden kann, ist eine eingehende Analyse der vorliegenden Punkte notwendig. Dadurch können Regeln erstellt werden, ab wann ein Ausreißer und ein Aufenthalt vorliegen. Dabei müssen Annahmen getroffen werden, die in dieser Arbeit die Wahl von Grenzgeschwindigkeiten und einer Mindestaufenthaltsdauer betreffen. Mithilfe der Grenzgeschwindigkeiten können einerseits Sprünge in den Daten eliminiert werden, andererseits kann ein Aufenthalt von einem Weg unterschieden werden. Die Mindestaufenthaltsdauer ist nötig, um kurze Aufenthalte innerhalb eines Weges ausschließen zu können. Auf dieser Grundlage muss ein Algorithmus erstellt werden, der diese Regeln umsetzt. Anschließend können die Wege von Aktiven Sim-Karten berechnet und ausgewertet werden. Durch das Fehlen von soziodemographischen Angaben sind die Möglichkeiten der Auswertungen eingeschränkt. In dieser Arbeit wurden die Anteile der Weglänge und der Verkehrsleistung betrachtet.

Das Ergebnis zeigt eine plausible Verteilung der beiden Parameter. Kurze Wege sind am häufigsten, der Anteil der Wege verringert sich mit der Weglänge. Für den Fernverkehr ergibt sich ein Anteil von über sechs Prozent, die dazugehörige Verkehrsleistung erreicht einen Anteil von rund 45 Prozent. In einer Darstellung der Wohnraumtypen wurde gezeigt, wie sich die Weganteile aus den vier Raumtypen zusammensetzen. Unterschieden wird zwischen den Räumen Wien, Großstädte ohne Wien, zentrale Bezirke und periphere Bezirke. Dabei wird deutlich, dass sich das Verhalten der Personen je Raumtyp unterscheidet. In den Städten sind Wege mit einer geringeren Länge häufiger, während in peripheren Bezirken überdurchschnittlich viele längere Wege zurückgelegt werden. Im Unterschied zu Österreich unterwegs, können in den Mobilfunkdaten über Roaming-Dienste auch Wege von nicht österreichischen Staatsbürgern enthalten sein. Somit ist das Ergebnis genaugenommen die Mobilität in Österreich und nicht die Mobilität der Österreicher.

Grundsätzlich sind in den Mobilfunkdaten noch weitere verwertbare Informationen enthalten. Die Verteilung und die durchschnittliche Wegdauer können direkt aus den vorhandenen Daten berechnet werden, ebenso wie die Geschwindigkeit. Mithilfe dieser Parameter ist eine Analyse des verwendeten Verkehrsmittels möglich. Für zuverlässige Ergebnisse sind jedoch Vergleichsdaten, die aus realen Bedingungen gewonnen werden können, notwendig. So ist zum einen zu untersuchen, ob sich tatsächlich gemessene Geschwindigkeiten, Beschleunigungsvorgänge und Distanzen in den Mobilfunkbewegungsdaten wiederfinden und zum anderen sind Unterschiede zwischen den Raumtypen festzulegen. Vor allem in Städten müssen Lichtsignalanlagen, geringere Geschwindigkeitsbegrenzungen und eventuelle Verkehrsbehinderungen wie Staus zur Hauptverkehrszeit berücksichtigt werden. Auch der Wegzweck kann mit Variablen wie der Dauer des Aufenthalts am Zielort, der Uhrzeit des Weges und des gewählten Verkehrsmittels modelliert werden. Dazu sind wiederum Referenzwerte erforderlich und die Ergebnisse zeigen die Aktivitäten und Wegzwecke nur mit bis zu einer bestimmten Wahrscheinlichkeit.

Eine Verbesserung der Qualität der Daten kann erreicht werden, indem diese ebenfalls gewichtet und hochgerechnet werden. Zu diesem Zweck müssen bei dem Mobilfunkanbieter Angaben über ihre Kunden eingeholt werden. Dazu gehören zum Beispiel die Verteilung des Alters und des Geschlechts der Personen. Eine iterative Gewichtung wie in Österreich unterwegs ist mit diesen Informationen dennoch nicht möglich, da den Einzelpersonen keine Wege zugeordnet werden können.

Im Anschluss an die Einzelauswertungen wurden die Datensätze aus den beiden Erhebungen miteinander verglichen. Trotz der abweichenden Gegebenheiten, unter denen die Erhebungen stattfanden, zeigt der Vergleich, dass grundsätzliche Unterschiede zwischen den beiden Methoden vorliegen. Die Tagesweghäufigkeit der mobilen Personen liegt bei den Mobilfunkdaten um 0,5 Wege pro Tag höher. Außerdem stützt das Ergebnis die Hypothese, dass der Fernverkehr in Haushaltsbefragungen unterrepräsentiert ist, die zu Beginn der Arbeit aufgestellt wurde. Die beiden Weglängenklassen, die dem Fernverkehr zugeteilt werden können, zeigen für die Mobilfunkbewegungsdaten höhere Anteile. In Tabelle 20 sind die konkreten Abweichungen zwischen den Erhebungen als absolute Differenzen und als relative Abweichungen ersichtlich. Der relative Unterschied ist in der Klasse mit Wegen über 75 Kilometern mit 88 Prozent maximal und gibt an, um wie viel sich der Anteil aus Österreich unterwegs vergrößern müsste.

Auch die kürzesten Wege unter einem Kilometer sind in Österreich unterwegs geringer vertreten. Unter der Annahme, dass sich kurze Wege über die Mobilfunkbewegungsdaten aufgrund von Ungenauigkeiten schwieriger ermitteln lassen, würde sich diese Differenz weiter vergrößern. Dass auch kurze Wege in Haushaltsbefragungen unterrepräsentiert sind, deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Literatur. In der zweiten Klasse tritt die größte absolute Differenz auf, hier ist der Anteil der Wege bei Österreich unterwegs höher.

Tabelle 20: Differenz der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten

Wege	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
$\Delta_{\text{abs, ÖU-MF}}$	-1,7	3,1	0,7	1,2	-0,6	-1,1	-1,5
$\Delta_{\text{rel, bezogen auf ÖU}}$	-8,8	8,9	3,9	7,0	-8,8	-55,0	-88,2

Bei der Verkehrsleistung ergibt sich ein ähnliches Bild (Tabelle 21). Die Anteile des Fernverkehrs sind bei Österreich unterwegs geringer als bei den Mobilfunkdaten. Der Anteil der Leistung müsste sich bei der Haushaltsbefragung um mehr als die Hälfte erhöhen, um jenem der Mobilfunkdaten zu entsprechen.

Tabelle 21: Differenz der Verteilung der Verkehrsleistung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten

Verkehrsleistung	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
$\Delta_{\text{abs, ÖU-MF}}$	0	2,6	3,6	4,6	1,5	-0,5	-11,8
$\Delta_{\text{rel, bezogen auf ÖU}}$	0	28,3	30,0	18,5	7,4	-4,7	-53,9

Des Weiteren wurde untersucht, ob sich die Anteile der Wege in ihrer Zusammensetzung aus den vier Raumtypen unterscheiden. In Tabelle 22 sind die Differenzen zwischen Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten zusammengefasst. Die maximale Abweichung tritt bei den Wegen über 50 bis 75 Kilometer in den peripheren Bezirken auf. Wege mit dieser Länge werden entweder in Österreich unterwegs in peripheren Bezirken zu häufig angegeben, oder in den übrigen Raumtypen zu selten. Da der Anteil der Wege in dieser Klasse für Gesamtösterreich geringer ist als bei den Mobilfunkdaten, trifft letzteres zu.

Tabelle 22: absolute Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten je Raumtyp

$\Delta_{\text{abs, ÖU-MF}}$	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Wien	-1	3,2	1,7	0	-3,2	-4,2	1,7
Großstädte ohne Wien	-4,1	-0,6	2,8	-1,7	-1,7	-0,1	1,7
zentrale Bezirke	-1,2	0,2	-2,3	5,8	-2,4	-7,3	-3,6
periphere Bezirke	6,3	-2,7	-2,3	-4,1	7,4	11,7	0,2

Tabelle 23 zeigt für die Raumtypen die relativen Differenzen zwischen den beiden Erhebungsmethoden. Hier findet sich der höchste Wert in der Weglängenklasse mit Wegen bis zu einem Kilometer bei den Großstädten ohne Wien. In Österreich unterwegs müsste sich der Anteil der Wege in diesem Raumtyp um etwa 52 Prozent steigern, damit der Wert der Mobilfunkdaten erreicht wird. Somit herrscht in den Großstädten ohne Wien das größte Ungleichgewicht im Verhalten der Personen zwischen Österreich unterwegs und den Mobilfunkdaten.

Tabelle 23: relative Differenz der Zusammensetzung der Weglängenverteilung aus Österreich unterwegs und den Mobilfunkbewegungsdaten je Raumtyp

Δ_{rel} , bezogen auf ÖU	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Wien	-4,0	14,4	6,1	0,0	-41,0	-47,7	10,2
Großstädte ohne Wien	-51,9	-4,2	21,9	-32,1	-51,5	-2,0	19,5
zentrale Bezirke	-5,3	0,8	-11,7	20,1	-9,8	-41,2	-19,6
periphere Bezirke	14,2	-6,9	-5,8	-8,6	11,5	17,0	0,4

Mit den Vergleichen konnte gezeigt werden, dass Wege unter einem Kilometer und Fernverkehrswegen in Österreich unterwegs unterrepräsentiert sind. Eine genauere Analyse für die Gründe oder bestimmte Merkmale von Personen, die bevorzugt auf ein verfälschtes Mobilitätsverhalten hinweisen, sind mit den vorhandenen Informationen nicht möglich. Aufgrund der Ergebnisse, die im Allgemeinen den Erwartungen, können die Mobilfunkbewegungsdaten als zuverlässige Datenquelle betrachtet werden. Durch angestellte Überlegungen im Rahmen des Vergleichs der Raumtypen, werden in der Realität eher noch größere Abweichungen von den Ergebnissen aus Österreich unterwegs erwartet.

7.2 Fazit und Ausblick

Die Mobilfunkdaten bieten eine schnelle und dauerhaft verfügbare Alternative zu anderen Verkehrserhebungsformen. Durch die große Stichprobe und die passive Erhebungsform liefern sie zuverlässige Ergebnisse hinsichtlich Weglängen und Verkehrsleistung. Da viele Informationen jedoch nicht daraus abgeleitet werden können, ist diese Methode weniger als Ersatz für Befragungen zu sehen, sondern als Ergänzung. Dadurch bieten Mobilfunkdaten eine zusätzliche Datenquelle, die den Gewichtung- und Hochrechnungsprozess erheblich verbessern können, indem die Tageswegehäufigkeit angepasst und eine abweichende Weglängenverteilung korrigiert wird.

Für den Einsatz im Anwendungsfall sind einige Änderungen zu berücksichtigen. Wichtig ist die Schaffung gleicher Voraussetzungen und Bedingungen. Dies betrifft zum einen den Erhebungszeitraum, welcher zumindest angeglichen werden sollte und die Verteilung der Stichtage über alle Jahreszeiten und Wochentage. Zum anderen muss auch der Unterschied in der Stichprobe hinsichtlich der Personenzusammensetzung berücksichtigt werden. Die Altersverteilung der Kunden kann beispielsweise beim Mobilfunkbetreiber angefragt werden. Weiters ist im Vorhinein zu überprüfen, wie stark die aus den Mobilfunkdaten generierten Wege von tatsächlichen Wegen im Verkehrsnetz abweichen und bei Bedarf ein Umrechnungsfaktor zu bestimmen. Die Festlegung des

stationären Aufenthalts sollte ebenso noch verbessert werden. Insbesondere bei kurzen Wegen und wenn der Rückweg dem Hinweg entspricht, sind auch kürzere Aufenthaltsdauern für eine Aktivität denkbar.

Bei einem Vergleich mittels Hypothesentest ist die Durchführung eines t-Tests auf Gleichheit der Mittelwerte und der Varianz zu empfehlen. Dabei werden die Weglängen nicht in Klassen eingeteilt, sondern gehen mit ihrem tatsächlichen Wert in die Berechnung ein, wodurch ein genaueres Ergebnis erzielt werden kann. Auch für die statistischen Tests ist die Anpassung der Erhebungsbedingungen und eine Gewichtung der Personen auf die Gesamtbevölkerung notwendig, um die Größe der Unterschiede zu beurteilen, die ausschließlich durch die Erhebungsmethode entstehen. Eine vertiefende Analyse von Einzelwegen kann Hinweise auf die Art der Unterschiede geben.

Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch die Bestimmung des Verkehrsmittels. Diese Information ist zwar in den Wegetagebüchern enthalten, intermodale Wege werden aber immer nur einem Verkehrsmittel zugeordnet. Wenn das Verkehrsmittel etappenweise vorliegt, kann die tatsächliche Verkehrsleistung je Verkehrsmittel angegeben werden. Für die automatisierte Ermittlung können wie in [Schelewsky et al., 2014] charakteristische Kenngrößen herangezogen werden. Ein anderer Ansatz ist der Einsatz von Map-Matching, mit dessen Hilfe Trassen eines Verkehrsmittels erkannt werden können. In Kombination mit der Fortbewegungsgeschwindigkeit, sowie der Erkennung etwaiger Haltestellen, kann das Verkehrsmittel auch auf diese Weise zuverlässig bestimmt werden, oder erste Methode noch weiter verbessern.

Das Map-Matching bietet außerdem die Möglichkeit, Aktivitäten und damit den Wegzweck zu eruieren. So können beispielsweise Supermärkte, Sportstätten, Schulen, Bürokomplexe und Wohnsiedelungen festgestellt und im Zusammenhang mit der Aufenthaltsdauer und der Uhrzeit Aktivitäten zugeordnet werden.

Die Verwendung von Mobilfunkdaten bietet noch viel mehr Potential, wenn die aufgezeichneten IDs jeweils für einen längeren Zeitraum als 24 Stunden vorliegen. Mithilfe der vorgestellten Instrumente könnten wahrscheinliche Aktivitäten und Aufenthaltsorte abgeschätzt werden, wodurch eine Annäherung des Informationsgehalts der Mobilfunkbewegungsdaten an die Haushaltsbefragungen erreicht würde. Diese Vorgehensweise ist mit den Datenschutzbestimmungen vieler europäischer Länder nicht vereinbar und führt zu einer eingeschränkten Erhältlichkeit der Mobilfunkdaten. Bei der aktuellen Genauigkeit der Daten ist der Aufwand für die unsachgemäße Verwendung jedoch unverhältnismäßig hoch, weshalb die Nutzung von Mobilfunkdaten bei eindeutigen rechtlichen Bestimmungen zum Schutz von Einzelpersonen auch über einen längeren Zeitraum unbedenklich ist.

Literaturverzeichnis

- Ahas R., Aasa A., Roose A., Mark Ü., Silm S.: Evaluating passive mobile positioning data for tourism surveys: An Estonian case study; *Tourism Management* 29, 2008.
- Ahas R., Armoogum J., Esko S., Ilves M., Karus E., Madre J. L., Nurmi O., Potier F., Schmücker D., Sonntag U., Tiru M.: Feasibility Study on the Use of Mobile Positioning Data for Tourism Statistics - Consolidated Report Eurostat Contract No 30501.2012.001-2012.452; Luxembourg 2014.
- Ahern A., Weyman G., Redelbach M., Schulz A., Akkermans L., Vannacci L., Anoyrkati E., van Grinsven A.: Analysis of National Travel Statistics in Europe - OPTIMISM WP2: Harmonisation of National Travel Statistics in Europe; JRC Technical Reports, Luxembourg 2013.
- Armoogum J., Bonsall P., Browne M., Christensen L., Cools M., Cornélis E., Diana M., Harder H., Reinau K. H., Hubert J. P., Kagerbauer M., Kuhnimhof T., Madre J. L., Moiseeva A., Polak J., Schulz A., Tébar M., Vidalakis L.: Survey Harmonisation with New Technologies Improvement (SHANTI); 2014
- Armoogum J., Hubert J.-P., Francois D., Roumier B., Robin M., Roux S.: Enquête Nationale Transports et Déplacements; Technischer Bericht, 2011.
- Aultman-Hall L., Harvey C., LaMondia J. J., Ritter C.: Design and Response Quality in a One-Year Longitudinal Survey of Overnight and Long-Distance Travel; *Transportation Research Procedia* 11, S. 136 – 153, 2015.
- Axhausen K. W., Zimmermann A., Schönfelder S., Rindsfuser G., Haupt T.: Observing the rhythms of daily life: A six-week travel diary; *Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung*, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen und Eisenbahnbau – ETH Zürich, 2000.
- Brög W., Erl E., Meyburg A.H., Wermuth M.J.: Problems of Nonreported Trips in Surveys of Nonhome Activity Patterns; *Transportation Research Record* 891, S. 1-5, Washington, 1982.
- Brög W., Erl E., Sammer G., Schulze B.: Dateline: Concept and Methodology; 10th International Conference on Travel Behaviour Research, Lucerne, August 2003.
- Cabanne I.: A Long Term Model for Long Distance Travel in France; European Transport Conference, Straßburg, 2003.

Cambridge Systematics, Inc.: Final Report: Validation and Sensitivity Considerations for Statewide Models; National Cooperative Highway Research Program Project 836-B Task 91, Requested by: American Association State Highway and Transportation Officials - Standing Committee on Planning, 2010.

Commission of the European Communities: MEST - Methods for European Surveys of Travel Behaviour, Final Report; 4th RTD Framework Programme, 2001.

Cornelis E., Hubert M., Huynen P., Lebrun K., Patriarche G., De Witte A., Creemers L., Declercq K., Janssens D., Castaigne M., Hollaert L., Walle F.: La mobilité en Belgique en 2010: résultats de l'enquête BELDAM; Bericht Belgian Daily Mobility 2012 BELdam, 2012.

Dargay J. M., Clark S.: The Determinants of Long Distance Travel in Great Britain; Transportation Research Part A 46, S. 576 – 587, 2012.

Department for Transport UK: National Travel Survey: England 2016; Statistical Release, 2017.

EUROSTAT (Dezember 2017): http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Tourism_statistics; Zugriff am 17.2.2018.

Finnish Transport Agency and WSP Finland Ltd (zuletzt aktualisiert am 14.12.2017): Finnish National Travel Survey 2010-2011; <https://www.liikennevirasto.fi/web/en/statistics/national-travel-survey>; Zugriff am 28.1.2018

Follmer R., Kunert U., Kloas J., Kuhfeld H.: Mobilität in Deutschland 2002 – Ergebnisbericht; Im Auftrag vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, 2004.

Follmer R., Gruschwitz D., Jesske B., Quandt S., Lenz B., Nobis C., Köhler K., Mehlin M.: Mobilität in Deutschland 2008 – Ergebnisbericht; Im Auftrag vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn und Berlin, 2010.

Follmer R., Gruschwitz D., Kiatipis Z., Gensasz S.: Österreich unterwegs 2013/2014: Methodenbericht zum Arbeitspaket „Erhebungsdurchführung“; im Auftrag von: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, Österreichische Bundesbahnen Infrastruktur AG, Amt der Burgenländischen Landesregierung, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Amt der Tiroler Landesregierung, Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2016.

Frei A., Kuhnimhof T., Axhausen K. W.: Long Distance Travel in Europe Today: Experiences with a new Survey; Transportation Research Board 2010, Annual Meeting, 2010.

- Hjorthol R., Engebretsen Ø., Uteng T. P.: Summary: 2013/14 Norwegian Travel Survey – key results; TØI Report 1383/2014, Institute of Transport Economics Norwegian Centre for Transportation Research, Oslo, 2014.
- Janzen M., Vanhoof M., Axhausen K. W., Smoreda Z.: Estimating Long-Distance Travel Demand with Mobile Phone Billing Data; 16th Swiss Transport Research Conference, Ascona, 18.-20. Mai 2016.
- Karner T., Rudlof M., Schuster S., Weninger B.: Verkehrsstatistik 2016; Herausgegeben von Statistik Austria, Wien, 2017
- Kuhnimhof T, Last J.: The Path to Better Long-distance Travel Data in Europe – The Potential of Combining Established Household Survey Instruments and Methodological Innovations Panellist, Session 4: New Instruments for Measuring and Modelling Tourism Flows; First International Conference on the Measurement and Economics Analysis of Regional Tourism, Donostia – San Sebastian (Spain), 27-28 Oktober 2009.
- Madre J. L., Axhausen K. W., Brög W.: Immobility in travel diary surveys; In: Transportation 34, pp. 107–128, DOI 10.1007/s11116-006-9105-5, 2007
- Marktgemeinde Kaumberg (2001); <http://www.kaumberg.at/index.php/ueber-uns.html>; Zugriff am 12.01.2018
- Perret C., Siegenthaler C., Kowald M., Danalet A.: Verkehrsverhalten der Bevölkerung – Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015; Herausgeber: Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel, 2017.
- Sachs L., Hedderich J.: Angewandte Statistik – Methodensammlung mit R; Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 12. Auflage, 2006.
- Sadeghvaziri E., Rojas M. B., Jin X.: Exploring the Potential of Mobile Phone Data in Travel Pattern Analysis; Transportation Research Board’s 95th Annual Meeting, 2016.
- Sammer G., Fellendorf M., Herry M., Karmasin H., Klementsitz R., Kohla B., Meschik M., Rehl K., Reiter T., Schneider C., Sedlacek N., Tomschy R., Wolf E.: KOMOD - KOnzeptstudie MObilitätsDaten Österreichs, Gesamtbericht; Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Programmlinie ways2go des Forschungs- und Technologieprogramms iv2splus, Wien, 2011.

Sammer G., Riegler S., Klementschnitz R.: Österreich unterwegs 2013/2014: Methodenbericht zum Arbeitspaket „Stichprobenziehung und Qualitätssicherung“; Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2016.

Sauter M.: Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme – Lte-Advanced, UMTS, HSPA, GSM, GPRS, Wireless LAN und Bluetooth; Köln, 6. Auflage 2015.

Schelewsky M., Jonuschat H., Bock B., Stephan K., Hrsg.: Smartphones unterstützen die Mobilitätsforschung – Neue Einblicke in das Mobilitätsverhalten durch Wege-Tracking; Wiesbaden, 2014.

Schnabel W., Lohse D.: Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und Verkehrsplanung, Band 2 Verkehrsplanung; Berlin, 3. Auflage 2011.

Schweizerische Eidgenossenschaft – Bundesamt für Statistik (Daten veröffentlicht am 14. 12. 2017): Verkehrsleistungen; <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr/leistungen.html>; Zugriff am 02.02.2018

Statistik Austria, Einwohnerdaten aus 2013; <http://statcube.at/statistik.at/ext/statcube/jsf/dataCatalogueExplorer.xhtml>; Zugriff am 13.07.2017

Tourismusverband Kaunertal (zuletzt aktualisiert am 04.01.2018); <https://www.kaunertal.com/de/info/orte/fendels>; Zugriff am 12.01.2018

Stopher P., FitzGerald C., Xu M.: Assessing the accuracy of the Sydney Household Travel Survey with GPS; In Axhausen K. W.: Transportation – Planning -Policy - Research - Practice, pp. 723-741, DOI 10.1007/s11116-007-9126-8, 2007.

Tomschy R., Herry M., Sammer G., Klementschnitz R., Riegler S., Follmer R., Gruschwitz D., Josef F., Gensasz S, Kirnbauer R., Spiegel T.: Österreich unterwegs 2013/2014 – Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätsforschung „Österreich unterwegs 2013/2014“; Im Auftrag von Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, Österreichische Bundesbahnen Infrastruktur AG, Amt der Burgenländischen Landesregierung, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Amt der Steiermärkischen Landesregierung und Amt der Tiroler Landesregierung, Wien, 2016a.

- Tomschy R., Herry M.: Österreich unterwegs 2013/2014: Methodenbericht zum Arbeitspaket „Datenverarbeitung, Hochrechnung und Analyse“; Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2016b.
- U.S. Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration, Bureau of Transportation Statistics: Findings from the National Household Travel Survey – Long Distance Transportation Patterns: Mode Choice; 2006.
- Weckström-Eno K.: Main results of the long distance travel studies; In: Statistical Office of the European Communities: Statistics in focus – Theme 7, Transport, ISSN: 1562-1324, Luxemburg, 1999.
- Wolf J., Bachman W., Oliveira M., Auld J., Mohammadian A., Vovsha P., Zmud J.: Applying GPS Data to Understand Travel Behavior, Volume II: Guidelines; Publication NCHRP Report 775; National Cooperative Highway Research Program, Washington, D.C., 2014.
- Zmud J., Wolf J.: Identifying the Correlates of Trip Misreporting - Results from the California Statewide Household Travel Survey GPS Study; 10th International Conference on Travel Behaviour Research, Lucerne, August 2003.
- Zumkeller D., Manz W., Last J., Chlond B.: Die intermodale Vernetzung von Personenverkehrsmitteln unter Berücksichtigung der Nutzerbedürfnisse (INVERMO) – Schlussbericht; Karlsruhe, 2005.

Anhang A – Tabellen zu den Abbildungen und zusätzliche Auswertungen

Tabelle 24: Stichtage nach Wochentagstyp, Datenquelle Österreich unterwegs

Wochentagstyp	Stichtage	[%]
Werktag	52417	68,6
Samstag	11622	15,2
Sonn- und Feiertage	12401	16,2
gesamt	76440	100

Tabelle 25: Stichtage nach Jahreszeit, Datenquelle Österreich unterwegs

Jahreszeit	Stichtage	[%]
Frühling	12898	16,9
Sommer	14956	19,6
Herbst	29760	38,9
Winter	18826	24,6
gesamt	76440	100

Tabelle 26: Verteilung der Weglängen und Verkehrsleistung je Weglängenklasse, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 km - 75 km	Wege > 75 km
Anteil der Wege	18,0%	34,2%	18,0%	18,0%	7,0%	2,2%	2,6%
Verkehrsleistung	0,8%	7,6%	10,2%	21,9%	18,0%	9,8%	31,7%

Tabelle 27: Verkehrsmittelwahl je Weglängenklasse, n=195.603 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Zu Fuß	62,1%	16,7%	4,2%	0,8%	0,1%	0,0%	0,0%
Fahrrad	11,1%	9,5%	3,8%	1,8%	1,1%	0,8%	0,2%
Pkw Lenker + Moped	17,1%	44,4%	52,7%	61,1%	58,3%	56,1%	50,6%
Pkw Mitfahrer	6,4%	14,7%	16,8%	18,9%	20,3%	21,5%	25,1%
öffentlicher Verkehr	2,9%	14,1%	21,7%	16,7%	19,8%	21,1%	20,2%
anderes VM + Taxi	0,4%	0,6%	0,8%	0,6%	0,4%	0,5%	3,8%

Tabelle 28: Verkehrsmittelwahl-Klassen Werktag, n=144.646 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

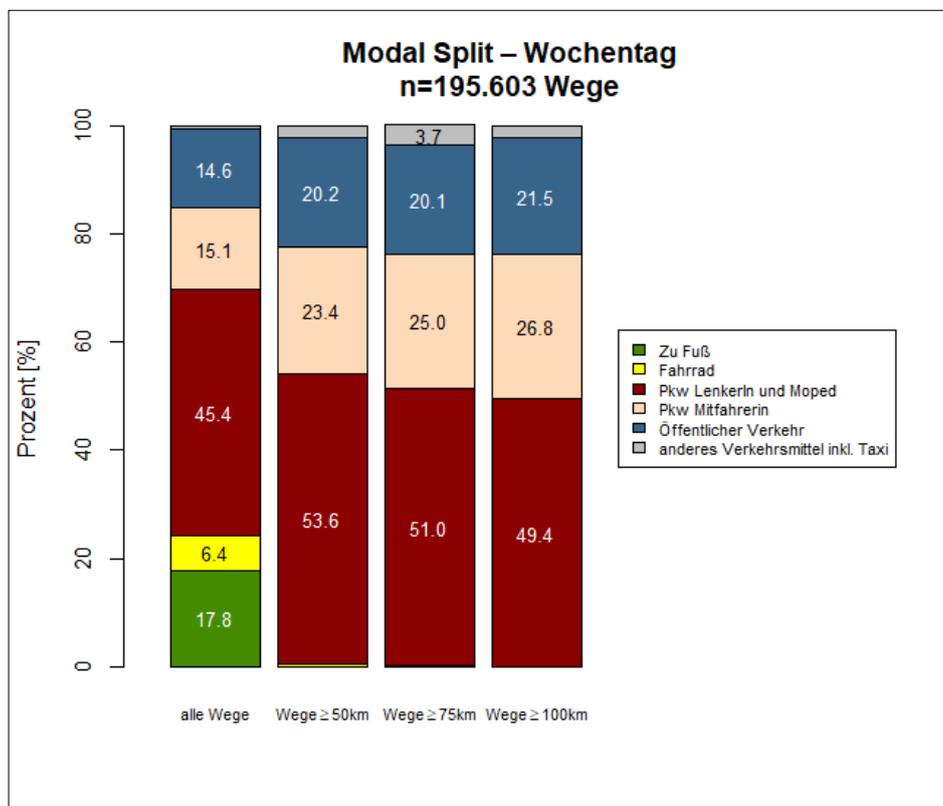
	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw Lenker + Moped	Pkw Mitfahrer	öffentlicher Verkehr	anderes VM + Taxi	keine Angabe	gesamt
alle Wege	3850994	1450615	10292366	2593183	3655200	149722	97814	22089894
alle Wege [%]	17,4%	6,6%	46,6%	11,7%	16,5%	0,7%	0,4%	100,0%
Wege ≥ 50 km	0	2833	592319	158838	232374	31325	3642	1021332
Wege ≥ 50 km [%]	0,0%	0,3%	58,0%	15,6%	22,8%	3,1%	0,4%	100,0%
Wege ≥ 75 km	0	139	280263	88869	106072	25014	708	501065
Wege ≥ 75 km [%]	0,0%	0,0%	55,9%	17,7%	21,2%	5,0%	0,1%	100,0%
Wege ≥ 100 km	0	0	179454	60640	72295	8702	304	321395
Wege ≥ 100 km [%]	0,0%	0,0%	55,8%	18,9%	22,5%	2,7%	0,1%	100,0%

Tabelle 29: Verkehrsmittelwahl-Klassen Samstag, n=28.369 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw Lenker + Moped	Pkw Mitfahrer	öffentlicher Verkehr	anderes VM + Taxi	keine Angabe	gesamt
alle Wege	3481879	1106712	8755813	4444400	1808411	155659	97880	19850753
alle Wege [%]	17,5%	5,6%	44,1%	22,4%	9,1%	0,8%	0,5%	100,0%
Wege ≥ 50 km	0	7403	545128	418558	222707	7635	3823	1205254
Wege ≥ 50 km [%]	0,0%	0,6%	45,2%	34,7%	18,5%	0,6%	0,3%	100,0%
Wege ≥ 75 km	0	1569	248131	218962	126965	7522	823	603973
Wege ≥ 75 km [%]	0,0%	0,3%	41,1%	36,3%	21,0%	1,2%	0,1%	100,0%
Wege ≥ 100 km	0	451	186243	165315	93525	4423	691	450648
Wege ≥ 100 km [%]	0,0%	0,1%	41,3%	36,7%	20,8%	1,0%	0,2%	100,0%

**Tabelle 30: Verkehrsmittelwahl-Klassen Sonntag, n=22.588 Wege,
Datenquelle Österreich unterwegs**

	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw Lenker + Moped	Pkw Mitfahrer	öffentlicher Verkehr	anderes VM + Taxi	keine Angabe	gesamt
alle Wege	2962134	866700	5608088	4014814	1306508	77380	49665	14885288
alle Wege [%]	19,9%	5,8%	37,7%	27,0%	8,8%	0,5%	0,3%	100,0%
Wege ≥ 50 km	0	13193	559237	499685	158804	12057	1894	1244870
Wege ≥ 50 km [%]	0,0%	1,1%	44,9%	40,1%	12,8%	1,0%	0,2%	100,0%
Wege ≥ 75 km	0	6406	309139	266453	116181	12057	337	710572
Wege ≥ 75 km [%]	0,0%	0,9%	43,5%	37,5%	16,4%	1,7%	0,0%	100,0%
Wege ≥ 100 km	0	185	219646	212403	107959	12057	101	552350
Wege ≥ 100 km [%]	0,0%	0,0%	39,8%	38,5%	19,5%	2,2%	0,0%	100,0%



**Abbildung 49: Modal Split nach Weglänge an einem Wochentag,
Datenquelle Österreich unterwegs**

Tabelle 31: Wegzweck Werktag, n=143.244 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	zur Arbeit	dienstlich/geschäftlich	Ausbildung	Bringen/Holen	Einkauf	Erledigung	sonstige Freizeit	privater Besuch	anderer Zweck	keine Angabe
alle Wege	5748452	1174383	1846801	1596285	3466744	2810036	3342845	1769196	18849	316303
alle Wege [%]	26,0%	5,3%	8,4%	7,2%	15,7%	12,7%	15,1%	8,0%	0,1%	1,4%
Wege ≥ 50 km	324332	184261	46953	51347	44599	84074	127065	112861	516	45324
Wege ≥ 50 km [%]	31,8%	18,0%	4,6%	5,0%	4,4%	8,2%	12,4%	11,1%	0,1%	4,4%
Wege ≥ 75 km	109671	117511	16330	24767	23554	34506	85439	62891	285	26112
Wege ≥ 75 km [%]	21,9%	23,5%	3,3%	4,9%	4,7%	6,9%	17,1%	12,6%	0,1%	5,2%
Wege ≥ 100 km	60465	83763	9617	19071	13301	20228	56722	38302	285	19640
Wege ≥ 100 km	18,8%	26,1%	3,0%	5,9%	4,1%	6,3%	17,6%	11,9%	0,1%	6,1%

Tabelle 32: Wegzweck Samstag, n=27.912 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	zur Arbeit	dienstlich/geschäftlich	Ausbildung	Bringen/Holen	Einkauf	Erledigung	sonstige Freizeit	privater Besuch	anderer Zweck	keine Angabe
alle Wege	1285474	405655	106103	940744	5738653	2408947	5632808	2943991	13087	375290
alle Wege [%]	6,5%	2,0%	0,5%	4,7%	28,9%	12,1%	28,4%	14,8%	0,1%	1,9%
Wege ≥ 50 km	65074	98808	6886	32622	68594	77492	592833	198617	88	64239
Wege ≥ 50 km [%]	5,4%	8,2%	0,6%	2,7%	5,7%	6,4%	49,2%	16,5%	0,0%	5,3%
Wege ≥ 75 km	10291	53555	5337	6687	27812	24073	327648	105753	0	42817
Wege ≥ 75 km [%]	1,7%	8,9%	0,9%	1,1%	4,6%	4,0%	54,2%	17,5%	0,0%	7,1%
Wege ≥ 100 km	5028	30479	3458	5967	10624	17935	257348	83498	0	36310
Wege ≥ 100 km	1,1%	6,8%	0,8%	1,3%	2,4%	4,0%	57,1%	18,5%	0,0%	8,1%

Tabelle 33: Wegzweck Sonntag, n=21.864 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	zur Arbeit	dienstlich/ geschäftlich	Ausbil- dung	Bringen /Holen	Einkauf	Erledi- gung	sonstige Freizeit	privater Besuch	anderer Zweck	keine Angabe
alle Wege	715109	278390	73350	750489	483008	1535960	6750750	3800290	35150	462793
alle Wege [%]	4,8%	1,9%	0,5%	5,0%	3,2%	10,3%	45,4%	25,5%	0,2%	3,1%
Wege ≥ 50 km	38171	62184	29563	75626	20995	55875	457738	342271	166	162281
Wege ≥ 50 km [%]	3,1%	5,0%	2,4%	6,1%	1,7%	4,5%	36,8%	27,5%	0,0%	13,0%
Wege ≥ 75 km	8619	45826	13132	54886	17529	28055	248984	206436	166	86939
Wege ≥ 75 km [%]	1,2%	6,4%	1,8%	7,7%	2,5%	3,9%	35,0%	29,1%	0,0%	12,2%
Wege ≥ 100 km	5527	43923	10669	48103	16440	18688	167905	166754	166	74175
Wege ≥ 100 km [%]	1,0%	8,0%	1,9%	8,7%	3,0%	3,4%	30,4%	30,2%	0,0%	13,4%

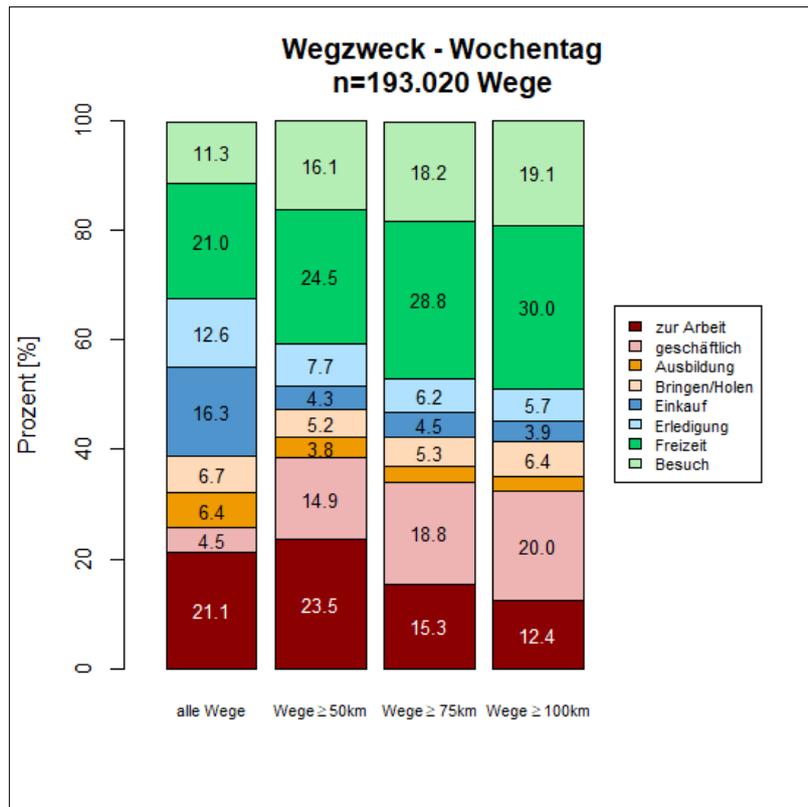


Abbildung 50: Wegzweck nach Weglänge an einem Wochentag, Datenquelle Österreich unterwegs

**Tabelle 34: Verteilung der Wege je Bundesland, n=196.604 Wege,
Datenquelle Österreich unterwegs**

	Burgen-land	Kärnten	Nieder-österreich	Ober-österreich	Salz-burg	Steier-mark	Tirol	Vorarl-berg	Wien
Personen	3,4%	6,6%	19,2%	16,8%	6,3%	14,4%	8,5%	4,4%	20,5%
alle Wege	3,4%	6,1%	20,0%	16,7%	6,0%	13,7%	8,9%	4,5%	20,7%
Wege ≥ 50 km	6,1%	6,9%	24,7%	13,9%	6,6%	16,3%	8,3%	2,0%	15,3%
Wege ≥ 75 km	5,3%	7,2%	26,8%	10,9%	7,1%	15,1%	9,4%	2,1%	16,2%
Wege ≥ 100 km	4,9%	8,4%	23,9%	11,0%	7,7%	14,9%	9,5%	2,7%	17,0%

Tabelle 35: Verkehrsmittelwahl je Bundesland ab 50 Kilometer, n=10.872 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	Burgen-land	Kärnten	Nieder-österreich	Ober-österreich	Salz-burg	Steier-mark	Tirol	Vorarl-berg	Wien
Fahrrad	0,0%	0,2%	0,6%	0,6%	1,0%	0,5%	0,8%	0,2%	0,2%
Pkw Lenker + Moped	56,9%	65,2%	47,9%	57,2%	56,8%	59,1%	60,3%	44,7%	43,4%
Pkw Mitfahrer	18,5%	25,9%	20,1%	24,4%	24,1%	23,9%	22,4%	22,0%	28,8%
öffentlicher Verkehr	23,8%	8,3%	26,5%	16,8%	15,6%	15,0%	15,3%	32,8%	25,6%
anderes VM + Taxi	0,8%	0,4%	4,9%	1,0%	2,5%	1,6%	1,3%	0,2%	2,0%

**Tabelle 36: Wegzweck je Bundesland ab 50 Kilometer, n=10.238 Wege,
Datenquelle Österreich unterwegs**

	Burgen-land	Kärnte-n	Nieder-österreich	Ober-österreich	Salz-burg	Steier-mark	Tirol	Vorarl-berg	Wien
zur Arbeit	49,1%	27,5%	25,2%	25,5%	23,6%	27,6%	14,7%	10,4%	8,0%
geschäftlich	8,8%	16,3%	17,2%	18,3%	17,8%	16,7%	8,8%	7,1%	10,8%
Ausbildung	3,8%	2,9%	4,4%	2,8%	4,4%	3,6%	3,6%	10,7%	3,1%
Bringen/ Holen	2,5%	2,1%	5,5%	7,1%	9,9%	3,9%	10,1%	3,0%	2,3%
Einkauf	2,8%	4,0%	5,5%	2,9%	1,1%	3,8%	6,3%	9,4%	4,7%
Erledigung	7,0%	8,1%	6,7%	9,4%	2,8%	8,7%	8,8%	2,9%	9,0%
Freizeit	12,6%	22,8%	19,3%	21,1%	25,4%	23,6%	32,6%	44,0%	36,2%
Besuch	13,3%	16,3%	16,3%	12,9%	15,0%	12,1%	15,1%	12,6%	25,9%

**Tabelle 37: Verteilung der Wege nach Raumtyp, n=196.604 Wege,
Datenquelle Österreich unterwegs**

	Wien	Großstädte ohne Wien	zentrale Bezirke	periphere Bezirke
Personen	20,5%	9,8%	24,0%	45,8%
alle Wege	20,7%	10,3%	23,7%	45,3%
Wege ≥ 50 km	15,3%	8,6%	21,4%	54,7%
Wege ≥ 75 km	16,2%	9,3%	21,1%	53,4%
Wege ≥ 100 km	17,0%	10,4%	21,0%	51,6%

Tabelle 38: Verteilung der Weglängen je Weglängenklasse und Raumtyp, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 km - 75 km	Wege > 75 km
Wien	24,2%	20,2%	25,7%	18,2%	10,9%	13,8%	16,7%
Großstädte ohne Wien	9,2%	13,8%	10,3%	6,9%	6,0%	6,8%	9,5%
zentrale Bezirke	22,6%	23,4%	23,8%	25,0%	26,1%	22,7%	21,3%
periphere Bezirke	44,0%	42,6%	40,1%	49,9%	57,0%	56,7%	52,5%

Tabelle 39: Verteilung der Wege je Geschlecht, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	männlich	weiblich
Personen	48,6%	51,4%
alle Wege	48,9%	51,1%
Wege ≥ 50 km	61,1%	38,9%
Wege ≥ 75 km	61,1%	38,9%
Wege ≥ 100 km	60,4%	39,6%

Tabelle 40: Verteilung der Wege je Altersklasse, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	6 - 14 Jahre	15 - 19 Jahre	20 - 24 Jahre	25 - 34 Jahre	35 - 44 Jahre	45 - 54 Jahre	55 - 64 Jahre	65+ Jahre
Personen	9,3%	6,1%	6,8%	13,8%	15,0%	17,2%	12,8%	19,2%
alle Wege	8,8%	5,5%	6,4%	14,7%	17,0%	19,2%	13,1%	15,2%
Wege ≥ 50 km	4,0%	7,9%	8,3%	15,5%	19,3%	20,7%	13,2%	11,1%
Wege ≥ 75 km	4,7%	6,5%	6,9%	14,8%	18,7%	21,4%	14,0%	13,0%
Wege ≥ 100 km	4,2%	7,6%	7,0%	14,0%	17,9%	22,5%	15,3%	11,4%

Tabelle 41: Verteilung der Wege nach Bildung, n=192.664 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	kein Schulabschluss	Volks-/Hauptschule o. Lehre	Volks-/Hauptschule m. Lehre	Matura	Hochschule
Personen	9,4%	25,3%	41,9%	12,4%	10,9%
alle Wege	8,9%	19,7%	43,4%	14,4%	13,5%
Wege ≥ 50 km	4,1%	17,2%	43,5%	18,1%	17,1%
Wege ≥ 75 km	4,9%	18,2%	39,2%	19,0%	18,8%
Wege ≥ 100 km	4,4%	20,0%	40,0%	15,7%	19,8%

Tabelle 42: Verteilung der Wege nach Beruf, n=196.604 Wege, Datenquelle Österreich unterwegs

	Schüler	Erwerbstätig	Pension	Sonstiges
Personen	14,3%	48,8%	23,5%	13,4%
alle Wege	13,6%	54,7%	19,6%	12,1%
Wege ≥ 50 km	11,1%	64,7%	15,1%	9,1%
Wege ≥ 75 km	11,3%	62,2%	16,8%	9,7%
Wege ≥ 100 km	11,7%	62,3%	15,9%	10,2%

Tabelle 43: Verteilung der Weglängen und Verkehrsleistung je Weglängenklasse in den Mobilfunkdaten

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Anteil der Wege	21,1%	31,9%	17,3%	16,0%	7,4%	3,1%	3,2%
Verkehrsleistung	1,1%	6,6%	8,4%	20,2%	18,8%	11,2%	33,7%

Tabelle 44: Verteilung der Weglängen je Weglängenklasse und Raumtyp in den Mobilfunkdaten

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Wien	26%	19%	26%	18%	11%	13%	15%
Großstädte ohne Wien	12%	15%	10%	7%	5%	5%	7%
zentrale Bezirke	24%	24%	22%	23%	27%	25%	22%
periphere Bezirke	38%	42%	42%	52%	57%	57%	56%

Tabelle 45: Verteilung der Weglängen und Verkehrsleistung je Weglängenklasse an einem Werktag im Herbst innerhalb Österreichs, Datenquelle Österreich unterwegs

	Wege 0,01 - 1 km	Wege > 1 - 5 km	Wege > 5 - 10 km	Wege > 10 - 25 km	Wege > 25 - 50 km	Wege > 50 - 75 km	Wege > 75 km
Leistung	1,1%	9,2%	12,0%	24,8%	20,3%	10,7%	21,9%
Österreich	19,4%	35,0%	18,0%	17,2%	6,8%	2,0%	1,7%
Wien	25,0%	22,2%	27,7%	18,0%	7,8%	8,8%	16,7%
Großstädte ohne Wien	7,9%	14,4%	12,8%	5,3%	3,3%	4,9%	8,7%
zentrale Bezirke	22,8%	24,2%	19,7%	28,8%	24,6%	17,7%	18,4%
periphere Bezirke	44,3%	39,3%	39,7%	47,9%	64,4%	68,7%	56,2%

Anhang B – R-Code für die Verarbeitung der Mobilfunkdaten

Einlesen und vorbereiten der Daten

```
library(XML)
file_list <-
list.files(pattern="gpx")

#jede ID ist in einer eigenen Datei gespeichert, alle
#gpx-Dateien im Verzeichnis werden in
file_list gespeichert.

for (file in file_list) {
  if (!exists("dataset")){
    data <- htmlTreeParse(file, error
= function (...) {},
useInternalNodes = T)
    ID <- xpathSApply(data, path =
"//trk/name", xmlValue)
    coords <- xpathSApply(data, path =
"//trkpt", xmlAttrs)
    lat <- as.numeric(coords["lat",])
    lon <- as.numeric(coords["lon",])
    time <- xpathSApply(data, path =
"//trkpt/time", xmlValue)
    dataset <- data.frame(ID, lat,
lon, time)}
  else if (exists("dataset")) {
    temp_data <- htmlTreeParse(file,
error = function (...) {},
useInternalNodes = T);
    ID <- xpathSApply(temp_data, path
= "//trk/name", xmlValue)
    coords <- xpathSApply(temp_data,
path = "//trkpt", xmlAttrs)
    lat <- as.numeric(coords["lat",])
    lon <- as.numeric(coords["lon",])
    time <- xpathSApply(temp_data,
path = "//trkpt/time", xmlValue)
    temp_dataset <- data.frame(ID,
lat, lon, time)
    dataset<-rbind(dataset,
temp_dataset)
    rm(temp_data, temp_dataset, ID,
coords, lat,lon,time)}
}
```

Aggregieren der Punkte

*Schritt 1: Entfernen der Geschwindigkeiten
> 150 km/h*

```
install.packages("geosphere")
library(geosphere)
zeit <- as.POSIXlt(dataset$time,
format = "%Y-%m-%dT%H:%M:%OSZ")
datum <- as.Date(zeit)
```

```

p1 <- cbind(dataset$lon,
dataset$lat)
nr_p1 <- nrow(p1)
ID <- dataset$ID
nT <- matrix(0,nr_p1,2)
nT[1,]=p1[1,]
nT[1,]<-p1[1,]
nZ <- 0*1:nr_p1
nZ <- strptime(nZ, format = "%Y-
%m-%dT%H:%M:%OSZ")
nZ[1]=zeit[1]
nID <- 0*nr_p1
nID[1]=ID[1]
k=1; i=1
v_zul = 150

repeat{
  (if(ID[i]==ID[i+1] &
datum[i]==datum[i+1] &
((1/1000*distGeo(p1[i+1,],nT[k,]))
/(as.numeric(difftime(zeit[i+1],
nZ[k], units="mins"))/60) >v_zul))
{
i=i+1}
else{nT[k+1,]=p1[i+1,];
nZ[k+1]=zeit[i+1];
nID[k+1]=ID[i+1];
i=i+1; k=k+1})
if(i==nr_p1){break}
}

n=1
while(nT[n,1]!=0){n=n+1}
ohne_v150 <-
data.frame(ID=nID[1:n-1],lon=nT[1:
n-1,1], lat=nT[1: n-1,2],
zeit=nZ[1: n-1])
write.csv2(ohne_v150,
file="ohne_v150.csv")

```

#in die Matrix nT werden die Koordinaten aller Punkte ohne die Geschwindigkeit > 150 geschrieben, als Startwert dient der erste Punkt

#in den Vektoren nZ und nID werden die zu nT gehörige Zeit und ID gespeichert

#die Geschwindigkeit der aufeinanderfolgenden Punkte wird mit der Grenzhgeschwindigkeit v_zul verglichen, solange die ID und das Datum übereinstimmen. Ergibt sich eine Geschwindigkeit über 150 km/h, wird der Punkt übersprungen und nicht in nT geschrieben

#ist das Ende der Ausgangsmatrix erreicht, wird die repeat-Schleife abgebrochen

#die fertigen Vektoren und Matrix werden zu einem dataframe zusammengefasst und nicht benötigte Zeilen werden entfernt

Schritt 2: Zusammenfassen der Punkte zu Aufenthalten

```

zeit <- as.POSIXlt(ohne_v150$zeit,
format = "%Y-%m-%dT%H:%M:%OSZ")
datum <- as.Date(zeit)
p2 <- cbind(ohne_v150$lon,
ohne_v150$lat)
nr_p2 <- nrow(p2)
ID <- ohne_v150$ID
nT <- matrix(0,nr_p2,2)
nT[1,]=p2[1,]

```

```

nZ <- 0*1:nr_p2
nZ <- strptime(nZ, format = "%Y-
%m-%dT%H:%M:%OSZ")
nZ[1]=zeit[1]
nD <- 0*1:nr_p2
nID <- 0*nr_p2
nID[1]=ID[1]
k=1; i=1; j=2
l_grenz = 250; l_grenz2 =500;
l_grenz3=250
v_grenz = 7; v_grenz2 =3

repeat{
  (if (ID[i]==ID[i+1] &
  datum[i]==datum[i+1] & j<5 &
  ((distGeo(p2[i,],p2[i+1,])<=l_gren
  z) |
  (((1/1000*distGeo(p2[i,],p2[i+1,])
  )/(as.numeric(difftime(zeit[i+1],
  zeit[i], units="mins"))/60) <
  v_grenz)&
  (distGeo(p2[i,],p2[i+1,])<=l_grenz
  2)))) {
  nT[k,]= (j-1)/j*nT[k,]+p2[i+1,]/j;
  j=j+1; i=i+1}
  else if (ID[i]==ID[i+1] &
  datum[i]==datum[i+1] & j>=5 &
  (((1/1000*distGeo(nT[k,],p2[i+1,])
  )/(as.numeric(difftime(zeit[i+1],
  nZ[k], units="mins"))/60)<
  v_grenz2) &
  (distGeo(nT[k,],p2[i+1,])<=l_grenz
  2) |
  (distGeo(nT[k,],p2[i+1,])<=l_grenz
  ))){
  nT[k,]= (j-1)/j*nT[k,]+p2[i+1,]/j;
  j=j+1; i=i+1}
  else { if (j>=70 &
  distGeo(colSums(p2[(i-j+2):(i-
  j+31),])/30, colSums(p2[(i-
  29):i,])/30)>=l_grenz3) {
  dist_mp <- 0*1:(j-4)
  for(m in 30:(j-34)) { dist_mp[m]
  <- distGeo(colSums(p2[(i-j+2):(i-
  j+2+m),])/ (m+1), colSums(p2[(i-
  j+3+m):i,])/ (j-2-m))}
  nT[k,]=colSums(p2[(i-j+2):(i-
  j+2+which.max(dist_mp)),])/ (which.
  max(dist_mp)+1)
  nD[k]=difftime(zeit[i-
  j+2+which.max(dist_mp)],nZ[k],
  units="mins");
  nZ[k+1]=zeit[i-
  j+3+which.max(dist_mp)];
  nID[k+1]=ID[i-
  j+3+which.max(dist_mp)];

```

#die aufeinanderfolgenden Punkte werden zusammengefasst, wenn eine Entfernung (l_grenz) oder eine Geschwindigkeit und Entfernung eingehalten werden (v_grenz, l_grenz2)

#wenn die Bedingungen zutreffen, wird der Mittelwert der bisher zusammengefassten und dem neuen Punkt berechnet

#wenn bereits drei oder mehr Punkte zusammengefasst wurden, wird der nächste Punkt nicht mehr mit seinem Vorgänger, sondern mit dem Punkt der bereits zusammengefassten Punkte verglichen, die Bedingungen v_grenz2 und l_grenz2, oder l_grenz müssen eingehalten sein, damit der Punkt zusammengefasst wird.

#wurden mehr als 68 Punkte zusammengefasst, wird die Distanz zwischen dem Mittelwert der ersten und der letzten 30 Punkte verglichen, ist diese größer als l_grenz3 wird der Aufenthalt dort geteilt, wo die Entfernung maximal wird

```

k=k+1;
nT[k,]= colSums(p2[(i-
j+3+which.max(dist_mp)):i,])/ (j-2-
which.max(dist_mp));
nD[k]=difftime(zeit[i],nZ[k],
units="mins");
nT[k+1,]=p2[i+1,];
nZ[k+1]=zeit[i+1];
nID[k+1]=ID[i+1];
j=2; i=i+1; k=k+1;
rm(dist_mp)
}
else {
nD[k]=difftime(zeit[i],nZ[k],
units="mins");
nT[k+1,]=p2[i+1,];
nZ[k+1]=zeit[i+1];
nID[k+1]=ID[i+1];
j=2; i=i+1; k=k+1}})
if(i>=nr_p2){
nD[k]=difftime(zeit[i-1],nZ[k],
units="mins");break}
}

n=1
while(nT[n,1]!=0){n=n+1}
aggreg <- data.frame(ID=nID[1:n-
1],lon=nT[1:n-1,1], lat=nT[1:n-
1,2], zeit=nZ[1:n-1],
aufenthalt=nD[1:n-1])

```

#trifft keine der Bedingungen zu, wird die Dauer des Aufenthalts berechnet und der Punkt wird in nT an der nächsten Stelle gespeichert

#die Vektoren und die Matrix werden wiederum zu einem dataframe zusammengefügt und auf die tatsächliche Länge gekürzt

Berechnung der Wege zwischen den stationären Aufenthalten

```

zeit <- as.POSIXlt(aggreg$zeit,
format = "%Y-%m-%dT%H:%M:%OSZ")
datum <- as.Date(zeit)
p3 <- cbind(aggreg$lon,
aggreg$lat)
nr_p3 <- nrow(p3)
ID <- aggreg$ID
aufenthalt <- aggreg$aufenthalt
nT <- matrix(0,nr_p3,4)
nT[1,1:2] = p3[1,]
nZs <- 0*1:nr_p3
nZs <- strptime(nZs, format = "%Y-
%m-%dT%H:%M:%OSZ")
nZs[1] = zeit[1]+aufenthalt[1]*60
nZz <- 0*1:nr_p3
nZz <- strptime(nZz, format = "%Y-
%m-%dT%H:%M:%OSZ")

```

#die neue Matrix nT erhält vier Spalten für die Koordinaten, da der Start- und Endpunkt eines Weges gespeichert werden müssen

#in den Vektoren nZs und nZz werden die Start- und Zielzeit des Wegs gespeichert

```

t_stat = 15
nID <-0*1:nr_p3
WegNR <-0*1:nr_p3
km <- 0*1:nr_p3
k=1; i=1; w=0
repeat{
  (if (ID[i]!=ID[i+1] & w==0)
    {nT[k,3:4]=0;
    nZs[k]=nZs[k]-aufenthalt[i]*60;
    nZz[k]=nZs[k]+ aufenthalt[i]*60;
    WegNR[k]=w;
    nID[k]=ID[i];
    nT[k+1,1:2]=p3[i+1];
    nZs[k+1]=zeit[i+1]+aufenthalt[i+1]*60;
    k=k+1; i=i+1}
    else if (ID[i]==ID[i+2] &
    datum[i]==datum[i+2] &
    aufenthalt[i+1] < t_stat)
    {km[k]=km[k]+1/1000*distGeo(p3[i,],p3[i+1,]);
    i=i+1}
    else if (ID[i]==ID[i+2] &
    datum[i]==datum[i+2])
    {km[k]=
    km[k]+1/1000*distGeo(p3[i,],p3[i+1,]);
    nT[k,3:4]=p3[i+1,];
    w=w+1;
    WegNR[k]=w;
    nID[k]=ID[i];
    nZz[k]=zeit[i+1];
    nT[k+1,1:2]=p3[i+1,];
    nZs[k+1]=zeit[i+1]+aufenthalt[i+1]*60;
    i=i+1; k=k+1}
    else { km[k]=
    km[k]+1/1000*distGeo(p3[i,],p3[i+1,]);
    nT[k,3:4]=p3[i+1,];
    w=w+1;
    WegNR[k]=w;
    nID[k]=ID[i];
    nZz[k]=zeit[i+1];
    nT[k+1,1:2]=p3[i+2,];
    nZs[k+1]=zeit[i+2]+aufenthalt[i+2]*60;
    i=i+2; k=k+1; w=0})
    if(i==(nr_p3-1)){ km[k]=
    km[k]+1/1000*distGeo(p3[i,],p3[i+1,]);
    nT[k,3:4]=p3[i+1,];

```

#für den ersten Weg einer ID wird zuerst die Start- und Zielzeit berechnet

#solange die ID und das Datum von zwei aufeinanderfolgenden Punkten übereinstimmt und die berechneten Aufenthalte kleiner als t_stat sind, werden die Distanzen zwischen den Punkten summiert

#wenn die ID und das Datum übereinstimmen, aber die Aufenthaltsdauer größer t_stat ist, wird der Weg abgeschlossen

#wechselt die ID oder das Datum wird der Weg abgeschlossen und die Wegzahl w auf null gesetzt

```

w=w+1;
WegNR[k]=w;
nID[k]=ID[i];
nZz[k]=zeit[i+1];
break}
else if(i==nr_p3){ nT[k,3:4]=0;
nZs[k]=nZs[k]-aufenthalt[i]*60;
nZz[k]=nZs[k]+ aufenthalt[i]*60;
WegNR[k]=w;
nID[k]=ID[i]}}
```

```

n=1
while(nT[n,1]!=0){n=n+1}
wege <- data.frame(ID=nID[1:n-1],weg_nr=WegNR[1:n-1],lon_start=nT[1:n-1,1],lat_start=nT[1:n-1,2],lon_ziel=nT[1:n-1,3],lat_ziel=nT[1:n-1,4],weg_laenge=km[1:n-1],zeit_start=nZs[1:n-1],zeit_ziel=nZz[1:n-1])
```

#die ermittelten Vektoren und die Matrix werden zusammengefasst und auf die richtige Zeilenlänge gekürzt

Package „geosphere“:

C.F.F. Karney, 2013. Algorithms for geodesics, J. Geodesy 87: 43-55. <https://dx.doi.org/10.1007/s00190-012-0578-z>.

Addenda:
<http://geographiclib.sf.net/geod-addenda.html>