

TEXTE

11/2026

Abschlussbericht

Weiterentwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Personenverkehr: Fußverkehr, Erreichbarkeit und Suffizienz

von:

Daniel Krajzewicz, Claudia Nobis, Isabel Seiffert, Denise Obersteller, Heike Marquart
Institut für Verkehrsorschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Berlin

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 11/2025

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3722 12 101 0
FB001976

Abschlussbericht

Weiterentwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Personenverkehr: Fußverkehr, Erreichbarkeit und Suffizienz

von

Daniel Krajzewicz, Claudia Nobis, Isabel Seiffert, Denise
Obersteller, Heike Marquart
Institut für Verkehrsforschung, Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Institut für Verkehrsforschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
Rutherfordstr. 2
12489 Berlin

Abschlussdatum:

Mai 2025

Redaktion:

Fachgebiet I 2.1 Umwelt und Verkehr; I 2.6 Nachhaltige Mobilität in Stadt und Land
Nadja Richter; Manuela Weber

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8211>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Januar 2026

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen*Autoren.

Kurzbeschreibung: Weiterentwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Personenverkehr: Fußverkehr, Erreichbarkeit und Suffizienz

Zufußgehen ist eine gesunde, kostengünstige und umweltfreundliche Art der Fortbewegung, die von allen Personen ohne körperliche Einschränkungen ausgeübt werden kann. Trotz seiner hohen Bedeutung für die Alltagsmobilität wird der Fußverkehr in Erhebungen systematisch untererfasst und findet in der Verkehrsplanung daher oft nur unzureichend Berücksichtigung. Die vorliegende Studie widmet sich dem Zufußgehen und betrachtet drei Aspekte: (1) die Untererfassung des Zufußgehens in Mobilitätsbefragungen, (2) die Bemessung fußläufiger Erreichbarkeit und (3) das Zufußgehen aus dem Blickwinkel der Suffizienz.

Mit dem Ziel, den Einfluss der Erhebungsmethode auf die Erfassung des Fußverkehrs zu analysieren, wurden sechs Datensätze – drei im Projekt erhobene Primärdatensätze und drei Sekundärdatensätze – untersucht. Jeweils zwei Datensätze basieren auf dem Wegekonzept, dem Etappenkonzept und auf Tracking. Die Ergebnisse zeigen, dass der Anteil des Fußverkehrs mit zunehmender Detailtiefe der Erhebung steigt – von der wegebasierten Erfassung über die Erfassung einzelner Etappen bis hin zum Tracking. Dennoch fehlen selbst bei Tracking-Erhebungen Fußetappen, vor allem am Anfang und am Ende von intermodalen Wegen. Kein Datensatz liefert ein vollständiges Bild des Fußverkehrs. Das beispielhafte Übertragen der Anteile intermodaler Wege und der darin enthaltenen Fußetappen auf die mit dem Wegekonzept erzielten Ergebnisse zeigt, dass sich die zu Fuß zurückgelegten Wege und Kilometer ungefähr verdoppeln. Im Rahmen intermodaler Wege werden damit ebenso viele Kilometer zu Fuß zurückgelegt wie bei reinen Fußwegen. Da Tracking-basierte Erhebungen künftig an Bedeutung gewinnen werden, bislang jedoch nur eingeschränkt mit klassischen Verfahren vergleichbar sind, empfiehlt sich zunächst ein kombiniertes Vorgehen aus klassischer Wegeerhebung und Tracking in unterschiedlichen Teilstichproben.

Für die Berechnung fußläufiger Erreichbarkeiten ist zunächst eine Recherche zu Erreichbarkeitsmaßen, mit einem Fokus auf die Betrachtung des Zufußgehens durchgeführt worden. Darauf aufbauend sind Ansätze für die Berechnung und die Visualisierung dieser Maße formuliert worden. Der Zugang zu ausgewählten Einrichtungen des täglichen Bedarfs – Apotheken, Schulen, Kindertagesstätten sowie Lebensmittelhändlern – sowie die Anzahl dieser Einrichtungen, die innerhalb einer halben Stunde erreichbar sind, wurden für die Berechnung ausgewählt. Die Ergebnisse werden auf dem GIS-Portal des UBA visualisiert und als freie Daten zum Download zur Verfügung gestellt.

Um den Suffizienz-Aspekt des Zufußgehens zu beleuchten, wurden zunächst die im Rahmen des UBA-Projektes „Erarbeitung einer Suffizienzstrategie für den Verkehrssektor und ihre erfolgreiche Kommunikation“ (Nobis et al. 2024) zusammengestellten Suffizienzindikatoren auf ihre Berechenbarkeit und Aussagekraft hin überprüft. Im Anschluss wurden weitere Indikatoren entwickelt. Ein Teil dieser Indikatoren untersucht die Versorgung von Räumen mit Aktivitätsorten. Ein weiterer Indikator setzt die fußläufige Erreichbarkeit von Lebensmittelhändlern in Relation zum Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) am Modal Split. Diese Verknüpfung ermöglicht eine Bewertung der Suffizienz des Mobilitätsverhaltens unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit von Zielen des täglichen Bedarfs. Insgesamt wird, aufgrund ihrer einfachen Interpretierbarkeit und der Möglichkeit, sie jährlich zu aktualisieren, die Nutzung der Indikatoren „Zugang zum ÖV“ und „Pkw-Dichte“ empfohlen.

Abstract: Further development of sustainability indicators in passenger transport: walking, accessibility and sufficiency

Walking is a healthy, low-cost, and environmentally friendly mode of transport that can be undertaken by anyone without physical limitations. Despite its high relevance for everyday mobility, walking is systematically underrepresented in surveys and is therefore often insufficiently considered in transport planning. This study focuses on walking and examines three aspects: (1) the underreporting of walking in mobility surveys, (2) the computation of accessibility measures for walking, and (3) walking from the perspective of sufficiency.

With the aim of analysing the influence of survey methodology on capturing walking, six datasets were examined: three primary datasets collected within the project and three secondary datasets. Two datasets each are based on the trip-based approach, the stage-based approach, and tracking. The results show that the share of walking increases with the level of detail in the survey – from trip-based recording to the recording of individual stages and finally to tracking. Nevertheless, even in tracking-based surveys, walking stages are often missing, especially at the beginning and end of intermodal trips. No dataset provides a complete picture of walking. A hypothetical transfer of the shares of intermodal trips and the walking stages they contain onto the results obtained using the trip-based approach shows that walking trips and distances roughly double. In the context of intermodal trips, almost as many kilometres are covered on foot as in trips performed by walking only. Tracking-based surveys are expected to gain importance in the future, but are currently only partially comparable to conventional methods. Thus, a combined approach using both classical trip surveys and tracking in different subsamples is recommended.

For calculating walk accessibility, a literature review of accessibility measures with a focus on walking was conducted first. Based upon this, methods for computing and visualizing accessibility measures were formulated. The accessibility of selected daily necessities—pharmacies, schools, daycare centres, and grocery stores—were selected for the calculation, as well as the number of these facilities reachable within half an hour. The results are visualized on the GIS-portal of the German Environment Agency and are available as free research data for download.

To examine the sufficiency aspect of walking, the sufficiency indicators compiled within the framework of the UBA project “Development of a Sufficiency Strategy for the Transport Sector and its Successful Communication” (Nobis et al., 2024) were first assessed for their calculability and informative value. Subsequently, additional indicators were developed. Some of these indicators analyse the provision of spaces with activity locations. Another indicator relates the walking accessibility of grocery stores to the share of motorized individual transport (MIV) in the modal split. This linkage allows for an assessment of the sufficiency of mobility behaviour, taking into account the availability of everyday destinations. Overall, due to their straightforward interpretability and the possibility of annual updates, the use of the indicators “access to public transport” and “car density” is recommended.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis.....	14
Zusammenfassung	15
Summary	20
1 Einleitung.....	25
2 Die Bedeutung des Fußverkehrs.....	26
3 Erhebung von Fußverkehr	29
3.1 Gründe für die Untererfassung des Fußverkehrs in Erhebungen mit dem Wegekonzept....	29
3.2 Alternative Methoden für die Erhebung des Fußverkehrs.....	31
3.2.1 Das Etappenkonzept	31
3.2.2 Anwendung des Etappenkonzepts bei klassischen Erhebungsmethoden	32
3.2.3 Automatische Etappenerhebung bei trackingbasierten Erhebungsmethoden	33
3.2.3.1 Technische Umsetzung des Trackings	34
3.2.3.2 Variation des Erhebungsdesigns	35
3.2.3.3 Methoden der Datenverarbeitung.....	36
3.2.4 Fachaustausch zum Etappenkonzept des Schweizer Mikrozensus und von App-basierten Erhebungen	37
3.3 Studienkonzept zur Untersuchung der Untererfassung des Fußverkehrs	38
3.3.1 Online-Erhebungen mit Wege- und Etappenkonzept	39
3.3.2 Trackingbasierte Mobilitätserhebung	42
3.3.3 Vergleichsdatensätze	45
3.4 Empirische Analyse der Primärdaten und Vergleichsdatensätze	47
3.4.1 Vergleich der Erhebungsstichproben	48
3.4.2 Gegenüberstellung der zentralen Mobilitätskennwerte.....	50
3.4.3 Fußverkehrsanteile nach Erhebungsmethode.....	51
3.4.4 Modal Split nach Wegen und Etappen	55
3.4.5 Tiefergehende Analyse der intermodalen Wege mit Fußetappe	57
3.4.6 Analyse manuell erfasster Wege in der MovingLab-Erhebung.....	59
3.4.7 Distanzen von Fußwegen und Fußetappen	61
3.5 Abschätzung der Untererfassung des Fußverkehrs im Wegekonzept	63
3.6 Abschließende Bewertung der Erhebungskonzepte und -methoden.....	66
3.7 Zusammenfassung	71

4	Erreichbarkeitsmaße	73
4.1	Recherche	74
4.1.1	Vorgehen	74
4.1.2	Metainformationen.....	75
4.1.3	Eigenschaften der Erreichbarkeitsmaße	76
4.1.4	Softwarepakete.....	79
4.1.5	Berechnungsvarianten	79
4.1.6	Routenwahl.....	80
4.1.7	Zusammenfassung der Rechercheergebnisse zu Erreichbarkeitsmaßen	80
4.2	Aspekte der fußläufigen Erreichbarkeit	80
4.2.1	Generelles.....	80
4.2.2	Geschwindigkeiten Zufußgehen.....	81
4.2.3	Einfluss Raum und Umgebung	82
4.2.4	Visualisierung von Erreichbarkeitsmaßen	87
4.2.4.1	Diskrete Darstellungen	87
4.2.4.2	Aggregierte Darstellungen / Zonierung.....	88
4.2.4.3	Weitere Darstellungsformen	90
4.2.5	Bemessung der 15-Minuten-Stadt	91
4.2.6	Unberücksichtigte Einflüsse.....	94
4.3	Auswahl und Umsetzung Erreichbarkeitsmaße	95
4.3.1	Komplexe Erreichbarkeiten	95
4.3.2	Kumulationsindikatoren	98
4.3.3	Visualisierung und Bereitstellung der Daten	100
4.4	Zusammenfassung	101
5	Suffizienzindikatoren.....	103
5.1	Indikatoren für suffiziente Mobilität.....	103
5.2	Indikatoren aus dem Projekt SuVeKo.....	104
5.2.1	Erste Einschätzung der Berechenbarkeit.....	104
5.2.2	Berechenbare Indikatoren des SuVeKo-Projektes	107
5.2.3	Indikator Zugang ÖV	108
5.2.4	Indikator Pkw-Dichte.....	109
5.3	Raum-bezogene Suffizienzindikatoren.....	111
5.3.1	Aktivitätsorte und Wegezwecke	111
5.3.2	Raumdiversität.....	111

5.3.3	Wöchentliche Aufwände nach Personengruppen	112
5.4	Kombinierter Angebots-Verhaltens-Suffizienzindikator	113
5.4.1	Herleitung	113
5.4.2	Reisezeit: Durchschnitt vs. Median	117
5.4.3	Untersuchung der Abhängigkeit von Raumklasse	118
5.5	Zusammenfassung	121
6	Quellenverzeichnis	123
A	Anhang	140
A.1	Fragebogen der Erhebungen im Wege- und Etappenkonzept	140
A.2	Fragebogen der Vorab-Befragung der MovingLab-Erhebung	156
A.3	Fragen zu den aufgezeichneten Wegen im Rahmen der Trackingphase der MovingLab-Erhebung	160
A.4	Fragebogen der Nachher-Befragung der MovingLab-Erhebung.....	162
A.5	Feedback der MovingLab-Probandinnen und -Probanden	164

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Überblick Erhebungsmethoden und Fragestellungen.....	39
Abbildung 2:	Eingabemaske im Fragebogen zum Etappenkonzept.....	40
Abbildung 3:	Darstellung der Wege in der MovingLab-App.....	43
Abbildung 4:	Zusatzfragen zu den aufgezeichneten Wegen in der MovingLab-App.....	44
Abbildung 5:	Rücklauf und Zeiträume der MovingLab-Erhebung	45
Abbildung 6:	Überblick der genutzten Primär- und Sekundärdaten	45
Abbildung 7:	Wegeanteile mit Fußverkehr in den sechs untersuchten Datensätzen	52
Abbildung 8:	Auswirkung der expliziten Nachfrage nach vergessenen Fußetappen im Wegekonzept.....	53
Abbildung 9:	Auswirkung der expliziten Nachfrage nach vergessenen Fußetappen im Etappenkonzept.....	54
Abbildung 10:	Wegeanteile mit Fußverkehr in sechs Datensätzen – Wege- und Etappen-Split jeweils mit und ohne Nachfrage nach vergessenen Fußetappen	54
Abbildung 11:	An welcher Stelle des Weges wurde das Berichten der Fußetappe vergessen (Mehrfachnennung möglich)?	55
Abbildung 12:	Modal Split auf Wegeebene – Vergleich der sechs Datensätze	56
Abbildung 13:	Modal Split auf Etappenebene – Vergleich der Etappen- und Tracking-Datensätze.....	56
Abbildung 14:	Verteilung Zugangsmodi bei den Etappen- und Tracking-Datensätzen	58
Abbildung 15:	Verteilung Abgangsmodi bei den Etappen- und Tracking-Datensätzen	59
Abbildung 16:	Anteile der genutzten Verkehrsmittel und Verkehrsmittelkombinationen pro Weg bei manuell eingetragenen Wegen (MovingLab).....	60
Abbildung 17:	Modal Split auf Wegeebene: getrackte versus manuelle Wege (MovingLab)	60
Abbildung 18:	Differenzierung der Wege nach Fußwegeanteil: getrackte versus manuelle Wege (MovingLab)	61
Abbildung 19:	Etappenbasierter Modal Split des Verkehrsaufkommens nach Hauptverkehrsmittel – optimistische Variante.....	65
Abbildung 20:	Etappenbasierter Modal Split der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsmittel – optimistische Variante.....	65
Abbildung 21:	Modal Split des Verkehrsaufkommens – alle Varianten	66
Abbildung 22:	Modal Split der Verkehrsleistung – alle Varianten.....	66
Abbildung 23:	Klassen von Erreichbarkeitsmaßen	74
Abbildung 24:	Verteilung der Dokumenttypen nach Erscheinungsjahr	75

Abbildung 25:	Häufigkeitsverteilung der benutzten Gebietsgrößen.....	76
Abbildung 26:	Häufigkeitsverteilung der betrachteten Modi und Moduskombinationen	77
Abbildung 27:	Häufigkeitsverteilung der betrachteten Maße	77
Abbildung 28:	Häufigkeitsverteilung der genutzten Zonierungen	78
Abbildung 29:	Durchschnittliche Gehgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Alter.....	81
Abbildung 30:	Wahrnehmung des Weges von der S-Bahn nach Hause von zwei Fußgängerinnen und Fußgängern in Berlin im Vergleich zur gemessenen Lärm- und Feinstaubbelastung	85
Abbildung 31:	Emotionsreaktionen beim Überqueren von Straßen	86
Abbildung 32:	Darstellung der genutzten Quellen und Ziele um den LOR „Nördliche Luisenstadt“ in Berlin	87
Abbildung 33:	Darstellung der Zugangszeit in Sekunden (s) zur nächsten Haltestelle ausgehend von einzelnen Gebäuden innerhalb Berlins.....	87
Abbildung 34:	Durchschnittliche Zugangszeit in Sekunden (s) zu einer ÖPNV-Haltestelle, dargestellt mit einem hexagonalen Gitter	88
Abbildung 35:	Durchschnittliche Zugangszeit in Sekunden (s) zu einer ÖPNV-Haltestelle, dargestellt mit einem rechteckigen Gitter	89
Abbildung 36:	Durchschnittliche Zugangszeit in Sekunden (s) zu einer ÖPNV-Haltestelle, dargestellt über Gebiete	90
Abbildung 37:	Durchschnittliche Zugangszeit in Sekunden (s) zu einer ÖPNV-Haltestelle, dargestellt über Erreichbarkeitsoberflächen	91
Abbildung 38:	Das PTV Access-Portal	92
Abbildung 39:	Die CityAccessMap	92
Abbildung 40:	Darstellung des Indizes „15-Minuten-Stadt“	93
Abbildung 41:	Darstellung von Erreichbarkeiten im Minimal Budget Viewer	94
Abbildung 42:	Kumulierte Verteilung der Zugangszeit zur jeweils nächsten Instanz der gewählten Infrastrukturen, ausgehend von Gebäuden	96
Abbildung 43:	Flächige Darstellung der Zugangszeiten in Sekunden zu den betrachteten Zieltypen zu Fuß	97
Abbildung 44:	Kumulierte Verteilung der Zugangszeit zur jeweils nächsten Instanz der gewählten Infrastrukturen, skaliert mit der Anzahl der jeweiligen Einwohnenden	98
Abbildung 45:	Anzahl der innerhalb von 15 Minuten erreichbaren Instanzen der betrachteten Zieltypen.....	99
Abbildung 46:	Darstellung der gelieferten Kacheln für die Erreichbarkeit von Apotheken in QGIS	101
Abbildung 47:	Darstellung des Zugangs zum ÖPNV in PtAC am Beispiel Berlin Friedrichshain.....	109
Abbildung 48:	Entwicklung der Pkw-Dichte in Deutschland	110

Abbildung 49:	Flächige Darstellung der Werte des Diversitätsindikators für Berlin/Brandenburg.....	112
Abbildung 50:	Verschiedene Interpretationen der Berechnung für die Personengruppe von Kindern zwischen 6 und 14 Jahren am Beispiel Berlins	113
Abbildung 51:	Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhändler zu Fuß vs. Verkehrsmittelanteil.....	114
Abbildung 52:	Anpassung einer „Verhaltensfunktion“ an die Abhängigkeit zwischen Erreichbarkeit und MIV-Nutzung	115
Abbildung 53:	Verhaltenskurve mit nachjustierten Parametern	116
Abbildung 54:	Bewertung der Kreise innerhalb Deutschlands anhand der Abweichung zum Kurvenverlauf	117
Abbildung 55:	Vergleiche der Nutzung des Medians anstelle des Durchschnitts der gewichteten Reisezeiten	118
Abbildung 56:	Zuordnung zu verschiedenen Gebietstypen	119
Abbildung 57:	Eingabegrößen nach Kreistyp für die betrachteten Raumklassifikationen.....	120
Abbildung 58:	Berichtete Qualität der Aufzeichnung mit dem MovingLab*	164
Abbildung 59:	Berichtete Qualität der Aufzeichnung von Fußwegen mit MovingLab*	165
Abbildung 60:	Feedback zur allgemeinen Erfahrung mit der App MovingLab	166

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Plausibilisierungsrückfragen	41
Tabelle 2:	Übersicht Erhebungszeiträume und Stichprobenumfänge	48
Tabelle 3:	Soziodemographie und Führerscheinbesitz.....	49
Tabelle 4:	Haushaltsgröße	49
Tabelle 5:	Vergleich der Mobilitätskennwerte der sechs im Projekt analysierten Datensätze	51
Tabelle 6:	Durchschnittliche Distanzen von Fußwegen und Fußetappen – Vergleich der sechs Datensätze	62
Tabelle 7:	Durchschnittliche Distanzen von Fußetappen differenziert nach Hauptverkehrsmittel – Vergleich der Etappen- und Tracking-Datensätze	62
Tabelle 8:	Intermodale Wege differenziert nach Verkehrsmitteln – konservative, optimistische Variante und MiD-Etappendatensatz	64
Tabelle 9:	Wege mit Fußetappe differenziert nach Verkehrsmitteln – konservative, optimistische Variante und MiD-Etappendatensatz	64

Tabelle 10:	Vergleichende Übersicht der Erhebungskonzepte und -methoden zur Erfassung des Fußverkehrs	69
Tabelle 11:	Zwölf Qualitätsmerkmale für eine lebenswerte Stadt	83
Tabelle 12:	Übersicht zu Zugangszeiten zu der jeweils nächsten Instanz der gewählten Infrastrukturen, ausgehend von Gebäuden (in Minuten)	96
Tabelle 13:	Übersicht zu Zugangszeiten zu der jeweils nächsten Instanz der gewählten Infrastrukturen, ausgehend von Gebäuden, normiert mit den Einwohnenden (in Minuten)	98

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung, Schweiz
BAST	Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen
BFS	Bundesamt für Statistik, Schweiz
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMV	Bundesministerium für Verkehr
CATI	Computer Assisted Telephone Interview
CAWI	Computer Assisted Web Interview
DEM	Digital Elevation Model
DNS	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie
DOI	Document Object Identifier
GPS	Global Positioning System
HH	Haushalt
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
MiD	Mobilität in Deutschland, Mobilitätsbefragung
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MOBIS	Mobility behaviour in Switzerland, Trackingerhebung
MOP	Deutsches Mobilitätspanel
MPN	MobiliteitsPanel Nederland, Mobilitätspanel der Niederlande
MZMV	Mikrozensus Mobilität und Verkehr, Schweiz
ODiN	Onderweg in Nederland, Nationale Verkehrsbefragung der Niederlande
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OSM	OpenStreetMap
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PAPI	Paper and Pencil Interview
POI	Point of Interest
SrV	System repräsentativer Verkehrserhebungen
SUV	Sport Utility Vehicle
SuVeKo	UBA-Projekt „Erarbeitung einer Suffizienzstrategie für den Verkehrssektor und ihre erfolgreiche Kommunikation“
UBA	Umweltbundesamt

Zusammenfassung

Einleitung

Das Zufußgehen ist die natürlichste Art der Fortbewegung und trägt sowohl zur Verkehrssicherheit als auch zur Lebensqualität in Städten und Gemeinden bei. Dieses Verkehrsmittel kann von jeder Person ohne Hilfsmittel und vorher zu erwerbenden Fähigkeiten, wie das Erlernen des Fahrradfahrens oder den Erwerb des Führerscheins, genutzt werden, vorausgesetzt es bestehen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Das Zufußgehen umfasst weitreichende Vorteile, wie z. B. positive ökonomische, soziale oder ökologische Auswirkungen sowie die Förderung der eigenen Gesundheit. Da die Aufenthaltsdauer beim Zufußgehen deutlich länger ist als bei anderen Verkehrsmitteln, kommt der Ausgestaltung der Umgebung ein besonderer Stellenwert zu. Die Einrichtung von breiten Gehwegen, Grünflächen, fußgängerfreundlichen Ampelschaltungen sowie eine aufenthaltsfreundliche Gestaltung von Plätzen können das Erleben des öffentlichen Raums stärken und sind daher zentrale Elemente bei der Förderung des Fußverkehrs.

Aktuelle Studien zeigen, dass 22 % aller Wege und 3 % der Personenkilometer zu Fuß zurückgelegt werden. Diese Zahlen variieren leicht über das Jahr, das Zufußgehen ist aber weniger wetteranfällig als zum Beispiel das Fahrradfahren. Insbesondere im Jugendalter und im Alter ab 70 Jahren wird sehr viel zu Fuß gegangen. Vor allem für ältere Generationen tragen Fußwege zur Aufrechterhaltung der Mobilität bei. Es wird aus unterschiedlichen Gründen zu Fuß gegangen, wobei sich zwischen Stadt und Land leichte Unterschiede erkennen lassen. Im ländlichen Raum ist der Anteil der Freizeitwege an den Fußwegen höher als im urbanen Raum. Der Anteil der Einkaufs- und Erledigungswege sowie der Dienstwege, die zu Fuß zurückgelegt werden, ist dagegen in großen Städten höher als in kleinstädtischen oder dörflichen Regionen. Generell zeigen Studien, dass sich das Zufußgehen bei einem Großteil der Menschen höchster Beliebtheit erfreut.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Bedeutung des Zufußgehens anhand eines dreifachen Analyseansatzes herauszuarbeiten: (1) durch die Analyse seiner unzureichenden Erfassung in Befragungen, (2) durch die Untersuchung der fußläufigen Erreichbarkeit sowie (3) durch die Einordnung seiner Rolle im Kontext suffizienten Verkehrsverhaltens. Die im Rahmen der Analyse gewonnenen Erkenntnisse werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

Erhebungsmethodik

Obwohl das Zufußgehen im Alltag eine wichtige Rolle spielt, wird diese Art der Fortbewegung in vielen Studien oft nur unvollständig erfasst. Bei dem weit verbreiteten Wegekonzept werden die teilnehmenden Personen zwar meist aufgefordert, alle auf einem Weg genutzten Verkehrsmittel anzugeben. Wenn große Teile eines Weges z. B. mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder dem Auto zurückgelegt werden, wird der Zu- und Abgang zu Fuß jedoch oft vergessen. Zudem erfolgt bei der Auswertung in der Regel eine Verdichtung der erfassten Verkehrsmittel auf das jeweils dominierende Verkehrsmittel. Mit Hilfe einer Hierarchisierung wird das Verkehrsmittel, mit dem die längste Wegstrecke zurückgelegt worden ist, als Hauptverkehrsmittel bestimmt; diesem werden alle zurückgelegten Kilometer zugeschrieben. Da der Modus zu Fuß am unteren Ende der Hierarchie steht, kommt es zu einer systematischen Untererfassung des Fußverkehrs.

Auch beim Etappenkonzept, bei dem jede einzelne Etappe eines Weges erfasst wird, kann es zum Vergessen von Fußetappen kommen, da sie z. B. im Rahmen von intermodalen Wegen nicht wahrgenommen oder als unwichtig angesehen werden. Für die korrekte Erfassung und Beschreibung des Fußverkehrs spielt die Erhebung von Fußwegeetappen jedoch eine zentrale Rolle. Das Etappenkonzept kann prinzipiell bei allen herkömmlichen Befragungsmethoden

(Papierfragebogen, Online-Fragebogen und Telefoninterview) angewendet werden. Das Etappenkonzept wird bereits erfolgreich im Schweizer Mikrozensus und in den Niederlanden angewendet.

Die schnell fortschreitende Digitalisierung hat die Entwicklung einer neuen Erhebungsmethodik ermöglicht, die eine theoretisch präzisere und differenziertere Erfassung des Fußverkehrs erlaubt. Beim Tracking über mobile Endgeräte (GPS-Logger, Smartphones oder Smartwatches) werden Sensordaten für die automatische Erfassung der Bewegungsmuster von Personen oder auch Kraftfahrzeugen im Raum genutzt. Anhand der Positionierungssensoren solcher Geräte kann mehrmals pro Minute die genaue Position einer Person bestimmt werden. Mittels Algorithmen lassen sich die auf dem Weg genutzten Verkehrsmittel bestimmen.

Zum Ausmaß der Untererfassung liegen bislang kaum Informationen vor. Ziel dieser Studie war es, die folgenden Forschungsfragen auf Basis eigens erhobener Primärdaten sowie bestehender Sekundärdaten zu beantworten:

- ▶ Wie häufig wird bei Erhebungen auf Basis von Wegen, die Angabe „zu Fuß“ vergessen?
- ▶ Wie stark erhöht sich der Anteil intermodaler Wege mit Fußetappe und die dabei zurückgelegten Entfernungen, wenn diese berücksichtigt werden?

Mit der Beantwortung dieser Fragen sollen zum einen die Untererfassung des Fußverkehrs quantifiziert werden, zum anderen Empfehlungen erarbeitet werden, wie der Fußverkehr zukünftig in Befragungen besser abgebildet werden kann. Hierfür sind im Rahmen des Projektes drei Erhebungen konzipiert und durchgeführt worden: (1) eine wegebasierte Erhebung mit expliziter Nachfrage nach vergessenen Fußwegen (Wege-Split), (2) eine etappenbasierte Erhebung mit expliziter Nachfrage nach vergessenen Fußwegen (Etappen-Split) und (3) eine trackingbasierte Erhebung mit der DLR-App MovingLab, wobei die Stichproben jeweils deutschlandweit gezogen wurden. Für die vergleichende Analyse wurden (4) die Daten der Studie „Mobilität in Deutschland“ (MiD) (=Wegekonzept), (5) die Daten des Schweizer Mikrozensus (MZMV) (=Etappenkonzept) und (6) der Datensatz des Schweizer Forschungsprojekts MOBIS (=Trackingdaten) verwendet.

Die vergleichende Analyse der sechs Datensätze zeigt, dass die Erhebungsmethodik einen entscheidenden Einfluss auf die Erfassung von Fußverkehr hat. Die beiden nationalen Befragungen MiD und der Schweizer MZMV liefern zunächst sehr ähnliche Basiskennzahlen der Mobilität, während die beiden Primärerhebungen (Wege- und Etappen-Split) niedrigere Werte bei Wegeanzahl und Tagesstrecke aufweisen, was auf methodische Effekte zurückzuführen ist. Die Möglichkeit zu persönlichen Interviews und gezielte Nachfassaktionen wirken sich bei der MiD und dem MZMV positiv auf die Menge berichteter Fußetappen aus. Zudem beeinflusst die Größe der Stichprobe die Ergebnisse, da bei kleinen Stichproben wie den Primärerhebungen einzelne abweichende Mobilitätsmuster den Mittelwert deutlich verzerren können.

In Bezug auf den Fußverkehr zeigt sich: Mit zunehmender Auflösung der Erhebung – vom Wege- über das Etappen- bis hin zum Trackingkonzept – steigt der Anteil des Fußverkehrs an, während der Anteil der Wege ohne Fußetappe abnimmt. Je nach Erhebungskonzept und konkreter Ausgestaltung der Erhebung variieren die Werte erheblich. Den höchsten Anteil an intermodalen Wegen mit mindestens einer Fußetappe weist der MovingLab-Datensatz auf (48 %), den niedrigsten Wert verzeichnet mit 8 % der Wege-Split (vor der Nachfrage nach vergessenen Fußetappen). Wird der gesamte Fußverkehr betrachtet, d. h. sowohl reine Fußwege als auch intermodale Wege mit Fußetappe, beträgt sein Anteil an den Wegen beim Wegekonzept etwa ein Drittel, beim Etappenkonzept knapp die Hälfte und beim Trackingkonzept rund zwei Drittel. Eine explizite Nachfrage nach vergessenen Fußetappen steigert sowohl beim Wege- als

auch beim Etappenkonzept den Anteil intermodaler Wege mit Fußetappe um rund 15 Prozentpunkte.

Dennoch weist selbst bei trackingbasierten Erhebungen mehr als ein Drittel der Wege keine Fußetappe auf, wobei Fußetappen vor allem zu Beginn aber auch am Ende eines Weges – als Zu- oder Abgangsmodus zu anderen Verkehrsmitteln – fehlen. Dies kann sowohl software- (z. B. Schwellenwerte bei Etappenerkennung) als auch anwendungsbedingte Gründe (Ein- und Ausschalten der MovingLab-App) haben. Vor allem beim öffentlichen Verkehr (ÖV) ist hier von einer Untererfassung auszugehen.

Wird anstelle von Wegen die Untersuchungseinheit Etappen verwendet, wird die zentrale Rolle des Fußverkehrs deutlich sichtbar. Bei dieser Betrachtung werden auch alle Fußetappen bei Wegen berücksichtigt, die bei einer reinen Wegebetrachtung dem Hauptverkehrsmittel zugeordnet würden. Auf Etappenbasis übertrifft der Fußverkehr in nahezu allen analysierten Datensätzen (MZMV, Etappen-Split, MovingLab- und MOBIS-Datensatz) die übrigen Verkehrsmittel und weist mit 40 % bis 48 % die höchsten Anteile an allen Verkehrsmodi auf.

Tracking-Datensätze erfassen insgesamt deutlich mehr Etappen als klassische Erhebungen mit einem Etappenkonzept. Die durchschnittliche Länge der getrackten Etappen fällt jedoch geringer aus, was auf eine stärkere Segmentierung der Wege hinweist. Dabei zeigen sich erhebliche Unterschiede zwischen den beiden Tracking-Datensätzen. Obwohl beide Datensätze nahezu identische Etappenanteile des Modus „zu Fuß“ aufweisen, kommt es zu großen Unterschieden beim Anteil reiner Fußwege und intermodaler Wege mit Fußetappe. Während der MOBIS-Datensatz einen höheren Anteil reiner Fußwege aufweist, treten Fußetappen im MovingLab-Datensatz häufiger in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln auf.

Generell zeigt sich bei allen Datensätzen, dass Intermodalität – d. h. die Nutzung mehrerer Verkehrsmittel auf einem Weg – maßgeblich durch Fußetappen geprägt ist. Das Zufußgehen ist in allen Erhebungen der dominierende Zu- und Abgangsmodus. Beim ÖV gibt es dabei deutlich häufiger Fußetappen am Beginn und am Ende des Weges als bei anderen Verkehrsmitteln. Sehr hohe Werte werden jedoch nur beim Schweizer MZMV erreicht. Dort gibt es in rund 95 % der Fälle eine Zu- und Abgangsetappe, bei den Tracking-Erhebungen ist dies dagegen deutlich seltener der Fall. Im MovingLab- und MOBIS-Datensatz fehlt bei einem großen Teil der ÖV-Wege der Zugang zu Fuß (zwischen rund 40 % und 60 %), und auch bei den Abgängen fehlt bei einem Drittel der Wege die Fußetappe. Die Tracking-Erhebungen bilden Fußetappen in Zusammenhang mit der ÖV-Nutzung damit weniger zuverlässig ab als erwartet. Die systematische Erfassung der Etappen im Rahmen persönlicher Interviews beim MZMV ergibt hier das konsistenteste und nachvollziehbarste Ergebnis.

Die Analysen bestätigten damit die Ausgangshypothese: Fußetappen sind ein wesentlicher Bestandteil der täglichen Wege, die bei traditionellen wegebasierten Erhebungen stark untererfasst werden. Das beispielhafte Übertragen der Anteile intermodaler Wege und der darin enthaltenen Fußetappen auf die mit dem Wegekonzept erzielten Ergebnisse führt zu einem deutlichen Anstieg des Zufußgehens. Dadurch erhöht sich der Anteil des Fußverkehrs am Modal Split des Verkehrsaufkommens auf bis zu 47 %, während sich sein Anteil an der Verkehrsleistung von 3 % auf gut 5 % fast verdoppelt. Im Rahmen intermodaler Wege werden damit fast genauso viele Kilometer zu Fuß zurückgelegt wie bei reinen Fußwegen.

Insgesamt weisen die Erhebungskonzepte (Wegkonzept, Etappenkonzept, Tracking) spezifische Vor- und Nachteile auf. Die Wahl der Methode hängt in der Regel maßgeblich von dem zur Verfügung stehenden Budget und von den angestrebten Analysezielen ab. Bereits mit dem klassischen, vergleichsweise kostengünstigen Wegekonzept lassen sich durch gezieltes Nachfragen nach vergessenen Etappen hohe Anteile an Fußetappen erreichen. Zur Erfassung des

Fußverkehrs muss daher nicht zwangsläufig das Etappenkonzept oder Tracking angewendet werden. Fällt die Wahl auf das Tracking, sollte eine sorgfältige Analyse der Stichprobe und potenzieller Verzerrungen vorgenommen werden.

Tracking dürfte in der Verkehrsorschung zunehmend an Bedeutung gewinnen. Da diese Erhebungsmethode deutliche Unterschiede zu herkömmlichen Verfahren aufweist, bietet sich ein kombiniertes Konzept aus klassischer Wegeerhebung und Tracking in unterschiedlichen Teilstichproben – wie es bei den nächsten Erhebungsdurchläufen der MiD und dem System repräsentativer Verkehrserhebungen (SrV) angedacht ist – an, um langfristig die Integration von Tracking in die Wegeerfassung oder eine generelle Umstellung von Wegeerhebungen auf Tracking voranzubringen.

Erreichbarkeitsmaße

Der zweite Bestandteil dieser Studie galt der Erstellung von Erreichbarkeitsmaßen. Eine anfänglich durchgeführte Literaturrecherche zur Berechnung dieser zeigt, dass die Erreichbarkeit zu Fuß in nur 45 % der gefundenen Berichte betrachtet wird. Des Weiteren werden Erreichbarkeitsmaße zumeist räumlich aggregiert berechnet und betrachtet, was die Aussagekraft für nahräumliche Mobilität einschränkt. Zusätzlich zur Literaturrecherche sind Einflüsse des gebauten Raums auf das Zufußgehen herausgearbeitet worden. Die Ausgestaltung des Raums bestimmt seine Begehbarkeit, seine Aufenthaltsqualität und prägt damit die Gehweiten stark. Eine Quantifizierung der Einflüsse auf das Zufußgehen konnte aufgrund fehlender Rechenvorschriften und benötigter Daten jedoch innerhalb des Projektes nicht umgesetzt werden. Als eine weitere Vorbereitung der Berechnung von Erreichbarkeitsmaßen sind mögliche Visualisierungsformen mit einem Fokus auf räumliche Aggregation untersucht worden.

Final sind innerhalb des Projektes Erreichbarkeitsmaße für ausgewählte Infrastrukturen, die zu Fuß erreichbar sind, disaggregiert und deutschlandweit berechnet worden. Die ausgewählten Infrastrukturen sind hierbei Kindertagesstätten, Schulen, Apotheken, sowie Lebensmittelhändler. Diese sollen als Proxies, also beispielhafte Orte für alltägliche Ziele dienen, deren Erreichbarkeit gewährleistet sein sollte. Neben der Zugangszeit zur jeweils nächsten Instanz dieser Infrastrukturen wurde für jedes Gebäude Deutschlands auch die Anzahl erreichbarer Instanzen dieser Infrastrukturen innerhalb von 30 Minuten als Kumulationsindikator berechnet.

Um die Entwicklung der Erreichbarkeiten über die nächsten Jahre berechnen zu können, wurden als Ausgangspunkte die im Adressdatensatz „Haushalte Einwohner Bund“ des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) beinhalteten Gebäude gewählt. Die Ziele sind dem Points-of-Interest (POI) Datensatz des BKG entnommen. Das Routing erfolgt über ein Fußwege-Verkehrsnetz, welches aus Daten der freien Weltkarte OpenStreetMap generiert worden ist. Die anschließende Berechnung fand mittels des Open Source Programms „UrMoAC“ statt. Die für die Berechnung genutzten Skripte sind frei verfügbar als Open Source veröffentlicht worden, mit dem Ziel, die bereitgestellten Erreichbarkeitsmaße in der Zukunft erneut berechnen und deren Entwicklung betrachten zu können.

Die berechneten Erreichbarkeitsmaße sind in Geo-Tiff-Bilder umgewandelt worden, um sie im GIS-Portal des Umweltbundesamtes zu visualisieren. Zudem wurden die Daten auf der Datenplattform Mobilithek des BMDV zum Download zur Verfügung gestellt. Somit wird Planern und Planerinnen und kommunalen Entscheidungsträgern eine Datengrundlage bereitgestellt, die helfen soll ggf. mangelnde Infrastrukturen zu erkennen.

Suffizienz

Im dritten Teil der Studie ist die Bedeutung des Zufußgehens als Beitrag für eine suffiziente Mobilität betrachtet worden. Hierbei galt es, aufbauend auf den vorhergegangenen Ergebnissen des Projektes, einen Suffizienzindikator zu entwickeln. Im ersten Schritt sind die im Projekt „Erarbeitung einer Suffizienzstrategie für den Verkehrssektor und ihre erfolgreiche Kommunikation“ (SuVeKo) zusammengestellten Suffizienzindikatoren hinsichtlich ihrer (langfristigen) Berechenbarkeit überprüft worden. Von den 52 Indikatoren, die im SuVeKo-Abschlussbericht genannt worden sind, können acht mit verfügbaren Daten berechnet werden. Zwei dieser – der Zugang zum ÖV sowie die Pkw-Dichte – sind vertieft betrachtet worden. Beide können jährlich aktualisiert und für unterschiedliche Aggregationsstufen aufbereitet werden.

Zudem sind Indikatoren zur Raumdiversität und Raumsuffizienz entwickelt und beschrieben worden, die aufgrund ihrer Komplexität jedoch nicht für die Verwendung ausgewählt wurden. Ein weiterer im Rahmen des Projektes entwickelter Indikator stellt auf der Ebene von Kreisen die fußläufige Erreichbarkeit von Lebensmittelhändlern gegen den Anteil von MIV-Fahrten am Modal Split dar. Diese Verknüpfung ermöglicht die Betrachtung der Suffizienz des Mobilitätsverhaltens unter Berücksichtigung der Angebotsinfrastruktur. Die Auswertung zeigt unter anderem, dass auch in manchen Städten ein hoher Anteil von Fahrten mit dem MIV trotz eines ausreichenden Angebotes stattfindet. Abschließend wird dennoch die Nutzung der Indikatoren „Zugang zum ÖV“ und „Pkw-Dichte“ empfohlen, aufgrund ihrer einfachen Interpretation und der Möglichkeit, sie jährlich zu aktualisieren.

Summary

Introduction

Walking is the most natural form of mobility and contributes both to traffic safety and to the quality of life in cities and communities. This mode of transportation can be used by anyone without the need for equipment or prior skills, such as learning to ride a bicycle or obtaining a driving license, provided there are no health limitations. Walking offers far-reaching benefits, including positive economic, social, and environmental impacts, as well as the promotion of individual health. Since the duration of time spent walking is considerably longer than with other modes of transport, the design of the surrounding environment plays a particularly important role. The provision of wide sidewalks, green spaces, or pedestrian-friendly traffic signals as well as designing public spaces that invite to stay can enhance the walking experience and are therefore central elements in promoting this mode of transport.

Recent studies show that 22% of all trips and 3% of passenger-kilometres are made on foot. These figures vary slightly throughout the year, but walking is less affected by weather conditions than, for example, cycling. Walking is particularly common during adolescence and from the age of 70 onwards. Especially for older generations, walking contributes to maintaining mobility. People walk for a variety of reasons, with slight differences between urban and rural areas. In rural regions, the share of walking trips for leisure purposes is higher than in urban areas. Conversely, the proportion of shopping, errands, and work-related trips made on foot is higher in large cities than in small-town or rural regions. Overall, studies indicate that walking is highly popular for a large majority of people.

The aim of the present study was to examine the significance of walking using a threefold analytical approach: (1) by analysing its insufficient representation in surveys, (2) by investigating the accessibility of everyday destinations by walking, and (3) by assessing its role in the context of sustainable travel behaviour. The insights gained from this analysis are summarized in the following.

Survey methodology

Although walking plays an important role in everyday life, this mode of transport is often incompletely captured in many studies. In the widely used trip-based survey approach, participants are usually asked to report all modes of transport used on a given trip. However, if large portions of a trip are undertaken, for example, by public transport or car, the walking segments at the beginning or end of the trip are often omitted. Furthermore, the information is usually aggregated during the analysis to represent the predominant mode of transport. Using a hierarchical approach, the mode covering the longest distance is designated as the main mode, to which all kilometres travelled are attributed. Since walking is positioned at the bottom of this hierarchy, it is systematically underrepresented.

Even in the stage-based approach, where each individual stage of a trip is recorded, walking stages can be missed, for example, if they are not noticed or considered unimportant within the context of intermodal trips. However, the collection of walking stages plays a central role in the accurate recording and description of walking. In principle, the stage-based approach can be applied to all conventional survey methods (paper questionnaire, online survey, and telephone interview). This approach is already being successfully implemented in the Swiss Mikrozensus and in the Netherlands.

The rapidly advancing digitalization has enabled the development of a new survey methodology that allows—in theory—for a more precise and detailed recording of walking. Through tracking with mobile devices (GPS loggers, smartphones, or smartwatches), sensor data are used to

automatically record the movement patterns of people or motor vehicles in space. Using the positioning sensors of such devices, a person's exact location can be determined multiple times per minute. Algorithms can then be applied to identify the modes of transport used during the trip.

So far, little information is available on the extent of underreporting. The aim of this study was to answer the following research questions based on newly collected primary data as well as existing secondary data:

- ▶ How often is walking left unreported in trip-based surveys?
- ▶ How much does the share of intermodal trips with a walking stage and the distances travelled increase when they are taken into account?

Answering these questions aims, on the one hand, to quantify the underreporting of walking and, on the other hand, to develop recommendations on how walking can be better captured in future surveys. For this purpose, three surveys were designed and conducted within the project: (1) a trip-based survey with explicit follow-up questions on forgotten walking trips (trip split), (2) a stage-based survey with explicit follow-up questions on forgotten walking stages (stage split), and (3) a tracking-based survey using the DLR MovingLab app, with samples drawn nationwide from Germany. For the comparative analysis, (4) data from the study "Mobility in Germany" (MiD, trip-based approach), (5) data from the Swiss Microcensus (MZMV, stage-based approach), and (6) data from the Swiss research project MOBIS (tracking data) were used.

The comparative analysis of the six datasets shows that the survey methodology has a decisive impact on the recording of walking activity. The two national surveys, MiD and the Swiss MZMV, initially provide very similar basic mobility indicators, whereas the two primary surveys (trip and stage split) show lower values for the number of trips and daily distance travelled, which can be attributed to methodological effects. The possibility of conducting personal interviews and targeted follow-up actions has a positive effect on the number of reported stages performed by walking in the MiD and MZMV. In addition, the sample size influences the results, as small samples such as those in the primary surveys allow individual atypical mobility patterns to significantly distort the average.

With regard to walking, the analysis shows: as the survey resolution increases—from the trip-based over the stage-based to the tracking-based approach—the share of walking rises, while the proportion of trips without a walking stage decreases. Values vary considerably depending on the survey concept and its specific implementation. The highest share of intermodal trips with at least one walking stage is observed in the MovingLab dataset (48%), while the lowest is found in the trip split dataset (8%, before asking respondents about forgotten walking stages). When total walking activity is considered—both trips made entirely on foot as well as intermodal trips that include a walking stage—its share of all trips amounts to roughly one third in the trip-based approach, just under one half in the stage-based approach, and around two thirds in the tracking-based approach. Explicitly asking about previously unreported walking stages increases the share of intermodal trips with a walking stage by roughly 15 percentage points in both the trip- and stage-based approaches.

Nevertheless, even in tracking-based surveys more than one-third of trips do not include a walking stage, with walking stages most often missing when these stages are at the beginning or end of a trip, as access or egress to other modes of transport. This may be due to both software-related reasons (e.g., thresholds in stage detection) and user-related factors (e.g., turning the MovingLab app on and off). In particular, walking stages associated with public transport (PT) are likely to be underreported.

When stages are used as the unit of analysis rather than whole trips, the central role of walking becomes clearly visible. In this approach, walking stages of intermodal trips are included that would normally be assigned to the main mode of transport in a trip-based analysis. On a stage-based level, walking surpasses all other modes in nearly all analysed datasets (MZMV, stage split, MovingLab, and MOBIS) and accounts for the highest share among all modes, ranging from 40% to 48%.

Overall, tracking datasets capture significantly more stages than traditional surveys using the stage-based approach. However, the average length of tracked stages is shorter, indicating a stronger segmentation of trips. Considerable differences are observed between the two tracking datasets. Although both datasets show nearly identical shares of stages covered on foot, substantial differences exist in the proportion of pure walking trips versus intermodal trips with a walking stage. While the MOBIS dataset has a higher share of pure walking trips, walking stages in the MovingLab dataset more frequently occur in combination with other modes of transport.

In general, all datasets show that intermodality, meaning the use of multiple modes of transport on a single trip, is largely shaped by walking stages. Walking is the dominant access and egress mode in all surveys. For public transport (PT), walking stages at the beginning and the end of a trip occur far more frequently than for other modes. Very high values are observed only in the Swiss MZMV, where access and egress stages occur in approximately 95% of cases, whereas they are much less common in the tracking surveys. In the MovingLab and MOBIS datasets, a large share of PT trips lacks a walking access stage (around 40% to 60%), and a walking egress stage is missing for about one-third of trips. Consequently, tracking surveys capture walking stages in connection with PT usage less reliably than expected. The systematic recording of stages during personal interviews in the MZMV provides the most consistent and comprehensible results.

The analyses thus confirmed the initial hypothesis: walking stages are an essential component of daily trips, which are significantly underrepresented in traditional trip-based surveys. Applying the shares of intermodal trips and the walking stages within them directly to the results of the trip-based approach leads to a substantial increase in walking. As a result, the share of walking in the modal split of the trip volume increases to as much as 47%, while its share of passenger-kilometres nearly doubles from 3% to about 5%. Almost as many kilometres are walked as a part of intermodal trips as on trips made entirely by foot.

As a whole, each survey approach (trip-based, stage-based, and tracking) has specific advantages and limitations. Typically, the choice of method depends largely on the available budget and the intended analytical objectives. Even with the classic, relatively low-cost trip-based approach, high shares of walking stages can be achieved through targeted follow-up questions about forgotten stages. Therefore, capturing walking does not necessarily require the use of tracking or a stage-based approach. If tracking is chosen, a careful analysis of the sample and potential biases should be conducted.

Tracking is likely to become increasingly important in transport research. Since this survey method differs significantly from conventional approaches, a combined approach using both traditional trip surveys and tracking in different subsamples appears promising – as planned for upcoming waves of the MiD and the System of Representative Transport Surveys (SrV). This would facilitate the long-term integration of tracking into trip data collection or potentially support a general transition from traditional trip surveys to tracking-based methods.

Accessibility Measures

The second component of this study was dedicated to walk accessibility. An initial literature search shows that accessibility on foot is only considered in 45 percent of the reports found. Furthermore, the research shows that accessibility measures are mostly calculated and considered on a spatially aggregated basis, which limits the value for benchmarking walking due to the sort distances covered by this mode of transport. In addition to the literature survey, the influence of the built environment on walking was described. The design of the built environment determines its walkability, livability, and subsequently people's walking distances. As expected, the development of a complete quantitative model could not be accomplished within the project. Neither exists the necessary data in a sufficient quality, nor the methods for quantifying the effects of these influences on walking. A further preparation for computing accessibility measures was the investigation of visualization options for accessibility measures, with a focus on spatial aggregation.

In a final step, a set of accessibility measures for access to selected infrastructure types by walking was computed. These measures were calculated for Germany in a disaggregated manner, starting at all addresses within the country. The selected infrastructure types are kindergartens, schools, pharmacies, and grocery stores. These facilities were selected as proxies for everyday destinations for which their accessibility should be guaranteed. In addition to the access time to the nearest instance of these, the number of accessible instances of these facilities within 30 minutes was also calculated.

In order to ensure the possibility to recompute these accessibility measures over the coming years, the buildings contained in the address data set "Haushalte Einwohner Bund" (federal households inhabitants) of the Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG) were selected as starting points. The destinations were taken from the BKG's points of interest dataset. The routing is based on a pedestrian traffic network taken from the free world map OpenStreetMap, and the calculation itself carried out using the open-source program "UrMoAC". In addition, the scripts used to compute and prepare the data were made available as open source. These steps assure that the selected accessibility measures can be computed in the future with updated data sets for tracking their development.

The computed accessibility measures were transformed into geo-located images for visualization via the GIS-portal of the German Environment Agency. In addition, the data has been published at the Mobilithhek, a traffic data exchange portal run by the German Federal Ministry for Digital and Transport (BMDV). The aim is to offer planners and municipal decision-makers a data set that helps them identify any missing infrastructure.

Sufficiency Indicators

The third step of the study investigated the importance of walking for sufficiency-oriented mobility. The major focus was the development of a sufficiency indicator based upon prior steps of the study. In a first step, the indicators for sufficient mobility from the project "Erarbeitung einer Suffizienzstrategie für den Verkehrssektor und ihre erfolgreiche Kommunikation" (SuVeKo, Engl.: Development of a sufficiency strategy for the transport sector and its communication) were revisited. This was meant to reveal to what degree the indicators can be repeatedly computed in the future for allowing tracking of their development. The evaluation shows that the data needed for computation is available for eight of the 52 indicators listed by the SuVeKo project. Two of these indicators, the access to public transport and the density of private cars, were investigated more deeply. Both can be computed on a yearly basis and can be evaluated at different aggregation levels.

In addition, new indicators for the diversity of activity places and for spatial sufficiency were investigated, which have been neglected due to their complexity. A further indicator was developed which puts the accessibility by foot against the share of motorised individual transport (MIT) in the respective area. Doing this, the indicator allows investigation of sufficient mobility in relation to the availability of accessible activity locations. Its evaluation shows that in some cities, the share of MIT is high even though availability of everyday destinations exists and is sufficient. Overall, the use of the indicators “Access to public transport” and “Car density” is recommended because both indicators can be updated yearly and are easy to interpret.

1 Einleitung

Zufußgehen ist die natürlichste und nachhaltigste Art der Fortbewegung. Trotzdem – oder vielleicht gerade deswegen – findet Zufußgehen in Verkehrserhebungen und damit auch in der Politik und der Planung ungenügend Betrachtung. So berichteten z. B. nur 54 % der an der Studie „Mobilität in Deutschland“ (MiD) 2017 teilnehmenden Personen, die mit dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) unterwegs waren, dass sie einen Teil des Weges zu Fuß zurückgelegt haben. Dieser Wert erscheint zu gering, da die ÖPNV-Haltestelle selten direkt vor der Haustür liegt. Dieses Manko ist zum Teil in der Struktur aktueller Verkehrserhebungen begründet. In der Regel werden alle auf einem Weg genutzten Verkehrsmittel erhoben. Aber mangels genauer Kenntnis des genauen Wege- und Zeitanteils der einzelnen Verkehrsmittel wird im Rahmen der Datenauswertung, meist nach einer festgelegten Hierarchie, lediglich das Hauptverkehrsmittel der Wege berücksichtigt.

Im Rahmen des Projektes „Weiterentwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Personenverkehr: Fußverkehr, Erreichbarkeit und Suffizienz“ wird das Zufußgehen daher aus drei Perspektiven betrachtet:

- (1) Die erste beschäftigt sich mit aktuellen Befragungsmethoden zur Erfassung des Mobilitätsverhaltens und den dabei bestehenden Problemen, den Anteil des Zufußgehens zu ermitteln. Durch eine vergleichende Analyse von drei eigenen Erhebungen (wegebasiert, etappenbasiert, trackingbasiert) und drei externen Studien mit äquivalenten Erhebungsmethoden (MiD 2017 = Wegekonzept, Schweizer Mikrozensus = Etappenkonzept, Schweizer Forschungsprojekt MOBIS = App-Tracking) werden die Vor- und Nachteile der Methoden zur Erfassung des Fußverkehrs ermittelt. Ziel ist es, ein besseres Bild des Fußverkehrs zu erhalten, die Untererfassung zu quantifizieren und Empfehlungen für eine bessere Erfassung des Fußverkehrs in Deutschland im Rahmen empirischer Erhebungen zu erarbeiten.
- (2) Die zweite Perspektive richtet sich auf die Bewertung von Verkehrsräumen mittels Erreichbarkeitsmaßen. Hierfür werden zunächst Beispiele für die Anwendung von Erreichbarkeitsmaßen auf den Verkehrsmodus Zufußgehen recherchiert und bewertet. Darauf aufbauend werden Erreichbarkeitsmaße entwickelt, berechnet und visualisiert.
- (3) Die dritte Perspektive widmet sich dem Thema des Zufußgehens im Kontext von Suffizienz als einem Baustein zum Erreichen der Nachhaltigkeits- und Klimaziele sowie Indikatoren zur Abbildung von Suffizienz. Hierfür werden Suffizienzindikatoren hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit in der Praxis untersucht, wobei ein Hauptaugenmerk auf der Verfügbarkeit der jeweils benötigten Daten liegt. Ein ausgewählter Indikator wird tiefergehend betrachtet.

Der vorliegende Bericht ist wie folgt strukturiert: Zunächst wird in Kapitel 2 die Rolle des Zufußgehens betrachtet. Kapitel 3 widmet sich den Methoden zur Erhebung von Fußverkehr. In Kapitel 4 werden die Arbeiten zu Erreichbarkeitsindikatoren, die die Begehbarkeit des Raums und die Erreichbarkeit von Aktivitätsorten zu Fuß quantifizieren, vorgestellt. Das abschließende Kapitel 5 beschäftigt sich mit der Auswahl und Berechnung geeigneter Suffizienzindikatoren.

2 Die Bedeutung des Fußverkehrs

Zentrale Erkenntnisse

- ▶ Dem Zufußgehen wird im Vergleich zu anderen Verkehrsmodi eine Vielzahl vorteilhafter Eigenschaften zugesprochen, dazu gehören positive Auswirkungen auf Umwelt, Gesundheit, soziale Interaktion und Sicherheit.
- ▶ Zufußgehen wird von allen Personengruppen „praktiziert“, insbesondere aber von jungen und älteren Personen und bei allen Wegezwecken.
- ▶ Zufußgehen ist beliebt. 83 % der Befragten der MiD 2017 gaben an, gerne zu Fuß zu gehen.

Das Zufußgehen ist die natürlichste Art sich fortzubewegen. Dieser Verkehrsmodus kann – sofern keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen vorliegen – von jeder Person ohne Hilfsmittel und vorher zu erwerbenden Fähigkeiten, wie das Erlernen des Fahrradfahrens oder den Erwerb des Führerscheins, genutzt werden. Das Zufußgehen hat dabei sowohl auf individueller als auch auf gesellschaftlicher Ebene eine hohe Bedeutung. Es ist die ökologisch und ökonomisch nachhaltigste Fortbewegungsart, es hat einen positiven Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden und erlaubt eine soziale Interaktion mit anderen Menschen und der Umgebung (Bubenhofer et al. 2022; Koszowski et al. 2018; Martin et al. 2014). Das Zufußgehen trägt sowohl zur Verkehrssicherheit als auch zur Lebensqualität in Städten und Gemeinden bei. Die Vorteile umfassen damit folgende Aspekte:

- ▶ **Umweltauswirkungen:** Da das Zufußgehen, wie auch das Fahrradfahren, nicht mit dem Verbrauch fossiler Ressourcen einhergeht und keine Emissionen erzeugt, trägt es zur Luftreinhaltung und zur Erreichung der Klimaschutzziele bei.
- ▶ **Ökonomischer Vorteil:** Das Zufußgehen ist sowohl auf individueller als auch auf gesellschaftlicher Ebene ein kostengünstiger Verkehrsmodus. Fußwege können wie auch Fahrradwege schneller und kostengünstiger (aus-)gebaut werden als z. B. Straßen für den motorisierten Verkehr oder Schienenstrecken.
- ▶ **Vorteile für die Gesundheit:** Das Zufußgehen trägt zur körperlichen aber auch geistigen Fitness und zum allgemeinen Wohlbefinden von Menschen bei. Es kann gerade in einer digitalisierten und oft mit wenig Bewegung verbundenen Arbeits- und Lebenswelt zum Abbau von Stress und zur Vermeidung von Krankheiten beitragen.
- ▶ **Soziale Interaktion:** Beim Zufußgehen kann die Umgebung aufgrund der geringeren Geschwindigkeit bewusster wahrgenommen werden und es besteht die Möglichkeit zur Interaktion mit anderen Menschen. Das Zufußgehen trägt so zur Bildung sozialer Gemeinschaften in Städten und Gemeinden bei.
- ▶ **Verkehrssicherheit:** Fußgängerinnen und Fußgänger sind eine vulnerable Gruppe der Verkehrsteilnehmenden. Werden ihre Belange in der Planung ausreichend berücksichtigt, trägt dies zur Entschleunigung des Verkehrsgeschehens und Erhöhung der Verkehrssicherheit bei.
- ▶ **Lebensqualität:** Die Gestaltung der Umgebung ist zentral für die Aufenthaltsqualität und das Wohlbefinden von Fußgängerinnen und Fußgängern (Gerike et al. 2020). Da die Aufenthaltsdauer beim Zufußgehen deutlich länger ist als bei anderen Verkehrsmitteln, spielt die Qualität des öffentlichen Raums eine entscheidende Rolle. Breite Gehwege, Grünflächen sowie eine fußverkehrs- und aufenthaltsfreundliche Gestaltung von Plätzen

fördern das Wohlfühlen und laden zum Verweilen ein. Gleichzeitig wirkt sich eine hohe Fußgängerfrequenz positiv auf die Umgebung aus, da belebte Straßen und Plätze die Lebendigkeit und damit die Lebensqualität in Städten und Gemeinden steigern.

Angesichts der vielen positiven Aspekte kommt der Förderung des Zufußgehens über eine entsprechende Stadt- und Verkehrsplanung eine hohe Bedeutung zu. Hierfür bedarf es zunächst einer guten Datengrundlage für die Bestimmung des aktuellen Ist-Zustands. Wie im nachfolgenden Kapitel dargestellt, wird der Fußverkehr in aktuellen Erhebungen zumeist untererfasst. Damit wird die tatsächliche gesellschaftliche und auch wirtschaftliche Bedeutung des Zufußgehens nicht hinreichend berücksichtigt (Follmer 2019; Sauter et al. 2016). Fußwege haben mehr als andere Verkehrsmodi eine hohe Bedeutung als Bestandteil intermodaler Wege, insbesondere als Zubringer zu öffentlichen Verkehrsmitteln (BFS & ARE 2023b; Bubenhofer et al. 2022; Nobis 2019). Gerade diesem Aspekt werden die vorhandenen Datenbasen nicht gerecht. Dennoch wird im Folgenden kurz der Stand des Fußverkehrs auf Basis der MiD 2017 beschrieben, ergänzt um aktuelle Werte der MiD 2023, deren erste Auswertungen während der Fertigstellung dieses Berichts gerade veröffentlicht worden sind (Follmer 2025). Die wesentliche Grundlage ist der im Auftrag des Verkehrsministeriums erstellte Bericht „Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr“, in dem die Situation des Fußverkehrs anhand der Daten der MiD 2017 beschrieben wird (Nobis 2019). Dabei werden ausschließlich Wege berücksichtigt, bei denen die gesamte Wegstrecke zu Fuß zurückgelegt wurde. Bei dieser Betrachtung ergibt sich das folgende Bild:

- ▶ Der Anteil der zu Fuß zurückgelegten Wege unterliegt im Zeitverlauf Schwankungen und ist zwischen 2002 und 2017 zunächst rückläufig gewesen. Im Zuge der Pandemie hat das Zufußgehen jedoch wieder an Bedeutung gewonnen (DLR 2021). Dieser Trend wird auch in den aktuellen Daten der MiD 2023 sichtbar.
- ▶ Im Jahr 2017 wurde mit 22 % der niedrigste Fußwegeanteil gemessen, der Anteil der zu Fuß zurückgelegten Personenkilometer lag bei 3 %. Im Jahr 2023 haben sich die Werte auf einen Fußwegeanteil von 26 % und einen Anteil an den Personenkilometern von 4 % erhöht.
- ▶ Ein Drittel der Befragten hat am Stichtag einen Fußweg zurückgelegt. Der ÖV und auch das Fahrrad werden seltener genutzt, lediglich das Auto erzielt bei dieser Betrachtung einen höheren Wert.
- ▶ Das Zufußgehen variiert leicht im Jahresverlauf, ist aber weniger witterungsanfällig als das Fahrrad.
- ▶ Das Zufußgehen wird in allen Altersgruppen „praktiziert“, besonders häufig jedoch im Jugendalter und im Alter ab 70 Jahren. Vor allem im Alter tragen Fußwege zur Aufrechterhaltung der Mobilität bei.
- ▶ Die Wegezwecke, für die Fußwege zurückgelegt werden, sind ein bunter Mix aus Einkauf/Erledigungen, Freizeitaktivitäten und Beruf/ Ausbildung. Im ländlichen Raum ist der Anteil der Freizeitwege an den Fußwegen höher als im urbanen Raum. Der Anteil der Einkaufs- und Erledigungswege sowie Dienstwege, die zu Fuß zurückgelegt werden, ist dahingehend in großen Städten höher als in kleinstädtisch dörflichen Regionen.
- ▶ In einem stark durch Automobilität geprägten Land wie Deutschland wird oft vergessen, dass sich das Zufußgehen größter Beliebtheit erfreut. 83 % der Befragten haben angegeben, dass sie gerne zu Fuß gehen. Kein anderes Verkehrsmittel – weder Fahrrad noch Auto –

erzielt derart hohe Werte. In den Städten erfreut sich das Zufußgehen etwas größerer Beliebtheit als auf dem Land.

- 11 % aller in der MiD erhobenen Wege weisen eine Entfernung von unter einem Kilometer auf und sind, sofern keine Mobilitätseinschränkungen bestehen, damit potenziell für das Zurücklegen zu Fuß geeignet. Eine solche Distanz ist ohne körperliche und altersbedingte Mobilitätseinschränkungen in ca. 15 Minuten zu Fuß zu bewältigen.

Die häufig stattfindende Vernachlässigung des Fußverkehrs wird teilweise mit seinem geringen Anteil von nur 3 % an der Gesamtverkehrsleistung begründet. Dieses Argument hat seine Berechtigung. Dabei wird allerdings vergessen, dass es – mit Ausnahme der Wege, die auf dem eigenen Grundstück z. B. mit dem Pkw oder dem Fahrrad starten oder enden – im Grunde keinen Weg ohne Fußetappe gibt. Eine Etappe zu Fuß gehört damit bei vielen Wegen dazu und kann je nach Parkdruck in Städten beim Pkw sogar länger sein als zur nächsten Bushaltestelle (Nobis 2019). Die Berücksichtigung der Fußetappen bei der Ermittlung der zu Fuß zurückgelegten Verkehrsleistung wird zu keinem extremen Anstieg derselben führen. Fußetappen sind jedoch ein integraler Bestandteil vieler Wege und damit planerisch und politisch weitaus bedeutsamer als sich dies bislang in der Praxis widerspiegelt. Aus diesem Grund bedarf es Erhebungsmethoden, die die Schwächen bisheriger Erhebungen in Bezug auf die Erfassung des Fußverkehrs beheben und eine besser Planungsgrundlage bereitstellen.

3 Erhebung von Fußverkehr

Trotz einer im Grunde guten Datenlage zum Mobilitätsverhalten in Deutschland wird der Fußverkehr nur unzureichend erfasst. Zunächst werden der aktuelle Wissensstand zu den Erhebungsmethoden des Fußverkehrs sowie die Gründe für dessen unvollständige Erfassung dargestellt. Daran anschließend wird das Befragungsdesign von insgesamt drei im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Primärerhebungen sowie der drei jeweils vergleichbaren Sekundärdatensätze vorgestellt: die Daten der Studie „Mobilität in Deutschland (2017)“ (MiD), des Schweizer „Mikrozensus Mobilität und Verkehr“ (MZMV) und der Studie „Mobility behaviour in Switzerland“ (MOBIS). Im nächsten Schritt werden die Ergebnisse der vergleichenden Auswertungen der sechs Datensätze präsentiert und darauf aufbauend Empfehlungen abgeleitet, mit welcher Erhebungsmethodik der Fußverkehr genauer erfasst werden kann. Abschließend wird auf das Ausmaß der Untererfassung des Modus Zufußgehen – mit Blick auf die großen wegebasierten Mobilitätsbefragungen in Deutschland – eingegangen.

3.1 Gründe für die Untererfassung des Fußverkehrs in Erhebungen mit dem Wegekonzept

Das Ziel von Mobilitätserhebungen ist es, die Mobilitätsmuster von Menschen möglichst umfassend abzubilden. Typische Kennwerte, die aus solchen Erhebungen abgeleitet werden, sind:

- ▶ **Verkehrsaufkommen:** Anzahl der insgesamt oder pro Person in einer Zeiteinheit zurückgelegten Wege.
- ▶ **Verkehrsleistung:** Summe der insgesamt von Personen oder pro Person in einer Zeiteinheit zurückgelegten Distanzen (Personenkilometer).
- ▶ **Durchschnittliche Wegeanzahl:** Durchschnittliche Anzahl an Wegen pro (mobile) Person in einer Zeiteinheit.
- ▶ **Unterwegszeit:** Zeit, die für das Zurücklegen von Wegen benötigt wird. Die Unterwegszeit wird meist pro Person in einer vorgegebenen Zeiteinheit angegeben.

Bei der gewählten Zeiteinheit handelt es sich zumeist um einen Tag. In Abhängigkeit vom genauen Studiendesign können Werte für durchschnittliche Werkstage oder gemittelt über alle Wochentage ausgegeben werden. Die einzelnen Kennwerte können für die Gesamtheit aller Wege oder differenziert nach Verkehrsmitteln (Modal Split), Personenmerkmalen, Räumen etc. dargestellt werden. Warum die Berechnung der Kennwerte gerade beim Fußverkehr an Grenzen stößt, wird im Folgenden beschrieben.

Seit den 1970er Jahren sind Wegetagebücher das zentrale Instrument zahlreicher Erhebungen zum Mobilitätsverhalten. Befragte berichten darin ihre an einem definierten Stichtag durchgeführten Wege entweder schriftlich – in Form eines klassischen Papierfragebogens (PAPI) bzw. einer Online-Erhebung (CAWI) – oder mündlich im Rahmen eines (zumeist computergestützten) Telefoninterviews (CATI) (Stopher & Greaves 2007). Die Befragungsinhalte sind u. a. Ankunfts- und Abfahrtszeiten, Weglänge und -zweck, genutzte Verkehrsmittel sowie bspw. die Anzahl der Begleitpersonen. Ziel ist es, ein genaues Bild des Mobilitätsverhaltens am betreffenden Tag zu erhalten. Ein Beispiel für eine derartige stichtagsbezogene Erhebung ist die Studie „Mobilität in Deutschland“ (MiD), die in den Jahren 2002, 2008 und 2017 durchgeführt wurde und im Sommer 2025 für das Jahr 2023 aktuelle Daten geliefert hat. Auch das System repräsentativer Verkehrserhebungen (SrV), das in

regelmäßigen Abständen die Mobilität in beteiligten Städten und Gemeinden erhebt, basiert auf dem Stichtagskonzept. Da der Aufwand zur detaillierten Dokumentation aller Wege eines Stichtages bereits sehr hoch ist und die Bereitschaft zur Teilnahme an derartigen Befragungen beständig sinkt (Prelipcean et al. 2018), sind Wegetagebuchbefragungen über mehrere Tage rar. Ein Beispiel ist das Deutsche Mobilitätspanel (MOP), das von 1994 bis 2022 jährlich durchgeführt wurde, dabei allerdings auf einer vergleichsweise kleinen Stichprobe basierte.

Die drei Erhebungen stellen eine gute Datengrundlage dar, um das Mobilitätsverhalten der deutschen Bevölkerung abzubilden. In Bezug auf die Erfassung des Fußverkehrs zeigen sich jedoch einige Schwächen.

Zunächst findet in allen drei Erhebungen (mit Ausnahme einer Teilstichprobe der MiD, siehe unten) eine Reduzierung der genutzten Verkehrsmittel auf das Hauptverkehrsmittel statt. Zwar werden die teilnehmenden Personen im Rahmen der Befragung aufgefordert, alle genutzten Verkehrsmittel anzugeben. Besteht der Weg jedoch aus mehreren Etappen (vgl. Kapitel 3.2.1), wird mit Hilfe einer Hierarchie das Verkehrsmittel zum Hauptverkehrsmittel erklärt, mit dem sehr wahrscheinlich die längste Wegestrecke zurückgelegt wurde (Hubrich et al. 2019; Ecke et al. 2023; Nobis & Kuhnimhof 2018). Diesem Hauptverkehrsmittel wird bei Auswertungen der komplette Weg zugeordnet. In der zur Bestimmung des Hauptverkehrsmittels herangezogenen Hierarchie steht der Modus zu Fuß aufgrund seiner geringen Entfernungsintensität an unterster Stelle, sodass nur vollständig zu Fuß zurückgelegte Wege dem Modus zu Fuß zugeordnet werden. Dadurch bleibt die tatsächliche Bedeutung des Fußverkehrs als Teil vieler Wege in der Ergebnisdarstellung unberücksichtigt (ebd.).

Darüber hinaus werden Fußwege häufig nicht berichtet, da sie im Rahmen von intermodalen Wegen vergessen oder als unwichtig angesehen werden. Die Ergebnisse der MiD 2017 spiegeln dies gut wider. Obwohl die Nutzung des ÖV fast immer mit einem Zu- oder Abgang zu Fuß verbunden ist, liegt nur bei 54 % aller mit dem ÖV zurückgelegten Wege auch die Angabe einer zu Fuß zurückgelegten Etappe vor (Nobis 2019).

Wie oben bereits erwähnt, wurde im Rahmen der MiD 2017 eine Teilstichprobe mit einem Etappenmodul befragt, d. h. nach Abschluss des Standardfragebogens wurde darum gebeten, die zurückgelegten Wege in Etappen zu unterteilen und die genutzten Verkehrsmittel, die Dauer und die jeweils zurückgelegte Strecke zu berichten (Follmer 2019). Für die Teilstichprobe wurden jedoch nur Personen ausgewählt, die im Rahmen der Standardbefragung die Nutzung mehrerer Verkehrsmittel angegeben hatten. Dies schloss demzufolge Personen aus, die einzelne Wegstrecken aus oben genannten Gründen nicht berichtet hatten. Personen, die Wege mit dem ÖV angegeben hatten, wurden automatisch für das Etappenmodul berücksichtigt, auch wenn sie nur ein Verkehrsmittel berichtet hatten, da hier von einer intermodalen Wegstrecke ausgegangen wurde. Die Aufnahme in das Etappenmodul entsprach damit keiner Zufallsstichprobe und Personen mit ÖV-Nutzung waren überdurchschnittlich vertreten. Das Etappenmodul bietet spannende Einblicke, hochgerechnet auf die Gesamtheit ergeben sich jedoch verzerrte Ergebnisse, weshalb der Etappendatensatz der MiD 2017 im Kontext dieser Studie nur eine eingeschränkte Aussagekraft besitzt.

In der MiD 2023 wurde das Konzept leicht modifiziert. Zwar wurde die Hälfte aller Teilnehmenden per Zufallsauswahl dem Etappenmodul zugeordnet. Sie wurden jedoch nur für Wege mit mehr als einem angegebenen Verkehrsmittel gebeten, die Etappen detailliert zu beschreiben. Damit besteht das Problem, dass lediglich die kleine Gruppe der Personen, die von sich aus bereits differenzierter berichtet hatte, in die Detailerfassung einbezogen wurde. Die Daten der MiD 2023 lagen bei Fertigstellung der Studie im Frühjahr 2025 noch nicht vor. Die hier vorgestellten Auswertungen basieren daher alle auf den Daten der MiD 2017.

3.2 Alternative Methoden für die Erhebung des Fußverkehrs

Vorbereitend für die Entwicklung eines Erhebungsdesigns, der im Rahmen der Studie durchgeführten Primärerhebungen, erfolgte im ersten Schritt eine tiefergehende Betrachtung des Etappenkonzepts. Dabei wurde zwischen herkömmlichen Erhebungsmethoden (Online-Erhebung, Interviews) und trackingbasierten Erhebungsverfahren unterschieden. Da in der Schweiz bereits Erfahrungen mit dem Etappenkonzept im Rahmen des Mikrozensus vorliegen, wurde ergänzend ein Workshop zum Fachaustausch organisiert.

3.2.1 Das Etappenkonzept

Etappen sind die kleinste Einheit, die bei der Erhebung des Mobilitätsverhaltens unterschieden wird. Sie sind ein Teil von Wegen, die ihrerseits wiederum ein Teil von Ausgängen (s. u.) sein können. Die Definitionen sind wie folgt (BFS & ARE 2023b; Nobis & Kuhnimhof 2018):

- ▶ **Etappe:** Eine Etappe bezeichnet den Abschnitt eines Weges, der mit demselben Verkehrsmittel zurückgelegt wird. Wird das Verkehrsmittel gewechselt (z. B. der Übergang von „zu Fuß“ zu einem öffentlichen Verkehrsmittel) beginnt eine neue Etappe. Wird ein Weg nur mit einem Verkehrsmittel zurückgelegt (z. B. ein Fahrradweg, der auf dem eigenen Grundstück startet und unmittelbar vor dem Lebensmittelladen endet), besteht der Weg aus einer Etappe, Weg und Etappe sind in diesem Fall identisch.
- ▶ **Wege:** Ein Weg ist eine Strecke, die von einem Ausgangspunkt zu einem Zielort führt. Ein Weg kann mit einem oder mit mehreren Verkehrsmitteln zurückgelegt werden. Ändert sich der Zielort oder der Wegezweck, beginnt ein neuer Weg. So handelt es sich bei einem Hin- und einem Rückweg um zwei getrennte Wege. Auf dem Hinweg ist der Zweck bspw. „Erreichen Arbeitsort“, beim Rückweg „Rückkehr nach Hause“. Kommt es auf einer Strecke zu einem Wechsel des Zwecks, handelt es sich ebenfalls um zwei Wege. Geht eine Person bspw. auf dem Rückweg von der Arbeit einkaufen, dann handelt es sich um einen Weg zum Einkaufen und von dort um einen Nachhauseweg.
- ▶ **Ausgänge:** Dies ist die größte Einheit. Ausgänge starten und enden zu Hause. Es kann sich hierbei um einen einzelnen Weg (Rundweg, der zu Hause startet und dort endet), einen Hin- und Rückweg (z. B. der Weg von zu Hause zu einem Einkaufsort und zurück) oder eine Wegekette handeln (z. B. der Weg zur Arbeit, der Weg zum Mittagessen in ein Restaurant, der Weg zurück zur Arbeit und von der Arbeit wieder nach Hause, insgesamt vier Wege).

Das Hauptproblem für eine vollständige Erfassung und Beschreibung des Fußverkehrs ist die fehlende Erhebung der Fußwegeetappen bei intermodalen Wegen, d. h. von Wegen, bei denen mehr als ein Verkehrsmodus zur Überwindung der Wegstrecke genutzt wird. Auch wenn das Etappenkonzept bei der MiD 2017 keiner reinen Zufallsstichprobe entsprach, zeigen die Ergebnisse, dass mit diesem die Fußwegeanteile weniger stark unterschätzt werden (Follmer 2019). Für die bessere Abbildung des Fußverkehrs in Befragungsergebnissen ist die Anwendung eines Etappenkonzepts daher essentiell.

Bei den großen Befragungen in Deutschland (MiD, SrV, MOP) ist die Grundeinheit der Erhebung ein Weg. Da Wege in der Regel mit einem klaren Ziel und einer dort ausgeübten Aktivität verbunden sind, können Befragte diese meist gut berichten. Bereits bei Wegetagebüchern ist der Erhebungsaufwand bei mehreren Wegen an einem Tag hoch. Wird ein Etappenkonzept zugrunde gelegt, erhöht sich der Berichtsaufwand deutlich. Dies ist ein wesentlicher Grund, warum das Konzept bislang vergleichsweise wenig Anwendung gefunden hat. Auf Basis von Etappen und damit der genauen Erfassung von Verkehrsmittelanteilen bei intermodalen Wegen,

können jedoch Kennwerte berechnet werden, die mit herkömmlichen Erhebungen nicht abgebildet werden können. Hierzu gehören:

- ▶ Anteil der Menschen mit mindestens einer Fußwegeetappe am Berichtstag,
- ▶ durchschnittliche Anzahl oder Anteil an Wegen differenziert danach, ob sie ausschließlich zu Fuß (reine Fußwege) und oder zu Teilen zu Fuß (intermodale Wege) zurückgelegt werden,
- ▶ durchschnittliche Unterwegszeit zu Fuß pro Tag und Person,
- ▶ durchschnittliche Tagesstrecke zu Fuß pro Person.

3.2.2 Anwendung des Etappenkonzepts bei klassischen Erhebungsmethoden

Das Etappenkonzept kann prinzipiell bei allen herkömmlichen Befragungsmethoden (Papierfragebogen, Online-Fragebogen und Telefoninterview) zugrunde gelegt werden. Erfolgreiche Anwendung findet das Etappenkonzept bereits im Rahmen des Mikrozensus in der Schweiz und bei Erhebungen in den Niederlanden.

Der alle fünf Jahre stattfindende „Mikrozensus Mobilität und Verkehr“ (MZMV) ist mit einer Stichprobe von mehr als 55.000 Personen die zentrale Statistik zum Mobilitätsverhalten in der Schweiz (BFS & ARE 2023b). Die Teilnehmenden werden im Rahmen von Telefoninterviews detailliert zu ihren zurückgelegten Wegeetappen (Distanz, Dauer, genutzte Verkehrsmittel) und Wegezwecken an einem Stichtag, aber auch zu Führerschein-, Fahrzeug- und Zeitkartenbesitz, (Tages-)Reisen und persönlichen Mobilitätseinstellungen etc. befragt.¹

In den Niederlanden gibt es aktuell zwei Erhebungen zum Mobilitätsverhalten, bei denen das Etappenkonzept zur Anwendung kommt: Das „Mobiliteitspanel Nederland“ (MPN) und der „Dutch National Travel Survey“ (ODiN, vormals OVIn). Im Rahmen des MPN (de Haas et al. 2024; Hoogendoorn-Lanser et al. 2015) werden einmal pro Jahr rund 2.000 Haushalte befragt, wobei die Haushalte so lange im Panel verbleiben, wie sie aktiv teilnehmen und erreichbar sind; bei Ausfällen erfolgt eine gezielte Nachrekrutierung, um die Repräsentativität der Stichprobe aufrechtzuerhalten. Alle Haushaltsmitglieder ab 12 Jahren führen ein Wegetagebuch über drei Tage, das durch einen Haushaltsfragebogen und individuelle Personenfragebögen ergänzt wird. Im Wegetagebuch werden, neben den etappenweise zu berichtenden Wegen mit Abfahrts- und Ankunftszeiten sowie den genutzten Verkehrsmitteln, auch die konkreten Adressen der besuchten Orte, die Wegezwecke, die Anzahl der Begleitpersonen sowie eventuelle Verspätungen oder anfallende Parkkosten erhoben. Der ODiN (CBS 2024; Odekerken-Smeets 2022) findet einmal jährlich, angelegt als reine Online-Erhebung mit einer Stichprobe von rund 45.000 Personen (> 6 Jahre), statt. Im Rahmen eines Etappenkonzepts berichten die befragten Personen ihr Mobilitätsverhalten für einen Stichtag.

Im Folgenden werden App- bzw. trackingbasierte Erhebungen besprochen. Durch die automatische Erfassung der Mobilität auf der Ebene von Etappen haben sie das Potenzial den hohen Aufwand für die Teilnehmenden deutlich zu schmälern. Dafür ergeben sich anderen Probleme, wie bspw. höhere Anforderungen an den Datenschutz.

¹ Weitere Ausführungen zum MZMV siehe Kapitel 3.3.3.

3.2.3 Automatische Etappenerhebung bei trackingbasierten Erhebungsmethoden

Zentrale Erkenntnisse

- Trackingtechnologien nutzen Sensordaten zur automatisierten Bestimmung von Bewegungsmustern und genutzten Verkehrsmitteln. Sie reduzieren dadurch den Erhebungsaufwand für die Teilnehmenden.
- Durch die Entlastung der Teilnehmenden bei der Dokumentation von Etappen und Wegen entsteht zusätzlicher Spielraum für ergänzende Fragen.
- Herausforderungen ergeben sich insbesondere in den Bereichen Datenschutz, technische Umsetzung und Genauigkeit sowie potenziellen Stichprobenverzerrungen.
- Seit den 1990er Jahren haben sich GPS-Logger und insbesondere Smartphones als Erhebungsinstrumente in der Mobilitätsforschung etabliert, wobei sich hybride Trackingansätze aus passiver Datenerfassung und aktiver Validierung zunehmend durchsetzen.
- Studien zur Mobilitätserfassung mit mobilen Endgeräten unterscheiden sich stark in Stichprobenumfang, Auswahlverfahren und Erhebungsdauer, wobei anfangs kleine Stichproben dominierten und inzwischen auch größere Panels mit längeren Trackingzeiträumen durchgeführt werden.

Die fortschreitende Digitalisierung hat zu einem grundlegenden Wandel des Alltagslebens geführt. Neben Dienstleistungen und Serviceangeboten, die neue Formen der Vernetzung und Raumüberwindung bereitstellen, haben sich mit den Technologien auch die Möglichkeiten, das Mobilitätsverhalten zu erfassen und seine Entstehung zu analysieren, maßgeblich verändert. Bei der Methode des Trackings über mobile Endgeräte (Smart Devices: GPS-Logger, Smartphones oder Smartwatches) werden Sensordaten genutzt, um die Bewegungsmuster von Personen oder auch Kraftfahrzeugen im Raum automatisch zu erfassen. Anhand der Positionierungssensoren solcher Geräte kann mehrmals pro Minute die genaue Position einer Person bestimmt werden. Über eine Veränderung der Position lassen sich Beschleunigungsprofile erstellen, die zusammen mit anderen Sensordaten auf die Nutzung eines bestimmten Verkehrsmittels schließen lassen.

Die Technik bietet den großen Vorteil, dass sie je nach Ansatz (siehe unten) mit wenig Erhebungsaufwand für die Befragten verbunden ist und die Bewegungen im Raum bei einer gut funktionierenden Tracking-App automatisch erfasst werden. Die befragte Person muss das Gerät lediglich mit sich führen und die App eingeschaltet sein. Angesichts dieses reduzierten Aufwandes stellen Langzeiterhebungen und ergänzende Befragungen bspw. zu Einstellungen, die bei herkömmlichen Methoden schnell zu einer Überfrachtung von Fragebögen und einem frühzeitigen Ausscheiden der Teilnehmenden führen können, ein geringeres Problem dar. Gleichzeitig erfordert die Methode eine hohe Bereitschaft, sehr persönliche Daten zur Verfügung zu stellen, da durch die exakte räumliche Erfassung des Mobilitätsverhaltens personenbezogene Daten einer ganz neuen Qualität entstehen. Zudem stellt die Methode hohe Anforderungen an die Technik und die Verarbeitung der Daten mit Algorithmen bspw. zur genauen Abgrenzung von Wegen und automatischen Verkehrsmittelerkennung. Da die Nutzung einer Tracking-App mit einer gewissen Technikaffinität verbunden ist, muss auch auf mögliche Verzerrungen bei der Stichprobe geachtet werden, insbesondere in Bezug auf das Alter (Elevelet et al. 2019; Lugtig et al. 2022).

Da beim Tracking die genaue Route und die auf den jeweiligen Abschnitten genutzten Verkehrsmittel erfasst werden, kommt bei dieser Erhebungsmethode automatisch das

Etappenkonzept zur Anwendung. Die Frage stellt sich hier – im Vergleich zu herkömmlichen Erhebungsmethoden – in umgekehrter Richtung: Welche Etappen ergeben zusammen einen Weg bzw. ab wann müssen erhobene Etappen einem nachfolgenden neuen Weg zugeordnet werden? So kann eine gleichbleibende Position das Ende eines Weges bedeuten, die Person kann mit ihrem Fahrzeug aber bspw. auch im Stau stehen. Bei den klassischen Erhebungsmethoden sind es also in erster Linie das Erinnerungsvermögen der Menschen, ihre Bereitschaft zu einem ausführlichen Bericht sowie ihre Fähigkeit, Distanzen realistisch zu schätzen, die über die Anzahl und Qualität der berichteten Etappen und Wege entscheiden. Bei Trackingmethoden hingegen hängt die Datenqualität stark von der Genauigkeit der Sensordaten, den verwendeten Algorithmen zur Datenverarbeitung und dem konsequenten Mitführen des Smart Devices, auch auf kurzen Wegen, ab.

Im Folgenden wird die Umsetzung trackingbasierter Erhebungen anhand der Aspekte technische Umsetzung, Erhebungsdesign und Methoden der Datenverarbeitung beschrieben.

3.2.3.1 Technische Umsetzung des Trackings

Die Durchführung von Verkehrserhebungen mit mobilen Endgeräten war in der Vergangenheit von einer dynamischen Entwicklung gekennzeichnet. Seit Mitte der 1990er Jahre werden GPS-Logger in der Verkehrsorschung zur Erfassung des Mobilitätsverhaltens eingesetzt (Murakami & Wagner 1999; Wagner 1997). Smartphones wurden erstmals im Jahr 2004 in Japan zur Mobilitätserfassung genutzt (Itsubo & Hato 2006; Ohmori et al. 2005). Mit der Zeit haben sich private Smartphones aufgrund der schnellen und inzwischen auch in höheren Altersgruppen vorhandenen hohen Marktdurchdringung als Erhebungsinstrument durchgesetzt. Die Bereitstellung von Smartphones für die Erhebung ist aufgrund der notwendigen hohen finanziellen Ressourcen bislang eher die Ausnahme (Cellina et al. 2013; Geurs et al. 2013; Kugler et al. 2014; Nitsche et al. 2013; Rizzoli et al. 2014; Vlassenroot et al. 2014). Ein prominentes Beispiel ist allerdings die aktuell im Feld befindliche Erhebung „Österreich unterwegs“. Bis Sommer 2026 werden insgesamt 22.000 Personen befragt. Die Teilnehmenden haben die Wahl zwischen der Nutzung eines bereitgestellten Smartphones oder eines klassischen Wegetagebuchs. Die Übergabe und das Einsammeln der Smartphones erfolgt bei einem unabhängig von der gewählten Erhebungsmethode stattfindenden persönlichen Interview vor und nach dem Berichtstag.²

Neben der Art des genutzten Gerätes ist das Betriebssystem, für das die App zur Erhebung des Mobilitätsverhaltens bereitgestellt wird, entscheidend. Aufgrund des weltweit hohen Marktanteils von Android-Smartphones, wurden die Apps zu Beginn fast ausschließlich für dieses Betriebssystem entwickelt (Abdulazim et al. 2013; Akanser et al. 2016; Bock et al. 2014; Cellina et al. 2013; Fan et al. 2012; Fan et al. 2015; Ferrer & Ruiz 2014; Kugler et al. 2014; Montini et al. 2015; Nitsche et al. 2013; Vlassenroot et al. 2014). In den letzten fünfzehn Jahren wurden jedoch vermehrt Apps programmiert, die sowohl Android- als auch iOS-Smartphones unterstützen (Anderson et al. 2016; Cottrill et al. 2013; Geurs et al. 2013; Greaves et al. 2014; Greene et al. 2015; infas & InnoZ 2016; Maruyama et al. 2014; Patterson & Fitzsimmons 2016; Stephan et al. 2014; Zhao et al. 2015). Entwicklungen, die ausschließlich auf die iPhone-Nutzung setzen, sind selten (Safi et al. 2014).

Schließlich wird beim Tracking zwischen einer aktiven und einer passiven Durchführung unterschieden. Beim aktiven Tracking werden die Befragten vor, während oder direkt nach dem Weg durch die App aufgefordert, die erzeugten Angaben zu überprüfen und/oder weitere Angaben bspw. zum Zweck des Weges zu ergänzen. Auf diese Weise kann eine hohe

² Informationen zur Erhebung „Österreich unterwegs“ sind auf den folgenden beiden Websites zu finden: <https://oesterreich-unterwegs.gv.at/> und <https://www.infas.de/studien/oesterreich-unterwegs/>

Datenqualität erzielt werden, jedoch impliziert ein aktives Tracking einen erheblichen Mehraufwand für die Befragten. In der Verkehrsorschung wurde ein solches Tracking bereits in einigen Studien umgesetzt (Anderson et al. 2016; Fan et al. 2012; Stephan et al. 2014). Ein passives Tracking zeichnet die Bewegungsdaten dagegen im Hintergrund auf. Die Befragten werden in diesem Fall zu keinem Zeitpunkt aufgefordert, die Wege zu validieren und auf Richtigkeit zu überprüfen oder ergänzende Angaben zu machen. Die Erkennung der Verkehrsmittel erfolgt komplett automatisch (Ferrer & Ruiz 2014; Hood et al. 2011; Korpilo et al. 2017; Vlassenroot et al. 2014).

Inzwischen hat sich vermehrt eine Mischung aus beiden Ansätzen durchgesetzt. Die Bewegungsdaten werden passiv im Hintergrund gesammelt und die Befragten werden gebeten, die daraus automatisch abgeleitete Nutzung von Verkehrsmitteln (und ggf. Wegezwecke und weitere Angaben) einmal am Tag oder in größeren Zeitabständen zu überprüfen und bei Bedarf zu korrigieren und ggf. zu ergänzen (Akanser et al. 2016; Allström et al. 2016; Cellina et al. 2013; Fan et al. 2015; Greaves et al. 2014; Greene et al. 2015; infas & InnoZ 2016; Jianchuan et al. 2014; Kugler et al. 2014; Lee et al. 2016; Montini et al. 2015; Safi et al. 2014; Zhao et al. 2015). Die Datenqualität wird durch die Validierung deutlich erhöht. Zudem können die Algorithmen durch die Korrekturen trainiert werden und so zu besseren Ergebnissen führen.

3.2.3.2 Variation des Erhebungsdesigns

Die bisher durchgeföhrten Studien variieren in Bezug auf Stichprobenziehung und -größe sowie Länge des Erhebungszeitraums. Gerade zu Beginn kamen bei Erhebungen des Mobilitätsverhaltens mit mobilen Endgeräten nur kleine Stichproben zum Einsatz (ca. 10 bis 80 Befragte). Dabei standen vor allem das Testen der Geräte und der Apps sowie die Verbesserung der Algorithmen für die Wege- und Verkehrsmoduserkennung auf Basis der gesammelten Daten im Vordergrund. Die Probandinnen und Probanden wurden über Newsletter, E-Mail-Verteiler, soziale Netzwerke und Online-Werbung rekrutiert. In diesen Stichproben sind zumeist junge, technik-affine Männer überrepräsentiert (Bock et al. 2014; Cottrill et al. 2013; Fan et al. 2015; Ferrer & Ruiz 2014; Jariyasunant et al. 2012; Montini et al. 2015; Ohmori et al. 2005; Stephan et al. 2014).

Mit der Zeit kamen Studien mit einem größeren Stichprobenumfang von bis zu 1.000 Personen hinzu, die jedoch auch nicht zufällig gezogen wurden (Bohte et al. 2008; Greaves et al. 2014; infas & InnoZ 2016; Patterson & Fitzsimmons 2016). Bei einigen Studien wurden direkt bestimmte Personengruppen, wie zum Beispiel Touristinnen und Touristen, Pkw-Nutzende oder Fahrradfahrende angesprochen (Edwards & Griffin 2013; Hood et al. 2011; McKercher et al. 2012; Vlassenroot et al. 2014; Wagner 1997; Wolf & Lee 2008).

Mehrere Untersuchungen wurden im Zuge von repräsentativen Haushaltsbefragungen (Household Travel Surveys) realisiert. Hierbei wurde zumeist eine Unterstichprobe von Personen gezogen, die Interesse am Mobilitätstracking hatten. Auch hier handelt es sich somit um einen selektiven Rücklauf (Allström et al. 2016; Anderson et al. 2009; Bricka et al. 2009; Bricka et al. 2012; Greene et al. 2015; Safi et al. 2014; Stopher et al. 2005; Zhao et al. 2015).

In den letzten Jahren gibt es vermehrt Ansätze zum Aufbau von Panels, bei denen sich Teilnehmende fortlaufend über eine Smartphone-App tracken lassen. So hat beispielsweise die Deutsche Bahn ein Panel mit inzwischen 8.000 Teilnehmenden aufgebaut, die ihre Mobilität regelmäßig mit der Smartphone-App MOVE tracken und damit umfassende Daten ihrer Alltagsmobilität bereitstellen. Viele dieser Apps laufen im Hintergrund und erfordern keine Interaktion des Nutzenden. Kenntnisse über die soziodemographische Zusammensetzung der Panels sind dabei nicht immer vorhanden.

In Bezug auf die Erhebungszeiträume ergibt sich folgendes Bild: Im Gegensatz zum klassischen Wegetagebuch, bei dem zumeist nur ein Stichtag protokolliert wird, lassen sich über Smart Devices problemlos längere Zeiträume abbilden. Die Länge des Erhebungszeitraums variiert dabei – mit Ausnahme der oben beschriebenen Panelansätze mit dauerhaftem Tracking – in der Regel zwischen einem Tag und 14 Tagen. In den meisten Studien wurden an sieben Tagen die Bewegungsprofile der Befragten aufgezeichnet, um die Variabilität des Mobilitätsverhaltens über eine ganze Woche zu erfassen. Da zur Erhöhung der Datenqualität vielfach eine Validierung der Wege stattgefunden hat, ist dies für die Teilnehmenden durchaus mit Aufwand verbunden. Auch bei der Nutzung mobiler Endgeräte sollte der Erhebungszeitraum daher nicht zu lange gewählt werden oder bspw. nur für eine begrenzte Zeit der Gesamterhebung eine Validierung der Wege erbeten werden. Nicht zu unterschätzen ist zudem die Tatsache, dass allein für den Download der App und die Auseinandersetzung mit den Funktionalitäten Zeit benötigt wird.

3.2.3.3 Methoden der Datenverarbeitung

Wegeermittlung: Der erste Schritt bei der Aufbereitung von Trackingdaten ist in der Regel die Bestimmung von mobilen und stationären Segmenten auf Basis der übermittelten Bewegungsprofile der Befragten. Werden bei aufeinanderfolgenden Segmenten signifikante Bewegungen in eine bestimmte Richtung detektiert, werden aus diesen Segmenten Etappen und Wege erstellt. Auf dieser Analyse basieren die Modusermittlung sowie ggf. die Bestimmung des Wegezwecks, sodass die Wegeermittlung (insbesondere deren Genauigkeit) von hoher Bedeutung ist. Gegenwärtig verwenden die meisten Forschenden sogenannte regelbasierte Algorithmen für die Identifizierung von Etappen und Wegen, wobei aktuell ein starker Trend zur Verbesserung der Algorithmen durch Machine Learning und Methoden der künstlichen Intelligenz zu beobachten ist. Dabei muss für die meisten Techniken festgelegt werden, ab welcher Verweildauer eine Etappe endet bzw. eine neue Etappe beginnt. Hierfür gilt es zunächst stationäre Segmente richtig zuzuordnen. Da es hierbei keinen objektiv richtigen Schwellenwert gibt, ist die Festlegung kontextabhängig und richtet sich nach dem jeweiligen Untersuchungsdesign. Typisch ist ein Grenzwert von +/-120 Sekunden, da eine Ampelschaltung in der Regel schneller das Signal wechselt. In der vorliegenden Studie mit der DLR-Tracking-App MovingLab (vgl. Kapitel 3.3.2) wurde eine Verweildauer von 150 Sekunden als Grenzwert verwendet, d. h. kurze Aufenthaltszeiten bis zu diesem Schwellenwert werden dem aktuellen Verkehrsmittel zugeordnet und nicht als eigenständige Etappe „Warten“ definiert.

Ein neuer Weg wird generiert, sobald sich eine Person mindestens 10 Minuten an einem Ort aufhält. Das bedeutet: Bei einer Verweildauer ab 10 Minuten gilt der vorherige Weg als beendet und ein neuer beginnt. Herausfordernd sind in diesem Zusammenhang insbesondere Hol- und Bringwege (z. B. das Absetzen von Kindern an der Schule), bei denen die Verweildauer häufig unter 10 Minuten liegt. In solchen Fällen werden der Hin- und der Rückweg nicht als zwei getrennte Wege erkannt, sondern fälschlicherweise zu einem durchgehenden Weg zusammengefasst. Umgekehrt kann eine längere Verweildauer an einem Ort – etwa bedingt durch einen Stau oder durch Wartezeiten an Haltestellen – zur Trennung eines eigentlich zusammenhängenden Weges führen. Die methodische Festlegung des Grenzwerts kann daher sowohl zu einer Unter- als auch zu einer Überschätzung der tatsächlichen Wegeanzahl führen.

Modusermittlung: In der Verkehrsorschung gibt es verschiedene Ansätze, um die Verkehrsmodi auf Basis von Sensordaten zu bestimmen. Die wichtigsten Kriterien bei der Modusbestimmung sind Geschwindigkeit, Beschleunigung, Abbremsen, Erschütterung und Informationen aus GIS-Datenbanken. Durch die Analyse von Geschwindigkeitsprofilen lassen sich relativ leicht die Modi Fuß und Pkw bestimmen. Öffentliche Verkehrsmittel können durch die Berücksichtigung von Fahrplänen, Trassenverläufen und Haltestellen bei der Analyse der getrackten Routen identifiziert werden. Schwieriger ist es, Wege mit dem Fahrrad von Wegen

mit dem Bus zu unterschieden, da sich hier teilweise ähnliche Geschwindigkeitsprofile ergeben. Die klassische Unterscheidung in der Verkehrsorschung zwischen der Nutzung eines Fahrzeugs als fahrende bzw. mitfahrende Person ist ohne Zusatzinformation der Befragungsteilnehmenden nicht möglich.

Ähnlich wie bei der Wegeermittlung wird auch bei der Verkehrsmittelerkennung zumeist die Methode der regelbasierten Algorithmen angewendet. Mit dieser Methode kann eine korrekte Zuordnung der Verkehrsmittel von 90 % bis 95 % erzielt werden (Sadeghian et al. 2021). Im Vergleich zur Wegeerkennung ist die Modusermittlung in Abhängigkeit von den verfügbaren Datenquellen und ihrer Qualität weniger fehlerbehaftet und besitzt inzwischen eine recht hohe Genauigkeit.

Wegezweckermittlung: Im Vergleich zur Modusermittlung ist die Identifikation des Wegezwecks noch deutlich weniger erforscht und die Genauigkeit gegenwärtig noch relativ gering (Montini et al. 2014; Sun et al. 2023; Zhao et al. 2024). Üblicherweise werden hierfür GIS-basierte Karten mit der Verortung von Gelegenheiten oder eine Kombination dieser Karten mit Informationen der Probandinnen und Probanden verwendet. Bei längeren Erhebungen ist es auch möglich, häufig aufgesuchte Orte der Teilnehmenden automatisch zu detektieren und diese mit voreingestellten Wegezwecken zu versehen, z. B. „Arbeit“, „Einkaufen“ oder „Nach Hause“.

3.2.4 Fachaustausch zum Etappenkonzept des Schweizer Mikrozensus und von App-basierten Erhebungen

Da das Etappenkonzept im Schweizer „Mikrozensus Mobilität und Verkehr“ (MZMV) zur Anwendung kommt, wurde ein Online-Workshop organisiert, um Erfahrungen mit dem Konzept aus erster Hand zu erhalten. Darüber hinaus wurde der Workshop genutzt, um über die in der Schweiz und am DLR vorliegenden Erfahrungen zu App-basierten Erhebungen zu sprechen. Der Workshop fand am 23.05.2023 mit Mitarbeitenden des Schweizer Bundesamts für Statistik (BFS) und dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) statt. Neben dem DLR als Auftragnehmer hat auch das UBA als Auftraggeberin an dem Workshop teilgenommen.

Im Rahmen dieses Workshops konnten wertvolle Impulse für die geplanten Primärerhebungen gewonnen werden. Der große Vorteil des MZMV ist die Erhebung im Rahmen von Interviews. Auf diese Weise kann mit geschultem Personal sehr intensiv nachgefragt und eine hohe Genauigkeit der Daten erzielt werden. Auch wenn dies im Rahmen der eigenen Online-Erhebungen nicht der Fall ist, eignen sich die MZMV-Daten aufgrund des verwendeten Etappenansatzes hervorragend für eine vergleichende Analyse mit der im Projekt durchgeföhrten etappenbasierten Erhebung. Im Nachgang des Workshops wurde daher entschieden, die Daten des MZMV für den Vergleich mit den eigenen Primärdaten zu nutzen.

Darüber hinaus berichteten das BFS und das ARE über ihre Tracking-Studie. Im Herbst 2022 haben beide Institutionen in einem Pilotprojekt explizit die Möglichkeit erprobt, dieses Erhebungsverfahren beim nächsten MZMV im Jahr 2025 anzuwenden. Von einer Smartphone-basierten Erhebung erhoffen sie sich einerseits eine Entlastung der Befragten und eine Erhöhung der Teilnehmendenquote; andererseits sehen sie die Problematik der Vergleichbarkeit der so generierten Daten mit den Vorjahren. Im Rahmen der Pilotstudie wurden knapp 7.000 Personen aus dem Melderegister angeschrieben und um Teilnahme an der Studie gebeten. Die Befragten hatten die Wahl zwischen der Nutzung einer speziell entwickelten App oder einem Telefoninterview. Der größere Teil der Stichprobe hat sich für ein Telefoninterview entschieden. 1.474 der 6.945 eingeladenen Personen (21,2 %) haben die MZMV-App installiert, 785 Personen (11,3 %) haben schließlich erfolgreich über die App an der Erhebung teilgenommen. Die so erhobenen Daten weisen eine gute Qualität auf. Eine

vergleichende Analyse der mit beiden Methoden erhobenen Daten wird allerdings erschwert durch den Umstand, dass sich die Teilnehmenden beider Stichproben (App und CATI) deutlich in ihrer soziodemographischen Zusammensetzung und in ihrem Mobilitätsverhalten unterscheiden.

Das DLR konnte über ähnliche Erfahrungen beim Aufbau des MovingLab-Probandenpools berichten. Dabei handelt es sich um einen Pool an Personen, die bereit sind in größeren Abständen an Erhebungen mit der vom DLR entwickelten App MovingLab teilzunehmen (vgl. Kapitel 3.3.2). Bei der Rekrutierung des Samples wurde daher keine alternative Erhebungsmethode, sondern ausschließlich die Nutzung der MovingLab-App angeboten. Dabei zeigte sich zum einen, dass es nicht einfach ist, eine für Deutschland repräsentative Stichprobe zu generieren. Zum anderen sind auch hier Probandinnen und Probanden, die zunächst die Teilnahme zugesagt hatten, verloren gegangen, da sie entweder nach Download der App keine Wege aufgezeichnet haben oder die App erst gar nicht heruntergeladen haben.

3.3 Studienkonzept zur Untersuchung der Untererfassung des Fußverkehrs

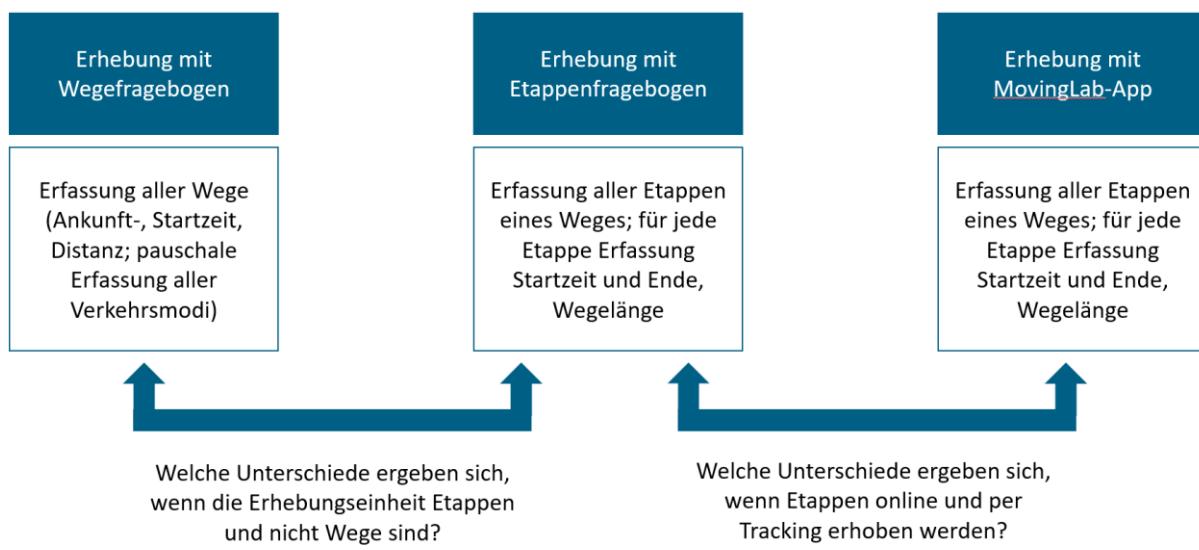
Die Anwendung des Etappenkonzepts für eine Teilstichprobe der MiD 2017 (vgl. Kapitel 3.2) und beim MZMV in der Schweiz (vgl. Kapitel 3.2.4) weisen darauf hin, dass der Fußverkehr mit dieser Erhebungsmethodik weniger stark untererfasst wird als bei einer wegebasierten Erhebung. Zum Ausmaß der Untererfassung liegen bislang kaum Informationen vor. Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, mit eigens erhobenen Primärdaten und dem Vergleich mit vorhanden Sekundärdaten, die nachfolgenden Forschungsfragen zu beantworten.

Forschungsfragen

- ▶ Wie stark beeinflusst die Wahl der Erhebungsmethode die ermittelten Fußverkehrsanteile, und welche Methode eignet sich am besten zur realitätsnahen Erfassung des Fußverkehrs in Deutschland?
- ▶ Wie häufig wird bei wegebasierten Erhebungen die Angabe zu Fuß als eines der auf dem Weg genutzten Verkehrsmodi, d. h. bei intermodalen Wegen, vergessen?
- ▶ Ist es möglich, den ermittelten Anteil intermodaler Wege mit Fußetappe beim herkömmlichen Wegekonzept durch gezieltes Nachfragen zu erhöhen? Sind die Ergebnisse dann vergleichbar mit Ergebnissen auf Basis des Etappenkonzepts?
- ▶ Wie sehr unterscheiden sich die Ergebnisse von App-basierten Erhebungen und Erhebungen mit dem Etappenkonzept? Sind App-basierte Verfahren prinzipiell genauer?
- ▶ Welche Größenordnung dürfte die Untererfassung des Fußverkehrs in den bisherigen großen deutschen Mobilitätserhebungen erreichen?

In der Analyse wurden sowohl das Wege- und das Etappenkonzept als auch die Tracking-Erhebung miteinander verglichen. In Abbildung 1 sind die drei Primärerhebungen des Projekts dargestellt. Neben den spezifischen Forschungsfragen zum Fußverkehr ging es auch um die in der Abbildung dargestellten übergeordneten Fragestellungen, welchen Einfluss die Wahl der Erhebungseinheit (Wege versus Etappe) und der Erhebungsmethode (online versus Tracking) generell auf die Ergebnisse haben.

Abbildung 1: Überblick Erhebungsmethoden und Fragestellungen



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Die drei, im Rahmen des Projekts durchgeföhrten Erhebungen werden im Weiteren beschrieben.

3.3.1 Online-Erhebungen mit Wege- und Etappenkonzept

Der Vergleich von Wege- und Etappenkonzept erfolgte auf Basis von zwei parallel durchgeföhrten Online-Erhebungen. Über die Wahl des identischen Erhebungszeitraums wurde sichergestellt, dass die Ergebnisse nicht von unterschiedlichen Witterungsbedingungen oder auf das Mobilitätsverhalten Einfluss nehmenden Ereignissen, wie Streiks, beeinflusst sind. Die geplante Stichprobengröße umfasste jeweils 400 Personen (final: Wegekonzept n=397, Etappenkonzept n=385). Für die Umsetzung der Erhebung konnte das Marktforschungsinstitut KANTAR gewonnen werden, welches durch die langjährige Datenerhebung für das MOP über umfangreiche Erfahrungen mit der Erfassung der Alltagsmobilität unter Einsatz von Wegetagebüchern verfügt.

Basis für die Stichprobenziehung war das Access Panel von KANTAR. Die ausgewählten Panellistinnen und Panellisten wurden um Teilnahme an der Mobilitätsbefragung gebeten. Nach Angabe von Alter, Geschlecht und Wohnort wurde ermittelt, ob am Vortag oder einem anderen bis zu drei Tage zurückliegenden Tag mindestens zwei Wege zurückgelegt worden sind. Darüber sollte sichergestellt werden, dass nur mobile Personen mit einer Mindestanzahl an Wegen an der Erhebung teilnehmen. Danach sind die Personen einer der beiden Teilstichproben (Splits) zugeordnet worden. Ziel war es, eine weitgehende Gleichverteilung bezüglich der Merkmale Geschlecht, Alter (drei Altersgruppen: bis 40 Jahre, 40 bis 65 Jahre, ab 65 Jahre) und Gemeindegröße des Wohnorts (drei Gemeindegrößengruppen: bis 20.000, 20.000 bis 100.000, ab 100.000) zu erzielen. Für die Strukturgleichheit der beiden Splits ist zudem auf eine Gleichverteilung der Wochentage geachtet worden.

Der Befragungsaufbau war für beide Teilstichproben identisch (siehe Anhang A.1, Fragebogen der Online-Erhebungen). Zunächst wurde der letzte Tag ermittelt, an dem mindestens zwei Wege außer Haus zurückgelegt wurden. Dieser Tag wurde als Berichtstag festgelegt, sofern er nicht länger als drei Tage zurücklag, andernfalls wurde die Befragung beendet. Nach allgemeinen Fragen zum Mobilitätsverhalten und zur Mobilitätsausstattung folgte die Erfassung der Wege (Split 1) bzw. der Etappen (Split 2). Die Befragung endete mit Fragen zur Soziodemographie.

Im Split mit dem Wegekonzept sind die Probandinnen und Probanden zu ihren Wegen am vorab definierten Stichtag befragt worden. Hierbei wurden für jeden Weg die Start- und Ankunftszeit, die Wegedistanz, der Wegezweck und die genutzten Verkehrsmittel erfragt. Zur Feststellung eventuell vergessener Fußetappen erfolgte im Anschluss für alle Wege, bei denen das Verkehrsmittel „zu Fuß“ nicht ausgewählt wurde, die explizite Nachfrage, ob eine Fußetappe stattgefunden hat und wenn ja, ob diese zu Beginn, während oder am Ende des Weges durchgeführt worden ist. Alle Personen, die auch im Rahmen dieser Frage angaben, keine Etappe zu Fuß zurückgelegt zu haben, jedoch die Nutzung eines Verkehrsmittels des ÖV berichtet hatten, erhielten die zusätzliche Frage, wie sie zur Haltestelle oder zum Bahnhof bzw. von diesem zum Zielort gekommen seien.

Die Probandinnen und Probanden, die der Teilstichprobe mit dem Etappenkonzept zugewiesen worden sind, gaben im ersten Schritt ebenfalls für jeden am Stichtag durchgeföhrten Weg die Start- und Ankunftszeit sowie den Wegezweck an. Im nächsten Schritt wurden sie gebeten für jede einzelne Etappe des Weges die zurückgelegte Distanz und das genutzte Verkehrsmittel anzugeben (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Eingabemaske im Fragebogen zum Etappenkonzept

Bitte tragen Sie nachfolgend alle Ihre Wege am **Sonntag, 3. Dezember** ein.

Die Etappen geben Sie bitte in der **Abfolge** ein, wie sie tatsächlich stattgefunden haben.

Jeder Weg besteht aus **mindestens einer Etappe**.

Sobald Sie eine Etappe eingetragen haben, erhalten Sie die Möglichkeit eine weitere Etappe hinzuzufügen.

Wenn Sie alle Etappen eingetragen haben, wählen Sie bitte „Weg speichern“.

+ Startzeit: 8:04 Uhr
+ Ziel/Zweck: Zur Arbeit
+ Ankunftszeit: 9:00 Uhr
+ Etappe 1 - Verkehrsmittel: normales Fahrrad
+ Etappe 1 - Entfernung: 2,4 km
+ Etappe 2 - Verkehrsmittel: zu Fuß
+ Etappe 2 - Entfernung: 5,0 km
+ Etappe 3 - Verkehrsmittel: Elektrofahrrad/Pedelec
+ Etappe 3 - Entfernung
+ Etappe 4 - Verkehrsmittel
+ Etappe 4 - Entfernung

Quelle: Fragebogenmaske KANTAR.

Im Anschluss wurde für Wege ohne Fußetappen die Frage gestellt, ob es eventuell eine oder mehrere Etappen zu Fuß gegeben habe. Wurde die Frage bejaht, konnten die Teilnehmenden für jeden Weg angeben, ob die fehlende(n) Fußetappe(n) am Anfang, am Ende des Weges oder zwischen berichteten Etappen durchgeführt worden sind. Abschließend ist für jede vergessene

Fußetappe die zurückgelegte Distanz erfragt worden. Alle Personen, die trotz Nutzung eines öffentlichen Verkehrsmittels angaben, keine Fußetappen vergessen zu haben, wurden anschließend nach der Entfernung zur Haltestelle des öffentlichen Verkehrs am Beginn bzw. Ende des Weges gefragt. Bei einer Entfernung >0,1 km sollten sie in einer offenen Frage benennen, wie sie diesen Weg zurückgelegt haben.

Für die Sicherstellung einer guten Datenqualität enthielt die Programmierung des Fragebogens vier Plausibilitätschecks bei der Wege- bzw. Etappeneingabe. Bei der Angabe von Wegedauer, Wegeentfernung und genutztem Verkehrsmittel, die ungewöhnlich hohe Geschwindigkeiten bedeutet hätten, wurde nachgefragt, ob ggf. eine der Angaben nicht korrekt sei. Des Weiteren wurde in folgenden drei Situationen um Überprüfung der Angaben gebeten: wenn es am Ende des Berichtstags keinen Nachhauseweg gab, die Ankunftszeit des Weges vor der Startzeit lag oder wenn sich die Startzeit eines Weges mit der Ankunftszeit des vorherigen Weges überschnitten hat (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Plausibilisierungsrückfragen

Plausibilisierungsaspekt	Frage oder Hinweis	Antwort-/ Handlungsoption
Zu hohe Geschwindigkeit beim Zurücklegen des Weges	Die soeben berichtete Etappe wurde ungewöhnlich schnell zurückgelegt. Stimmt das angegebene Verkehrsmittel bzw. die Start- und Endzeit oder die Entfernung tatsächlich?	1: Ja (=regulär weiter im Fragebogen) 2: Nein (=zurück zur Eingabemaske des Weges)
Kein Nachhauseweg	Sie haben am berichteten Stichtag keinen Weg nach Hause eingegeben. Ist das richtig?	1: Ja, weiter (=regulär weiter im Fragebogen) 2: Nein, zurück (=zurück zur Eingabemaske von Wegen für die Ergänzung des Nachhauseweges)
Ankunftszeit vor Startzeit	Ihr soeben berichteter Weg begann um [xx:xx] Uhr und endete um [xx:xx] Uhr - ist das richtig? Sind Sie tatsächlich erst am nächsten Tag angekommen?	1: Ja, weiter (=regulär weiter im Fragebogen) 2: Nein, zurück (=zurück zur Uhrzeitabfrage)
Startzeit des Weges liegt vor Ankunftszeit des vorherigen Weges	Die Angaben zu den beiden Wegen, die sich überschneiden, werden eingeblendet. Hinweis: Bei diesen Wegen überschneiden sich die Beginn-/Ende-Zeiten.	Die betroffenen Wege können bearbeitet oder gelöscht werden.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Bedingt durch den zeitlichen Projektablauf fiel der Erhebungszeitraum in den Dezember 2023, einen Monat, der mit Blick auf externe Einflussfaktoren wie Wetterbedingungen oder Tageslänge für Mobilitätserhebungen nicht ideal ist. Eine Verschiebung in das Frühjahr hätte das Projekt zu sehr verzögert. Da im Erhebungszeitraum mehrere Tage mit starkem Schneefall auftraten, wurde die Feldphase auf einen Zeitraum von knapp zwei Wochen ausgedehnt (04.12. bis 15.12.2023). Auf diese Weise konnte die Anzahl der Tage mit Schneefall in der Stichprobe reduziert werden.

Da beide Datensätze – mit Wege- und mit Etappenkonzept – im selben Zeitraum erhoben wurden, sind die beiden Primärerhebungen gut vergleichbar. Im Rahmen der Datenaufbereitung wurden nicht mobile Personen und Wege mit einer Distanz von mehr als 100 km entfernt. Im

Wege-Split verblieben für die Auswertung somit letztlich 955 Wege von 397 Personen und im Etappen-Split 713 Wege bzw. 905 Etappen von 385 Personen.

3.3.2 Trackingbasierte Mobilitätserhebung

Die trackingbasierte Mobilitätserhebung wurde vom 27.02. bis 26.03.2024 mit der App des DLR MovingLab³ durchgeführt. Über die DLR MovingLab-App wurden automatisch die Route, die auf den einzelnen Etappen genutzten Verkehrsmittel und die jeweils zurückgelegte Entfernung erfasst. Die Nutzenden der App konnten die getrackten Wege jederzeit in der App oder über eine Website ansehen und bei Bedarf korrigieren.

Für die Generierung der Stichprobe konnte auf den Probandenpool des MovingLab zurückgegriffen werden. Dieser bundesweite Pool bestand zum Zeitpunkt der Erhebung aus über 1.500 Personen. Jede Probandin und jeder Proband hatte bereits mindestens einmal erfolgreich die DLR MovingLab-App heruntergeladen und Wege dokumentiert und validiert.

Der gesamte Probandenpool wurde in vier zufällige Stichproben eingeteilt und gestaffelt zu einer Vorab-Befragung eingeladen (27.02., 28.02., 05.03., 07.03., 08.03.2024). Die erste Stichprobe wurde dabei auf zwei Tage aufgeteilt, um zunächst mit einer Teilgruppe zu starten und dadurch frühzeitig etwaige technische oder organisatorische Probleme zu identifizieren. Auf diese Weise sollte vermieden werden, dass die gesamte Stichprobe beeinträchtigt wird. Durch den gestaffelten Einladungszeitraum konnte darüber hinaus sichergestellt werden, dass die Probanden und Probandinnen bei inhaltlichen oder technischen Fragen zeitnah eine Rückmeldung und/oder Unterstützung durch das Projektteam erhielten. Das war auch deshalb von Vorteil, da das Ausfüllen der Vorab-Befragung zeitlich eng an den jeweiligen Start der Trackingphase geknüpft war und der Übergang in die Trackingphase (Download, Installation der App, Testung der Funktionalität) sich als besonders rückfrageintensiv erwies. Der Zeitraum zur Beantwortung der Vorab-Befragung belief sich auf zwei Wochen. Nach einer Woche wurde bei fehlender Rückmeldung eine Erinnerungsmail versendet. Die Fragen der Vorab-Befragung zu Soziodemographie, Mobilitätsausstattung und Verkehrsmittelnutzung entsprachen dabei denen der Online-Erhebungen mit Wege- und Etappenkonzept (vgl. Anhang A.2).

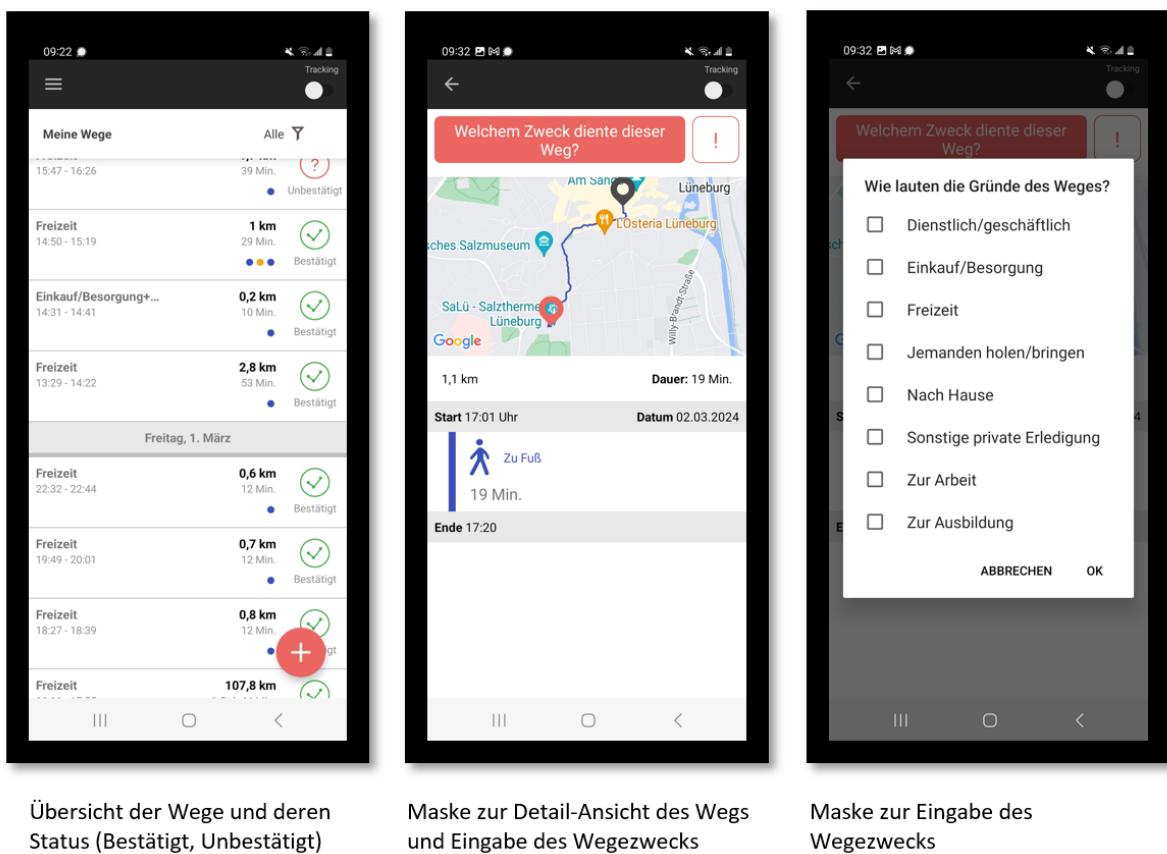
Die Einladung zur Trackingphase erfolgte zeitnah zum Abschluss der Vorab-Befragung, um schnell an die bekundete Teilnahmebereitschaft anzuknüpfen und die Abbruchquote gering zu halten. Insofern kein Wochenende dazwischen lag, wurden die Befragten innerhalb von 48 Stunden zum Tracking eingeladen und um Installation bzw. Aktualisierung der MovingLab-App gebeten. Die Einladung enthielt zudem eine Kurzanleitung für die App, das Datenschutzkonzept sowie Kontaktadressen für etwaige technische und/oder inhaltliche Fragen. Durch die gestaffelte Einladung zur Vorab-Befragung und unterschiedlich schnelle Reaktion auf die Einladung, erfolgte auch der Einstieg in die Trackingphase gestaffelt. Die Teilnehmenden waren schließlich vom 29.02. bis 17.03.2024 mit der Tracking-App im Feld (vgl. Abbildung 5). Dieser gestreckte Zeitraum erwies sich auch deshalb als sinnvoll, weil zwei Streiks im Personenverkehr der Deutschen Bahn in den Erhebungszeitraum fielen (07./08.03. und 12./13.03.2024) und deren potenzieller Einfluss auf die Ergebnisse dadurch begrenzt werden konnte.

Die Teilnehmenden wurden während des kompletten Erhebungszeitraums engmaschig betreut, sodass ein Großteil der zumeist technischen Schwierigkeiten bei der Installation und/oder Nutzung der App geklärt werden konnte. Einige Personen konnten, aufgrund fehlender Smartphone-Funktionalitäten für das Tracking oder eines veralteten Betriebssystems, dennoch nicht an der Trackingphase teilnehmen.

³ <https://movinglab.dlr.de/>

Aufgabe der Probandinnen und Probanden war es, ihre Wege für die Dauer von mindestens drei (möglichst aufeinanderfolgenden) Tagen mit der MovingLab-App aufzuzeichnen und die Wege anschließend zu validieren um etwaige Ungenauigkeiten in der Wege- und Modusermittlung (vgl. Kapitel 3.2.3.3) zu korrigieren. In der App werden die einzelnen Wege in einer Übersicht, nach Tag und zeitlicher Reihenfolge sortiert, dargestellt und zunächst als „unbestätigt“ deklariert. Jeder Weg kann einzeln aufgerufen, der Wegezweck ergänzt und der Weg durch die Kartenansicht hinsichtlich Route und erkannter Verkehrsmittel je Etappe überprüft werden. Für jede Etappe kann das Verkehrsmittel manuell korrigiert werden. Entstehen durch die Korrektur direkt aufeinanderfolgende Etappen mit demselben Verkehrsmittel, werden diese von der App automatisch zu einer Etappe zusammengefasst. Der Ablauf der Wegevalidierung ist in Abbildung 3 dargestellt. Im Unterschied zur MOBIS-Studie (vgl. Kapitel 3.3.3) wird im Falle einer Korrektur die ursprünglich getrackte Version, u. a. aus Datenschutzgründen, nicht gespeichert.

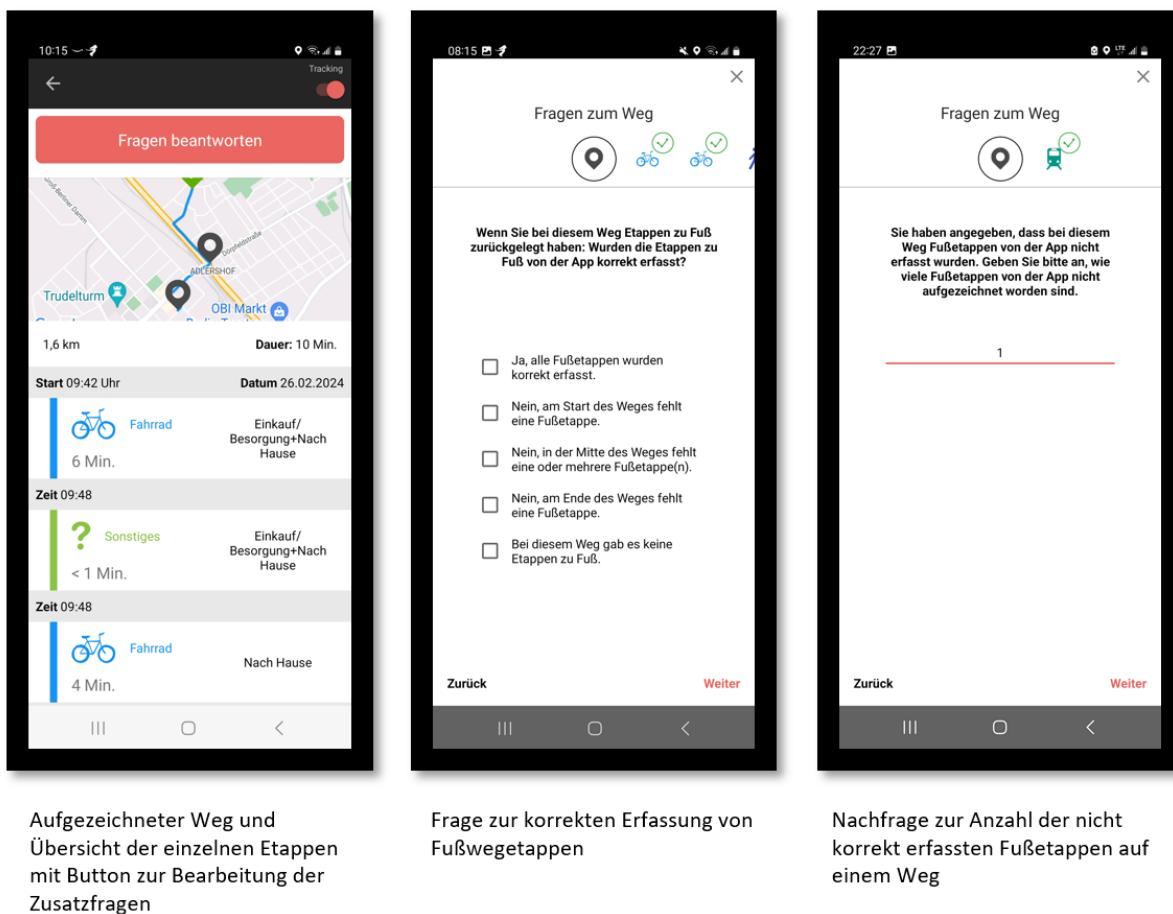
Abbildung 3: Darstellung der Wege in der MovingLab-App



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Die DLR-MovingLab-App bietet die Möglichkeit studienspezifische Fragen aufzunehmen. Für die vorliegende Studie wurden mehrere Zusatzfragen programmiert. So wurde bei jedem Weg die Frage gestellt, ob eine korrekte Erfassung der Route stattgefunden hat. Da der Fokus auf dem Fußverkehr lag, wurde darüber hinaus gefragt, ob alle Fußetappen richtig wiedergegeben werden oder ggf. am Anfang, in der Mitte oder am Ende des Weges Fußetappen fehlen. Bei fehlenden Fußetappen sollten die Befragten angeben, wie viele Fußetappen nicht aufgezeichnet wurden (siehe Abbildung 4 und Anhang A.4). Nach Prüfung und Beantwortung der Zusatzfragen erfolgte eine Kennzeichnung der Wege als „bestätigt“.

Abbildung 4: Zusatzfragen zu den aufgezeichneten Wegen in der MovingLab-App



Aufgezeichneter Weg und Übersicht der einzelnen Etappen mit Button zur Bearbeitung der Zusatzfragen

Frage zur korrekten Erfassung von Fußwegetappen

Nachfrage zur Anzahl der nicht korrekt erfassten Fußetappen auf einem Weg

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

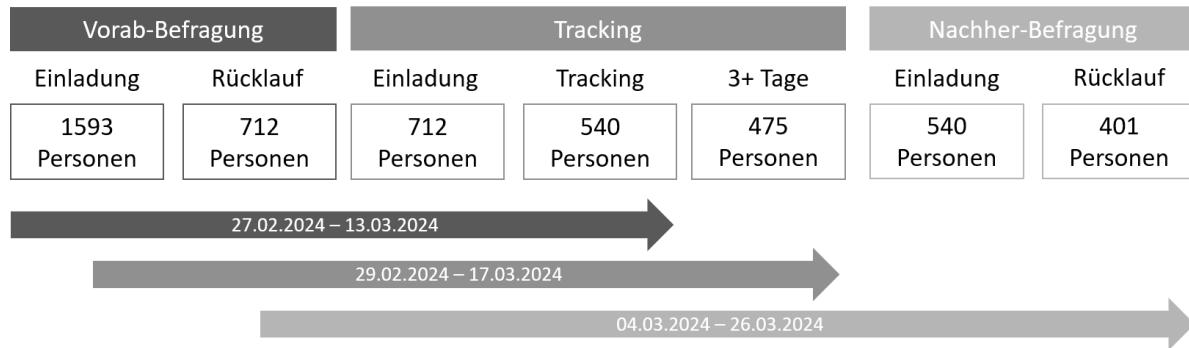
Die MovingLab-App stellt darüber hinaus die Funktion des manuellen Einfügens von Wegen bereit, da es immer mal dazu kommen kann, dass das Smartphone zu Hause vergessen wird, der Akku leer oder die App nicht aktiviert ist oder andere Gründe für das Nichterfassen eines Weges auftreten. Bei diesem manuellen Ergänzen von Wegen werden lediglich Start- und Ankunftszeit des Weges, die genutzten Verkehrsmittel und der Wegezweck erfasst. In der Wegeübersicht werden diese Wege als „angelegt“ gekennzeichnet. Die Funktion des Wegeeingangs wurde auch in der vorliegenden Studie genutzt. Die Angaben beim manuellen Einfügen von Wegen entsprechen dem des Wegekonzepts.

Im Anschluss an die Trackingphase erfolgte eine Nachher-Befragung zur Ermittlung der Qualität der Wegeerfassung mit besonderem Fokus auf die Qualität der erfassten Fußetappen (siehe Anhang A.4, Fragebogen der Nachher-Befragung der MovingLab-Erhebung). Darüber hinaus sind die Probandinnen und Probanden zu ihren Erfahrungen mit der App und dem Tracking befragt sowie um Kritik und Verbesserungsvorschläge gebeten worden (Auswertungen zu diesem Teil des Fragebogens siehe Anhang A.5).

Alle im Pool des MovingLab vertretenen Personen hatten, wie eingangs erwähnt, bereits erfolgreich an einer Erhebung mit der MovingLab-App teilgenommen. Die letzte MovingLab-Erhebung lag pandemiebedingt jedoch mehr als zwei Jahre zurück, sodass die Möglichkeit einer sehr geringen Rücklaufquote bestand. Wider Erwarten war die Teilnahmebereitschaft des Panels sehr hoch: Von 1.593 eingeladenen Personen nahmen fast die Hälfte an der Eingangsbefragung teil, ein Drittel zeichnete die eigenen Wege mit der App an mindestens einem

Tag auf und gut ein Viertel der eingeladenen Personen nahm auch an der Nachher-Befragung erfolgreich teil. Der Rücklauf und die exakten Zeiträume der sich überlappenden Erhebungsphasen sind in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 5: Rücklauf und Zeiträume der MovingLab-Erhebung



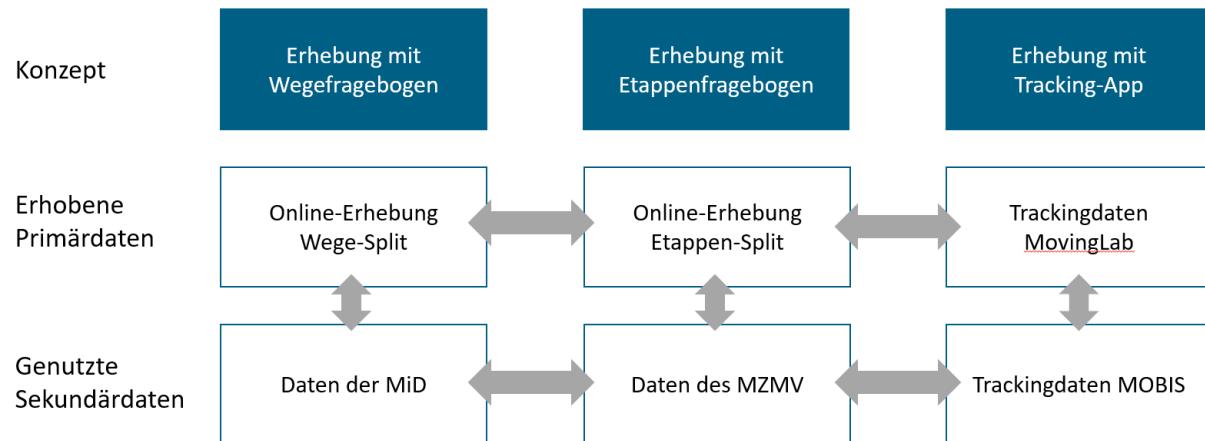
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Wie auch die Primärerhebungen im Wege- und Etappenkonzept fiel der Zeitraum der MovingLab-Erhebung in Wintermonate, sodass alle drei Primärdatensätze unter vergleichbaren saisonalen Bedingungen erhoben wurden. Im Rahmen der Datenaufbereitung wurden nicht mobile Personen und Wege mit einer Distanz von mehr als 100 km entfernt. Darüber hinaus wurden Tage, an denen ausschließlich manuell Wege eingetragen wurden, ausgeschlossen, sodass letztlich 5.122 Wege bzw. 10.166 Etappen von 331 Personen in die Analyse einflossen. Der Stichprobenumfang liegt damit nur geringfügig unter der Stichprobengröße der beiden Online-Erhebungen. Die Stichprobenzusammensetzung weist allerdings Besonderheiten auf. Eine detaillierte Analyse der Stichprobenzusammensetzungen ist in Kapitel 3.4.1 zu finden.

3.3.3 Vergleichsdatensätze

Die erhobenen Primärdaten wurden jeweils mit Sekundärdaten abgeglichen, deren Erhebungsdesign in zentralen Merkmalen übereinstimmt. Für die vergleichende Analyse wurden die Daten der Studie „Mobilität in Deutschland“ (=Wegekonzept), die Daten des Mikrozensus in der Schweiz (=Etappenkonzept) und die Daten des Schweizer Forschungsprojekts MOBIS (=Trackingdaten) herangezogen (siehe Abbildung 6).

Abbildung 6: Überblick der genutzten Primär- und Sekundärdaten



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Die drei Sekundärdatensätze werden im Folgenden kurz beschrieben.

Mobilität in Deutschland (MiD) 2017

Bei der MiD handelt es sich um eine Erhebung mit klassischem Wegekonzept. Die Befragten werden gebeten bis zu acht (Papierfragebogen) bzw. 12 Wege (Online- und Telefoninterview) detailliert zu beschreiben. Wurden am Stichtag mehr Wege durchgeführt, wird die Anzahl dieser Wege ohne weitere Angaben dokumentiert. Die MiD-Erhebung wird zweistufig durchgeführt. Bei der ersten Stufe handelt es sich um eine Haushaltsbefragung, bei der neben Größe und Zusammensetzung des Haushalts die Ausstattung des Haushalts mit Verkehrsmitteln etc. erfasst wird. In der zweiten Stufe erhält jede Person im Haushalt einen Personen-Wege-Fragebogen. Neben den Wegen am Stichtag geht es auch um persönliche Merkmale, Einstellungen und allgemeine Verhaltensweisen.

Die Besonderheit der MiD ist die Erhebung des Mobilitätsverhaltens ohne Alterseinschränkung. Bis zu einem Alter von 10 Jahren werden die Eltern um das Ausfüllen des Fragebogens für ihre Kinder gebeten, zwischen 10 und 14 Jahren können die Kinder wahlweise selbst oder ihre Eltern antworten. Ab 14 Jahren sollen die Personen den Fragebogen jeweils selbst ausfüllen, wobei das stellvertretende Ausfüllen des Fragebogens durch andere Haushaltsmitglieder möglich ist, sofern ein ausgefülltes Wegeblatt vorliegt. Das Wegeblatt wird für Notizen bereitgestellt und dient der Person selbst oder der stellvertretend antwortenden Person als Orientierungshilfe.

Die MiD besteht aus einem Kernmodul, dessen Fragen allen Teilnehmenden gestellt werden. Die Fragen der Zusatzmodule erhält jeweils nur eine Teilstichprobe. Auf diese Weise kann die Anzahl der insgesamt gestellten Fragen erhöht werden, ohne die Teilnehmenden durch einen sehr langen Fragenbogen zu überlasten.

Die Stichprobe der MiD basiert auf einer Einwohnermeldeamtsstichprobe, die um einen Dual-Frame-Ansatz (zufällig generierte Telefon- und Handynummern) ergänzt wird. Es handelt sich um eine Ganzjahreserhebung, sodass alle Jahreszeiten abgebildet sind. Die Erhebung der MiD 2017 wurde im Zeitraum vom 28.05.2016 bis zum 19.09.2017 durchgeführt. Insgesamt wurden 316.361 Personen aus 156.420 Haushalten mit allen drei Erhebungsmethoden (CATI, PAPI, CAWI) befragt. In Summe wurden 960.619 Wege berichtet. Um eine insbesondere saisonale Vergleichbarkeit mit den Primärdaten herzustellen, wurde jedoch nur ein Teil der Stichprobe im Rahmen der vorliegenden Studie genutzt. Einbezogen wurden alle Personen ab 18 Jahren, die am Stichtag mobil waren und deren Berichtstag im Zeitraum vom 07.11.2016 bis 11.12.2016 lag. Wege über 100 km wurden ausgeklammert. Die im Rahmen der Studie analysierte Stichprobe umfasst damit 13.364 Personen, die in Summe 50.208 Wege berichtet haben.

Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)

Wie bei der MiD handelt es sich auch beim MZMV um eine Stichtagsbefragung, allerdings werden die Daten ausschließlich telefonisch erhoben. Die Interviewerinnen und Interviewer sind besonders geschult und greifen während der Befragung auf ein kartenbasiertes Tool zu, das ihnen über die Eingabe von Start- und Zieladressen mögliche Routen anzeigt. Zum besseren Auffinden von Adressen und der Bestimmung der genauen Route enthält das Tool eine Vielzahl von Informationen zu POIs (Points of Interest) wie Geschäfte, Schulen etc. sowie ÖPNV-Fahrpläne. In den durchschnittlich 25-minütigen Interviews werden darüber die zurückgelegten Routen mit den jeweiligen Etappen detailliert nachgezeichnet. Die genutzten Verkehrsmodi auf dem Weg zu ÖV-Haltestellen werden explizit erfragt, um dem Effekt des Vergessens von Fußwegen entgegenzuwirken (BFS & ARE 2023a; BFS & ARE 2023b).

Die telefonischen Interviews des MZMV 2021 fanden im Zeitraum vom 11.01.2021 bis zum 12.02.2022 statt. Insgesamt wurden 55.018 Personen zu ihrer Mobilität am Vortag des

Interviews befragt (ebd.). Der Erhebungszeitraum fiel damit in eine Phase, die stark von der COVID-19-Pandemie geprägt war. In die Auswertung einbezogen wurden daher nur Personen, deren Stichtag zwischen dem 01.09.2021 und 12.02.2022 lag. Außerdem wurden in die Auswertung ausschließlich mobile Personen über 18 Jahre einbezogen sowie Wege mit einer Distanz größer 0 und ≤ 100 km. Die im MZMV abgefragten Verkehrsmodi sind zu den Modi Zufußgehen, Radfahren, MIV, ÖV und Sonstige zusammengefasst worden sowie aufeinanderfolgende Etappen, die mit demselben Modus zurückgelegt worden sind. Insgesamt flossen damit 53.978 Wege bzw. 69.194 Etappen von 16.420 Personen in die Analyse ein.

Mobility behaviour in Switzerland (MOBIS)

Eine gute Datengrundlage im Bereich des Mobilitätstracking stellen die im Projekt „Mobility behaviour in Switzerland“ (MOBIS) gewonnenen Daten dar. Das Projekt wurde gemeinsam von der ETH Zürich, der Universität Basel und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) durchgeführt. Ausgangsbasis war eine von Ende 2019 bis Anfang 2020 mit insgesamt 3.690 Teilnehmende durchgeführte Erhebung. Die Befragten haben jeweils für einen Zeitraum von acht Wochen ihre täglichen Wege mit der Tracking-App „Catch My Day“ der MotionTag GmbH aufgezeichnet (Molloy et al. 2023). Nach COVID-19-Pandemiebeginn wurde die Studie mit einem Teil des bestehenden Pools an Probandinnen und Probanden und weiteren nachträglich rekrutierten Teilnehmenden als MOBIS:COVID-19 fortgeführt. Ziel war es, Erkenntnisse über Mobilitätsveränderungen während des Pandemiegescbehens zu gewinnen. Bis Anfang 2023 wurden insgesamt vier weitere Erhebungswellen durchgeführt, die zu einem umfangreichen Datensatz mit ca. 4 Mio. getrackten Personenwegen führten.

Flankiert wurde die Trackingerhebung jeweils mit Online-Befragungen, um zusätzliche Informationen zu den Teilnehmenden (Soziodemographische Angaben, Fahrzeugbesitz und -spezifika, ÖV-Zeitkartenbesitz, Verkehrsmittelnutzung, verkehrspolitische Fragen, Reise- und Arbeitsverhalten u. a.) zu erhalten. Die Teilnehmenden waren aufgerufen – jedoch nicht verpflichtet – die in der App ersichtlichen Wege zu prüfen und zu validieren sowie nicht korrekte Wege nachträglich zu korrigieren. Dabei sind in der Datenbank beide Versionen, die ursprünglich getrackte und die korrigierte, erhalten geblieben (Molloy et al. 2023). Dies ermöglicht es u. a. die Erkennungsrate des Verkehrsmodus zu bestimmen. Diese lag im Rahmen der Erhebung bei rund 92 % und damit in der in Kapitel 3.2.3.3 benannten Spanne (ebd.). Molloy et al. (2023) konnten dabei eine etwas höhere Genauigkeit des Betriebssystems iOS gegenüber Android feststellen, insbesondere bei den Verkehrsmitteln MIV, Bahn und Fußverkehr.

In die Auswertung wurde ausschließlich der Zeitraum von September 2019 bis Februar 2020 einbezogen, da dieser eine von der COVID-19-Pandemie unbeeinträchtigte Mobilität abbildet. Außerdem wurden bei der Auswertung ausschließlich mobile Personen über 18 Jahre berücksichtigt sowie Wege mit einer Distanz ≤ 100 km. Wie beim MZMV sind die Modi Zufußgehen, Radfahren, MIV, ÖV und sonstige abgebildet und Etappen, die mit demselben Modus zurückgelegt worden sind, wurden zusammengefasst. Die untersuchte Stichprobe umfasste 1.247.665 Wege bzw. 1.837.420 Etappen von 3.690 Personen.

3.4 Empirische Analyse der Primärdaten und Vergleichsdatensätze

Im Folgenden werden die Ergebnisse der vergleichenden Analyse der sechs Datensätze präsentiert. Die jeweils berücksichtigten Erhebungszeiträume sowie Stichprobenumfänge (Personen, Wege, Etappen) der Datensätze sind in Tabelle 2 nochmal im Überblick dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht Erhebungszeiträume und Stichprobenumfänge

	MiD 2017	Wege-Split	MZMV	Etappen-Split	MOBIS	MovingLab
Berücksichtigter Erhebungszeitraum	07.11.2016 bis 11.12.2016	04.12.2023 bis 15.12.2023	01.09.2021 bis 11.02.2022	04.12.2023 bis 15.12.2023	02.09.2019 bis 28.02.2020	27.02.2024 bis 26.03.2024
Stichprobenumfang Personen	13.364	397	16.420	385	3.690	331
Stichprobenumfang Wege	50.208	955	53.978	713	1.247.665	5.122*
Stichprobenumfang Etappen	/	/	69.194	905	1.837.420	10.166**

* Davon 570 manuell eingetragene Wege.

** Basis: nur getrackte Wege.

3.4.1 Vergleich der Erhebungsstichproben

Bevor die Datensätze analysiert und miteinander verglichen werden, wird zunächst ein Blick auf die soziodemographischen Merkmale geworfen (siehe Tabelle 3). Für die Vergleichbarkeit ist es wichtig, dass sich die Datensätze in Bezug auf ihre Personenmerkmale nicht wesentlich unterscheiden. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Stichprobenziehungen und -größen sind Unterschiede zwischen den Datensätzen zu erwarten. Die zufällige Auswahl aus einem Einwohnermelderegister stellt eine sehr gute und andere Ausgangsbasis dar als die Rekrutierung aus einem gut gepflegten Panel – wie im Fall des Wege- und Etappen-Splits –, bei dem die Befragten bereit sind, regelmäßig an Befragungen teilzunehmen. Eine nochmals andere Grundlage bietet die Stichprobenziehung aus dem MovingLab-Probandenpool, der bereits vor der Auswahl durch eine gewisse Verzerrung hinsichtlich räumlicher Verteilung und soziodemografischer Merkmale gekennzeichnet war.

Zudem kann in den großen nationalen Erhebungen eine größere Anzahl von Quotenmerkmalen berücksichtigt werden, anhand derer die Stichprobe gezogen und nachträglich gewichtet wird. Hinzu kommt, dass es sich um Erhebungen aus unterschiedlichen Ländern handelt – Deutschland und die Schweiz –, die sich in ihrer Raum- und Bevölkerungsstruktur leicht unterscheiden, insgesamt jedoch gut vergleichbar sind.

Die Ergebnisse in der Tabelle 3 zeigen, dass sich trotz unterschiedlicher Rahmenbedingungen keine größeren Abweichungen ergeben. Das durchschnittliche Alter liegt in allen Erhebungen recht nah beieinander. Lediglich im MOBIS-Datensatz fällt der Altersdurchschnitt niedriger aus. Dies lässt sich plausibel mit der Erhebungsmethode erklären. Die Nutzung von Smartphones erfordert eine gewisse Technikaffinität, wovon sich tendenziell jüngere Personen angesprochen fühlen. Das MovingLab zeigt, dass ein solches Verfahren jedoch nicht zwangsläufig Auswirkungen auf die Altersstruktur haben muss. In dieser Tracking-Stichprobe liegt der Altersdurchschnitt nur etwa ein Jahr unter dem der MiD. Auch die Wege- und Etappen-Splits weisen einen etwas geringeren Altersdurchschnitt auf. Dies deutet darauf hin, dass selbst für Stichproben aus bestehenden Panels eine gewisse Schwierigkeit besteht, ältere Personen für eine Teilnahme zu gewinnen.

In Bezug auf das Geschlecht zeigt sich lediglich beim Wege-Split ein etwas überhöhter Anteil an Frauen. Deutliche Unterschiede zeigen sich dagegen bei der Berufstätigkeit. Während die beiden nationalen Erhebungen MiD und MZMV sowie der Wege- und Etappen-Split mit einem Anteil

von 63 % bis 68 % sehr nah beieinander liegen, fällt der Anteil Berufstätiger in beiden Tracking-Stichproben deutlich höher aus. Dies gilt es bei der weiteren Analyse zu berücksichtigen, da das Mobilitätsverhalten Erwerbstätiger häufig durch längere Wege und eine stärkere Ausrichtung auf den MIV, teils aber auch ÖV, geprägt ist.

Leichte Unterschiede zeigen sich auch beim Führerscheinbesitz. Auffällig ist vor allem der Schweizer Tracking-Datensatz MOBIS mit einem Führerscheinbesitz-Anteil von 98 %. Dieser Anteil liegt deutlich über dem im MZMV gemessenen Anteil von 86 %. Auch dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Stichprobe des MOBIS-Datensatzes eine eingeschränkte Repräsentativität für die Gesamtbevölkerung aufweist. Sie umfasst tendenziell jüngere, überdurchschnittlich häufig erwerbstätige Personen mit einem hohen Zugang zum Pkw.

Tabelle 3: Soziodemographie und Führerscheinbesitz

	MiD 2017	Wege-Split	MZMV	Etappen-Split	MOBIS	Moving-Lab
Durchschnittliches Alter	48	45	49	44	42	47
Anteil Frauen	50 %	55 %	50 %	51 %	50 %	51 %
Anteil Berufstätiger	63 %	65 %	68 %	65 %	76 %	80 %
Anteil Führerscheinbesitz	90 %	85 %	86 %	88 %	98 %*	92 %

* Daten liegen nur für einen Teil der Stichprobe (n=2.526) vor.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Im Hinblick auf die Haushaltsgröße fällt der hohe Anteil an Einpersonenhaushalten im Wege- und Etappensplit sowie etwas weniger stark ausgeprägt beim MovingLab auf (siehe Tabelle 4). Zweipersonenhaushalte stellen in allen Erhebungen die größte Gruppe dar und zeigen eine vergleichsweise stabile Verteilung. Haushalte mit drei oder mehr Personen sind insbesondere im Wege- und Etappensplit sowie MovingLab unterrepräsentiert, während MiD, MZMV und MOBIS hier höhere Anteile verzeichnen.

Tabelle 4: Haushaltsgröße

	MiD 2017	Wege-Split	MZMV	Etappen-Split	MOBIS	MovingLab
Durchschnittliche Haushaltsgröße	2,6	2,3	2,6	2,7	2,9*	2,4
1 Person im HH	19 %	28 %	21 %	29 %	13 %	23 %
2 Personen im HH	39 %	38 %	36 %	31 %	30 %	35 %
3 Personen im HH	19 %	17 %	17 %	18 %	22 %	21 %
4 Personen im HH	16 %	13 %	18 %	16 %	26 %	17 %
5 Personen und mehr im HH	7 %	4 %	8 %	6 %	9 %	4 %

* Nicht exakt ermittelbar, da HH-Größe gedeckelt bei „5 und mehr“.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Die festgestellten Unterschiede in der Stichprobenzusammensetzung sind im Rahmen der Auswertungen relevant und fließen daher in die Diskussion der Ergebnisse ein.

3.4.2 Gegenüberstellung der zentralen Mobilitätskennwerte

Zentrale Erkenntnisse

- Die beiden nationalen Befragungen (MiD und MZMV) weisen sehr ähnliche Basiskennzahlen auf, während die Primärerhebungen bei der Wegeanzahl und der Tagesstrecke zu geringeren Werten kommen.
- Beim Tracking werden deutlich mehr Etappen erfasst, deren durchschnittliche Länge jedoch geringer ausfällt, was auf eine stärkere Segmentierung der Wege hinweist.
- Es kommt nicht nur zwischen selbst berichteter und getrackter Mobilität zu deutlichen Unterschieden, sondern auch zwischen den beiden Tracking-Datensätzen. Dies wird sowohl auf Eigenschaften der Stichprobe als auch auf Eigenschaften der genutzten Apps und Algorithmen zurückzuführen sein.

In Tabelle 5 sind die zentralen Mobilitätskennwerte der sechs Datensätze dargestellt. Die Basiskennzahlen weisen deutliche Unterschiede zwischen den Erhebungen auf. Da in der Tabelle ausschließlich Werte für mobile Personen ab 18 Jahren in Wintermonaten berücksichtigt sind, bei denen am Stichtag kein Weg über 100 km stattgefunden hat, unterscheiden sich die Ergebnisse zudem von anderen Publikationen, die sich auf die Gesamtheit der Befragten sowie aller Wege beziehen.

Die Ergebnisse der MiD und des MZMV liegen dicht beieinander. Die beiden nationalen Erhebungen ermitteln ähnliche Werte für die durchschnittliche Wegelänge und Tagesstrecke; lediglich die Wegeanzahl fällt bei der MiD etwas höher aus als beim MZMV.

Die beiden Primärerhebungen der Studie zeichnen sich durch recht niedrige Werte bei der Wegeanzahl und der Tagesstrecke aus. Hier zeigt sich deutlich, dass die bei nationalen Erhebungen bestehenden Möglichkeiten (z. B. Durchführung von persönlichen Interviews, Nachfassaktionen) einen spürbaren Einfluss auf die Qualität der Daten haben. Beim Wege- und Etappen-Split ist daher von einer Unterberichterstattung auszugehen. Zudem zeigen die Unterschiede zwischen den zum selben Zeitpunkt und bis zur differenzierten Abfrage der Etappen auf dieselbe Weise erhobenen Wege- und Etappensplits, dass kleinere Stichproben anfälliger für variierende Werte sind. Einzelne Personen mit abweichenden Mobilitätsmustern können den Durchschnitt dadurch überproportional stark beeinflussen.

Deutliche Unterschiede zeigen sich zwischen den Tracking-Datensätzen und den etappenbasierten Datensätzen. Beide Tracking-Datensätze weisen eine höhere Anzahl an Etappen auf als der MZMV und der Etappen-Split, während die durchschnittliche Etappenlänge vor allem beim MovingLab wesentlich geringer ausfällt. Dieses für beide Tracking-Datensätze sehr ähnliche Bild weist darauf hin, dass Wege im Tracking stärker segmentiert werden als in der Selbstauskunft der Befragten.

Bei der Gesamtanzahl der Wege kommen die beiden Tracking-Datensätze dagegen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. So wird im MOBIS-Datensatz die mit Abstand höchste durchschnittliche Wegeanzahl ermittelt – im Vergleich zum MZMV werden fast zwei Wege pro Tag mehr zurückgelegt. Im Gegensatz dazu fällt die Anzahl der Wege im MovingLab geringer aus. Hier wird im Vergleich zur nationalen Studie MiD etwa ein Weg pro Tag weniger erfasst. Ein möglicher Erklärungsansatz für den hohen Wert bei MOBIS ist der überproportional hohe Anteil berufstätiger Personen, die in der Regel mehr Wege zurücklegen. Dazu passt auch die bei MOBIS ermittelte sehr hohe Tagesstrecke. Allerdings ist auch beim MovingLab der Anteil Berufstätiger

deutlich erhöht. Zwar passen hier die weiteren Wegelängen ins Bild, nicht jedoch die um 5 km geringere Tagesstrecke.

Insgesamt zeigt sich, wie auch in anderen Studien, ein deutlicher Unterschied zwischen berichteter und mit Tracking gemessener Mobilität. Die teils erheblichen Abweichungen zwischen den beiden Tracking-Datensätzen lassen sich vermutlich auf eine Kombination aus unterschiedlichen Stichprobenzusammensetzungen und Unterschieden in den verwendeten Apps und Algorithmen bei der Datenaufbereitung zurückführen. Die Ergebnisse sind daher mit Vorsicht zu interpretieren und können nicht ohne Weiteres auf die Gesamtbevölkerung übertragen werden. Dennoch liefern sie eine gute Basis, insbesondere für die vertiefte Analyse von intermodalen Wegen.

Tabelle 5: Vergleich der Mobilitätskennwerte der sechs im Projekt analysierten Datensätze

	MiD 2017	Wege-Split	MZMV	Etappen-Split	MOBIS	MovingLab
Durchschnittliche Anzahl der Wege/Tag	3,7	2,4	3,2	1,9	5,1	3,0
Durchschnittliche Wegelänge (in km)	8,9	9,0	9,2	9,8	9,2	9,9*
Durchschnittliche Anzahl der Etappen/Weg	/	/	1,3	1,3	1,5	2,2*
Durchschnittliche Etappenlänge (in km)	/	/	7,2	7,7	6,2	4,4*
Tagesstrecke (in km)	33	22	30	18	46	29**

* Nur getrackte Wege.

** Nur getrackte Wege an Tagen ohne manuell berichtete Wege.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

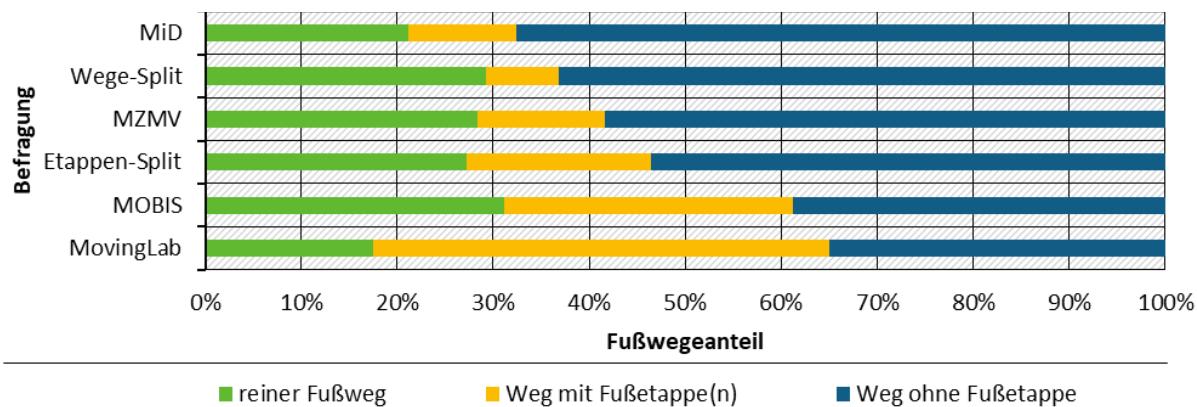
3.4.3 Fußverkehrsanteile nach Erhebungsmethode

Zentrale Erkenntnisse
<ul style="list-style-type: none"> ► Je nach Erhebungskonzept und konkreter Ausgestaltung der Erhebung variieren die Werte erheblich. Den höchsten Anteil an intermodalen Wegen mit mindestens einer Fußetappe weist der MovingLab-Datensatz auf (48 %), den niedrigsten Wert verzeichnet mit 8 % der Wege-Split (vor der Nachfrage nach vergessenen Fußetappen). ► Der Anteil des Fußverkehrs (reine Fußwege und intermodale Wege mit Fußetappe) nimmt in den analysierten Datensätzen von den wegebasierten über die etappenbasierten bis zu den trackingbasierten Erhebungen kontinuierlich zu. Der Anteil der Wege mit mindestens einer Fußetappe beträgt beim Wegekonzept ein Drittel aller Wege, beim Etappenkonzept knapp die Hälfte und beim Trackingkonzept rund zwei Drittel. ► Eine explizite Nachfrage nach vergessenen Fußetappen steigert sowohl beim Wege- als auch beim Etappenkonzept den Anteil intermodaler Wege mit Fußetappe um rund 15 Prozentpunkte und wirkt sich damit positiv auf die Datenqualität aus.

- Fußetappen werden von den Befragten gehäuft zu Beginn und/oder am Ende des Weges vergessen, seltener während des Weges.

Zur Beantwortung der Frage, wie stark sich die Wahl von Erhebungskonzept und -methode auf die Erfassung des Fußverkehrs auswirkt, wurden im ersten Schritt für jeden der sechs Datensätze die Anteile reiner Fußwege (1), Wege mit Fußetappen (2) und Wege ohne Fußetappen (3) bestimmt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7 dargestellt.

Abbildung 7: Wegeanteile mit Fußverkehr in den sechs untersuchten Datensätzen



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Vergleich der Wege-, Etappen- und Tracking-Datensätze

Werden ausschließlich reine Fußwege betrachtet, liegen die Werte des MZMV sowie des Wege- und Etappensplits mit 27 % bis 29 % eng beieinander, lediglich der Wert der MiD fällt niedriger aus. In der aktuellen Erhebung der MiD aus dem Jahr 2023 ist jedoch ein deutlicher Anstieg reiner Fußwege zu beobachten (Follmer 2025). Mit 26 % (allerdings für die Gesamtbevölkerung und als Durchschnitt für das gesamte Jahr) besteht dann nur noch ein geringer Unterschied. Beim MovingLab fällt der Anteil mit 17 % dagegen erstaunlich niedrig aus, beim MOBIS-Datensatz wird mit 31 % der insgesamt höchste Wert gemessen.

Unter Berücksichtigung intermodaler Wege, bei denen ein Teil des Weges zu Fuß zurückgelegt wird, weisen die beiden Wege-Datensätze mit 32 % (MiD) und 37 % (Wege-Split) ähnliche Anteile ganz oder teilweise zu Fuß zurückgelegter Wege auf. Für den überwiegenden Teil der Wege (MiD: 68 %, Wege-Split: 63 %) wurde jeweils keine Fußetappe erfasst. Die Teilnehmenden der Etappen-Befragungen erzielen mit 46 % (Etappen-Split) und 42 % (MZMV) deutlich höhere Fußwegeanteile. Die Werte liegen damit rund 10 bis 15 Prozentpunkte über den mit dem Wegekonzept ermittelten Anteilen.

Die höchsten Fußwegeanteile ergeben sich beim Tracking. 61 % der im MOBIS-Datensatz enthaltenen Wege und 65 % der Wege im MovingLab-Datensatz weisen mindestens eine Fußetappe auf. Das Verhältnis aus Wegen ohne und mit mindestens einer Fußetappe kehrt sich damit insbesondere im Vergleich zum Wegekonzept um. **Grob zusammengefasst kann gesagt werden: Der Anteil der Wege mit mindestens einer Fußetappe beträgt beim Wegekonzept ein Drittel aller Wege, beim Etappenkonzept knapp die Hälfte und beim Trackingkonzept rund zwei Drittel.**

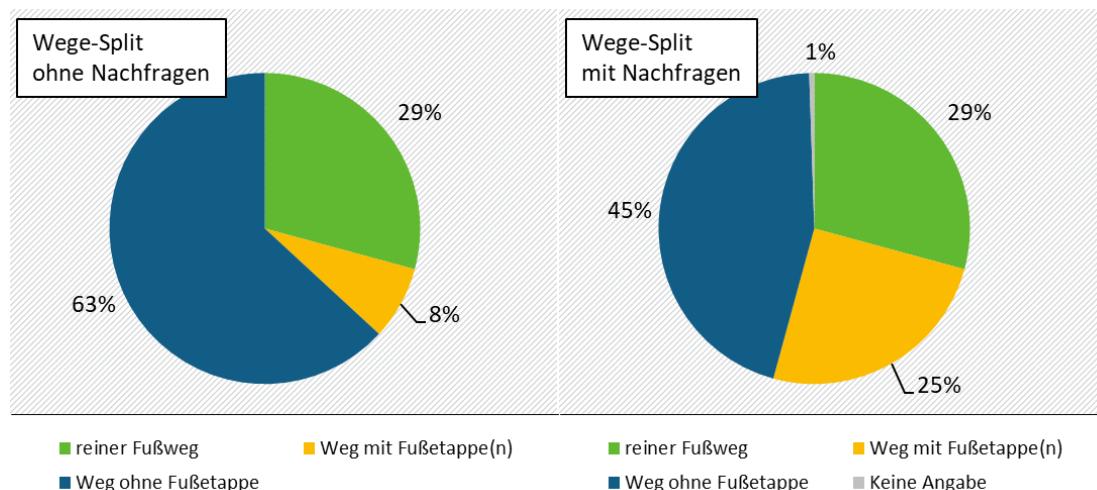
Ausschlaggebend für die großen Unterschiede zwischen den Fußwegeanteilen sind die Anteile der intermodalen Wege mit Fußetappe(n): Den höchsten Anteil an intermodalen Wegen mit Fußetappe(n) weist der MovingLab-Datensatz auf (48 %), den niedrigsten Wert verzeichnet mit 8 % der Wege-Split (vor der Nachfrage nach vergessenen Fußetappen).

Auffällig ist, dass die Anteile aller Wege mit mindestens einer Fußetappe bei den beiden Tracking-Datensätzen relativ ähnlich sind, obwohl sich die Zusammensetzung aus reinen Fußwegen und Wegen mit Fußetappe deutlich unterscheidet. Während beim MOBIS-Datensatz beide Wegearten etwa gleich stark vertreten sind, dominieren im MovingLab-Datensatz die intermodalen Wege mit Fußetappe. Wie in Kapitel 3.4.4 zu sehen sein wird (siehe Abbildung 13) weisen beide Tracking-Datensätze einen ähnlichen Modal Split der Etappen auf, d. h. die Anteile der Fußetappen sind nahezu identisch. Beim MovingLab kommen diese aber häufiger in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln vor als bei MOBIS.

Identifikation des Anteils vergessener Fußetappen

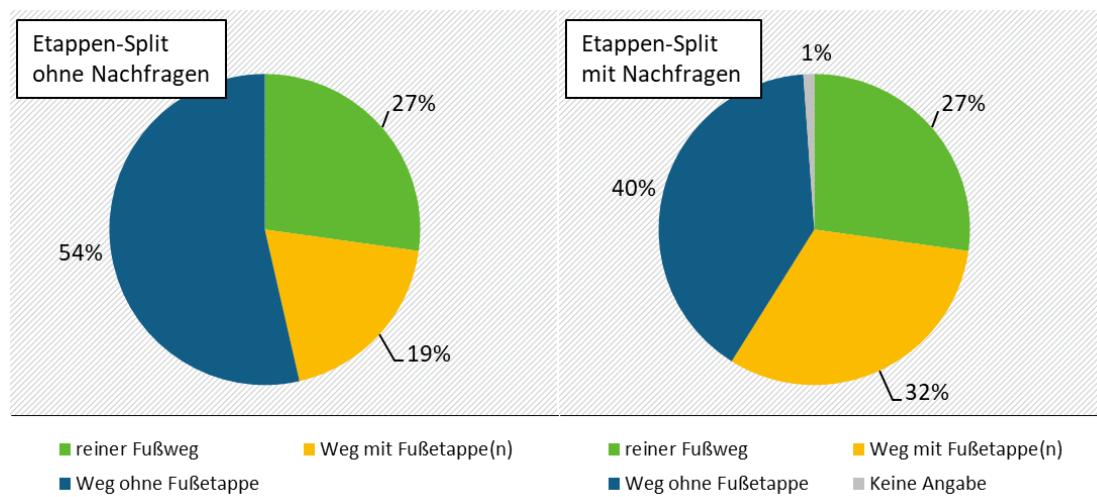
Wie in Kapitel 3.3.1 dargestellt, wurde in den beiden Online-Erhebungen bei Wegen ohne Fußetappe gezielt nachgefragt, ob Etappen zu Fuß vergessen wurden. In beiden Fällen konnte der Anteil intermodaler Wege mit Fußetappe deutlich gesteigert werden. Beim Wege-Split wurden für 17 % aller Wege vergessene Fußetappen berichtet, wodurch der Anteil intermodaler Wege mit Fußanteil von 8 % auf 25 % gestiegen ist (siehe Abbildung 8). Dies sind mehr intermodale Wege mit Fußanteil, als mit dem Etappen-Konzept vor der Nachfrage nach vergessenen Fußetappen erhoben wurden. Auch beim Etappenkonzept konnte durch die Nachfrage der Anteil intermodaler Wege mit Fußanteil um 13 Prozentpunkte von 19 % auf 32 % gesteigert werden (siehe Abbildung 9). **In beiden Erhebungen führte die Rückfrage damit zu einer deutlichen Erhöhung des Anteils intermodaler Wege mit Fußanteil.**

Abbildung 8: Auswirkung der expliziten Nachfrage nach vergessenen Fußetappen im Wegekonzept



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

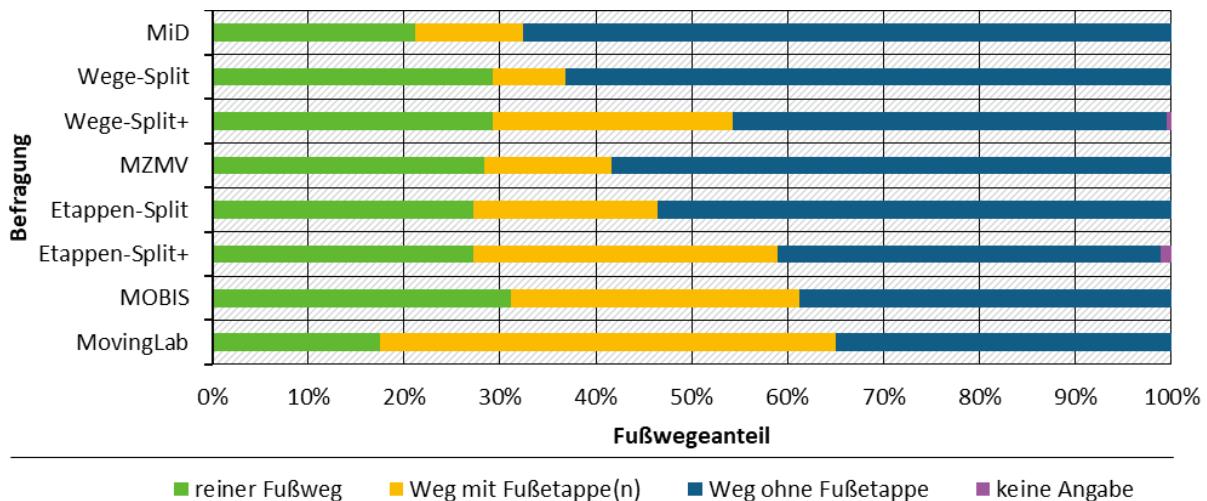
Abbildung 9: Auswirkung der expliziten Nachfrage nach vergessenen Fußetappen im Etappenkonzept



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

In Abbildung 10 sind nochmals die Fußwegeanteile der sechs Datensätze aus Abbildung 7 dargestellt, diesmal ergänzt um die Ergebnisse des Wege- und Etappen-Datensatzes mit Nachfrage nach vergessenen Fußetappen (gekennzeichnet durch ein „+“ am Ende des Namens). Die Abbildung verdeutlicht eindrücklich, dass durch gezieltes Nachfragen im Rahmen des Wegekonzepts ein Anteil an Wegen mit mindestens einer Fußetappe erzielt werden kann, der das Niveau der beiden mit dem Etappenkonzept erhobenen Datensätze (MZMV und Etappensplit) deutlich übersteigt.

Abbildung 10: Wegeanteile mit Fußverkehr in sechs Datensätzen – Wege- und Etappen-Split jeweils mit und ohne Nachfrage nach vergessenen Fußetappen



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Beim Etappenkonzept wird durch die Rückfrage ein Wegeanteil mit mindestens einer Fußetappe erreicht, der fast dem Niveau der Tracking-Erhebung MOBIS entspricht. Interessanterweise ergibt sich beim Wege- und Etappenkonzept nach Rückfrage ein sehr ähnliches Ergebnis: Der so gemessene Fußanteil fällt beim Etappenkonzept nur um 5 Prozentpunkte höher aus als beim Wegekonzept.

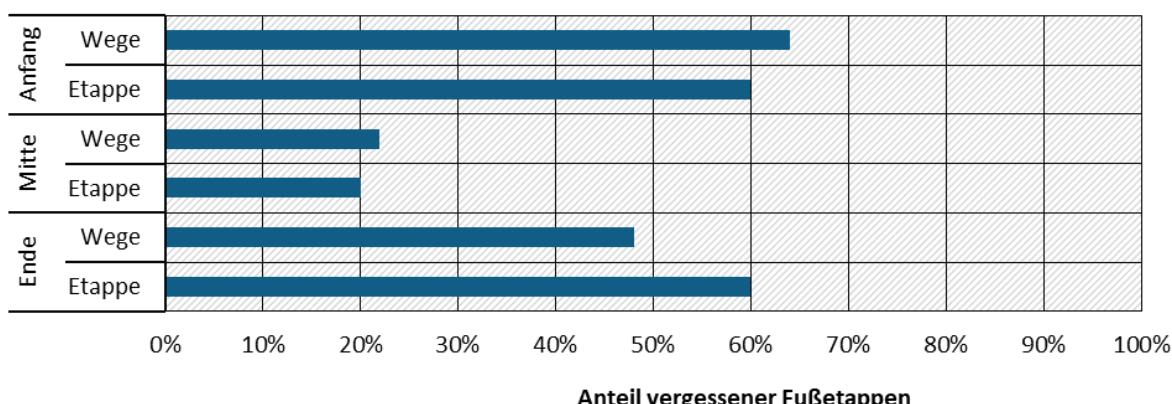
Damit zeigt sich: Eine aufwändige Etappen- oder Tracking-Erhebung ist nicht zwingend erforderlich, um den Fußverkehr realitätsnäher abzubilden. Ein einfaches Wegetagebuch – für die Teilnehmenden mit vergleichsweise geringem Aufwand auszufüllen – kann, ergänzt um eine gezielte Nachfrage nach vergessenen Fußetappen, bereits zu einer deutlich verbesserten Erfassung des Fußverkehrs führen.

Analyse der vergessenen Fußetappen

Abschließend erfolgte eine Analyse, bei welchen Abschnitten der Wege das Berichten von Fußetappen vergessen wurde. Die Probandinnen und Probanden konnten anhand einer Mehrfachnennung angeben, ob sich die vergessene(n) Etappe(n) am Anfang, in der Mitte oder am Ende des Weges befanden.

Die in Abbildung 11 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass Fußetappen gehäuft zu Beginn und/oder am Ende des Weges vergessen werden und damit besonders oft der Zu- oder Abgangsmodus zu anderen Verkehrsmitteln fehlt. Bei den Wegen werden Fußetappen tendenziell etwas mehr am Anfang, bei den Etappen dagegen am Ende vergessen. Beim Wegekonzept wurden im Schnitt 1,4 zusätzliche Fußetappen berichtet, beim Etappenkonzept 1,3.

Abbildung 11: An welcher Stelle des Weges wurde das Berichten der Fußetappe vergessen (Mehrfachnennung möglich)?



„Anfang“: zu Beginn des Weges / vor Etappe 1; „Mitte“: während des Weges / während der mittleren Etappen; „Ende“: am Ende des Weges / nach der letzten Etappe.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

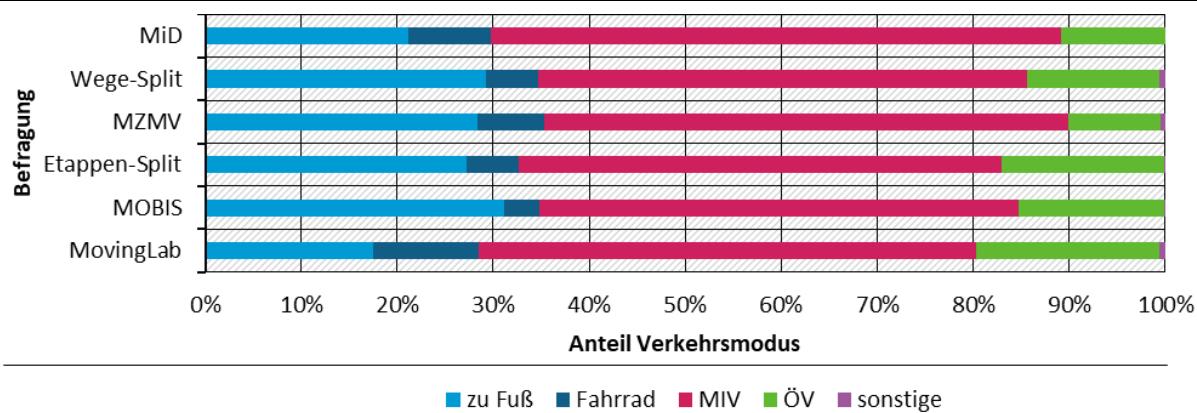
3.4.4 Modal Split nach Wegen und Etappen

Zentrale Erkenntnisse

- Auf Etappenbasis verzeichnet der Fußverkehr die höchsten Anteile (40 % bis 48 %) und übertrifft damit in nahezu allen Erhebungen die übrigen Verkehrsmittel.
- Mit 45 % (MovingLab) und 48 % (MOBIS) zeigen die beiden Tracking-Datensätze nahezu identische Anteile des Modus „zu Fuß“. Im MovingLab-Datensatz treten Fußetappen jedoch häufiger in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln auf, während der MOBIS-Datensatz einen höheren Anteil reiner Fußwege aufweist.

Nach der Analyse der Fußwege sowie der Wege mit Fußetappe folgt nun die Darstellung des Modal Splits. Dieser wird einmal auf Wegeebene unter Verwendung des Hauptverkehrsmittels (Abbildung 12) und einmal auf Etappenebene dargestellt (Abbildung 13).

Abbildung 12: Modal Split auf Wegeebene – Vergleich der sechs Datensätze

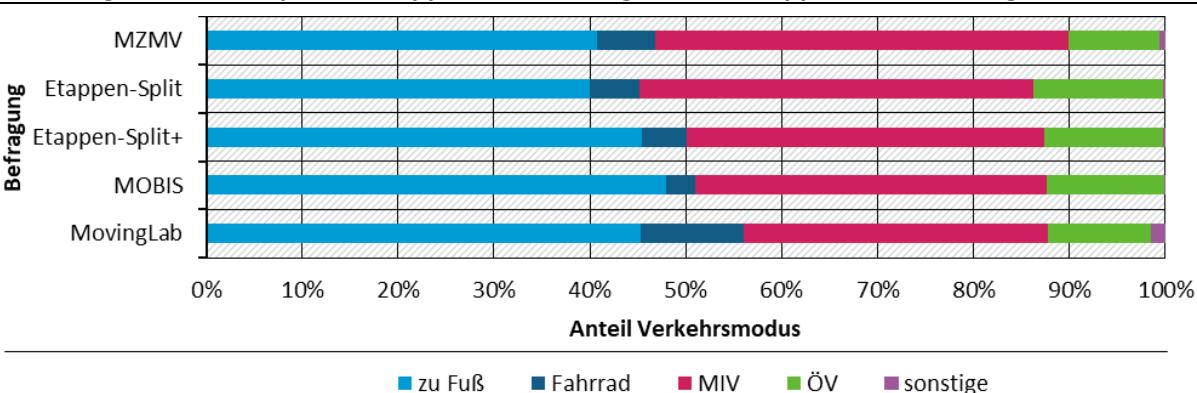


Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Beim Wegekonzept basiert die Ableitung des Hauptverkehrsmittels auf der in Kapitel 3.1 beschriebenen Hierarchie der Verkehrsmittel. Das Hauptverkehrsmittel ist das Verkehrsmittel, mit dem vermutlich die längste Distanz eines Weges zurückgelegt wurde. Beim Etappenkonzept wird das Hauptverkehrsmittel über die längste berichtete Etappe bestimmt, beim Tracking anhand der längsten für eine Etappe gemessene Entfernung. Die Grundlage für die Festlegung des Hauptverkehrsmittel unterscheidet sich damit deutlich. Dennoch werden recht ähnliche Ergebnisse erzielt. In allen Erhebungen zeigt sich eine deutliche Dominanz des MIV. Der zweithöchste Anteil entfällt auf den Fußverkehr, gefolgt vom öffentlichen Verkehr und dem Fahrrad. Damit wird deutlich, dass die regelbasierte Ableitung des Hauptverkehrsmittels beim Wegekonzept eine robuste Methode zur Abbildung des Modal Splits darstellt. Die Validität der angewendeten Hierarchie zur Ableitung des Hauptverkehrsmittel wird dadurch bestätigt.

In Abbildung 13 ist der Modal Split auf Basis der Etappen dargestellt. Auch hier zeigt sich ein insgesamt homogenes Bild. Generell nimmt auf Basis von Etappen die Bedeutung des MIV ab, die Bedeutung des Fußverkehrs dagegen zu. Auf Basis dieser Betrachtung erzielt der Fußverkehr die höchsten Anteile, lediglich beim Etappensplit und MZMV fällt der Anteil des MIV um einen bzw. zwei Prozentpunkte höher aus als zu Fuß. Liegen die Fußwegeanteile auf Basis des Hauptverkehrsmittels zwischen 17 % und 32 %, bewegen sie sich auf Etappenbasis im Bereich von 40 % bis 48 %.

Abbildung 13: Modal Split auf Etappenebene – Vergleich der Etappen- und Tracking-Datensätze



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Zudem zeigt sich: Während sich die beiden Tracking-Datensätze bei den Anteilen reiner Fußwege und Wege mit Fußetappen deutlich unterscheiden (vgl. Kapitel 3.4.3, Abbildung 7), fallen die Anteile des Modus zu Fuß auf Etappenebene mit 45 % (MovingLab) und 48 % (MOBIS)

nahezu identisch aus. Es werden damit ähnliche viele Fußetappen ermittelt, diese treten beim MovingLab jedoch häufiger in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln auf.

3.4.5 Tiefergehende Analyse der intermodalen Wege mit Fußetappe

Zentrale Erkenntnisse

- Das Zufußgehen ist in allen Erhebungen der dominierende Zu- und Abgangsmodus. Es wird jedoch auch sehr oft kein Verkehrsmittel angegeben. Dies deutet vor allem beim ÖV auf fehlende Angaben oder unerkannte Etappen hin.
- Beim ÖV gibt es deutlich häufiger Zu- und Abgangsetappen als bei anderen Verkehrsmitteln. Sehr hohe Werte werden lediglich beim MZMV erreicht. Dort gibt es in rund 95 % der Fälle eine Zu- und Abgangsetappe, bei den Tracking-Erhebungen dagegen deutlich seltener.
- Tracking-Erhebungen bilden Fußetappen vor und nach der ÖV-Nutzung weniger zuverlässig ab als erwartet.
- Die systematische Erfassung des Wegeverlaufs im Interview beim MZMV liefert das konsistenteste und am besten nachvollziehbare Ergebnis. Beim ÖV gibt es hier fast immer eine Zu- und Abgangsetappe, beim Auto und Fahrrad dagegen selten.

Nach der Analyse des Anteils intermodaler Wege mit Fußetappe in Kapitel 3.4.3 folgt nun eine tiefergehende Betrachtung dieser Wege. Die Ergebnisse der MiD 2017 haben gezeigt, dass bei 54 % der Wege mit öffentlichen Verkehrsmitteln keine Fußetappe angegeben wurde. In diesem Abschnitt werden daher die Etappen- und Tracking-Datensätze daraufhin untersucht, wie häufig ein Fußweg als Zugang (vor der ÖV-Etappe) bzw. als Abgang (nach der ÖV-Etappe) erfasst wurde. Eine entsprechende Analyse erfolgt auch für die Verkehrsmittel Auto und Fahrrad, da auch bei diesen der Start- bzw. Zielpunkt nicht zwingend „direkt vor der Tür“ liegen muss und längere Wege erforderlich sein können. Die Ergebnisse sind Abbildung 14 und Abbildung 15 zu entnehmen.

In allen Erhebungen dominiert „zu Fuß“ als Zu- und Abgangsmodus. Andere Verkehrsmittel spielen kaum eine Rolle. Stattdessen erreicht die Kategorie „kein Verkehrsmittel“ sehr häufig hohe Werte, was in vielen Fällen plausibel ist, vor allem beim ÖV jedoch auf fehlende Angaben oder unerkannte Etappen beim Tracking zurückzuführen sein dürfte.

Insgesamt zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Erhebungen sowie zwischen den betrachteten Hauptverkehrsmitteln. Beim öffentlichen Verkehr ergibt sich folgendes Bild: Beim MZMV wird in nahezu allen Fällen eine Zugangsetappe (94 %) bzw. Abgangsetappe (96 %) angegeben. Es handelt sich dabei fast ausschließlich um Fußetappen. Nur in wenigen Fällen wird ein anderes Verkehrsmittel wie Fahrrad oder Pkw genannt, was beim Pkw auf Bringen oder Abholen schließen lässt. Mit Anteilen von jeweils nur 2 bis 4 % spielen diese beiden Verkehrsmittel als Zu- und Abgang des ÖV jedoch kaum eine Rolle.

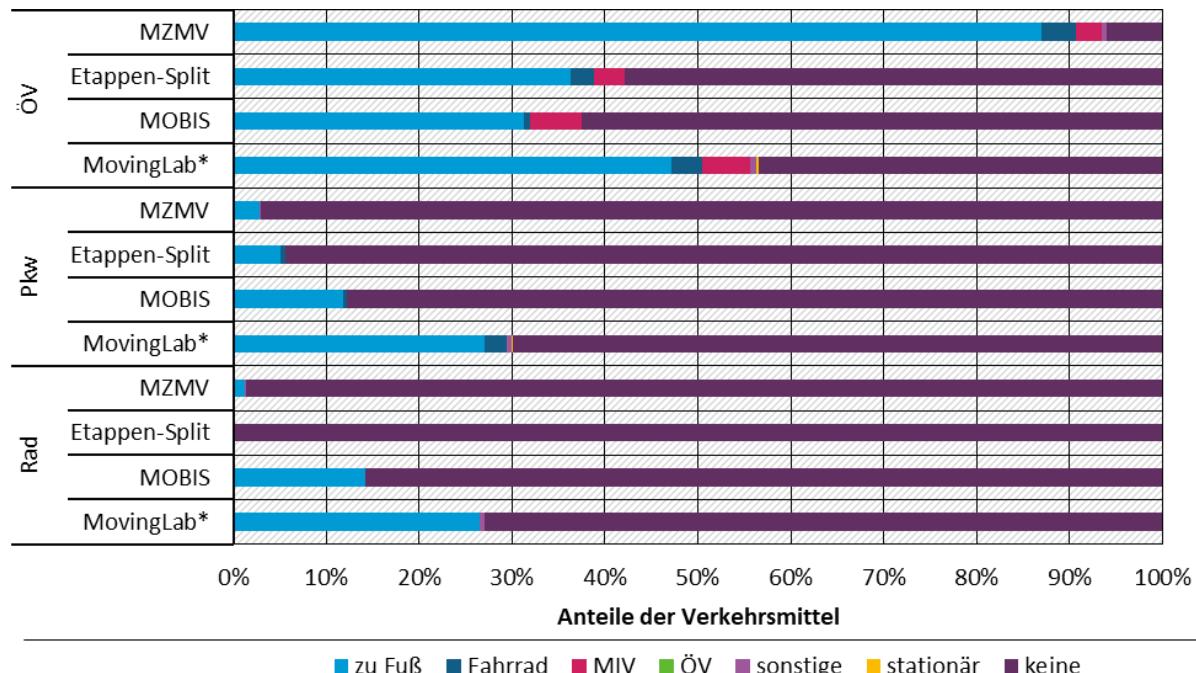
Ein anderes Bild ergibt sich beim Etappen-Split. Zwar dominiert auch hier der Modus zu Fuß beim Zu- und Abgang des ÖV (jeweils 36 %), Etappen mit anderen Verkehrsmitteln sind fast so selten wie beim MZMV. In 58 % (Zugang) bzw. 59 % (Abgang) der Fälle wird jedoch kein Verkehrsmittel genannt. Damit liegt der Anteil fehlender Zu- und Abgänge zum ÖV ähnlich hoch wie bei der MiD 2017. Hier zeigt sich deutlich der Einfluss der Erhebungsmethodik: Die telefonische Befragung im MZMV, bei der gezielt und etappenweise nach dem gesamten Wegverlauf gefragt wird, führt offenbar zu einer deutlich vollständigeren und konsistenteren Erfassung der Zu- und Abgangsmodi des ÖV.

Selbst die beiden Tracking-Erhebungen erreichen nicht die Werte des MZMV. Im MovingLab-Datensatz fehlt bei 43 % der ÖV-Wege eine Angabe des Zugangsmodus, im MOBIS-Datensatz sogar bei 62 %. Bei den Abgängen vom ÖV fällt der Anteil fehlender Angaben mit 35 % (MovingLab) bzw. 32 % (MOBIS) niedriger aus, die fehlenden Angaben liegen jedoch immer noch weit über denen des MZMV. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die automatische Erkennung von Fußetappen insbesondere am Beginn von Wegen eingeschränkt ist. Mögliche Gründe könnten der sogenannte „Schlafmodus“ der Apps sein, der die App zur Minimierung des Akkuverbrauchs in einen Ruhemodus versetzt, wenn keine Bewegung mehr registriert wird. Möglicherweise dauert es eine Weile, bis die Aufzeichnung nach dem Schlafmodus wieder aktiviert wird. Bei der MovingLab-App, die nicht permanent im Hintergrund läuft, sondern manuell vor und nach dem Weg aktiviert bzw. deaktiviert werden kann, ist es zudem möglich, dass das Einschalten vergessen oder das Ausschalten zu früh vorgenommen wird.

Im Vergleich zum öffentlichen Verkehr werden bei den Verkehrsmitteln Auto und Fahrrad in allen Erhebungen deutlich seltener Zu- oder Abgangsetappen erfasst. Besonders ausgeprägt ist dies beim MZMV. Dort wird beim Auto nur in 3 bis 4 % der Fälle, beim Fahrrad lediglich in 1 bis 2 % der Fälle ein Zugang oder Abgang angegeben. Der MZMV weist damit die Extreme auf, die höchsten Zu- und Abgangswerte beim ÖV und die niedrigsten für das Auto und das Fahrrad. Da das Auto und das Fahrrad tatsächlich besonders oft „vor der Tür“ stehen, erscheint das Bild des MZMV durchaus plausibel. Möglicherweise werden die Anteile hier aber auch unterschätzt.

In den anderen Erhebungen werden für Auto und Fahrrad durchweg höhere Anteile an Zu- und Abgangsetappen erfasst als beim MZMV. Am stärksten zeigt sich dies bei den Tracking-Datensätzen. So gibt es bei 30 % (MovingLab) bzw. bei 24 % (MOBIS) aller Pkw-Wege einen Abgangsmodus. Dabei handelt es sich fast immer um eine Fußetappe. Während die mit Tracking erfassten Fußetappanteile beim ÖV deutlich zu niedrig erscheinen, fallen sie beim Auto und Fahrrad (gerade im Vergleich zu den niedrigen Werten des ÖV) erstaunlich hoch aus.

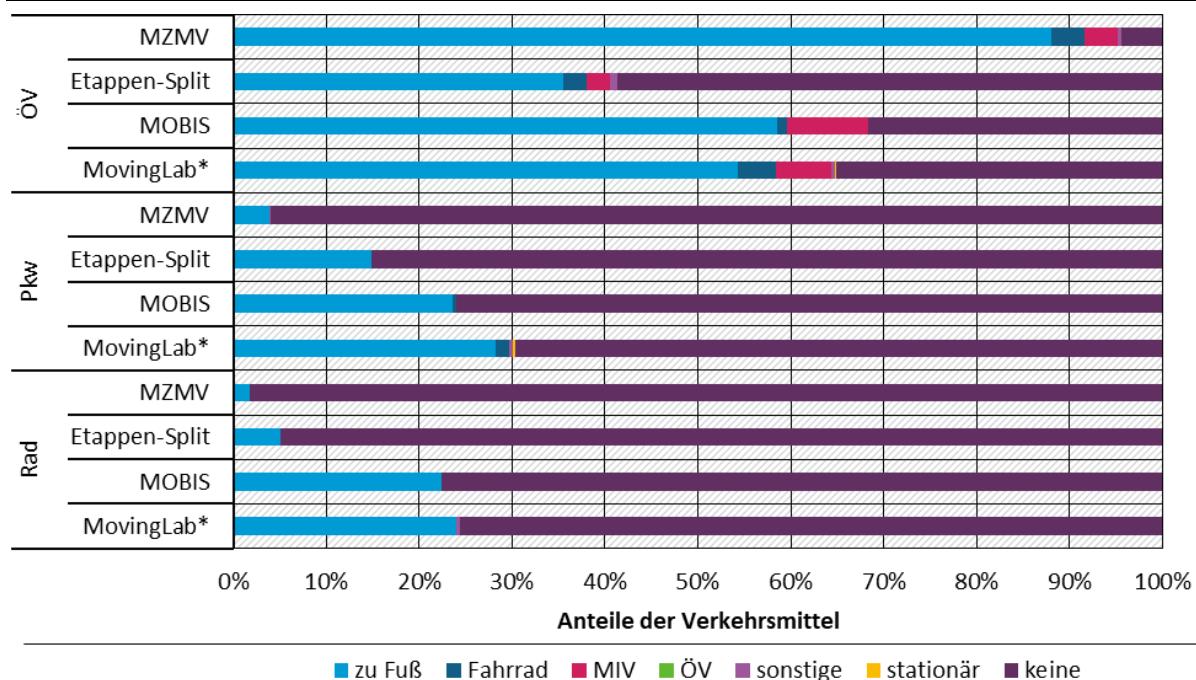
Abbildung 14: Verteilung Zugangsmodi bei den Etappen- und Tracking-Datensätzen



* Nur getrackte Wege.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Abbildung 15: Verteilung Abgangsmodi bei den Etappen- und Tracking-Datensätzen



* Nur getrackte Wege.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Insgesamt zeigt sich, dass die trackingbasierten Erhebungen hinsichtlich der Erkennung von Fußetappen vor und nach Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel deutlich hinter den Erwartungen zurückbleiben. Die vollständigste und plausibelste Erfassung dieser Wegeanteile scheint beim MZMV gegeben zu sein.

3.4.6 Analyse manuell erfasster Wege in der MovingLab-Erhebung

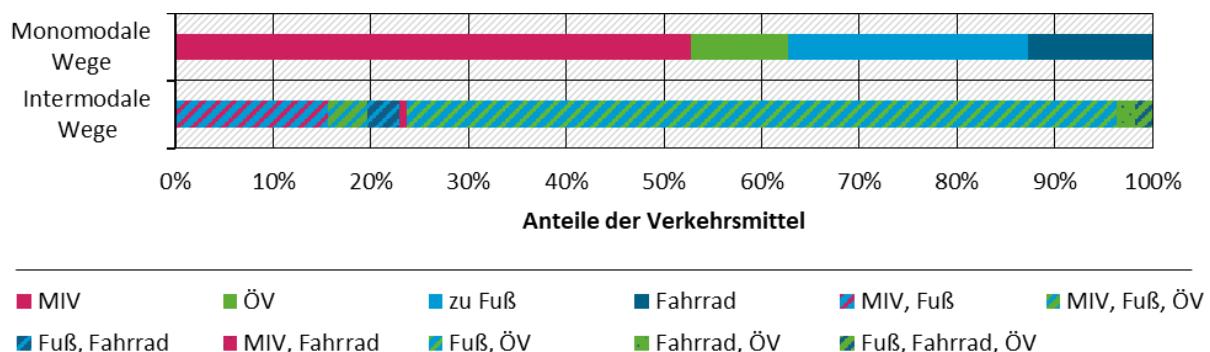
Zentrale Erkenntnisse

- Nur 13 % der manuell erfassten Wege sind intermodal. Fast alle intermodalen Wege (97 %) enthalten eine Fußetappe. Intermodalität kann daher zu großen Teilen mit dem Auftreten von Fußetappen gleichgesetzt werden.
- Beim Tracking sind dagegen 48 % der Wege intermodal mit Fußetappe. Der niedrigere Anteil bei manuell eingetragenen Wegen ist auf das angewendete Wegekonzept zurückzuführen und führt zu einer hohen Übereinstimmung der Ergebnisse mit denen der MiD.

Wege, die im Rahmen der MovingLab-Erhebung nicht automatisch erfasst wurden, da die App z. B. nicht angeschaltet war oder es technische Probleme gab, konnten von den Probandinnen und Probanden manuell eingetragen werden (vgl. Kapitel 3.3.2). Dabei wurden lediglich der Start- und Zielzeitpunkt des Weges, der Wegezweck sowie alle genutzten Verkehrsmittel erhoben, was einer Erhebung im Wegekonzept entspricht. In Summe wurden 2.067 Wege manuell erfasst. Tage mit ausschließlich manuell eingetragenen Wegen wurden bei den bisherigen Analysen ausgeschlossen. Lediglich 570 Wege, die an Tagen mit Tracking manuell ergänzt wurden, sind bei der Berechnung von Tageswerten eingeflossen, da die Werte für diese Tage sonst systematisch zu niedrig ausgefallen wären. Im Rahmen dieses Kapitels werden alle manuell eingetragenen Wege separat analysiert.

Abbildung 16 stellt die auf den Wegen genutzten Verkehrsmittel bzw. Verkehrsmittelkombinationen dar. 87 % der Wege wurden monomodal zurückgelegt, d. h. es wurde nur ein Verkehrsmittel angegeben. Bei gut der Hälfte der Wege war dies der MIV, bei einem Viertel der Wege wurde zu Fuß gegangen.

Abbildung 16: Anteile der genutzten Verkehrsmittel und Verkehrsmittelkombinationen pro Weg bei manuell eingetragenen Wegen (MovingLab)



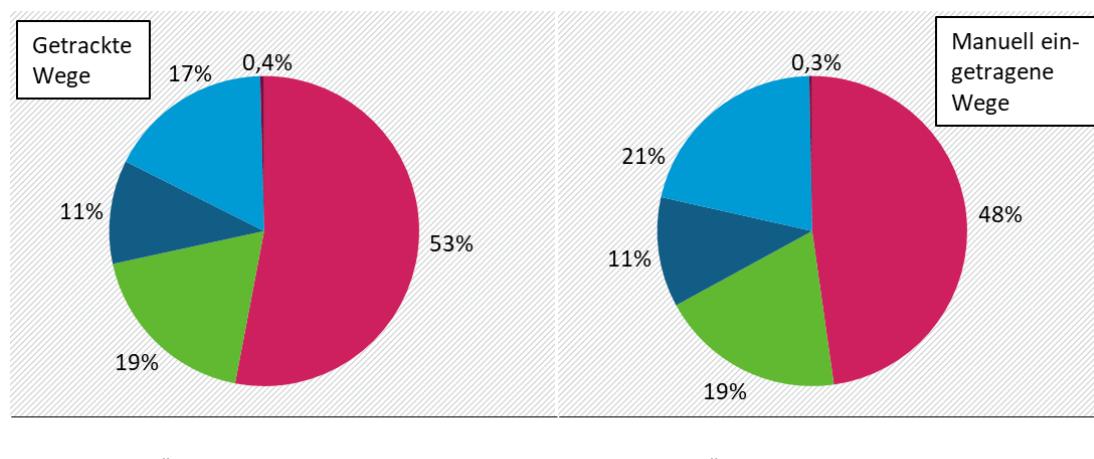
Ohne „sonstiges“.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Der Anteil intermodaler Wege, bei denen unterschiedliche Verkehrsmittel kombiniert wurden, beträgt lediglich 13 %. Die Angabe mehrerer Verkehrsmodi für einen Weg ist damit die Ausnahme. In fast allen Fällen (97 %) ist eine Fußetappe enthalten, meist in der Form nur eines der Verkehrsmittel Auto, Rad oder ÖV plus zu Fuß (92 %). Intermodalität lässt sich daher im Wesentlichen mit dem Auftreten von Fußetappen gleichsetzen. Beide Ergebnisse – der geringe Anteil intermodaler Wege sowie die zentrale Rolle des Zufußgehens für die Intermodalität – entsprechen den Befunden der MiD.

Der Modal Split der getrackten und manuell eingetragenen Wege liegt auf einem vergleichbaren Niveau (siehe Abbildung 17). Leichte Unterschiede bestehen beim MIV und den Fußwegen: Der Anteil des MIV ist bei den getrackten Wegen größer, wohingegen sich bei den manuell eingetragenen Wegen ein höherer Anteil an Fußwegen zeigt. Die Anteile der reinen Fußwege liegen jedoch nur wenige Prozentpunkte auseinander.

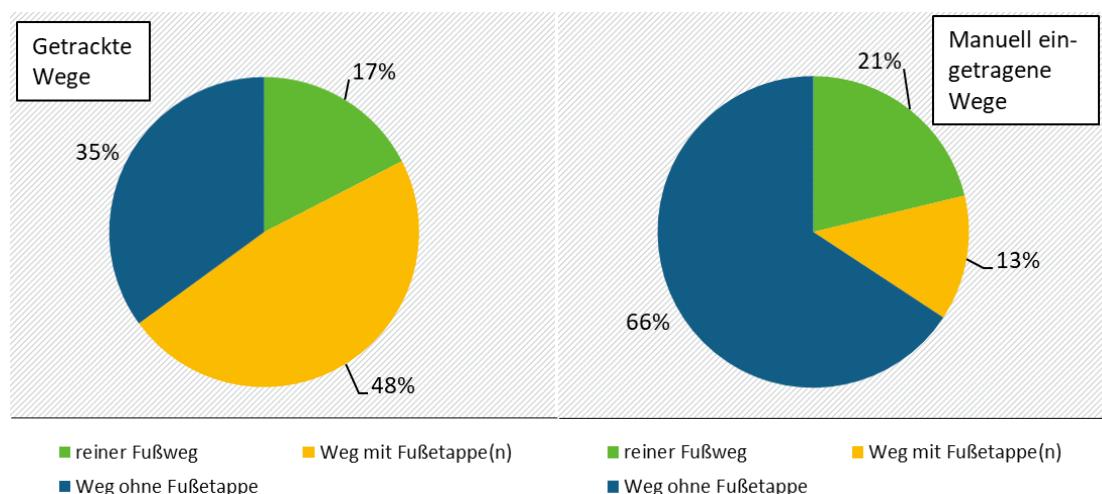
Abbildung 17: Modal Split auf Wegeebene: getrackte versus manuelle Wege (MovingLab)



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Anders sieht es bei den intermodalen Wegen mit Fußetappe(n) aus. Diese werden bei den manuell eingetragenen Wegen deutlich seltener berichtet als bei den automatisch getrackten Wegen (Abbildung 18). Während 48 % der getrackten Wege intermodal mit einer Fußetappe sind, gilt dies nur – entsprechend dem oben genannten Wert – für 13 % der manuell eingetragenen Wege. Die Ergebnisse weisen damit eine sehr hohe Übereinstimmung mit der MiD 2017 auf (vgl. Abbildung 10, S. 54). Der Anteil intermodaler Wege mit Fußetappe liegt dort bei 11 %. Da die manuelle Erfassung der Wege nach dem Prinzip des Wegekonzepts erfolgt, war dies zwar erwartbar. Es zeigt sich aber auch, dass die detaillierte Darstellung getrackter Wege in der App die Teilnehmenden nicht dazu anregt, selbst präziser zu berichten.

Abbildung 18: Differenzierung der Wege nach Fußwegeanteil: getrackte versus manuelle Wege (MovingLab)



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

3.4.7 Distanzen von Fußwegen und Fußetappen

Zentrale Erkenntnisse

- Die durchschnittliche Länge reiner Fußwege liegt zwischen 0,9 km (MOBIS) und 1,9 km (MovingLab).
- Die Fußetappen intermodaler Wege sind in den Tracking-Datensätzen kürzer als in den beiden Etappendatensätzen, insbesondere bei Wegen mit Auto bzw. Fahrrad.
- Die bei Fußetappen insgesamt zurückgelegte Distanz ist am größten, wenn der ÖV das Hauptverkehrsmittel ist (mit Ausnahme des MZMV).

In diesem Kapitel werden die durchschnittlichen Distanzen reiner Fußwege sowie die Länge der Fußetappen intermodaler Wege analysiert. Tabelle 6 enthält zunächst zusammenfassende Kennwerte, in Tabelle 7 werden die Fußetappen nach dem jeweils genutzten Hauptverkehrsmittel der intermodalen Wege differenziert darstellt.

Die durchschnittliche Länge reiner Fußwege weist sowohl bei den beiden nationalen Erhebungen MiD und MZMV (jeweils 1,5 km) als auch beim Wege- und Etappensplit (1,8 bzw. 2,0 km) eine hohe Übereinstimmung auf. Bei den Tracking-Datensätzen ergeben sich dagegen größere Abweichungen. Während MOBIS mit 0,9 km den niedrigsten Wert aufweist, erreicht

MovingLab mit 1,9 km den höchsten⁴. Insgesamt sind Fußwege in allen Erhebungen deutlich kürzer als Wege, die mit anderen Verkehrsmitteln zurückgelegt werden.

Tabelle 6: Durchschnittliche Distanzen von Fußwegen und Fußetappen – Vergleich der sechs Datensätze

Durchschnittliche Distanz (in km)	MiD 2017	Wege-Split	MZMV	Etappen-Split	MOBIS	MovingLab*
Reiner Fußweg	1,5	1,8	1,5	2,0	0,9	1,9
Fußetappen bei intermodalem Weg	/	/	0,7	0,7	0,5	0,5
Summe aller Fußetappen bei intermodalem Weg	/	/	1,2	0,8	0,6	0,9

* Nur getrackte Wege.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Die durchschnittliche Länge einzelner Fußetappen auf intermodalen Wegen fällt in den Tracking-Datensätzen mit 0,5 km niedriger aus als in den beiden Etappendatensätzen MZMV und Etappensplit (jeweils 0,7 km). Wird die insgesamt bei einem Weg zu Fuß zurückgelegte Strecke betrachtet (Summe aller Fußetappen), erzielt der MZMV mit 1,2 km den höchsten Wert. Die vorangegangenen Analysen haben gezeigt, dass im MZMV bei ÖV-Wegen mit Abstand am häufigsten sowohl Zu- als auch Abgangsetappen erfasst werden. Dies spiegelt sich in den insgesamt längeren Fußdistanzen bei intermodalen Wegen im MZMV wider.

Tabelle 7: Durchschnittliche Distanzen von Fußetappen differenziert nach Hauptverkehrsmittel – Vergleich der Etappen- und Tracking-Datensätze

	MZMV	Etappen-Split	MOBIS	MovingLab*
ÖV: Distanz Fußetappen (in km)	0,5	0,7	0,5	0,8
ÖV: Distanz Summe aller Fußetappen (in km)	1,1	0,9	0,8	1,4
MIV: Distanz Fußetappen (in km)	1,4	0,7	0,5	0,4
MIV: Distanz Summe aller Fußetappen (in km)	1,5	0,7	0,5	0,6
Fahrrad: Distanz Fußetappen (in km)	1,0	0,5	0,6	0,5
Fahrrad: Distanz Summe aller Fußetappen (in km)	1,0	0,5	0,7	0,9

* Nur getrackte Wege.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Nach Hauptverkehrsmitteln differenziert ergibt sich folgendes Bild (Tabelle 7). Die beim Tracking gemessenen Fußetappen sind oft kürzer als in den Etappendatensätzen, insbesondere bei Wegen mit dem Hauptverkehrsmittel Auto oder Fahrrad. Die bei Fußetappen insgesamt zurückgelegte Distanz ist am größten, wenn der ÖV das Hauptverkehrsmittel ist. Wege von und zum Auto oder Fahrrad sind dagegen meist kürzer. Eine Ausnahme bilden MIV-Wege im MZMV.

⁴ Angaben zur Distanz liegen im MovingLab nur für die getrackten Wege vor, weshalb die manuell erfassten Wege in dieser Betrachtung nicht enthalten sind.

Die vorangegangenen Analysen haben gezeigt, dass es dort im Vergleich zu den anderen Datensätzen selten Zu- und Abgangsetappen gibt. Wenn es sie gibt, sind sie allerdings länger als beim ÖV. Obwohl die zu Fuß zurückgelegten Wegeanteile im Durchschnitt gering sind, fällt ihr Anteil angesichts einer durchschnittlichen Gesamtwegelänge von 9 bis 10 km (vgl. Tabelle 5) dennoch ins Gewicht. Im folgenden Kapitel wird die Untererfassung sowohl auf Ebene des Aufkommens als auch der Verkehrsleistung eingehender untersucht.

3.5 Abschätzung der Untererfassung des Fußverkehrs im Wegekonzept

Zentrale Erkenntnisse

- ▶ Unter Berücksichtigung von Etappen steigt der Anteil des Zufußgehens am Modal Split auf bis zu 47 %.
- ▶ Bei der Verkehrsleistung verdoppelt sich der Anteil des Fußverkehrs nahezu von 3 % auf ca. 5 %. Im Rahmen intermodaler Wege werden fast genauso viele Kilometer zu Fuß zurückgelegt wie bei reinen Fußwegen.

Ein zentrales Ziel der Untersuchung war die Ermittlung, wie stark der Fußverkehr in den bisherigen großen deutschen Mobilitätserhebungen, die allesamt auf dem Wegekonzept basieren, untererfasst ist. Die vorangegangene Darstellung der Ergebnisse hat gezeigt, dass weder die Primärerhebungen (Etappensplit, MovingLab) noch die verwendeten Sekundärdatensätze (MZMV, MOBIS-Daten) eine eindeutige Antwort auf diese Fragen geben können. Insbesondere auf die Tracking-Datensätze wurden in diesem Zusammenhang große Hoffnungen gesetzt. Die Auswertungen zeigen zwar, dass der Anteil des erfassten Fußverkehrs nach Erhebungsmethode variiert und mit zunehmender Auflösung – von der Anwendung des Wegekonzeptes, über das Etappenkonzept bis zu trackingbasierten Verfahren – steigt. In der vergleichenden Analyse wurde jedoch sichtbar, dass auch trackingbasierte Verfahren nicht zuverlässig alle Etappen erkennen. So konnte beim MZMV im Rahmen von Interviews auf Basis des Etappenkonzepts ein deutlich höherer Anteil an ÖV-Wegen mit mindestens einer berichteten Fußetappe ermittelt werden als beim Tracking. Da die ÖV-Haltestelle eher selten unmittelbar vor der Tür liegt, konnte hier bspw. mit klassischer Erhebung ein nach Einschätzung des Autorenteams deutlich plausiblerer Wert ermittelt werden.

Das Vorgehen bei der Abschätzung der Untererfassung des Fußverkehrs war wie folgt:

- ▶ Im ersten Schritt wurde – jeweils differenziert nach Hauptverkehrsmittel – die mögliche Untererfassung intermodaler Wege in der MiD ermittelt. Dafür wurde bestimmt, wie viele Wege mit dem MIV, ÖV oder Fahrrad intermodal sind und wie viele dieser Wege eine Fußetappe umfassen (siehe Tabelle 8). Berechnet wurden zwei Varianten: eine konservative und eine aus Sicht des Fußverkehrs optimistischere. Bei beiden Varianten wurde für ÖV-Wege der sehr hohe Anteil intermodaler Wege des MZMV zugrunde gelegt. Bei der konservativen Variante wurden die Werte für das Fahrrad und das Auto ebenfalls aus dem MZMV mit eher niedrigen Werten für die Anteile intermodaler Wege abgeleitet. Bei der optimistischeren Variante basieren die Anteile intermodaler Wege für Fahrrad und Auto auf den höheren Werten des MOBIS-Datensatzes.
- ▶ Im zweiten Schritt wurden die wegebasierten Daten der MiD in etappenbasierte Kennwerte überführt. Hierfür wurde für die in der MiD berichteten Wege – differenziert nach Hauptverkehrsmittel – die durchschnittliche Etappenzahl sowie die etappenbasierte Verteilung der Verkehrsmittel zugrunde gelegt. Je nach Variante erfolgte die Ableitung entweder nur auf Basis des MZMV oder auf Grundlage von MZMV und MOBIS (siehe

Abbildung 19 und Abbildung 20). Bei der Berechnung wurden alle in der MiD erfassten Wege von Personen ab 18 Jahren berücksichtigt. Auch die anderen Datensätze sind – anders als bei den zuvor beschriebenen Auswertungen – nicht beschnitten worden. Entsprechend wurde hier, mit Ausnahme des Alterskriteriums, auf weitere Filter verzichtet.

- ▶ Zusätzlich wurde eine dritte Variante auf Basis des MiD-Etappendatensatzes berechnet. Aus diesem Datensatz lassen sich, wie beim MZMV und bei MOBIS für intermodale Wege, je Hauptverkehrsmittel die Etappenanzahl und Verkehrsmittelverteilung ableiten.
- ▶ Im dritten und letzten Schritt wurden die Distanzen des Fußverkehrs bestimmt. Analog zum Vorgehen beim Wegeaufkommen wurde – je nach Variante abgeleitet aus MZMV, MOBIS oder MiD – der etappenbasierte Modal Split der Verkehrsleistung berechnet (siehe Abbildung 21 und Abbildung 22).

Die Anteile intermodaler werden für die konservative und die optimistische Variante sowie abgeleitet auf Basis des MiD-Etappendatensatzes in Tabelle 8 wiedergegeben, die Anteile von Wegen mit Fußetappen in Tabelle 9. Die Werte unterscheiden sich zum Teil leicht von denen in vorherigen Kapiteln, da sich die Werte auf Basis von MZMV und MOBIS auch zwischen ÖV-Etappen zu Fuß zurückgelegte Abschnitte enthalten können. Bei der MiD fällt der Anteil an ÖV-Wegen mit Fußetappe etwas höher aus, da in diesem Fall der ÖV leicht anders abgegrenzt wurde⁵. Zwischen den Varianten zeigen sich deutliche Unterschiede in den Anteilswerten. Im Etappendatensatz der MiD liegen die Anteile intermodaler Wege und Wege mit Fußetappen für den MIV und das Fahrrad höher als im MZMV. Bei den ÖV-Wegen hingegen fallen die Werte unter die des MZMV (konservative Variante). Die optimistische Variante weist für alle Verkehrsmittel die höchsten Anteile intermodaler Wege sowie von Wegen mit Fußetappen auf.

Tabelle 8: Intermodale Wege differenziert nach Verkehrsmitteln – konservative, optimistische Variante und MiD-Etappendatensatz

	Konservative Variante (MZMV)	Optimistische Variante (MZMV und MOBIS)	MiD 2017
MIV	7 %	33 %	11 %
Fahrrad	3 %	28 %	11 %
ÖV	99 %	99 %	61 %

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Tabelle 9: Wege mit Fußetappe differenziert nach Verkehrsmitteln – konservative, optimistische Variante und MiD-Etappendatensatz

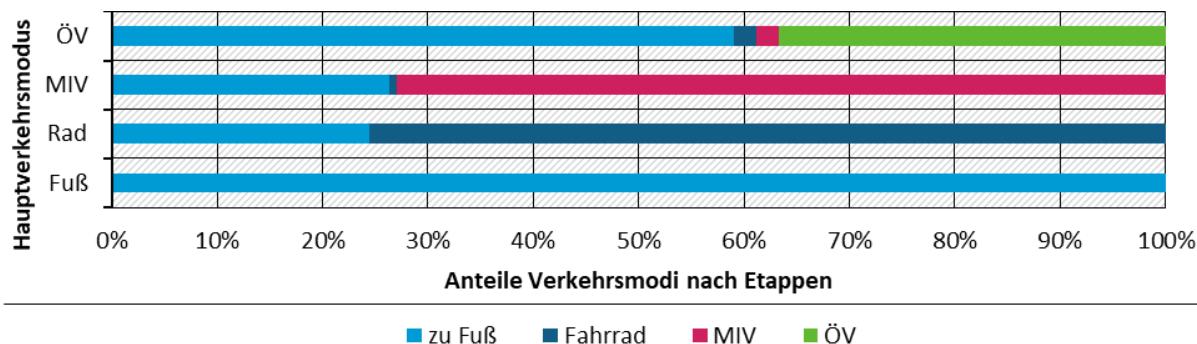
	Konservative Variante (MZMV)	Optimistische Variante (MZMV und MOBIS)	MiD 2017
MIV	7 %	33 %	9 %
Fahrrad	3 %	28 %	10 %
ÖV	96 %	96 %	57 %

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

⁵ In der stark aggregierten Verkehrsmittelvariable der MiD werden Wege ohne klare Angabe zum Verkehrsmittel zum ÖV gerechnet. Diese wurden in der oben dargestellten Tabelle ausgeklammert.

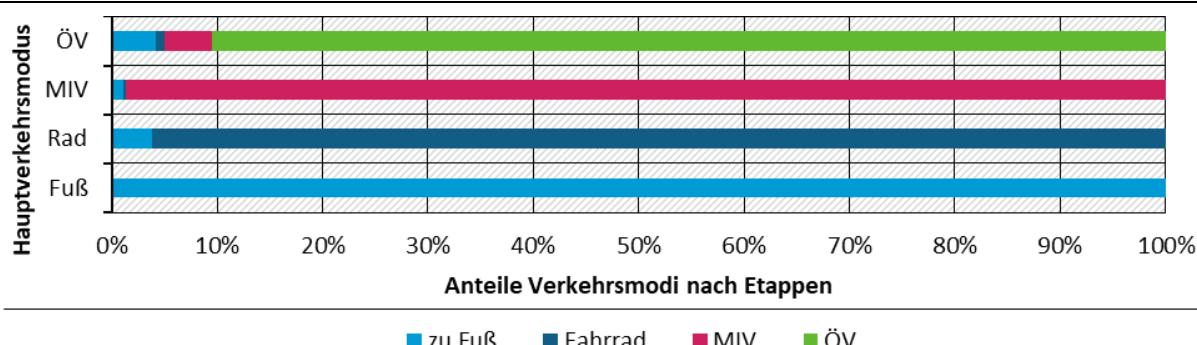
In Abbildung 19 und Abbildung 20 ist für die optimistische Variante exemplarisch dargestellt, welche Fußverkehrsanteile sich differenziert nach Hauptverkehrsmittel ergeben, wenn die jeweils hohen Anteilswerte der intermodalen Wege mit Fußetappe genutzt und die in der MiD berichteten Wege in etappenbasierte Kennwerte umgerechnet werden. Beim ÖV entfallen so rund 60 % aller Etappen auf den Modus zu Fuß, beim MIV und Fahrrad sind es jeweils ca. 25 %. Bei der Verkehrsleistung entfallen 4 % der mit dem Hauptverkehrsmittel ÖV zurückgelegten Kilometer auf den Modus zu Fuß, beim Fahrrad ebenfalls 4 % und beim MIV 1 %.

Abbildung 19: Etappenbasierter Modal Split des Verkehrsaufkommens nach Hauptverkehrsmittel – optimistische Variante



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Abbildung 20: Etappenbasierter Modal Split der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsmittel – optimistische Variante



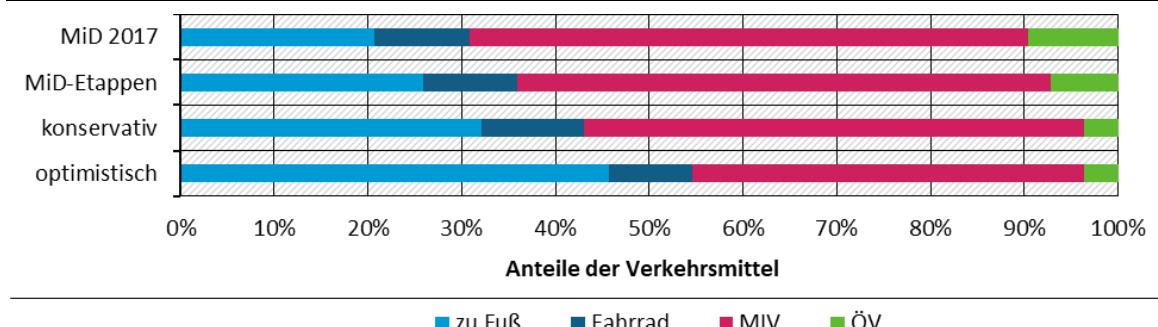
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

In Abbildung 21 und Abbildung 22 sind die finalen Verteilungen des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung nach Verkehrsmodi für alle berechneten Varianten dargestellt. Bei der MiD 2017 liegt der Anteil des Fußverkehrs bei 21 %, wobei es sich um einen wegebasierten Wert handelt. Auf Etappenebene steigt der Wert von 26 % (Basis: MiD-Etappendatensatz) über 32 % (konservative Variante) bis auf 46 % (optimistische Variante) an. Auf Basis des MZMV und der MOBIS-Daten zeigt sich eine deutliche Zunahme des Fußverkehrsanteils.

Auf der Ebene der Verkehrsleistung fallen die Veränderungen erwartungsgemäß geringer aus. Bei der Betrachtung der Distanzen dominiert weiterhin das mit Abstand am häufigsten genutzte und entfernungsintensive Verkehrsmittel MIV, gefolgt vom ÖV. Dennoch steigt der Anteil des Fußverkehrs von 3 % (MiD 2017) auf 4 % (MiD-Etappendatensatz und konservative Variante) und auf 5 % bei der optimistischen Variante. Der Anteil bleibt damit gering, fällt jedoch auf diesem niedrigen Niveau nahezu doppelt so hoch aus. Damit wird deutlich, dass im Rahmen intermodaler Wege fast genauso viele Kilometer zu Fuß zurückgelegt werden wie bei reinen Fußwegen. Da Fußetappen ein immanenter Bestandteil vieler Wege sind, unterstreicht dies die

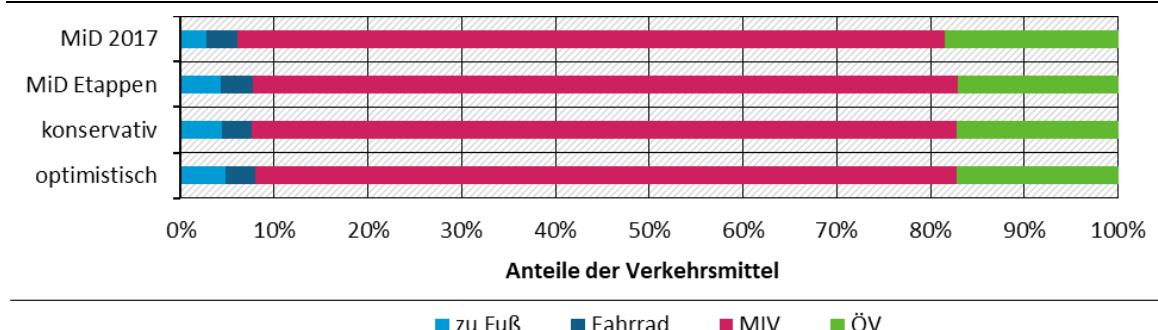
Bedeutung des oft vernachlässigten Fußverkehrs für die Verkehrsplanung. Gerade für Wege mit dem ÖV sind die Qualität der Fußverkehrsinfrastruktur und die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum von essentieller Bedeutung.

Abbildung 21: Modal Split des Verkehrsaufkommens – alle Varianten



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Abbildung 22: Modal Split der Verkehrsleistung – alle Varianten



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

3.6 Abschließende Bewertung der Erhebungskonzepte und -methoden

In diesem Kapitel wird abschließend eine Gesamtübersicht und -bewertung der unterschiedlichen Erhebungskonzepte (Wegekonzept, Etappenkonzept, Tracking) vorgenommen, wobei insbesondere die Genauigkeit der Erfassung des Fußverkehrs betrachtet wird. Beim Wege- und Etappenkonzept erfolgt eine Differenzierung nach den Erhebungsmethoden Papierfragebogen (PAPI), Online-Interview (CAWI) und Telefoninterview (CATI). Beim Tracking wird zwischen passivem Tracking (ohne Interaktion mit den Teilnehmenden) und aktivem Tracking unterschieden, bei dem die Befragten die automatisch ermittelten Daten prüfen, korrigieren und gegebenenfalls ergänzen. Eine zusammenfassende Darstellung aller relevanten Aspekte findet sich in Tabelle 10.

Wird beim klassischen Wegekonzept nach vergessenen Fußstrecken gefragt, können auch mit dieser Methode hohe Anteile intermodaler Wege mit Fußanteil ermittelt werden. Das Etappenkonzept ist für die Befragten grundsätzlich mit einem höheren Aufwand verbunden. Es ermöglicht jedoch eine detailliertere Erfassung der zurückgelegten Wege und führt zu einer höheren Anzahl erfasster Fußstrecken im Vergleich zur einfachen Variante des Wegekonzepts, bei der nicht explizit nach vergessenen Fußstrecken gefragt wird. Im Rahmen der eigenen Empirie hat sich gezeigt, dass sich auch beim Etappenkonzept das gezielte Nachfragen lohnt und vergessene Fußstrecken ergänzt werden.

Von den drei Erhebungsmethoden PAPI, CAWI und CATI erzielt die persönliche Befragung durch geschultes Personal die höchste Datenqualität. Bei dieser Form der Datenerhebung kann die Aufgabenstellung besser erklärt werden, und es besteht beidseitig die Möglichkeit zu Rückfragen und deren unmittelbaren Klärung. Sowohl beim Wege- als auch beim Etappenkonzept können die Interviewer und Interviewerinnen gezielt nach vergessenen Fußetappen insbesondere zu Beginn und am Ende eines Weges fragen. Telefonische Interviews sind jedoch mit hohen Kosten verbunden und erfordern gut geschulte Interviewer und Interviewerinnen. Erhebungen wie die MiD, die alle Varianten – PAPI, CAWI, CATI – anbieten, zeigen zudem, dass die Mehrheit der Befragten mittlerweile Online-Befragungen bevorzugt. Diese bieten den Vorteil, dass die Teilnehmenden selbst entscheiden können, wann sie die Befragung durchführen. In der Regel kann der Fragebogen unterbrochen und zu einem späteren Zeitpunkt fortgesetzt werden. Telefonische Interviews erfordern hingegen eine Terminvereinbarung oder erfolgen durch Spontanrufe, die nicht immer zu einem passenden Zeitpunkt stattfinden.

Die im Rahmen der Studie analysierten Tracking-Datensätze haben gezeigt, dass darüber hohe Anteile intermodaler Wege mit Fußetappen erfasst werden können. Allerdings fallen die vor- und nachgelagerten Fußetappen bei Wegen mit öffentlichen Verkehrsmitteln vergleichsweise niedrig aus. Die im MZMV im Rahmen von Interviews erfassten Etappen haben zu deutlich höheren und nach Ansicht des Autorenteams plausibleren Werten geführt. Zudem gestaltet sich die Rekrutierung von Probanden und Probandinnen bei Trackingerhebungen schwierig, da die Teilnahmebereitschaft oft geringer ist als bei herkömmlichen Methoden. Selbst bei Zustimmung sind zunächst der erfolgreiche Download und Start der Tracking-App erforderlich. Bei diesem Schritt gehen regelmäßig potenzielle Teilnehmende verloren, entweder weil sie den Download trotz artikulierter Teilnahmebereitschaft nicht durchführen, die Registrierung nicht abschließen, die App nach dem Download nie aktiv für das Tracking nutzen oder weil ihr Smartphone z. B. nicht über die erforderliche Sensortechnik verfügt.

Im Ergebnis unterscheidet sich die Stichprobenzusammensetzung bei Trackingerhebungen häufig systematisch von der herkömmlicher Erhebungsmethoden, was zu einem großen Teil auf den erforderlichen Technikzugang und eine gewisse Technikaffinität der Teilnehmenden zurückzuführen ist (vgl. Kapitel 3.2.3). Da beim Tracking die exakte Route nachvollzogen wird, ist darüber hinaus eine besonders hohe Bereitschaft zur Preisgabe persönlicher Daten sowie Vertrauen in den Datenschutz erforderlich.

Der Erhebungsaufwand für die Teilnehmenden unterscheidet sich stark in Abhängigkeit von der Art des Trackings. Beim passiven Tracking ist der Aufwand am geringsten, da die Apps im Hintergrund laufen und keine Interaktion seitens der Befragten notwendig ist. Diese Form des Trackings erlaubt lange Erhebungszeiträume, geht allerdings mit einer geringeren Datenqualität einher, da Fehler in der Regel nicht korrigiert werden und zusätzliche Informationen, wie der Wegezweck und Angaben zur Soziodemographie, zumeist nicht vorliegen.

Beim aktiven Tracking werden die Wege ebenfalls automatisch erfasst. Die Befragten sollen die aufgezeichneten Wege allerdings prüfen, bei Bedarf korrigieren und – bei Apps wie MovingLab – fehlende Wege ergänzen. Der Aufwand für die Befragten hängt dabei stark von der Qualität der erfassten Daten und dem Trackingverhalten der Nutzenden ab. Wird das Smartphone häufig vergessen oder läuft die App nicht automatisch im Hintergrund, sondern muss – wie im Fall der MovingLab-App – manuell aktiviert werden, kann es schnell zu einem hohen Aufwand für die Befragten kommen. Aus diesem Grund sind auch bei Tracking-Erhebungen nicht automatisch lange Erhebungszeiträume realisierbar. Der Erhebungsaufwand kann jedoch reduziert werden, wenn die Überprüfung der Wege nur für die ersten Erhebungstage verpflichtend vorgesehen ist. Hilfreich kann auch die Abfrage wichtiger Zielorte zu Beginn der Erhebung sein. Darüber können

automatisch Angaben, etwa zu den Wegezwecken, generiert werden, wodurch der Erhebungsaufwand reduziert wird.

Trotz der noch bestehenden Herausforderungen wird Tracking in Zukunft eine bedeutende Rolle in der Mobilitätsforschung und -planung einnehmen. Die Rahmenbedingungen für den Einsatz von Tracking-Apps haben sich in den letzten Jahren zunehmend verbessert – sowohl aufgrund der weiten Verbreitung internetfähiger Smartphones und einer zunehmend leistungsfähigen digitalen Infrastruktur als auch durch das wachsende Interesse an datenbasierter Mobilitätsplanung. Zudem stärkt die kontinuierliche Weiterentwicklung der Tracking-Apps, insbesondere hinsichtlich der Genauigkeit der Moduserkennung und der Energieeffizienz, ihre Eignung als Instrument zur detaillierten Erfassung des Mobilitätsverhaltens.

In den großen nationalen Mobilitätserhebungen, wie der MiD und dem SrV, finden trackingbasierte Methoden aktuell noch keine Anwendung. Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt) betreuten Projekts werden jedoch die Einsatzmöglichkeiten und die Integration dieser Methode in die MiD-Erhebung untersucht⁶. Für die nächsten Erhebungsdurchläufe der MiD und des SrV, die jeweils für das Jahr 2028 vorgesehen sind, soll Tracking jeweils bei einer Teilstichprobe zum Einsatz kommen.

Die vorgestellten Erhebungskonzepte und -methoden weisen damit jeweils spezifische Vor- und Nachteile auf. Die Wahl der Methode hängt in der Regel maßgeblich von dem zur Verfügung stehenden Budget und von den angestrebten Analysezielen ab. Bereits mit dem klassischen, vergleichsweise kostengünstigen Wegekonzept lassen sich durch gezieltes Nachfragen nach vergessenen Etappen hohe Anteile an Fußetappen erfassen. Fällt die Wahl auf das Tracking, sollte eine sorgfältige Analyse der Stichprobe und potenzieller Verzerrungen vorgenommen werden.

Der kombinierte Ansatz aus herkömmlichem Wegekonzept und Tracking – wie er in der MiD und im SrV angedacht ist – stellt eine vielversprechende Variante dar, um die Vorteile beider Methoden zu nutzen. Dabei ist es eine zentrale Aufgabe, durch eine vergleichende Analyse wichtiger Merkmale, etwa der Anzahl der Wege oder der Bestimmung des Hauptverkehrsmittels, einen integrierten Gesamtansatz zu entwickeln und die voneinander abweichenden Datensätze in einen einheitlichen Gesamtdatensatz zu überführen.

⁶ Das Projekt „Anwendbarkeit und Ausgestaltung technologiebasierter Erhebungsmethoden zur Optimierung bestehender Mobilitätserhebungen“ (FE 77.0612/2023) ist am 01.10.2024 gestartet und wird vom Institut für angewandte Sozialwissenschaft (infas), der Technischen Universität Dresden und der Firma Motiontag durchgeführt.

Tabelle 10: Vergleichende Übersicht der Erhebungskonzepte und -methoden zur Erfassung des Fußverkehrs

Erhebungs-konzept	Erhebungs-methode	Aufwand für Teilnehmende	Analysierte Datensätze im Projekt	Vollständigkeit der Erfassung von Fußetappen	Positive Aspekte	Negative Aspekte
Wege-konzept	PAPI und CAWI	Gering	Wege-Split, MiD (PAPI/CAWI-Stichprobe)	●○○○○	Vergleichsweise geringer Dokumentationsaufwand für Teilnehmende, Potenzial für höheren Rücklauf	Fokus auf Hauptverkehrsmittel, Fußetappen werden häufig vergessen
	PAPI und CAWI, mit Nachfragen nach vergessenen Fußetappen	Mittel	Wege-Split	●●●○○	Nachfragen nach vergessenen Fußetappen erhöht den Anteil intermodaler Wege mit Fußetappe deutlich	Leicht erhöhter Dokumentationsaufwand für Teilnehmende durch Nachfrage nach vergessenen Fußetappen; letztlich auch hier Fokus auf Hauptverkehrsmittel
	CATI	Mittel	MiD (CATI-Stichprobe)	●○○○○ Mit Nachfragen nach Fußetappen ●●●○○	Nachfragen nach vergessenen Fußetappen leicht umsetzbar, Unterstützung durch Interviewer und Interviewerinnen erhöht die Datenqualität	Hohe Kosten, geschultes Interviewpersonal notwendig, Terminvereinbarung erforderlich oder Spontananruf zu ggf. ungünstigem Zeitpunkt
Etappen-konzept	PAPI und CAWI	Hoch	Etappen-Split	●●○○○	Eingabemasken für Etappen erleichtern das Erinnern an einzelne Wegetappen und genutzte Verkehrsmittel	Eingabemasken zur Dokumentation tlw. komplex, Dauer und Länge der Etappen schwer abschätzbar
	PAPI und CAWI, mit Nachfragen nach vergessenen Fußwegen	Hoch	Etappen-Split	●●●●○	Nachfrage nach vergessenen Fußetappen erhöht den Anteil intermodaler Wege mit Fußetappe	Eingabemasken zur Dokumentation tlw. komplex, Dauer und Länge der Etappen schwer abschätzbar
	CATI	Hoch	MZMV	●●●●○	Nachfragen nach vergessenen Fußetappen leicht umsetzbar, höhere Datenqualität durch Unterstützung Interviewer und Interviewerinnen	Hohe Kosten, geschultes Interviewpersonal notwendig, lange Interviewdauer, Terminvereinbarung erforderlich, Spontananruf zu ggf. ungünstigem Zeitpunkt

Erhebungs-konzept	Erhebungs-methode	Aufwand für Teilnehmende	Analysierte Datensätze im Projekt	Vollständigkeit der Erfassung von Fußstappen	Positive Aspekte	Negative Aspekte
Tracking-Konzept	Passives GPS-Tracking (ohne Validierung)	Gering	/	/	Automatische Aufzeichnung der Wege, sehr geringer Aufwand für Teilnehmende, dadurch sind lange Erhebungszeiträume möglich, die potenzielle Auskunftsbereitschaft für zusätzliche Fragen wird erhöht	Reduzierte Informationen (keine Wegezwecke, Zusatzinformationen), tlw. keine soziodemografischen Daten, verminderte Datenqualität aufgrund fehlender Validierung, hoher Akkuverbrauch durch Tracking-App, tlw. technische Probleme, Preisgabe sehr privater Informationen, mögliche Stichprobenverzerrung durch selektive Teilnahme am Tracking
	Aktives GPS-Tracking (mit Validierung)	Mittel bis hoch (je nach Qualität der Trackingdaten)	MOBIS	●●●●○	Automatische Aufzeichnung der Wege, durch die Validierung der Wege steigt die Datenqualität	Hoher Akkuverbrauch, tlw. technische Probleme, Preisgabe sehr privater Informationen, mögliche Stichprobenverzerrung durch selektive Teilnahme am Tracking, lange Erhebungszeiträumen mit Validierung nur begrenzt möglich
	Aktives GPS-Tracking (mit Validierung und manueller Ergänzung fehlender Wege)	Mittel bis hoch (je nach Qualität der Trackingdaten)	MovingLab	●●●●○	Automatische Aufzeichnung der Wege, höhere Datenqualität durch Validierung und manuelle Ergänzung nicht erfasster Wege	Hoher Akkuverbrauch, tlw. technische Probleme, Preisgabe sehr privater Informationen, mögliche Stichprobenverzerrung durch selektive Teilnahme am Tracking, lange Erhebungszeiträumen mit Validierung und manuellen Ergänzungen nur begrenzt möglich

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

3.7 Zusammenfassung

Die vergleichende Analyse der sechs Datensätze im Rahmen des Projekts bestätigt die zugrunde gelegte Hypothese: Fußetappen sind ein wichtiger Bestandteil der alltäglichen Mobilität, der bei herkömmlichen wegebasierten Erhebungen deutlich untererfasst wird. Bei der im Projekt durchgeföhrten Erhebung mit dem Wegekonzept konnte gezeigt werden, dass bereits ein einfaches Nachfragen, ob es auf dem Weg eine Fußetappe gab, dazu führt, dass rund ein Viertel der Wege, die zunächst ohne Fußetappe berichtet wurden, nachträglich um mindestens eine Fußetappe ergänzt werden konnten.

Der Anteil des Fußverkehrs variiert je nach Erhebungskonzept erheblich. Neben den reinen Fußwegen ist insbesondere der Anteil intermodaler Wege von Bedeutung, bei denen neben der Nutzung eines anderen Verkehrsmittels mindestens eine Fußetappe zurückgelegt wird. Am höchsten liegt dieser Anteil bei den Trackingdaten des MovingLab mit 48 %, am niedrigsten beim Wege-Split vor der Nachfrage nach vergessenen Fußetappen mit 8 %. Insgesamt zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg des Fußverkehrs – sowohl reine Fußwege als auch intermodale Wege mit Fußetappe – von wegebasierten über etappenbasierte bis hin zu trackingbasierten Erhebungen: Beim Wegekonzept beträgt er etwa ein Drittel, beim Etappenkonzept knapp die Hälfte und beim Trackingkonzept rund zwei Drittel aller Wege.

Wird der Modal Split nicht auf Wege- sondern auf Etappenbasis ausgewiesen, erreicht der Fußverkehr mit 40 % bis 48 % die höchsten Anteile und übertrifft damit bei fast allen Erhebungen die Anteile der anderen Verkehrsmittel. Eine etappenbasierte Betrachtung lässt die Bedeutung des Fußverkehrs damit deutlicher sichtbar werden. Es zeigen sich jedoch auch hier Lücken.

Das Zufußgehen ist in allen Erhebungen der dominierende Zu- und Abgangsmodus. Sehr häufig wird jedoch kein Verkehrsmittel angegeben, was insbesondere beim öffentlichen Verkehr auf fehlende Angaben oder unerkannte Fußetappen im Tracking hinweist. Tatsächlich treten beim ÖV deutlich häufiger Zu- und Abgangsetappen auf, als bei anderen Verkehrsmitteln. Besonders hoch ist der Anteil beim MZMV. In rund 95 % der Fälle wird hier eine Zu- und Abgangsetappe erfasst, während dies in den Tracking-Erhebungen deutlich seltener der Fall ist. Generell bilden Tracking-Erhebungen Fußetappen vor und nach der ÖV-Nutzung weniger zuverlässig ab als erwartet. Die systematische Erfassung des Wegeverlaufs im Interview, wie beim MZMV der Fall, liefert die konsistentesten und am besten nachvollziehbaren Ergebnisse.

Das beispielhafte Übertragen der Anteile intermodaler Wege und der darin enthaltenen Fußetappen auf die mit dem Wegekonzept erzielten Ergebnisse führt zu einem deutlichen Anstieg des Zufußgehens. Dadurch erhöht sich der Anteil des Fußverkehrs am Modal Split des Verkehrsaufkommens auf bis zu 47 %, während sich sein Anteil an der Verkehrsleistung von 3 % auf gut 5 % fast verdoppelt.

Insgesamt weisen die Erhebungskonzepte (Wegkonzept, Etappenkonzept, Tracking) spezifische Vor- und Nachteile auf, die bei der Entwicklung des Erhebungsdesigns und der Datenauswertung zu berücksichtigen sind. Eine vergleichende Übersicht der Erhebungskonzepte und -methoden sowie ihrer Stärken und Schwächen bei der Erfassung des Fußverkehrs ist Kapitel 3.6 zu entnehmen. Für eine umfassende Erhebung des Fußverkehrs eignen sich sowohl das herkömmliche Wegekonzept – vorausgesetzt, es wird gezielt nach vergessenen Fußetappen gefragt – als auch das Etappenkonzept, bei dem trotz detaillierterer Erfassung die explizite Nachfrage ebenfalls zu einer Erhöhung der Fußetappen führt. Auch beim Tracking werden in hohem Maß Fußetappen erfasst. Da diese Erhebungsmethode deutliche Unterschiede zu herkömmlichen Verfahren aufweist, bietet sich ein kombiniertes Konzept aus klassischer

Wegeerhebung und Tracking in unterschiedlichen Teilstichproben – wie es bei den nächsten Erhebungsdurchläufen der MiD und dem SrV angedacht ist – an, um langfristig die Integration von Tracking in die Wegeerfassung oder eine generelle Umstellung von Wegeerhebungen auf Tracking voranzubringen.

4 Erreichbarkeitsmaße

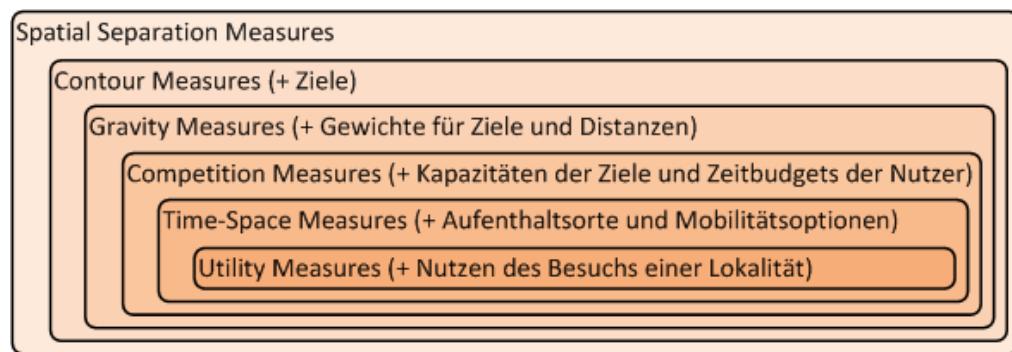
Obwohl schon seit den späten 1950er Jahren eingesetzt (Hansen 1959), erleben Erreichbarkeitsmaße derzeit eine Renaissance. Lange Zeit dominierte eine MIV-zentrierte Betrachtung des Verkehrs, die sich in Kenngrößen wie Durchschnittsgeschwindigkeiten oder Verkehrsfluss (Fahrzeuge/Zeit) widerspiegeln. Mit dem wachsenden Interesse an der Reduktion der durch den MIV verursachten Belastungen und der Förderung aktiver Mobilität (Fahrrad und zu Fuß) rücken auch andere Verkehrsmodi in den Fokus der Planung und erfordern entsprechende Kenngrößen und Indikatoren. Erreichbarkeitsmaße können für alle Verkehrsmodi berechnet werden. Sie berücksichtigen dabei nicht nur die Eigenschaften der Verkehrswege (Infrastruktur), sondern auch das Angebot an Zielorten für die Ausübung von Aktivitäten und deren Verteilung im Raum (Litman 2016). Sie unterstützen die Raumplanung, indem sie dabei helfen, sowohl fehlende Aktivitätsorte als auch Mängel in deren Anbindung aufzudecken.

Erreichbarkeitsmaße sind sehr heterogen. Es existiert eine Vielzahl von aufeinander aufbauenden Klassen (siehe Abbildung 23). Gleichzeitig sind die jeweils betrachteten Quellen, Ziele und auch die angesetzten Begrenzungen der Suchweite, wie maximale Reisezeit, maximale Distanz oder Anzahl der Ziele, innerhalb der Klassen variabel und werden fallbasiert gewählt. Die in Abbildung 23 dargestellten Klassen gewichten erreichbare Zielorte z. B. mit Entfernung (Gravity Measures) und/oder mit deren Kapazitäten (Gravity Measures und Competition Measures) oder berücksichtigen die Zeitpunkte des Tages bzw. der Woche (Time-Space Measures) – z. B. über Öffnungszeiten von Geschäften oder die nach einer Arbeitszeit verbleibende Tageszeit – um den noch offenen Möglichkeitsraum darzustellen. Solche Gewichtungen können aber kaum mit empirischen Daten unterlegt werden, sondern bedürfen für die Parametrisierung weitere Modelle. Aus diesem Grund werden sie im Folgenden nicht betrachtet, die Arbeit beschränkt sich auf die Klasse der „Contour Measures“ bzw. der „Komplexen Erreichbarkeitsindikatoren“⁷. Ausgehend von einem Quellort werden bei dieser Klasse der Erreichbarkeitsmaße die Wege zu den erreichbaren Zielorten bestimmt, wobei modusspezifische Verkehrsnetze und Geschwindigkeiten genutzt werden. Auch innerhalb dieser Klasse ist eine Vielzahl von Variationen zu finden. Zu ihr gehören Erreichbarkeitsmaße, die die Distanz oder Reisezeit zur nächsten Instanz des Zieltyps oder zu den nächsten Instanzen wiedergeben, wie auch Kumulationsindikatoren, die die Anzahl innerhalb eines Reisezeit- oder Distanzlimits erreichbarer Instanzen wiedergeben. Der Vorteil dieser Klasse von Erreichbarkeitsmaßen ist, dass sie lediglich die Lagen der Quell- und Zielorte und ein Verkehrsnetz, über das geroutet wird, für die Berechnung benötigen.

Insbesondere im Zusammenhang mit dem Konzept der 15-Minuten-Stadt werden zunehmend komplexe Erreichbarkeitsmaße untersucht, die verschiedene Zielorte berücksichtigen und diese ggf. nach der Häufigkeit des Aufsuchens gewichten (siehe auch Kapitel 4.2.5, Kapitel 5.3.3 und Schwarze, 2025). Dabei stellen sowohl die begrenzte Datenverfügbarkeit als auch die Parametrierung und Interpretation der Ergebnisse eine Herausforderung dar, da verschiedene Einflussgrößen und Verhaltensweisen miteinander verschränkt und ggf. gesondert analysiert werden müssen.

⁷ Mittels „Einfacher Infrastrukturindikatoren“ wird für ein Gebiet das vorhandene Mobilitätsangebot durch das, ggf. gewichtete Abzählen festgelegter Infrastrukturen quantifiziert. Die Bewertung erfolgt zumeist durch einen Vergleich zwischen Gebieten. Im Rahmen dieses Berichts werden einfache Infrastrukturindikatoren nicht weiter betrachtet.

Abbildung 23: Klassen von Erreichbarkeitsmaßen



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Ziel der Arbeiten war die Umsetzung von mindestens zwei Ansätzen für Erreichbarkeitsmaße mit Fokus auf den Fußverkehr, deren Anwendung in ausgewählten Gebieten sowie die Entwicklung und Implementierung geeigneter Visualisierungen. Bei der Auswahl der Erreichbarkeitsmaße wurde ein besonderes Augenmerk auf Ansätze gelegt, die nachvollziehbar und reproduzierbar sind, um z.B. Veränderungen im Zeitverlauf abbilden zu können oder eine einfache Anwendung in anderen Räumen zu ermöglichen.

In den folgenden Unterkapiteln werden die für das Erreichen der Projektziele durchgeführten Arbeiten beschrieben. Zunächst werden in Kapitel 4.1 die Ergebnisse einer Recherche zu Erreichbarkeitsmaßen unter besonderer Berücksichtigung des Fußverkehrs vorgestellt. Einflüsse auf die fußläufige Erreichbarkeit von Zielen werden in Kapitel 4.2 besprochen. Kapitel 4.3 widmet sich der Auswahl und Umsetzung der innerhalb des Projektes berechneten Erreichbarkeitsmaße. Das Kapitel endet mit einer Zusammenfassung.

4.1 Recherche

Zentrale Erkenntnisse

- ▶ Die Begriffe „Erreichbarkeit“ und „Erreichbarkeitsmaße“ werden häufig genutzt, allerdings wird oft nicht definiert, wie diese zu erheben bzw. zu bestimmen sind.
- ▶ Bei der Betrachtung von Erreichbarkeiten wird der Modus Zufußgehen oft berücksichtigt (in 45 % der recherchierten Publikationen).
- ▶ Erreichbarkeitsmaße werden für Gebiete verschiedener Größe berechnet, allerdings zumeist ausgehend von den Mittelpunkten von Gitterzellen. Die Zieltypen sind sehr heterogen.
- ▶ Zumeist wird über ein Verkehrsnetz geroutet, die Reisezeit ist die dominierende Messeinheit für Erreichbarkeiten.

4.1.1 Vorgehen

Die Recherche erfolgte über eine Standard-Web-Suchmaschine sowie über Publikationsportale auf Basis spezifischer Stichwörter. Die Stichwörter wurden dabei zunehmend thematisch eingegrenzt, um spezifische Aspekte gezielt zu analysieren. Folgende Stichwörter wurden in die Analyse einbezogen: „Erreichbarkeit“, „Erreichbarkeitsindikator Fuß“, „Erreichbarkeit Fuß Indikator“, „integrierter Erreichbarkeitsindikator Fuß“, „Erreichbarkeit Aufenthaltsqualität Indikator“, „Walkability“ sowie „Routing Pedestrians“.

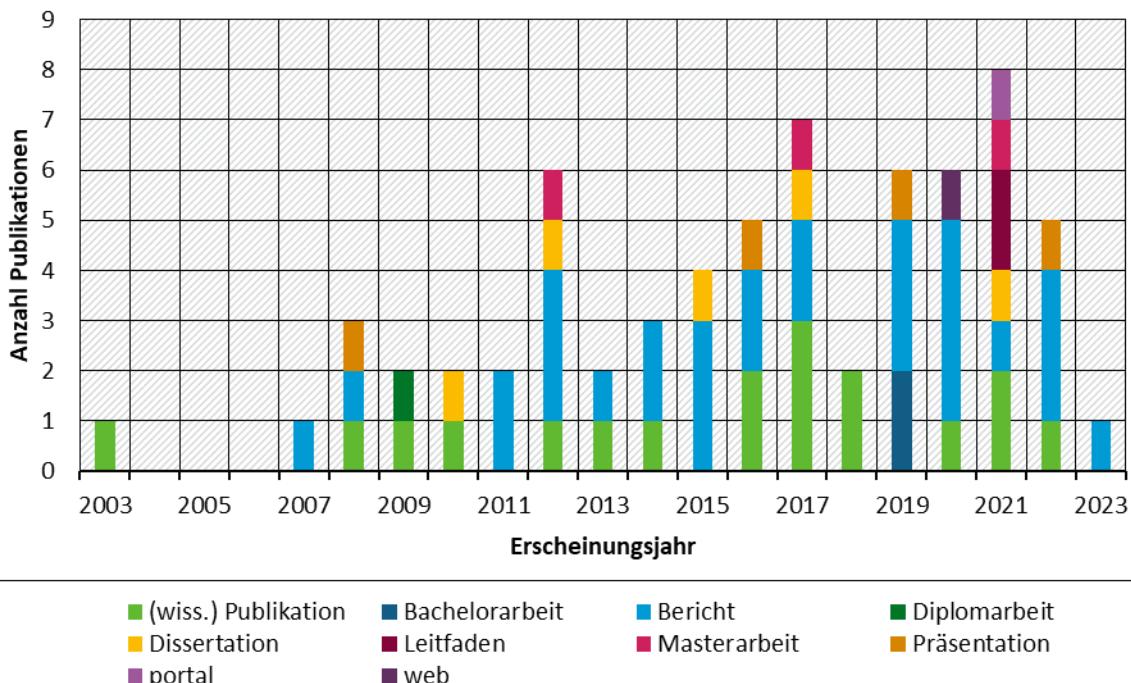
Offensichtlich nicht relevante Sucheinträge wurden ohne weitere Analyse übersprungen. Auf Web-Portalen dargestellte Erreichbarkeitsmaße wurden ebenfalls ausgeschlossen.⁸ Insgesamt sind 172 Dokumente unterschiedlicher Art zusammengetragen worden. Zusätzlich wurden bereits vor Projektbeginn gesammelte, im Gegensatz zu der Suche zumeist englischsprachige Dokumente zum Thema Erreichbarkeiten erneut auf ihre Relevanz für die Fragestellungen des Projektes geprüft. Diese ergänzten die Analyse um 70 weitere Dokumente, sodass insgesamt 242 Dokumente in die Analyse eingingen.

Die über die Suche gefundenen, zitierbaren PDF-Dokumente sind heruntergeladen und wiederholt hinsichtlich ihrer Relevanz überprüft worden. Dokumente, die keine Beschreibung der Berechnung von Erreichbarkeitsmaßen beinhalten, z. B. Policy-Paper, sind verworfen worden und werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. Die verbleibenden sind mittels der Software „JabRef“⁹ in ein bibliografisches Verzeichnis übernommen worden. Insgesamt sind aus den verbliebenen Dokumenten 141 Beispiele für die Anwendung von Erreichbarkeitsmaßen extrahiert worden, die zumeist so vollständig beschrieben sind, dass sie repliziert werden könnten.

4.1.2 Metainformationen

Wie bereits erwähnt, wurden Dokumente verschiedener Typen identifiziert. Neben überwiegend wissenschaftlichen Konferenz- und Journal-Beiträgen zählen hierzu auch Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten. Zudem finden sich unter den Dokumenten einige Berichte¹⁰ aus Projekten und Studien, oft mit kommunalen Auftraggebern. Die Dokumente stammen aus der Zeit von 2003 bis 2023. Abbildung 24 zeigt die Verteilung der Dokumententypen nach Erscheinungsjahr.

Abbildung 24: Verteilung der Dokumenttypen nach Erscheinungsjahr



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

⁸ Zwei Portale sind innerhalb der Recherche gefunden worden: a) [Erreichbarkeiten von Kindertageseinrichtungen in Nordrhein-Westfalen](#), b) [Geoportal der Metropolregion Hamburg](#).

⁹ <https://www.jabref.org/>

¹⁰ Gutachten werden zwecks besserer Übersicht als „Berichte“ geführt.

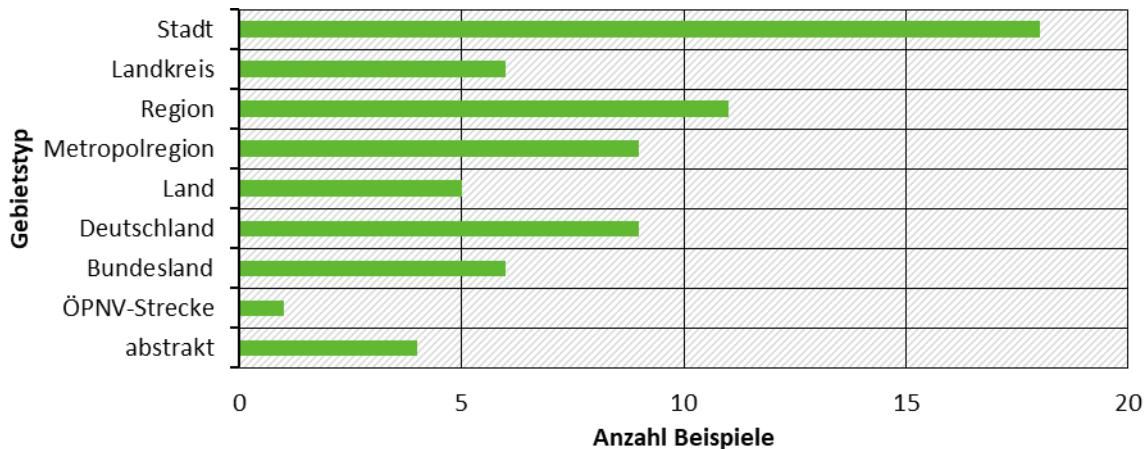
4.1.3 Eigenschaften der Erreichbarkeitsmaße

Nachfolgend werden die verschiedenen Ansätze der Berechnung von Erreichbarkeitsmaßen dargestellt. Eine Statistik über die Dokumente ist dabei schwierig, da viele dieser mehrere Beispiele mit unterschiedlichen Methoden und betrachteten Gebieten beinhalten. Da die Darstellung darauf abzielt die methodischen und räumlichen Variationen abzubilden, werden im Folgenden nicht die Dokumente selbst, sondern die darin beschriebenen Beispiele wiedergegeben.

Betrachtete Gebietsgröße

Die Publikationen betrachten Gebiete unterschiedlicher Größe, die von Gemeinden oder Landkreisen (z. B. Ostholstein, Lüchow-Dannenberg, Nordwestmecklenburg) über Städte (z. B. Stuttgart, Düsseldorf, Wien) und Metropolregionen (Hamburg, München, Berlin) sowie Regionen (Mainfranken) und Bundesländer bis hin zur Betrachtung der gesamten Bundesrepublik oder anderer Länder reichen. Die jeweiligen Anteile werden in Abbildung 25 dargestellt. „Abstrakt“ bezeichnet hierbei Dokumente, in denen ein methodischer Ansatz entweder ohne konkreten Anwendungsfall oder anhand eines konstruierten Beispiels vorgestellt wird.

Abbildung 25: Häufigkeitsverteilung der benutzten Gebietsgrößen

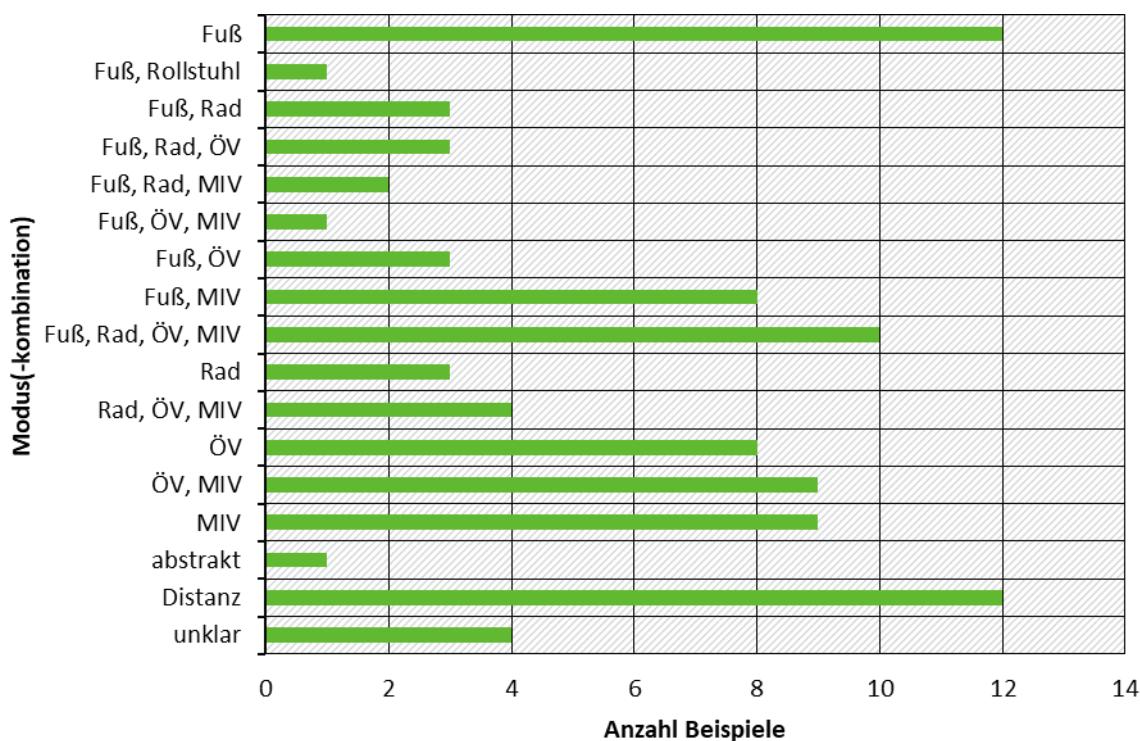


Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Verkehrsmodi

Die Dokumente betrachten die Erreichbarkeiten mit den Verkehrsmodi „Fuß“, „Rad“, „ÖV“ sowie „MIV“ in verschiedenen Kombinationen. Beim ÖPNV wird nicht zwischen den einzelnen Verkehrsträgern unterschieden, und neuere Verkehrsmittel, wie z. B. E-Scooter, werden nicht berücksichtigt. Eine Ausnahme ist hier die Publikation Schütt, 2019, in der auch die Erreichbarkeit für Rollstuhlfahrende untersucht wird. In einigen Dokumenten, z. B. Wulffhorst et al., 2012, werden auch externe Erreichbarkeiten mit Verkehrsmitteln des Fernverkehrs – Flugzeug und Fernbahnen – besprochen, die im Nachfolgenden nicht weiter betrachtet werden. Abbildung 26 stellt die Verteilung der betrachteten Modi innerhalb der Dokumente dar. Als „abstrakt“ werden Beschreibungen ohne Anwendungsbeispiele für einen bestimmten Modus bezeichnet, „unklar“ deutet auf eine fehlende Angabe des betrachteten Verkehrsmodus bzw. der betrachteten Größe hin. 63 der 141 Beispiele (ca. 45 %) beinhalten die Ergebnisse von Erreichbarkeitsmessungen für den Modus Zufußgehen.

Abbildung 26: Häufigkeitsverteilung der betrachteten Modi und Moduskombinationen

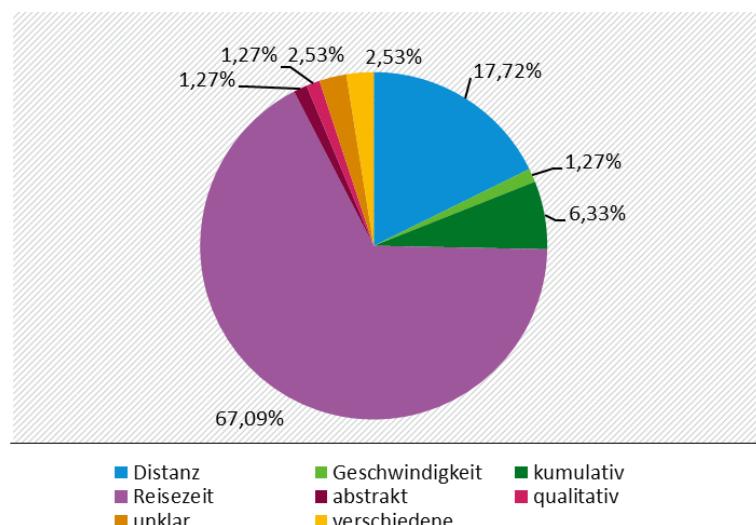


Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Maße

Zumeist wird die Reisezeit als Maß genutzt, gefolgt von der Distanz. Abbildung 27 stellt die Verteilung der verschiedenen Maße dar. Die Bezeichnung „qualitativ“ fasst Studien zusammen, bei denen die berechneten Werte in eine qualitative Skala, wie z. B. Werte zwischen „gute Anbindung“ bis „schlechte Anbindung“, überführt wurden oder als solche erhoben worden sind. „kumulativ“ beschreibt das Aufsummieren einer Größe, zumeist der Anzahl von Arbeitsplätzen, die innerhalb eines festgelegten Zeitlimits erreicht werden kann.

Abbildung 27: Häufigkeitsverteilung der betrachteten Maße



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Quellen und Zonierung

Meistens wird die Erreichbarkeit von Objekten für die Bevölkerung betrachtet, daher werden in der Regel Wohnorte bzw. bevölkerte Gebiete als Startpunkte herangezogen. Zur Reduzierung des Rechenaufwands werden in der Regel aggregierte Flächen verschiedener Größe anstelle einzelner Gebäude genutzt, für die das Erreichbarkeitsmaß berechnet wird. Das Erreichbarkeitsmaß wird dann ausgehend von dem Schwerpunkt (Zentroid) des Gebietes bestimmt¹¹ und „gilt“ für alle sich innerhalb des Gebietes befindenden Gebäude. Die hierbei in Kauf genommenen Fehler sowie Möglichkeiten diese über die Nutzung gewichteter Zentroide zu reduzieren, werden z. B. in Peter (2021) besprochen.

In den meisten Fällen wird der betrachtete Raum in einheitliche rechteckige Gitterzellen einer einheitlichen Größe eingeteilt. Abbildung 28 stellt die Verteilung der verschiedenen Zonierungen in der untersuchten Literatur dar. Bei den als „diskret“ bezeichneten Beispielen erfolgte keine Zonierung; stattdessen werden die Erreichbarkeiten einzelner Orte, wie Gebäude oder Stadtzentren, beschrieben. Die Bezeichnung „Verkehrsnetz“ wurde verwendet, wenn – z. B. von einem Stadtzentrum ausgehend – die Erreichbarkeit durch eine Einfärbung des Verkehrsnetzes veranschaulicht wird.

Die für die Darstellung sowie die bei der Interpretation der Ergebnisse gewählten Zonierungen müssen nicht unbedingt der Einteilung entsprechen, die bei der Berechnung genutzt wurde. So können bspw. Erreichbarkeitsmaße innerhalb eines Gebietes für jedes darin enthaltene Gebäude individuell berechnet und mit der Anzahl der in diesen Gebäuden lebenden Personen gewichtet werden, bevor sie in den durchschnittlichen Wert des Gebietes einfließen. Oft, insbesondere beim Zitieren fremder Arbeiten, werden die gewählten Startpunkte nicht angegeben.

Abbildung 28: Häufigkeitsverteilung der genutzten Zonierungen



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

¹¹ Mit Ausnahme von (Mantinger & Jäger 2021). Hier werden Zellecken als Startpunkte genutzt.

Ziele

Die Ziele sind die heterogenste Eigenschaft der Erreichbarkeitsmaße. Zu Zielen gehören unter anderem Bildungseinrichtungen (Grundschulen, weiterführende Schulen, Gymnasien, Berufsschulen, Universitäten etc.), Orte für die Nahversorgung (Lebensmittelgeschäfte unterschiedlicher Kategorien, Geschäfte), Freizeiteinrichtungen und -orte (Kinos, Grünflächen), medizinische Einrichtungen (Ärzte, ggf. unterteilt in Kinder-, Haus- oder Fachärzte, Apotheken, Krankenhäuser), Kinderbetreuungseinrichtungen oder Güterverteilzentren. Wie Ziele den bei der Zonierung genutzten Zellen zugeordnet werden, wird zumeist nicht berichtet.

Eine Besonderheit stellt die Klasse der „kombinierten“ Ziele dar. Hierbei werden die Erreichbarkeiten von Zielen verschiedenen Typs, unterschiedliche Methoden und verschiedene Faktoren nutzend, zu einem einzelnen Indikator zusammengefasst.

Beschränkungen

Zumeist wird nur die nächste bzw. die am schnellsten erreichbare Lage eines Zieltyps betrachtet. In einigen Fällen wird die Erreichbarkeit der nächsten x Zielorte bestimmt. Selten werden statistische Größen wie Perzentile der Verteilungen angegeben oder die Entfernung des zweitnächsten Ortes bzw. die Reisezeit zu diesem. Beschränkungen der maximalen Reisezeit oder Distanz finden sich innerhalb der betrachteten Literaturquellen nur bei der Nutzung von Isochronen wieder.

4.1.4 Softwarepakete

Die meisten Berechnungen sind mittels eines Geoinformationssystems (GIS) erstellt worden. Die kommerzielle GIS-Software der Firma ESRI hat hierfür ein Plugin namens „Network Analyst“. Eine der am häufigsten genannten Open Source-Varianten ist der Dienst „openrouteservice.org¹²“ für das ein QGIS¹³-Plugin existiert.

4.1.5 Berechnungsvarianten

Meistens wird an einer Quelle, z. B. vom Mittelpunkt einer Gitterzelle startend, eine Breitensuche (siehe auch Kapitel 4.2.1) über ein Verkehrsnetz durchgeführt, bis ein Zielort oder die gewünschte Anzahl von Zielorten des betrachteten Typs gefunden wurde. Der räumliche Ausgangspunkt ist dabei meist nicht die Position der Quelle selbst, sondern der nächstgelegene Punkt auf dem Verkehrsnetz. Die Breitensuche ist ungerichtet, d. h. die „gesehene“ Fläche wird zunehmend erweitert, jeweils ausgehend von der bislang kürzesten Entfernung.

Frick et al. (2015) nutzen für die Berechnung von Erreichbarkeiten der Modi Fuß und Fahrrad einen rasterbasierten Ansatz. Hierbei wird die Fläche in ein Raster von 5 m Kantenlänge (15 m bei Fahrrad) unterteilt und jede Gitterzelle wird durch ihre Verkehrsinfrastruktur gewichtet. Eine Besonderheit hierbei ist, dass auch begehbarer Flächen berücksichtigt werden, die nicht explizit als Verkehrswände ausgezeichnet sind. Der Ansatz berücksichtigt auch Höheninformationen.

Teilweise werden auch Verfahren genannt, die Entfernung als Luftliniendistanz bestimmen (z. B. Burgdorf et al. 2014). Richter et al. (2016) vergleichen den Standardansatz der Breitensuche mit einem Ansatz, bei dem um Zielgebiete (Grünflächen) ein Puffer gelegt wird, um Gebäude (Startpunkte) innerhalb einer bestimmten Distanz zu erhalten.

¹² <https://openrouteservice.org/>

¹³ QGIS ist ein freies (Open Source) Geoinformationssystem (<https://qgis.org/>).

4.1.6 Routenwahl

Wird für die Berechnung der Erreichbarkeitsmaße ein Verkehrsnetz verwendet, wird zumeist der schnellste Weg bestimmt. Raummerkmale (vgl. Kapitel 4.2.3) beeinflussen jedoch nicht nur die Wahrnehmung von Distanzen beim Zufußgehen, sondern auch die Routenwahl. Geeignete Gewichtungsfunktionen sind aber noch Gegenstand der Forschung (siehe Kapitel 4.2.6).

4.1.7 Zusammenfassung der Rechercheergebnisse zu Erreichbarkeitsmaßen

Der Begriff Erreichbarkeit wird im Zusammenhang mit der Verkehrswende zunehmend häufig verwendet. Allerdings gibt es nur wenige Literaturquellen, die eine konkrete Beschreibung der tatsächlichen Berechnung enthalten. Häufig wird „Erreichbarkeit“ als ein abstrakter Begriff genutzt, der einen wünschenswerten Zustand beschreibt. Gleichzeitig sind Erreichbarkeitsindikatoren sehr gut beforscht, so dass von einem nicht ausreichenden Transfer in die Praxis ausgegangen werden kann. Die ausgewerteten Dokumente, die entsprechende Berechnungsverfahren beschreiben, nennen zumeist alle notwendigen Informationen, um die Berechnungen nachzuvollziehen. Dabei ist jedoch festzustellen, dass über die genutzte Projektion auf ein Geo-Koordinatensystem in keinem der Dokumente ein Hinweis gefunden worden ist und auch die Aggregation der Ziele bei der Zonierung nicht beschrieben wird.

4.2 Aspekte der fußläufigen Erreichbarkeit

Zentrale Erkenntnisse

- ▶ Diverse Einflüsse bestimmen, ob Zufußgehen als angenehm empfunden wird. Viele hiervon können noch nicht quantitativ erfasst und bei der Berechnung von Erreichbarkeitsmaßen berücksichtigt werden.
- ▶ Bei der Visualisierung von Erreichbarkeitsmaßen ist vor allem die Wahl einer geeigneten Größe der Flächen, über die aggregiert wird, entscheidend.
- ▶ Die aktuellen Ansätze zur Bewertung eines Gebietes als Stadt der 15 Minuten basieren zumeist auf der Kombination der Erreichbarkeiten verschiedener Zieltypen. Allerdings gibt es noch keine allgemein akzeptierte Formel, die die Gewichtung der Zieltypen beschreibt.

4.2.1 Generelles

Erreichbarkeitsmaße werden zumeist durch eine sogenannte Breitensuche im Graphen des Verkehrsnetzes berechnet. Trotz zunehmend schnellerer Hardware und der Verfügbarkeit genauer Positionen einzelner Gebäude werden bei der Berechnung von Erreichbarkeitsmaßen in der Regel noch immer die Mittelpunkte von Gebieten wie Gemeinden, Verkehrszellen oder Rasterzellen oder sogenannte Repräsentanten, die innerhalb dieser verteilt sind, als Startpunkte herangezogen (vgl. Kapitel 4.1.3). Dies ist insbesondere für die Betrachtung fußläufiger Erreichbarkeiten nicht ausreichend, da die beim Zufußgehen zurückgelegten Distanzen gering sind und eine Reduktion der Auflösung relativ hohe Ungenauigkeiten zur Folge hat (siehe z. B. Peter 2021).

Die Breitensuche wird abgebrochen sobald die am schnellsten erreichbare Instanz oder eine vorgegebene Anzahl an Instanzen gefunden worden sind. Das Ergebnis besteht aus den Reisezeiten und -weiten zu diesen Instanzen, ausgehend vom Ausgangspunkt. Die Klasse dieser Maße wird „komplexe Erreichbarkeitsindikatoren“ genannt. Alternativ kann die Breitensuche auch begrenzt werden, indem z. B. eine maximale Reisedauer oder eine maximale Distanz vorgegeben wird. In diesem Fall besteht das Ergebnis aus der Anzahl der erreichbaren Instanzen

innerhalb der vorgegebenen Begrenzungen. Diese Klasse der Erreichbarkeitsmaße wird „Kumulative Erreichbarkeitsindikatoren“ genannt.

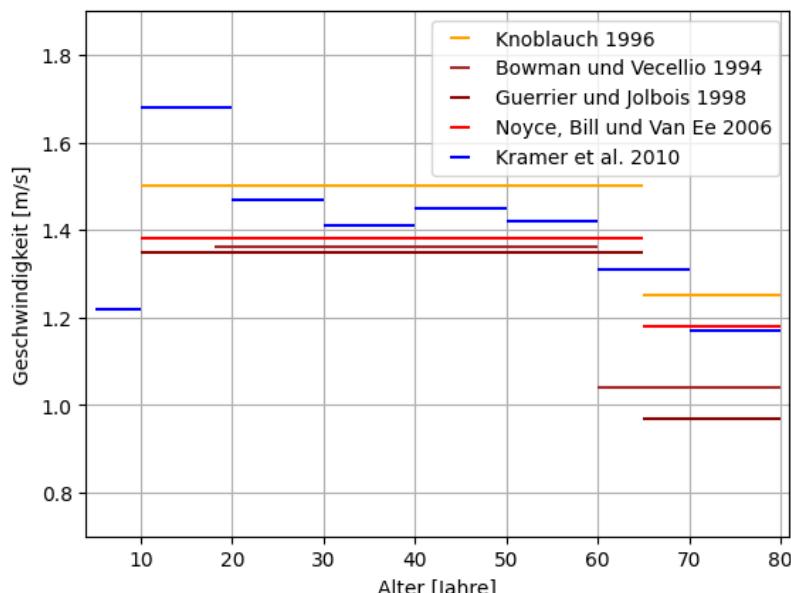
Das Zufußgehen findet innerhalb kleinräumiger Gebiete statt und ist im Vergleich zu anderen Verkehrsmodi bedeutend langsamer. Hierdurch werden Besonderheiten, wie das Warten an Lichtsignalanlagen oder die Bewältigung von Steigungen, wichtiger.

4.2.2 Geschwindigkeiten Zufußgehen

Abhängigkeit vom Alter

Geschwindigkeiten beim Zufußgehen werden in verschiedenen Studien betrachtet. Abbildung 29 gibt einen Überblick über die jeweils gemessenen Geschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Alter. Das Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen („HBS“, FGSV 2015) setzt eine Geschwindigkeit von 4 km/h an.

Abbildung 29: Durchschnittliche Gehgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Alter



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Theoretisch lassen sich bereits erzeugte Erreichbarkeitsmaße mit einer angesetzten Gehgeschwindigkeit skalieren. Dies ist jedoch nur möglich, wenn keine zusätzlichen Wartezeiten berücksichtigt werden. Zwar sind die Wartezeiten an Lichtsignalanlagen für alle Fußgänger und Fußgängerinnen gleich, allerdings ist die Querungszeit unterschiedlich und bei Übergängen mit einer Mittelinsel würden langsamere Personen ggf. die Straße nicht in einem Durchlauf queren können. Bei nicht geregelten Querungen sind starke Unterschiede zwischen Altersgruppen zu beobachten. Kinder benötigen länger, um den Verkehr einzuschätzen und damit auch länger um eine Straße zu queren. Werden Verlustzeiten durch Querungen berücksichtigt, wäre daher für jede Geschwindigkeitsklasse die Berechnung der Erreichbarkeitsmaße wiederholt durchzuführen. Neben der benötigten Rechenzeit steigt hierdurch auch die Komplexität bei der Präsentation und der Bewertung der Daten, da jede Geschwindigkeitsklasse individuell zu betrachten ist.

Lichtsignalanlagen

Das Warten an Lichtsignalanlagen wird in wenigen Studien und Publikationen berücksichtigt (z. B. Ahlmeyer & Wittowsky 2018; Peter 2021; Schwarze 2015). In Peter (2021) und Schwarze (2015) werden statische Wartezeiten einer bestimmten Dauer (z. B. 30 s) angenommen. Dieser Ansatz ist aus mehreren Gründen sinnvoll. Zum einen nutzen viele Städte eine einheitliche Umlaufzeit für die Programme ihrer Lichtsignalanlagen, um deren Koordinierung einfacher optimieren zu können. Zum anderen liegen die Schaltpläne von Lichtsignalanlagen, aus denen z. B. die Anteile der Grünphasen für Fußgängerinnen und Fußgänger gelesen werden können, oft immer noch nur analog vor und sind bei den jeweils verantwortlichen Behörden zu beschaffen. Die Bestimmung der tatsächlichen Grünzeiten für Zufußgehende ist mit einem vertretbaren Aufwand demnach bundesweit kaum möglich.

Abhängigkeit von der Steigung

Steigungen verändern die Gehgeschwindigkeit und führen zu einer schnelleren Ermüdung. Das HBS nennt Korrekturfaktoren für Gehgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Steigung. Für Gefälle (Steigung < -6 %) wird ein Faktor von 1,05 für die Gehgeschwindigkeit angesetzt, für Steigungen (> 6 %) ein Faktor von 0,9.

Die Berücksichtigung von Steigungen benötigt entsprechende Informationen im genutzten Verkehrsnetz. Steigungen sind in OpenStreetMap (OSM) nur teilweise verzeichnet. Eine weitere Quelle für Steigungen sind digitale Höhenmodelle (digital elevation model, DEM) auf die das Netz projiziert wird, um anschließend die Höheninformationen des DEM in Steigungen zu überführen. Problematisch an diesem Ansatz ist, dass ein DEM einzelne Straßen nicht direkt betrachtet. Bauliche Maßnahmen zur Reduzierung von Steigungen können so aufgrund der Auflösung des DEM, die üblicherweise zwischen 5 m und 100 m liegt, verloren gehen.

4.2.3 Einfluss Raum und Umgebung

Der Einfluss der gebauten Umwelt und der räumlichen Strukturen auf das Zufußgehen ist in verschiedenen Studien untersucht und in mehreren Reviews zusammenfassend diskutiert worden. Existierende Studien weisen jedoch unterschiedliche Ergebnisse auf, welche Faktoren der gebauten Umwelt und der (stadt-)räumlichen Struktur die Qualität des Zufußgehens bzw. die Begehbarkeit („Walkability“) einer Umgebung beeinflussen (Bozovic et al. 2020). Grund hierfür ist, dass das Thema Begehbarkeit im Zusammenhang mit dem Einfluss von Raum und Umwelt auf das Zufußgehen komplex ist und Studien unterschiedliche Methoden anwenden, um die Begehbarkeit zu messen – oft auch ohne die Qualität der gebauten Umwelt ausreichend zu beachten (ebd.).

In einem der ersten Reviews zum Zufußgehen und der gebauten Umwelt zeigten Saelens & Handy (2008) Faktoren, die das Zufußgehen beeinflussen und die in den Studien übereinstimmend als wichtig benannt wurden. Dazu gehören: Erreichbarkeit oder Nähe, gemischte Landnutzung, Dichte, Ästhetik, Vorhandensein von guten Gehwegen, Verbindung von Straßen, Sicherheit, Nachbarschaftscharakteristika. Aktuellere Studien haben einen differenzierteren Blick und beschäftigen sich insbesondere mit der Qualität der gebauten Umwelt. Dabei bedienen sie sich zusätzlich der Erkenntnisse aus Architektur und Stadtplanung, bei denen es vor allem auch um das Thema Aufenthaltsqualität geht. Um den Einfluss von Raum und Umwelt auf das Zufußgehen zu untersuchen ist es maßgeblich, auch die Faktoren zu untersuchen, die die Aufenthaltsqualität erhöhen: „Nur wer sich in der nahen Umgebung wohl fühlt, spaziert und flaniert gern und erledigt alltägliche Wege regelmäßig zu Fuß. Bei der Gestaltung von Fußverkehrsflächen ist daher immer auch die Aufenthaltsqualität zu beachten.“ (Bauer et al. 2018) Eine sichere und ästhetische Straßenumgebung kann die Aufenthaltsqualität

und somit auch das Zufußgehen fördern: interessante und anregende Fassaden, Bauelemente und Geschäfte auf Augenhöhe sowie Transparenz der Stadträume oder das Vermeiden von uneinsichtigen Stadtplätzen können Menschen dazu einladen, zu Fuß zu gehen (siehe z. B. Jacobs 1961; Gehl 2015 oder Bauer et al. 2018). Auch eine gemischte Nutzung von Stadtgebieten mit Läden oder Cafés, in denen sich Menschen aufhalten, kann die Attraktivität von Fußwegen erhöhen (Jacobs 1961; Marquart et al. 2022). Hier spielt einerseits der Sicherheitsaspekt eine Rolle, andererseits aber auch der soziale Aspekt und das Sehen und Treffen in der Nachbarschaft. Der renommierte Architekt Jan Gehl hat zwölf Qualitätsmerkmale definiert, die eine Stadt lebenswert machen und die Aufenthaltsqualität erhöhen – und von daher auch für die Förderung von Fußverkehr relevant sind (siehe Tabelle 11). Aus diesen Qualitätsmerkmalen hat insbesondere die Qualität von Häuserfassaden einen großen Einfluss auf das Zufußgehen, wichtiger noch als ein belebter Straßenraum, wie Silvennoinen et al. (2022) in einem Virtual Reality Experiment untersucht haben.

Tabelle 11: Zwölf Qualitätsmerkmale für eine lebenswerte Stadt

Kategorie	Merkmale #1	Merkmale #2	Merkmale #3
Schutz	<p>Schutz vor Verkehr und Unfällen – Sicherheitsgefühl</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Schutz für Fußgänger ▶ Angst vor dem Verkehr nehmen 	<p>Schutz vor Verbrechen – Sicherheitsgefühl</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Belebter öffentlicher Raum ▶ Augen auf zur Straße ▶ Überlappende Funktionen zwischen Tag und Nacht ▶ Gute Beleuchtung 	<p>Schutz vor unangenehmen Sinneswahrnehmungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Wind ▶ Regen/Schnee ▶ Kälte/Hitze ▶ Luftverschmutzung ▶ Staub, Lärm, Licht
Komfort	<p>Angebot für Fußgänger</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Genug Platz zum Gehen ▶ Keine Hindernisse ▶ Gute Bodenbeläge ▶ Für alle zugänglich ▶ Interessante Fassaden 	<p>Aufenthaltsgelegenheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Randeffekte / attraktive Wartezeonen ▶ Stützelemente 	<p>Sitzgelegenheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Spezielle Sitzbereiche ▶ Vorteile nutzen: Aussicht, Sonne, Menschen ▶ Gute Sitzplätze ▶ Ruhebänke
Komfort	<p>Sehenswertiges</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Vernünftige Betrachtungsabstände ▶ Freie Sichtachsen ▶ Interessante Ausblicke ▶ Gute Beleuchtung bei Dunkelheit 	<p>Orte für Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Niedriger Lärmpegel ▶ Straßenmöbel als „gesprächsfördernde Sitzlandschaften“ 	<p>Orte für Spiel und Sport</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Bauliche Einladungen für kreative Aktivitäten, Bewegung, Sport und Spiel ▶ Bei Tag und bei Nacht ▶ Im Sommer wie im Winter

Kategorie	Merkmale #1	Merkmale #2	Merkmale #3
Beglückendes	Größenverhältnisse <ul style="list-style-type: none"> ▶ Bauten und Räume nach menschlichem Maß 	Angenehme klimatische Verhältnisse <ul style="list-style-type: none"> ▶ Sonne/Schatten ▶ Wärme/Kühlung ▶ Leichte Brise 	Positive Sinneseindrücke <ul style="list-style-type: none"> ▶ Gutes Design, gute Details ▶ Gute Materialien ▶ Schöne Aussichten ▶ Bäume, Grünanlagen, Wasser

Quelle: Gehl 2010.

Viele dieser Faktoren finden sich auch in den unterschiedlichen Walkability Indices (Begehbarkeitsindikatoren), die in den letzten Jahren entwickelt worden sind. Wichtige Komponenten der Walkability Indices sind die sechs Ds (density, diversity, design, demand management, destination accessibility and distance to transit), Straßenverbindungen, Bevölkerungsdichte, Dichte von Verkaufsflächen und gemischte Flächennutzung, aber auch Breite des Fußweges, Grünflächen, Sicherheit von Zufußgehenden, Ästhetik des Straßenraums, Wasserflächen und Distanz zu Gastronomie (Lam et al. 2022). Insbesondere beim Miteinbeziehen von Straßenverbindungen in den Walkability Index sollte darauf geachtet werden, dass nicht nur Daten aus dem Verkehrswegenetz herangezogen werden, sondern auch informelle Wege berücksichtigt werden, wie z. B. Seitenstraßen, Fußgängerbrücken/-überwege oder informelle „Schleichwege“ (Sun et al. 2014). Menschen, die laut dem „National walkability index“ in einem der fußgängerfreundlichsten Gebiete wohnen, legen innerhalb einer Woche im geometrischen Mittel durchschnittlich 70 Minuten (zur Fortbewegung) bzw. 86 Minuten (für Freizeitwege) zurück, wohingegen in den fußgängerunfreundlichsten Gebieten die durchschnittlichen geometrischen Mittelwerte der zu Fuß gegangen Minuten 54 (zur Fortbewegung) und 79 Minuten (für Freizeitwege) betragen (Watson et al. 2020).

Generell zeigt sich in Studien der letzten Jahre, dass Stadträume das Interesse wecken und anregend gestaltet sein müssen, damit sie als attraktiv für das Zufußgehen empfunden werden. So zeigen Marquart et al. (2022), dass der Weg von der Arbeit zur S-Bahn-Haltestelle durch ein historisches Stadtgebiet – wo „jedes Haus eine Geschichte erzählt“ – den Arbeitsweg positiv beeinflussen kann oder belebte Straßen mit Geschäften den Arbeitsweg von der S-Bahn nach Hause angenehm und anregend werden lassen (Abbildung 30). In ihrer Studie verweisen sie insbesondere darauf, dass Personen, die zu Fuß gehen, die belebteren und interessanteren Wege nutzen, obwohl diese stärker befahren und von daher oft stärker mit Luftschadstoffen und/oder Lärm belastet sind (ebd.) (Abbildung 30). Auf der anderen Seite zeigt jedoch eine Studie zu Emotionsreaktionen beim Zufußgehen, dass Lärm der zweitgrößte Einflussfaktor für physiologisch gemessene Stressreaktionen bei dem untersuchten Test-Sample ist – physiologisch beeinflusst Lärm das Zufußgehen also negativ (Schmidt-Hamburger et al. 2022).

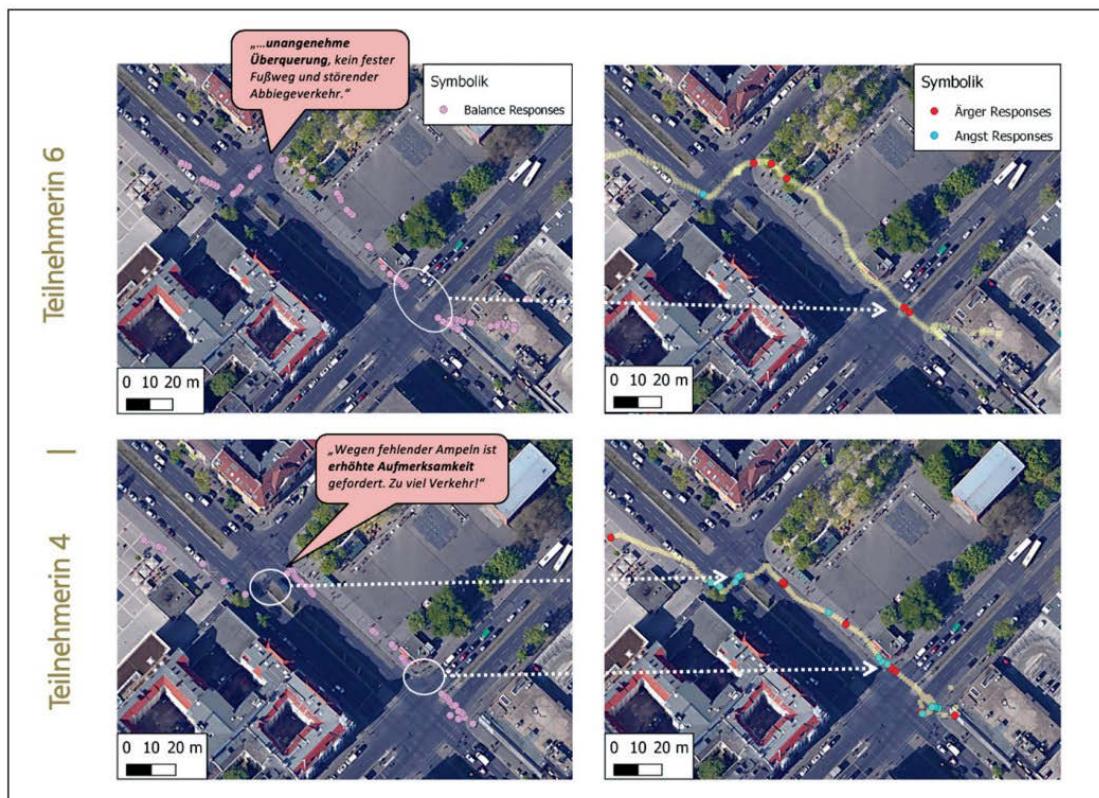
Abbildung 30: Wahrnehmung des Weges von der S-Bahn nach Hause von zwei Fußgängerinnen und Fußgängern in Berlin im Vergleich zur gemessenen Lärm- und Feinstaubbelastung



Quelle: Marquart et al. 2022.

Fehlende Infrastruktur oder schlechte Wegeführung kann sich negativ auf das Zufußgehen auswirken. So beschreiben Merzoug & Jarass (2021), welche die Emotionsreaktionen beim Zufußgehen mittels tragbarer Sensoren untersucht haben, dass das Überqueren von Straßen das Wohlbefinden beeinträchtigt und Emotionen wie Angst und Ärger auslösen kann (Abbildung 31), die auch durch Probleme bei der Orientierung bedingt werden können. Intuitive Beschilderung, Routenführungen durch Farben und Sichtachsen zur Orientierung im Stadtraum können das Zufußgehen stressfreier und somit attraktiver machen (ebd.).

Abbildung 31: Emotionsreaktionen beim Überqueren von Straßen



Quelle: Merzoug & Jarass 2021.

Neben Routenführung und Straßenkreuzungen werden bei Bauer et al. (2018) eine Reihe weiterer Umweltfaktoren diskutiert, die das Zufußgehen unattraktiv machen. Diese sind:

- ▶ Barrieren im Wegenetz (Bordsteine, Treppen, defekte Rolltreppen und Aufzüge);
- ▶ Schlechte Qualität der Gehwege (kaputte Oberflächen, wenig Platz, mangelhafter Winterdienst, schlechte Beleuchtung, Stolperfallen, Störfaktoren wie Fahrräder und Mülltonnen, etc.);
- ▶ Schwer zu querende Hauptverkehrsstraßen, Bahnlinien oder Gleise;
- ▶ Signalanlagen mit langen Wartezeiten oder Querungen in Etappen;
- ▶ Nutzungskonflikte um den vorhandenen Raum (parkende/haltende Pkw, Lieferverkehr auf dem Gehweg, Fahrradfahrende auf Gehwegen);
- ▶ Fehlendes Unrechtsbewusstsein von Auto- und Fahrradfahrenden, zu niedriges Bußgeld für Parken auf dem Gehweg und sichtbehinderndes Parken an Knotenpunkten, fehlender Anreiz für Kommunen Ordnungswidrigkeiten zu ahnden;
- ▶ Schlechte Aufenthaltsqualität durch Lärm, Abgase, fehlende Sitz- und Spielmöglichkeiten;
- ▶ Soziale Unsicherheit in Unterführungen, unbelebten Ecken und auf schlecht beleuchteten Gehwegen.

4.2.4 Visualisierung von Erreichbarkeitsmaßen

Im Folgenden werden Alternativen für die Visualisierung von Erreichbarkeitsmaßen vorgestellt und diskutiert. Als Beispiel dient hier die Zugangszeit von einzelnen Gebäuden zu der jeweils nächsten Haltestelle des ÖPNV in Berlin. Sowohl die Positionen der Gebäude und der Haltestellen als auch das genutzte Fußgängerverkehrsnetz sind OSM entnommen worden. In Abbildung 32 werden die Geometrien der Gebäude sowie die Haltestellenpositionen dargestellt.

Abbildung 32: Darstellung der genutzten Quellen und Ziele um den LOR „Nördliche Luisenstadt“ in Berlin



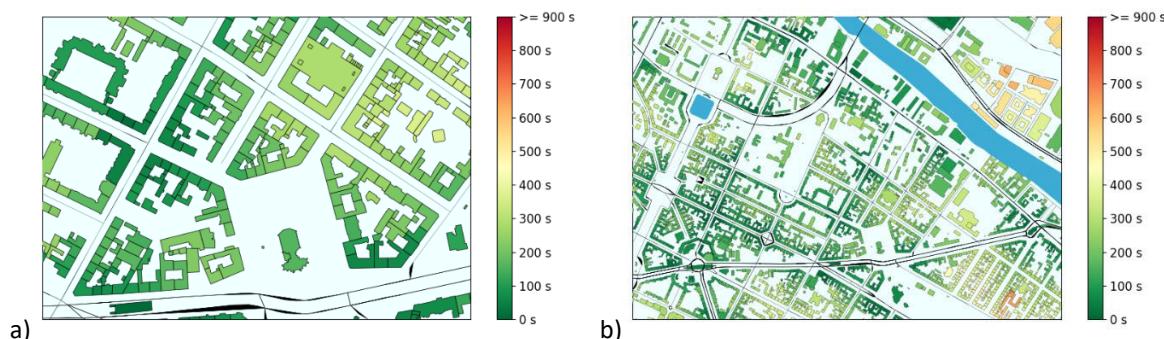
Quellen: Gebäude, grün; Ziele: Haltestellen, rot; Datenquelle: OSM.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

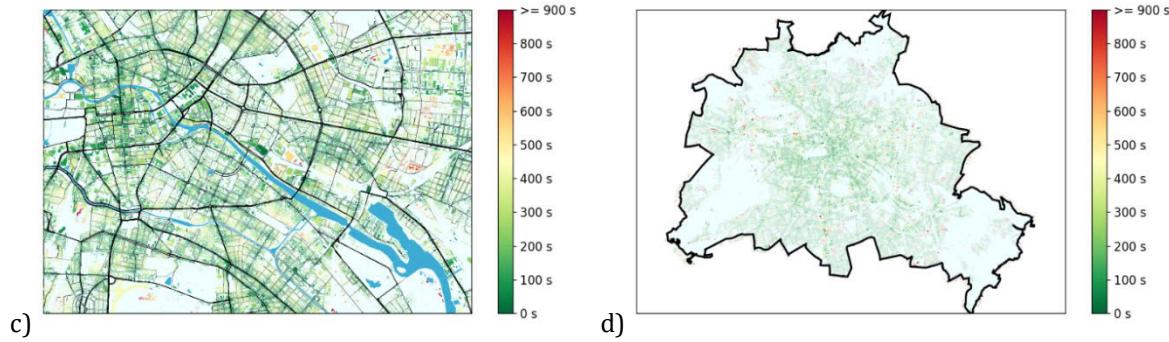
4.2.4.1 Diskrete Darstellungen

Da die Zugangszeit zur nächsten Haltestelle für jedes Gebäude vorliegt, können die Gebäudegeometrien direkt anhand dieses Wertes eingefärbt werden. Mit steigender Größe des abgebildeten Gebietes (siehe Abbildung 33) werden Unterschiede zunehmend unkenntlich, weil die Fläche zwischen den Gebäuden, insbesondere bei weniger dicht bebauten Gebieten, zunehmend an Anteil gewinnt.¹⁴

Abbildung 33: Darstellung der Zugangszeit in Sekunden (s) zur nächsten Haltestelle ausgehend von einzelnen Gebäuden innerhalb Berlins



¹⁴ Die in den nachfolgenden Abbildungen teilweise gezeigten Verkehrsnetze entsprechen nicht dem Netz, das bei der Berechnung genutzt worden ist. Es ist eine ausgedünnte Variante, die die Visualisierung unterstützen soll.

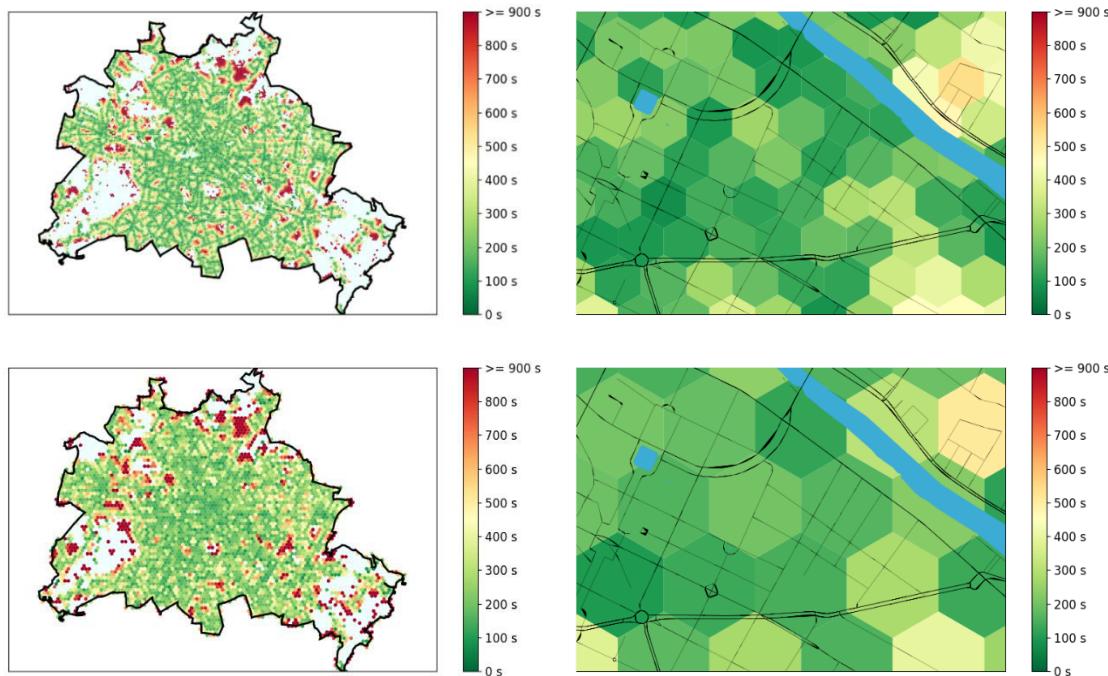


Fokus auf den a) Lausitzer Platz, b) LOR „Nördliche Luisenstadt“, c) Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg und d) ganz Berlin.
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

4.2.4.2 Aggregierte Darstellungen / Zonierung

Eine Zonierung in Hexagone hat den Vorteil, dass die Distanzen zwischen benachbarten Zellen ähnlicher sind als zwischen den acht Nachbarn einer Zelle eines rechteckigen Gitters. Abbildung 34 zeigt eine Zonierung des Raums mit hexagonalen Gittern unterschiedlicher Größe.

Abbildung 34: Durchschnittliche Zugangszeit in Sekunden (s) zu einer ÖPNV-Haltestelle, dargestellt mit einem hexagonalen Gitter



Oben: Zellen mit einem Radius von 250 m, unten: Zellen mit einem Radius von 500 m; links: Berlin, rechts: LOR „Nördliche Luisenstadt“.

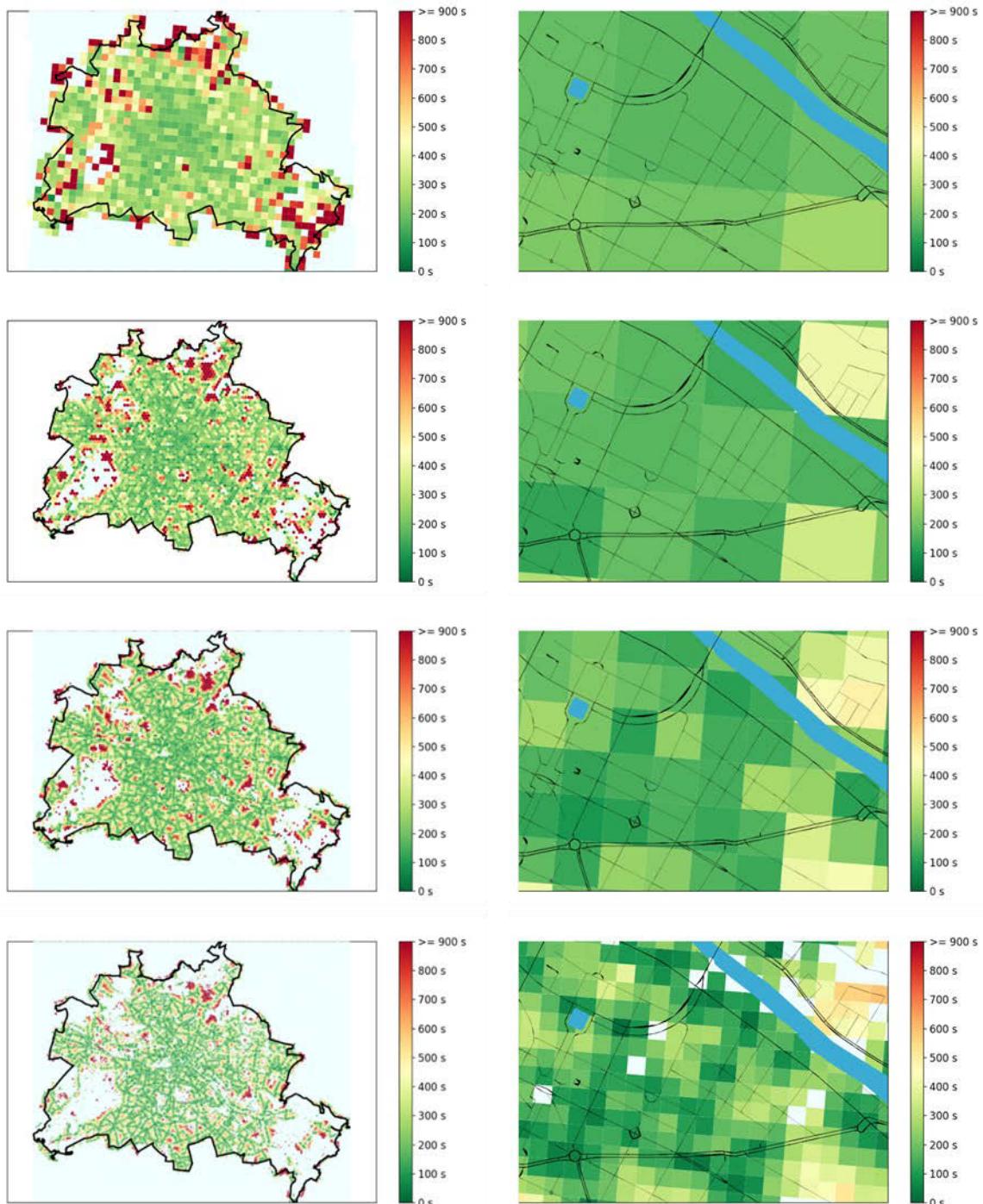
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Dennoch wäre bei einer Aggregation ein rechteckiges¹⁵ Gitter vorzuziehen, weil auf EU-Ebene das rechteckige INSPIRE-Grid etabliert ist. Für Deutschland sind amtliche, INSPIRE-konforme

¹⁵ Die Gitterzellen sind aufgrund ihrer Projektion nicht vollständig rechteckig, siehe auch https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/dokumentation/deu/geogitter.pdf.

Rechteck-Gitter mit Kantenlängen von 100 m bis 100 km beim BKG¹⁶ erhältlich. Abbildung 35 zeigt Zonierungen mit rechteckigen Gittern unterschiedlicher Größe.

Abbildung 35: Durchschnittliche Zugangszeit in Sekunden (s) zu einer ÖPNV-Haltestelle, dargestellt mit einem rechteckigen Gitter



Von oben nach unten: Zellen mit einer Kantenlänge von 1 km, 500 m, 250 m, 100 m; links: Berlin, rechts: LOR „Nördliche Luisenstadt“.

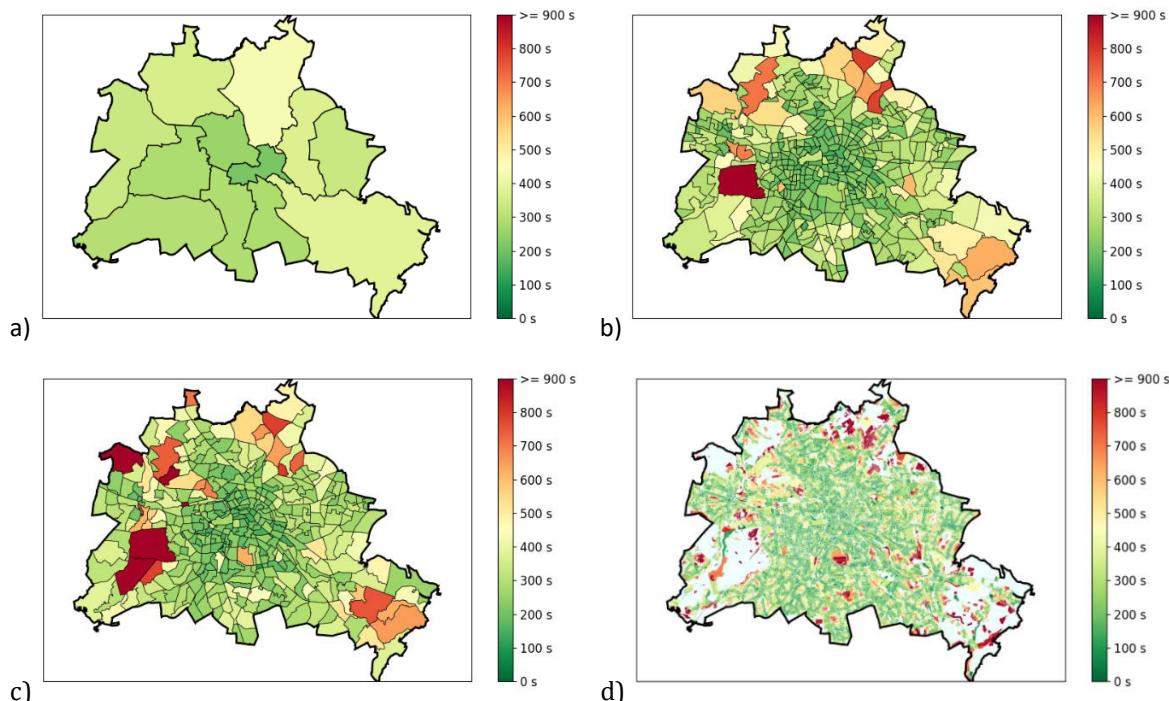
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

¹⁶ <http://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/nicht-administrative-gebietsinheiten/geographische-gitter-für-deutschland-in-utm-projektion-geogitter-national.html>

Administrative Zonierungen

Neben gleichmäßiger Einteilung des Raums in Gitterzellen, werden oft auch administrative Gebietseinteilungen genutzt, wie z. B. die Grenzen von Städten, Gemeinden, Bezirken oder Blöcken. Abbildung 36 zeigt verschiedene Zonierungen am Beispiel Berlins.

Abbildung 36: Durchschnittliche Zugangszeit in Sekunden (s) zu einer ÖPNV-Haltestelle, dargestellt über Gebiete



Gebiete: a) Bezirke, b) Planungsräume, c) Verkehrszellen, d) Blöcke.

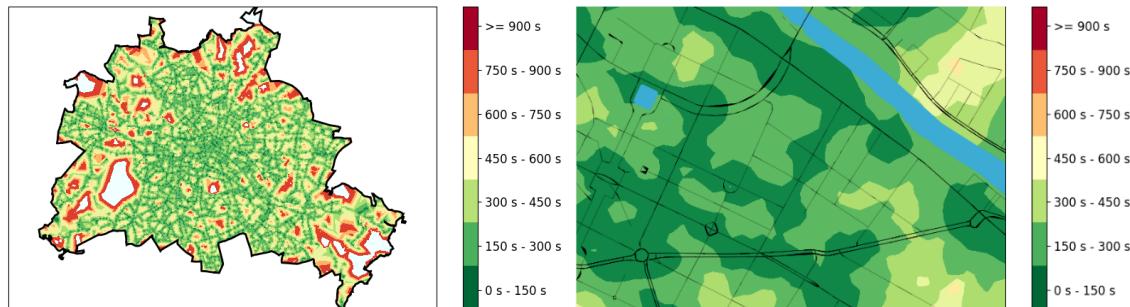
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Auffällig ist, dass schon bei kleinen Änderungen im Zuschnitt die durchschnittlichen Werte stark voneinander abweichen können, siehe Gebiete im Westen von Berlin. Aus der Darstellung Abbildung 36 d), die auf Blöcken beruht, wird deutlich, dass es sich hierbei um dünn bzw. gar nicht bewohnte Gebiete handelt.

4.2.4.3 Weitere Darstellungsformen

Eine weitere Darstellungsform sind sogenannte Erreichbarkeitsoberflächen. Hierbei werden vorhandene Stützstellen, in diesem Fall die Positionen der Gebäudezentroide, als Positionen in der x-/y-Ebene genutzt und der Wert des Erreichbarkeitsmaßes als Höhe. Hieraus lassen sich Flächen mit gleichen Werten, ggf. begrenzt durch sogenannte Isolinien, bestimmen und darstellen. Diese Darstellung vereint die Auflösung einzelner Stützstellen mit einer flächigen Abbildung. Es ist aber eine abstrakte Darstellung, die explizite Informationen durch Interpolation von Werten ersetzt. Abbildung 37 zeigt Beispiele für Erreichbarkeitsoberflächen.

Abbildung 37: Durchschnittliche Zugangszeit in Sekunden (s) zu einer ÖPNV-Haltestelle, dargestellt über Erreichbarkeitsoberflächen



Links: Berlin, rechts: LOR „Nördliche Luisenstadt“.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

4.2.5 Bemessung der 15-Minuten-Stadt

Die Stadt der 15 Minuten gerät zunehmend ins Interesse nationaler Ämter, Ministerien und Behörden. Methoden zur Bewertung, ob ein Raum als „Gebiet der 15 Minuten“ bezeichnet werden kann, d. h. alle notwendigen Infrastrukturen zu Fuß oder mit dem Fahrrad innerhalb von 15 Minuten erreicht werden können, werden in der letzten Zeit auch verstärkt von Forschung und Wirtschaft entwickelt. Im Nachfolgenden werden vier Ansätze zur Bemessung von Gebieten hinsichtlich ihrer Eigenschaft, die Ziele einer 15-Minuten-Stadt zu erfüllen, vorgestellt.

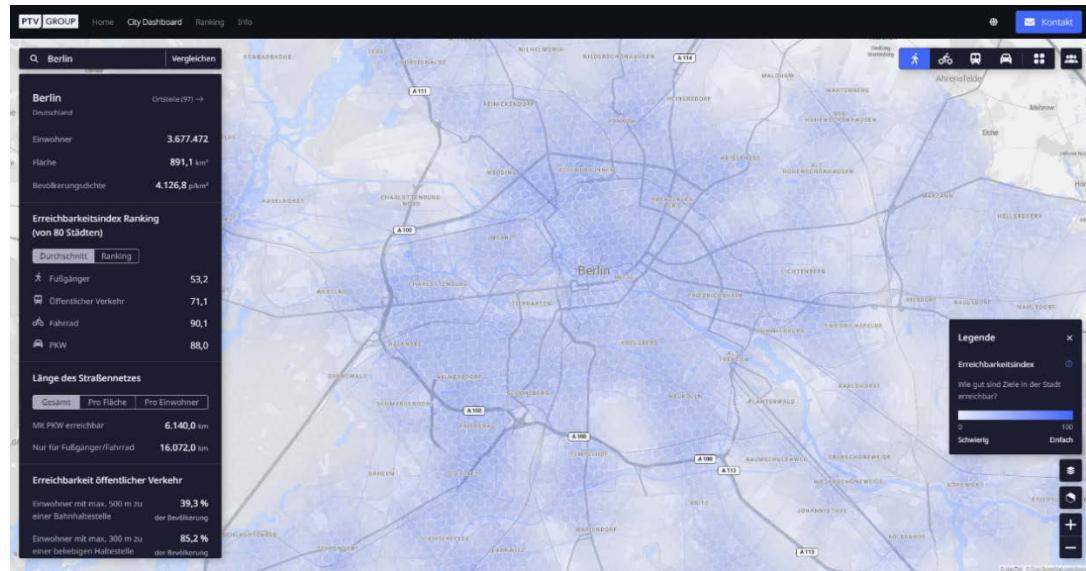
PTV Access

Das von der Firma PTV GmbH entwickelte und bis Ende 2024 aufrufbare System lieferte Erreichbarkeitsindices für ausgewählte deutsche Städte. Der Index beruhte auf den Erreichbarkeiten verschiedener Ziele und lag für die Verkehrsmodi „Fuß“, „Fahrrad“, „ÖV“ und „MIV“ vor. Die Ziele waren zu Themen gruppiert, die folgenden wurden bei der Auswahl einer der Gitterzellen aufgeführt:

- ▶ Einrichtungen und Dienstleistungen (Friseur, Bäckerei, Friedhof, Tankstelle, Fernbahnhof, Regionalbahnhof)
- ▶ Bildung (Kita, Grundschule, Weiterführende Schule, Gymnasium, Universität)
- ▶ Gesundheit (Krankenhaus, Apotheke, Drogerie)
- ▶ Freizeit (Restaurant, Café/Bar, Nightlife)
- ▶ Einkaufen (Supermarkt, Discounter, Kleidung, Bedarfsartikel, Baumarkt)

Eine genaue Beschreibung zu den Datenquellen oder der Berechnungsvorschrift ist nicht bekannt, PTV (2022) lieferte nur eine grobe Beschreibung.

Abbildung 38: Das PTV Access-Portal

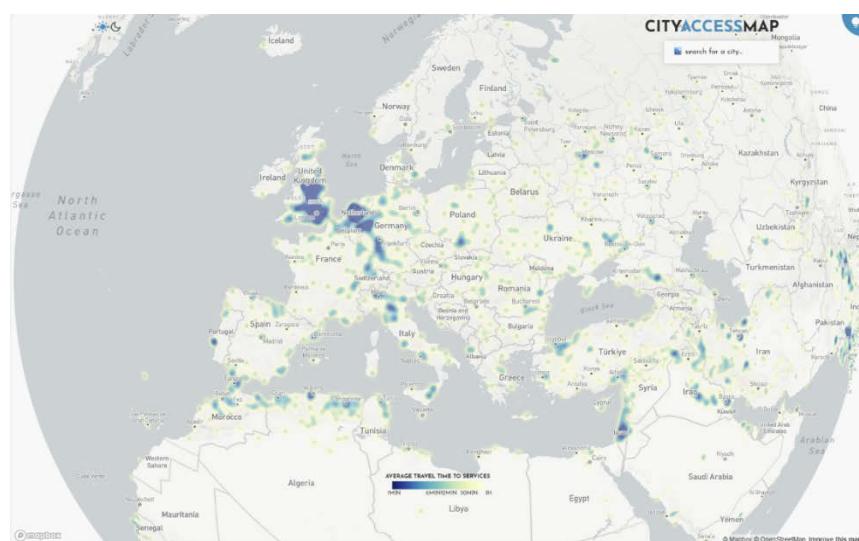


Quelle: <https://access.myptv.com/> (nicht mehr verfügbar), PTV, Stand 03.12.2024.

CityAccessMap

CityAccessMap (<https://www.cityaccessmap.com/>) ist eine an der TU Delft entwickelte Anwendung, die einen weltweiten Erreichbarkeitsindex zu verschiedenen Infrastrukturen darstellt. Auch hier sind die Infrastrukturen thematisch gruppiert, mit den Themen: Mobilität, aktives Leben, Unterhaltung, Essen, soziale Räume, Ausbildung, Gesundheit und Erholung. Die entsprechenden Zielorte sind OSM entnommen worden, eine Liste der hierfür genutzten Schlüsselwörter ist in dem Zusatzmaterial zu einer Publikation von Nicoletti et al. (2023) enthalten, die auch das Vorgehen sowie die Ergebnisse beschreibt. Obwohl visuell ansprechend, führt die Nutzung eines sog. Kernels, der die berechneten Erreichbarkeiten in der Fläche glättet (bzw. „verschmiert“) zu weniger genauen Informationen. Anstatt eines mit einem festen Wert versehenem Stützpunkt wird so ein räumlich gefilterter Wert, der sowohl in seinem Wert als auch hinsichtlich des räumlichen Bezugs ungenauer wird, dargestellt (vgl. auch die Diskussion von Darstellungsformen in Kapitel 4.2.4.3).

Abbildung 39: Die CityAccessMap

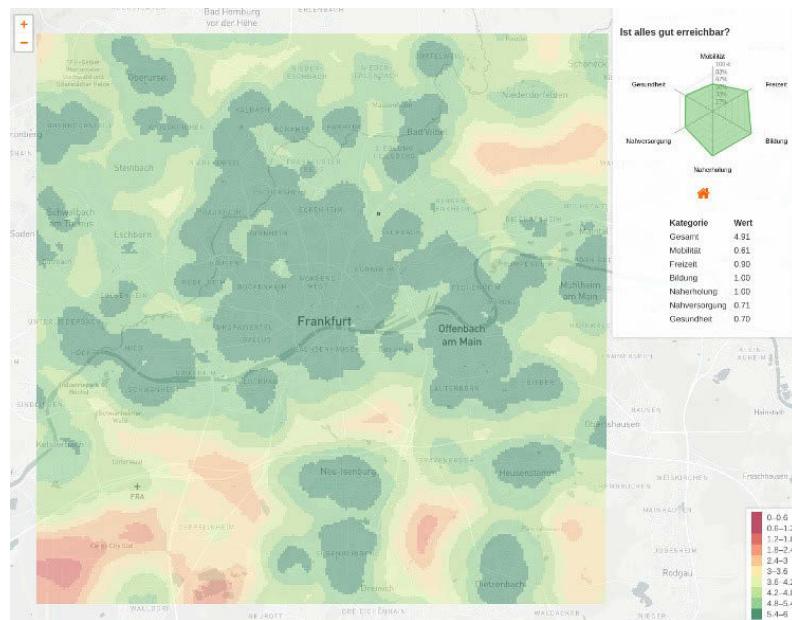


Quelle: <https://www.cityaccessmap.com/>, TU Delft, letzter Aufruf 21.05.2025.

15-Minuten-Stadt

Die Anwendung „15-Minuten-Stadt“ (<https://15-minuten-stadt.de/>) ist analog zu CityAccessMap aufgebaut. Auch hier werden Daten der OSM genutzt um einen Erreichbarkeitsindex zu berechnen, der thematisch verschiedene Zielorte beinhaltet. Die Themen sind hier: Mobilität, Freizeit, Bildung, Naherholung, Nahversorgung, Gesundheit. Der Dienst wird auf Anfrage angeboten.

Abbildung 40: Darstellung des Indizes „15-Minuten-Stadt“



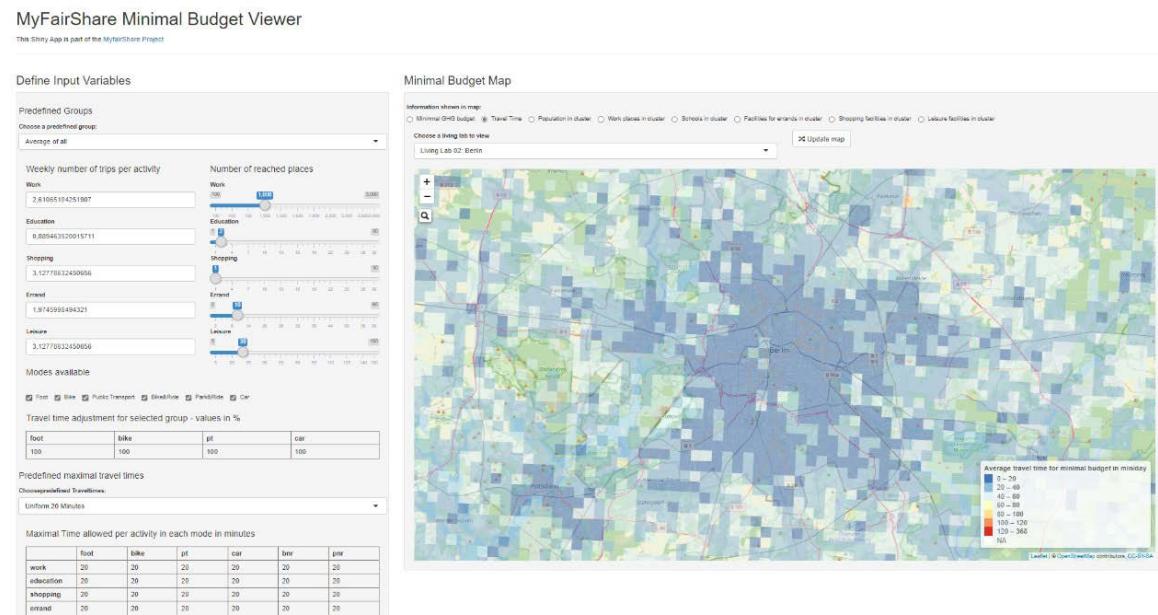
Quelle: <https://15-minuten-stadt.de/>, datengraben.com & flux – impulse, letzter Aufruf 21.05.2025.

MyFairShare Minimal Budget Viewer

Der Minimal Budget Viewer war ein im Rahmen des Projektes „MyFairShare“ entwickeltes Portal zur Darstellung eines kombinierten Erreichbarkeitsmaßes, das ursprünglich für die Bestimmung des jeweils notwendigen, individuellen CO₂-Budgets entwickelt worden ist. Wie die beiden zuvor genannten Portale nutzte es Daten aus OSM und ordnete sie den folgenden Themen zu: Ausbildung, private Erledigungen, Kindergarten, Freizeit, Park+Ride, ÖPNV-Haltestellen, Bahnhöfe, Schulen, Einkauf, Arbeitsstätten. Anders als bei den beiden zuvor genannten Tools sind aus der österreichischen nationalen Mobilitätsbefragung abgeleitete Häufigkeiten des Aufsuchens der Ziele für verschiedene Personengruppen (Kinder, Jugendliche, alte Menschen, Erwerbstätige mit/ohne Kinder, Erwerbslose mit/ohne Kinder, erwerbstätige/erwerbslose Alleinerziehende) bestimmt worden, um die Ziele zu gewichten.

Das Portal wurde vom Austrian Institute Of Technology (AIT) entwickelt, die Datengrundlage und die berechneten Erreichbarkeitsmaße stammten vom DLR. Die Anwendung ist seit Juli 2024 nicht mehr erreichbar.

Abbildung 41: Darstellung von Erreichbarkeiten im Minimal Budget Viewer



Quelle: <https://mytrips.ait.ac.at/myfairshare/> (nicht mehr verfügbar), Projekt MyFairShare, AIT & DLR , Stand 23.07.2024.

4.2.6 Unberücksichtigte Einflüsse

Aufgrund einer fehlenden Quantifizierung und Umsetzung in entsprechende Funktionen zur Routenwahl und -bewertung können die nachfolgenden Aspekte nicht in die Berechnung von Erreichbarkeitsmaßen einfließen. Hierfür wären weitere empirische Grundlagen notwendig, sowie nachfolgend die Ableitung von Modellen, die algorithmisch umgesetzt werden könnten.

Straßenbeleuchtung: Dunkle Strecken werden nachts ungern begangen. Die Straßenbeleuchtung findet sich in den Ansätzen zur Berechnung von Erreichbarkeiten aber nicht wieder. Zum Teil ist innerhalb von OSM angegeben, ob eine Straße beleuchtet ist oder nicht, allerdings vermutlich nicht flächendeckend.

Oberfläche / Qualität der Fußgängerinfrastruktur: Zu schmale, kaputte oder unebene Gehwege werden ungern benutzt. Algorithmisch könnte dieser Aspekt durch Modelle für an die Eigenschaften angepasste Gehgeschwindigkeit umgesetzt werden, aber sowohl die Datenlage als auch fehlende Gewichtungsfunktionen erlauben die Ableitung valider Modelle hierfür zurzeit nicht.

Stadtgrün: Stadtgrün verbessert das Klima insbesondere durch Kühlung und stärkt so den Modus Zufußgehen. Auch hier fehlt aktuell das Wissen zum Einfluss (Gewichtung) auf das Zufußgehen. Zusätzlich wäre zu prüfen, wie gut Straßengrün, z. B. in OSM, abgebildet ist.

Schönheit des Raums: Es ist bekannt, dass Wege innerhalb ansprechender Umgebungen als kürzer empfunden werden. Modelle, die den Raum hinsichtlich seiner Attraktivität zu Fuß begangen zu werden quantifizieren, fehlen aber bislang, was auch eine Prüfung der Verfügbarkeit hierfür notwendiger Daten verhindert.

Höhenprofil: Modelle, die die zusätzliche Anstrengung bei der Bewältigung von Steigungen und die Auswirkungen dieser auf die durchgeföhrten Fußwege betrachten, sind aktuell nicht bekannt.

Routing über Flächen: Ein gegebenes Verkehrsnetz wird beim Routing nicht als Fläche, sondern als ein Graph, also über Kanten (Straßen) miteinander verbundene Knoten

(Kreuzungen) betrachtet. Insbesondere beim Überqueren von großen Plätzen werden so ggf. zu große Entfernungen berechnet, weil der Platz nicht „quer“ begangen wird, sondern stets entlang von Straßen. Bislang existieren in der Literatur (z. B. Ochoa-Ortiz et al. 2022) lediglich erste Ansätze zum Routing über Flächen.

Rolltreppen, Rampen sowie Über- und Unterführungen: Diese Infrastrukturen werden beim Routing nur selten betrachtet oder gewichtet. Es existieren hierzu bereits Ansätze in der Literatur (z. B. Li et al. 2021), es bleibt jedoch die Frage, ob diese Infrastrukturen in den Daten in ausreichendem Maße hinterlegt sind.

4.3 Auswahl und Umsetzung Erreichbarkeitsmaße

Zentrale Erkenntnisse

- ▶ Für die Berechnung sind fußläufige Erreichbarkeiten für die Zieltypen Apotheken, Kindertagesstätten, allgemeinbildende Schulen sowie Lebensmittelhändler ausgewählt worden, die als beispielhafte Stellvertreter täglicher Ziele dienen.
- ▶ Berechnet wird jeweils die Reisezeit zur nächsten Instanz des jeweiligen Zieltyps sowie die Anzahl der innerhalb von 30 Minuten erreichbarer Instanzen. Die Berechnungen werden für den Gesamtraum Deutschlands durchgeführt.
- ▶ Die Visualisierung erfolgt über das GIS-Portal des Umweltbundesamtes¹⁷. Die Daten werden zudem zum freien Download auf der Datenplattform Mobilithek¹⁸ des BMDV veröffentlicht.

Um möglichst verlässliche und über die Zeit wiederholbare Berechnungen durchführen zu können, basieren die im Projekt durchgeführten Berechnungen auf offiziellen Daten des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG). Als Ausgangspunkte dienen die BKG-Gebäudedaten samt geschätzter Bevölkerung. Die gewählten Ziele entstammen dem POI-Datensatz des BKG, der in einer Version aus dem Jahr 2022 vorliegt. Um diverse Aktivitätstypen abzudecken, die zu Fuß erreichbar sein sollen, wurden die folgenden Infrastrukturen als Zielorte ausgewählt: a) Apotheken, b) Kindertagesstätten, c) allgemeinbildende Schulen sowie d) Lebensmittelhändler. Für diese Zieltypen werden sowohl komplexe Erreichbarkeitsmaße als auch Kumulationsindikatoren berechnet. Im Folgenden werden die umgesetzten Berechnungen und die gewählte Visualisierung genauer vorgestellt.

4.3.1 Komplexe Erreichbarkeiten

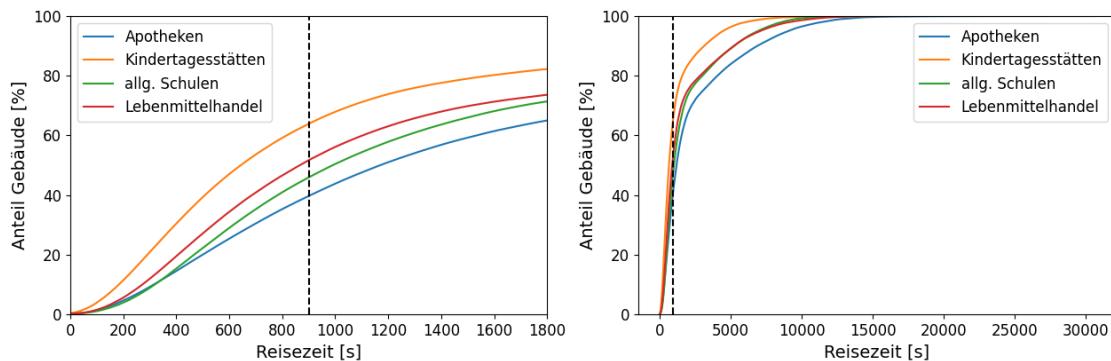
Für jeden Infrastrukturtyp wurde der Zugang zu Fuß von einzelnen Gebäuden zur jeweils nächstgelegenen Instanz bestimmt. Hierbei dienen die angegebenen Adresskoordinaten der Gebäude als Start- und Zielpunkte. Geroutet wurde über das aus OSM extrahierte Fußgängernetz. Als Geschwindigkeit ist dabei 1 m/s angesetzt worden (= 3,6 km/h). Der Zugang von der Adresskoordinate des Startgebäudes zum Straßennetz sowie der Abgang vom Straßennetz zur Adresskoordinate des Zielortes fließen nicht in die Ergebnisse ein.

Abbildung 42 stellt die kumulierte Verteilung der Reisezeiten zur jeweils nächsten Instanz eines Zieltyps für den Raum Berlin/Brandenburg dar.

¹⁷ <https://gis.uba.de/maps/?lang=de>

¹⁸ <https://mobilithek.info/>

Abbildung 42: Kumulierte Verteilung der Zugangszeit zur jeweils nächsten Instanz der gewählten Infrastrukturen, ausgehend von Gebäuden



Links: Zoom auf Wege unter einer halben Stunde Dauer, rechts: alle Wege; senkrechter Strich jeweils bei 15 Minuten.
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

In der auf die Reisezeiten zwischen 0 s und 1.800 s begrenzten Ansicht (Abbildung 42, links) ist zu erkennen, dass Apotheken von ca. 40 % der Gebäude in Berlin/Brandenburg innerhalb von 15 Minuten zu Fuß erreichbar sind, während die nächste Kindertagesstätte innerhalb dieser Zeit von ca. 60 % der Gebäude zu Fuß erreicht werden kann. In der Darstellung aller Wege ist zu sehen, dass von manchen Gebieten aus die Reisedauer zu einigen Zieltypen zu Fuß bis zu 8,5 Stunden betragen kann. Eine genauere Darstellung der Zugangszeiten liefert Tabelle 12.

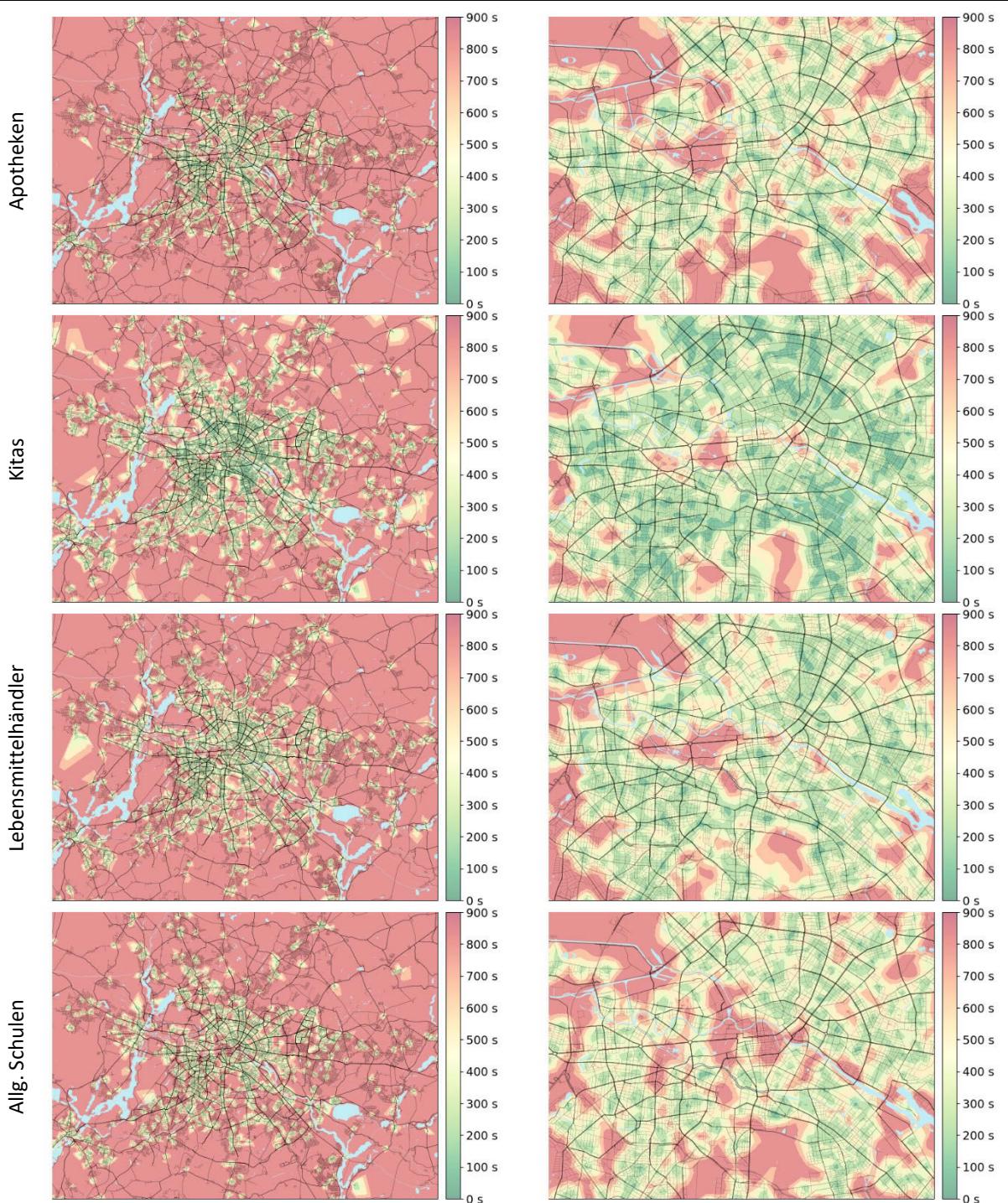
Tabelle 12: Übersicht zu Zugangszeiten zu der jeweils nächsten Instanz der gewählten Infrastrukturen, ausgehend von Gebäuden (in Minuten)

Zieltyp	min.	15 %	med.	avg.	85 %	max.
Apotheken	0,00	6,81	19,5	40,42	88,27	509,1
Kindertagesstätten	0,00	3,99	10,73	19,75	36,2	289,21
Lebensmittelhändler	0,00	5,7	14,44	30,37	65,6	277,63
allg. Schulen	0,00	6,6	16,51	31,44	66,43	291,85

Abkürzungen: „min.“: Minimalwert, „med.“: Median, „avg.“: Durchschnitt, „max.“: Maximalwert, „xx %“: xx %-Quantil.
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Die Kurven in Abbildung 42 zeigen einen üblichen Verlauf – zumeist sind die Aktivitätsorte nicht direkt im/am Startgebäude angesiedelt, sodass ein Mindestweg nötig ist. In dichten urbanen Räumen sind die Wege kurz, sodass die Kurve zunächst stark ansteigt. Mit abnehmender Bebauungsdichte sinkt die Geschwindigkeit mit der die Kurve steigt. Dass der Zugang zu den Zielen insbesondere in ländlichen Gebieten schlecht ist, kann auch flächigen Darstellungen entnommen werden, siehe Abbildung 43.

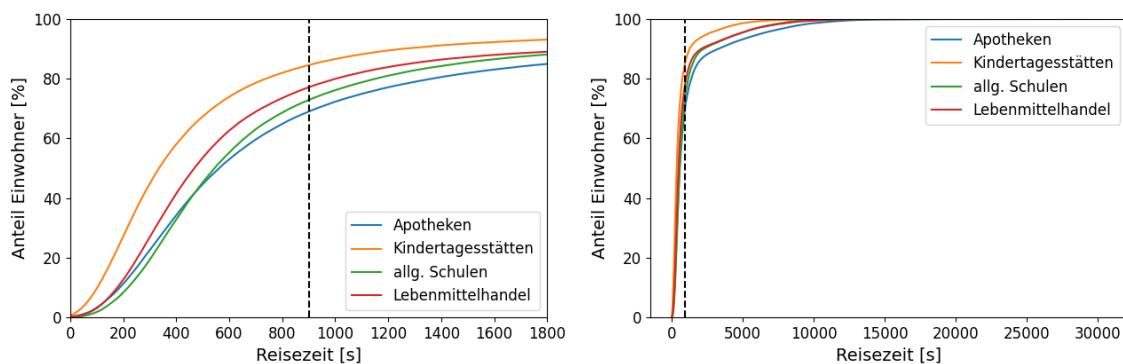
Abbildung 43: Flächige Darstellung der Zugangszeiten in Sekunden zu den betrachteten Zieltypen zu Fuß



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Da der BKG-Gebäudedatensatz die geschätzte Anzahl von Einwohnenden pro Gebäude beinhaltet, können die Verteilungen der Reisezeiten mit der jeweils betroffenen Anzahl an Personen gewichtet werden, dargestellt in Abbildung 44 für den Raum Berlin-Brandenburg. Da in dicht bebauten Gebieten im Schnitt auch die Anzahl der Einwohnenden pro Gebäude höher ist, steigt die Erreichbarkeit pro Person schneller an, als die Erreichbarkeit pro Gebäude.

Abbildung 44: Kumulierte Verteilung der Zugangszeit zur jeweils nächsten Instanz der gewählten Infrastrukturen, skaliert mit der Anzahl der jeweiligen Einwohnenden



Links: Zoom auf Wege unter einer halben Stunde Dauer, rechts: alle Wege; senkrechter Strich jeweils bei 15 Minuten.
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Statistische Werte für die mit der Bevölkerung skalierten Zugangszeiten werden in Tabelle 13 wiedergegeben.

Tabelle 13: Übersicht zu Zugangszeiten zu der jeweils nächsten Instanz der gewählten Infrastrukturen, ausgehend von Gebäuden, normiert mit den Einwohnenden (in Minuten)

Zieltyp	min.	15 %	med.	avg.	85 %	max.
Apotheken	0,00	3,93	9,36	21,54	30,07	509,1
Kindertagesstätten	0,00	2,23	5,89	10,7	15,31	289,21
Lebensmittelhändler	0,00	3,65	7,81	16,52	21,27	277,63
allg. Schulen	0,00	4,42	9,08	17,63	24,27	291,85

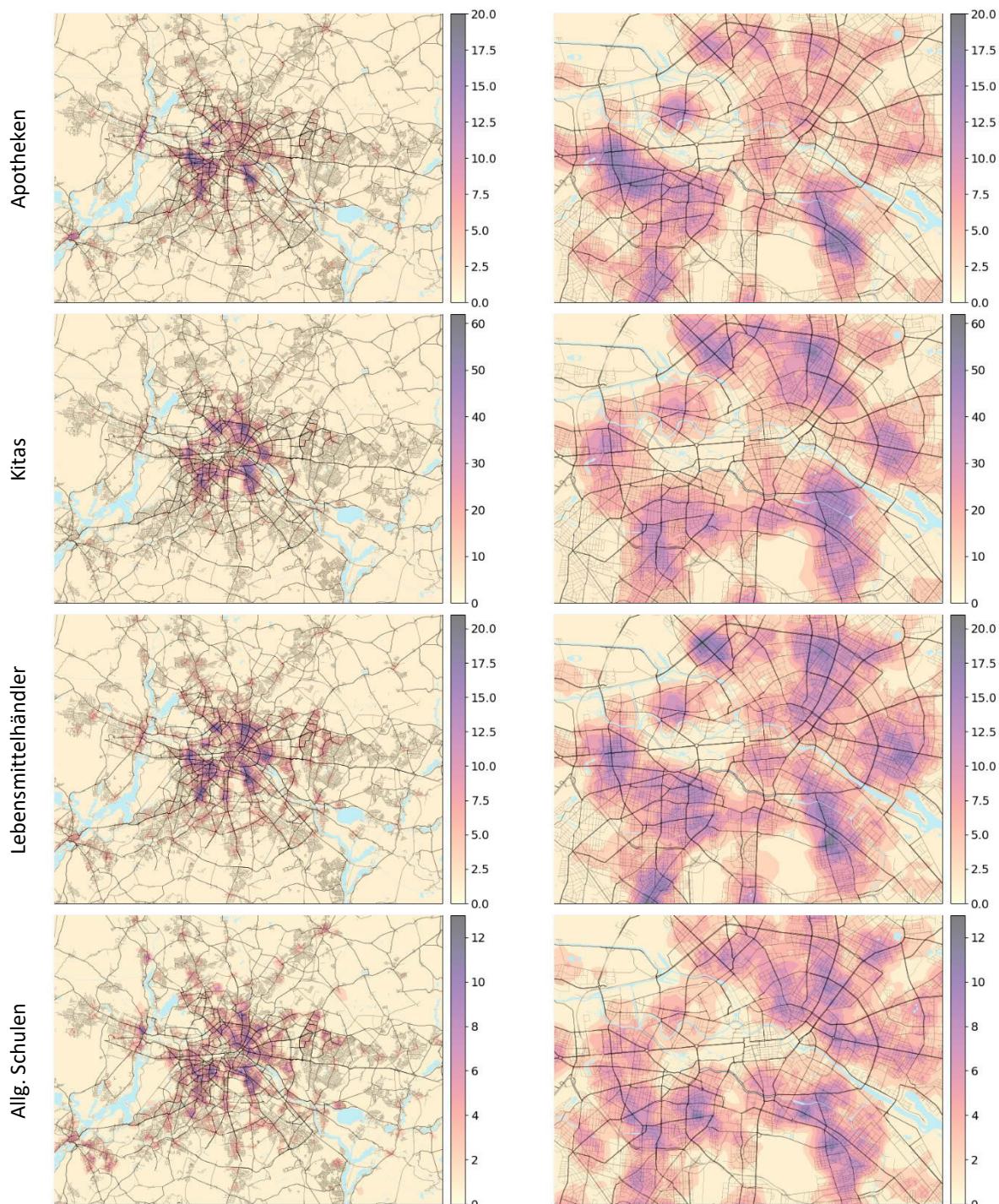
Abkürzungen: „min.“: Minimalwert, „med.“: Median, „avg.“: Durchschnitt, „max.“: Maximalwert, „xx %“: xx %-Quantil.
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

4.3.2 Kumulationsindikatoren

Die für die Berechnung komplexer Erreichbarkeiten genutzten Quellen (Gebäude) und Ziele (Apotheken, Kindertagesstätten, allgemeinbildende Schulen und Lebensmittelhändler) werden nun herangezogen, um Kumulationsindikatoren zu berechnen. Hierbei wird die Anzahl der Instanzen, die innerhalb von 30 Minuten zu Fuß erreichbar sind berechnet.

Auch solche Kumulationsindikatoren lassen sich in der Fläche darstellen wie in der Abbildung 45 umgesetzt. Zu beachten ist hierbei die uneinheitliche Skalierung, bedingt durch die unterschiedliche Gesamtanzahl an Instanzen des jeweiligen Zieltyps.

Abbildung 45: Anzahl der innerhalb von 15 Minuten erreichbaren Instanzen der betrachteten Zieltypen



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

In die Berechnung der Kumulationsindikatoren könnten auch Kenngrößen der jeweiligen Zieltypen einfließen, wie z. B. die Kapazitäten (Plätze) von Kindertagesstätten oder Schulen. Diese Informationen sind jedoch, bis auf die Ladenfläche der Lebensmittelhändler, nicht innerhalb des POI-Datensatzes des BKG vorhanden.

4.3.3 Visualisierung und Bereitstellung der Daten

Das Umweltbundesamt betreibt ein eigenes Kartenportal¹⁹. Die berechneten Erreichbarkeitsmaße werden über dieses Portal bereitgestellt, da so von einer dauerhaften Pflege und Verfügbarkeit ausgegangen werden kann und zudem keine neuen Anwendungen installiert oder entwickelt werden müssen. Das Portal stellt die berechneten Erreichbarkeitsmaße für das Zufußgehen in einer interaktiven Karte dar. Die für einzelne Gebäude berechneten Kennwerte werden zu Kacheln von mindestens 100×100 m Größe aggregiert. Kacheln, innerhalb der sich keine Gebäude befinden, werden transparent dargestellt. Kacheln, innerhalb der sich Gebäude befinden, werden bei der Darstellung der Zugangszeit nach der durchschnittlichen Zugangszeit zu dem ausgewählten Zieltyp eingefärbt: grün für Zugangszeit von 0 s, rot für eine Zugangszeit von 1.800 s oder mehr. Bei der Darstellung des Kumulationsindikators reicht die Skala von 0 (keine Instanz des Zieltyps erreichbar) bis zur maximalen Anzahl der erreichbaren Instanzen. Wie in Abbildung 46 beispielhaft zu sehen, müssen je nach Zoom-Stufe unterschiedliche räumliche Aggregationen angeboten werden. Bei einem 100×100 m-Gitter des Gesamtgebietes Deutschlands bleiben viele Felder transparent, in einem 10×10 km-Gitter werden die Flächen beim Hineinzoomen sehr groß und sind wenig aussagekräftig. Daher werden für das Portal Daten in drei Auflösungen – Gitter von 100×100 m, 1×1 km und 10×10 km Kantenlänge – bereitgestellt, zwischen denen je nach Zoomstufe gewechselt wird.

Die berechneten Erreichbarkeitsmaße werden zudem über das Portal Mobilithek²⁰ des BMDV als Datensatz frei zum Download zur Verfügung gestellt. Zusätzlich werden die Daten auf der open science-Plattform zenodo²¹ veröffentlicht, um sie mit einem Document Object Identifier (DOI) zu versehen und ggf. versionieren zu können. Wie schon bei der Visualisierung werden hierbei nicht die einzelne Gebäude beschreibenden Rohdaten veröffentlicht, sondern ein aggregierter Datensatz im $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ -Grid.

Um die Aktualisierung der Daten möglichst einfach zu gestalten, sind zwei Skripte bereitgestellt worden, welche die Indikatoren berechnen und für die Visualisierung aufarbeiten. Die Skripte sowie ihre Dokumentation werden über das Open Source-Portal github²² frei zur Verfügung gestellt. Eine Dokumentation ist Bestandteil des eingesetzten Werkzeugs für die Berechnung von Erreichbarkeitsmaßen UrMoAC²³. Das erste Skript berechnet die Erreichbarkeitsmaße für den Gesamtraum Deutschlands, unterteilt in Zellen von 100×100 km. Das zweite Skript liest diese Daten ein und bereitet sie für die Darstellung im Portal auf.

¹⁹ <https://gis.uba.de/maps/?lang=de>

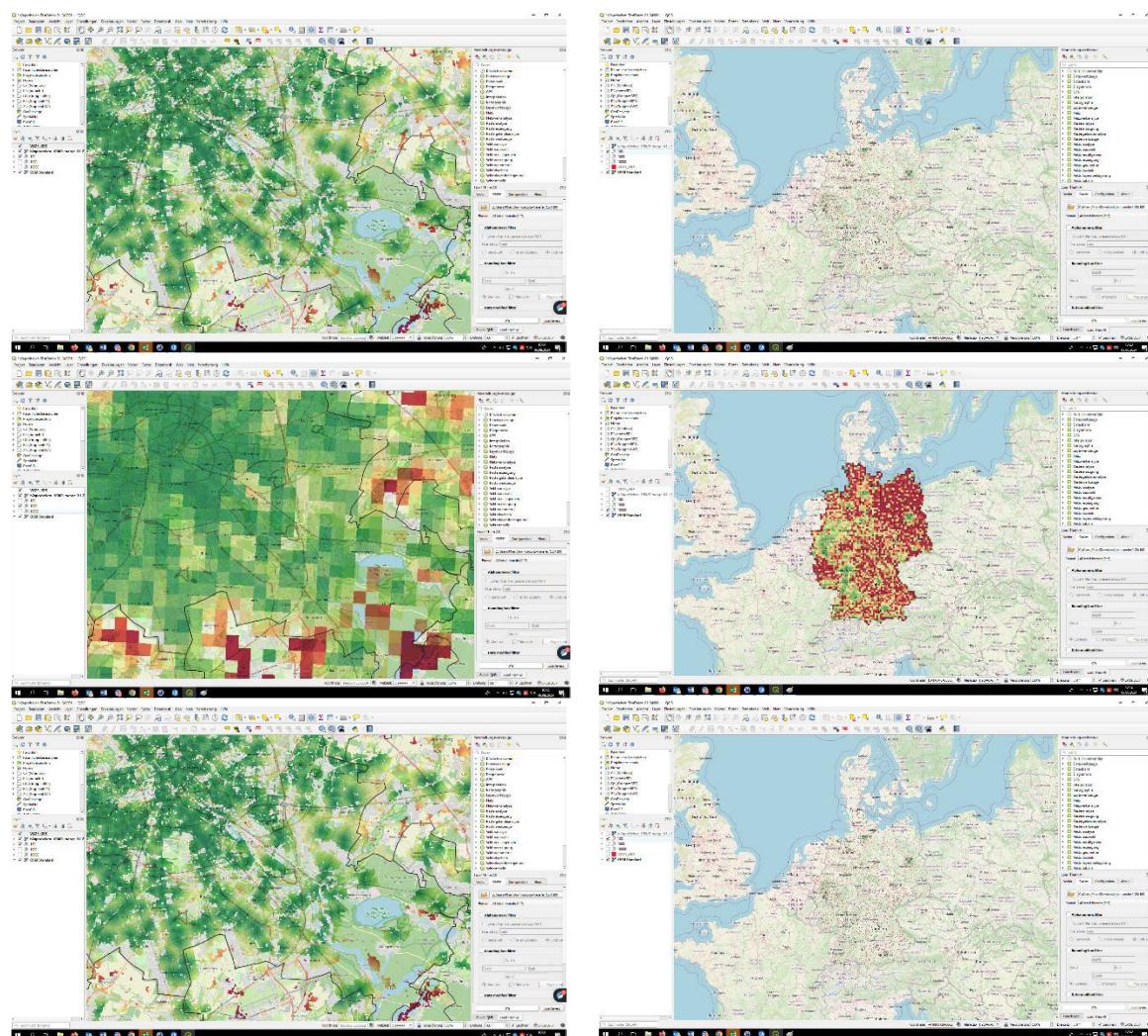
²⁰ <https://mobilithek.info/>

²¹ <https://zenodo.org/>

²² <https://github.com/>

²³ <https://github.com/DLR-VF/UrMoAC>

Abbildung 46: Darstellung der gelieferten Kacheln für die Erreichbarkeit von Apotheken in QGIS



Links: Berlin, rechts: Deutschland; von oben nach unten: Kantenlänge der Zellen: 100 m, 1 km, 10 km.

Quelle: eigene Darstellung, UBA & DLR.

4.4 Zusammenfassung

Erreichbarkeitsmaße erleben eine Renaissance, weil sie im Vergleich zu konventionellen Verkehrsindikatoren nicht nur alle Verkehrsmodi berücksichtigen, sondern auch die Verteilung von Aktivitätsangeboten im Raum. Sie eignen sich somit als Hilfsmittel zur Bewertung des Raums hinsichtlich aktueller Fragestellungen wie der Unterstützung der aktiven Mobilität oder ob ein betrachteter Raum Wege(-weiten) und damit negative Verkehrseffekte reduziert.

Wie der Name schon andeutet, sind Erreichbarkeitsmaße eine Klasse von Maßen bzw. Indikatoren, die unterschiedlich ausgeprägt sein können. Neben der Berücksichtigung der Entfernung von Zielen bzw. der Reisezeiten zu diesen, können Eigenschaften der Ziele in die Berechnung aufgenommen werden, wie deren Größe oder Kapazität. Zudem können für die Suche im Verkehrsgraphen unterschiedliche Abbruchkriterien formuliert werden, wie z. B. eine maximale Wegedauer oder -distanz oder eine bestimmte Anzahl zu berücksichtigender Zielorte.

Die Größe der bei der Berechnung von Erreichbarkeitsmaßen betrachteten Gebiete ist unterschiedlich und reicht von ganzen Staaten bis zu kleinen, zumeist städtischen Gebieten. Obwohl für das Zufußgehen eine hohe Auflösung der betrachteten Fläche anzustreben ist, da

fußläufig zumeist nur geringe Distanzen zurückgelegt werden, werden in der Praxis oft Einteilungen der Fläche von mindestens 100 m zum Quadrat genutzt.

Zufußgehen und damit auch die fußläufige Erreichbarkeit von Zielen ist aufgrund der langsamem Geschwindigkeit und des direkten, ungeschützten Aufenthaltes im Raum stark äußerer Einflüssen unterworfen. Hierzu gehören gut quantifizierbare Faktoren, wie z. B. die Steigung im Gelände, aber auch eine Vielzahl von Raumeigenschaften, die das Gehen fördern oder hemmen, die zumindest aktuell nicht in die Berechnung von Erreichbarkeiten aufgenommen werden können. Zu den letzteren gehören insbesondere implizite Einflüsse wie die Schönheit oder der Abwechslungsreichtum des Raums, das Sicherheitsempfinden oder die Belästigung durch Lärm oder Fahrzeugemissionen. Die Aufnahme dieser Faktoren in die Berechnung von Erreichbarkeiten wird zum einen durch das Fehlen entsprechender Daten, aber auch durch das Fehlen einer Quantifizierung der Auswirkungen auf das Zufußgehen verhindert.

Innerhalb des Projektes sind zwei Arten von Erreichbarkeitsmaßen ausgewählt und für den gesamtdeutschen Raum berechnet worden: zum einen die Zugangszeit zu der nächsten Instanz eines Zieltyps („Komplexe Erreichbarkeitsindikatoren“), zum anderen die Anzahl der innerhalb von 30 Minuten erreichbaren Instanzen dieses Zieltyps („Kumulationsindikatoren“). Als Ziele sind hierbei Apotheken, Kindertagesstätten, allgemeinbildende Schulen sowie Lebensmittelhändler ausgewählt worden. Diese Zieltypen dienen als beispielhafte Stellvertreter alltäglicher Ziele. Als Datengrundlage für die Quellorte dienten hierbei die Adressdaten des BKG, als Ziele Daten des POI-Datensatzes des BKG. Über die Nutzung quasi-amtlicher Daten soll eine wiederholbare Berechnung der Maße sichergestellt werden. Als Netzgrundlage ist OSM gewählt worden.

Es zeigt sich, dass innerhalb urbaner Gebiete die meisten alltäglichen Ziele gut fußläufig erreichbar sind, zumeist auch mehrere Instanzen dieser. In ländlichen Räumen mit geringerer Angebotsdichte können, teilweise selbst bei längeren Fußwegen von 30 Minuten, keine der gewählten Ziele erreicht werden.

Die Ergebnisse der Berechnung sind auf dem GIS-Portal des Umweltbundesamtes visualisiert worden und werden über das Portal Mobilithek des BMDV frei zum Download angeboten.

5 Suffizienzindikatoren

Suffizienz, verstanden als Verhaltensänderung zugunsten einer nachhaltigen Lebensweise, stellt neben Effizienz und Konsistenz eine der drei zentralen Nachhaltigkeitsstrategien dar, die bislang jedoch wenig Beachtung gefunden hat. Die bisherigen Ansätze zur Reduktion der Verkehrsemissionen setzen vor allem auf technische Maßnahmen. Dabei stehen zum einen die Optimierung des Ressourceneinsatzes (Effizienz) und zum anderen die Naturverträglichkeit (Konsistenz) im Mittelpunkt (Behrend et al. 2018). Diese beiden Nachhaltigkeitsstrategien sind wichtig, sie stellen jedoch weder den Konsum an sich, noch die dahinterstehende Kultur eines Landes und die damit verbundenen Verhaltensweisen der Menschen in Frage. Zudem führen sie nur dann zum Erfolg, wenn ihre Wirkung nicht durch sogenannte Rebound-Effekte aufgehoben werden. Genau dies ist im Verkehrsbereich jedoch der Fall, z. B. durch immer größere und leistungsstärkere Pkw (wie SUV). Daher ist es entscheidend, Suffizienzstrategien stärker in den Fokus der Nachhaltigkeitsdebatte zu rücken (Fischer & Grießhammer 2013).

Das Zufußgehen kann als der Inbegriff von Suffizienz verstanden werden. Keine Fortbewegungsart ist nachhaltiger als die eigenen Füße. Auch dem eng mit Suffizienz verbundenen Begriff der Entschleunigung wird mit keinem Verkehrsmodus mehr Genüge getan als dem Zufußgehen. Die bisherige Entwicklung der Verkehrs nachfrage in Deutschland ist jedoch zu weiten Teilen durch das genaue Gegenteil von Suffizienz und Entschleunigung gekennzeichnet. Die Verkehrsleistung, d. h. die insgesamt an einem durchschnittlichen Tag zurückgelegten Personenkilometer, ist von 2002 bis 2017 trotz gleichbleibendem Zeitaufwand für das Zurücklegen der Wege um 18 % gestiegen (Nobis & Kuhnimhof 2018); das Leben der Menschen ist in der Vergangenheit entferungsintensiver geworden, auch wenn die aktuelle MiD 2023 (Follmer 2025) entgegen dem langjährigen Trend leicht rückläufige Tendenzen aufzeigt. Ein wesentlicher Treiber dieser Entwicklung ist der seit Jahren kontinuierlich wachsende Pkw-Bestand, der zu einer zunehmenden Mehrfachmotorisierung von Haushalten und zu immer stärker auf das Auto ausgerichteten Mobilitätsgewohnheiten führt (Nobis et al. 2019).

Ziel der nachfolgend beschriebenen Arbeiten war die Auswahl und Berechnung eines Suffizienzindikators, der insbesondere das Zufußgehen berücksichtigt. Zunächst erfolgt eine kurze Einführung in das Thema Indikatoren zur Messung von Suffizienz. Danach werden in Kapitel 5.2 die im Rahmen des Projektes „Erarbeitung einer Suffizienzstrategie für den Verkehrssektor und ihre erfolgreiche Kommunikation (SuVeKo“ (Nobis et al. 2024) gesammelten Indikatoren hinsichtlich ihrer Berechenbarkeit und praktischen Anwendbarkeit besprochen. In Kapitel 5.3 werden Indikatoren vorgestellt, die das Aktivitätsangebot im Raum betrachten, und im anschließenden Kapitel 5.4 ein neu entwickelter Indikator eingeführt, der das Verkehrsangebot dem Verkehrsverhalten gegenüberstellt. Das Kapitel endet mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse.

5.1 Indikatoren für suffiziente Mobilität

Indikatoren sind messbare Größen, die es ermöglichen, komplexe Zusammenhänge zu quantifizieren und Entwicklungen nachvollziehbar darzustellen. Im Bereich Mobilität dienen sie dazu, bestimmte Aspekte des Verkehrsverhaltens oder -ablaufs systematisch zu erfassen. Indikatoren zur Messung suffizienten Mobilitätsverhaltens zeigen auf, inwieweit das Verkehrssystem bzw. die gegebenen Rahmenbedingungen nachhaltiges Mobilitätsverhalten fördern und inwieweit Personen ihre Mobilität bereits auf ressourcenschonende Weise umsetzen. Sie bilden eine zentrale Grundlage, um Strategien zur Förderung nachhaltiger Mobilität zu entwickeln und zu bewerten.

Im Verkehrsbereich gibt es zahlreiche Indikatoren. Klassische Beispiele sind die Anzahl der Pkw auf 1.000 Einwohnende oder der Modal Split. Letzterem wird vor allem von Kommunen eine hohe Bedeutung beigemessen. Dabei handelt es sich beim Modal Split um einen recht „trägen“ Indikator, da sich die Anteile der Verkehrsmittel an den Wegen und zurückgelegten Kilometern nicht sprunghaft, sondern meist nur langsam verändern. Als Gradmesser für eine erfolgreiche Verkehrspolitik bedarf es daher anderer Indikatoren. Entscheidend hierbei ist, auf welcher Ebene die Indikatoren eine Rolle spielen. So ist z. B. der Endenergieverbrauch im Verkehr ein wichtiger Indikator, um auf übergeordneter Ebene die Gesamtentwicklung im Verkehr zu beschreiben und ist einer der Indikatoren der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS, Bundesregierung 2025). Für räumlich feiner aufgelöste Bewertungen werden andere Indikatoren benötigt.

Bei der Auswahl geeigneter Indikatoren für die Messung suffizienten Mobilitätsverhaltens gilt es, sowohl die Angebots- als auch die Nachfrageseite abzubilden. Mit Indikatoren der Angebotsseite können die bestehenden Rahmenbedingungen für individuelle Mobilitätsentscheidungen gemessen und bestehende Lücken und Handlungsbedarfe für Verbesserung ermittelt werden. Mit Indikatoren der Nachfrageseite kann gemessen werden, wie sich die gegebenen Rahmenbedingungen im Verhalten widerspiegeln. Zudem sollten die ausgewählten bzw. entwickelten Indikatoren langfristig und nutzerfreundlich angewendet werden können.

5.2 Indikatoren aus dem Projekt SuVeKo

Zentrale Erkenntnisse

- ▶ Im Projekt SuVeKo („Erarbeitung einer Suffizienzstrategie für den Verkehrssektor und ihre erfolgreiche Kommunikation“) wurde eine Liste von 52 Suffizienzindikatoren bereitgestellt. 35 dieser Indikatoren bewerten die Rahmenbedingungen für suffiziente Mobilität, 17 Indikatoren beziehen sich auf suffizientes Mobilitätsverhalten.
- ▶ Viele der Indikatoren können aufgrund fehlender Daten entweder nicht berechnet oder nicht regelmäßig aktualisiert werden.
- ▶ Für die folgenden Indikatoren liegen dagegen sowohl für die Berechnung als auch eine periodische Aktualisierung ausreichend Daten vor: Zugang zum ÖV, Verfügbarkeit von Zugverbindungen, ÖV-Reisezeit von Haltestelle bis zum nächsten Ober-/Mittelzentrum, Häufigkeit der Anbindung an den öffentlichen Verkehr, Pkw-Dichte (Pkw/1.000 Einwohnende), Zahl der Pkw-Neuzulassungen, Anzahl der Kraftfahrzeuge (nach Typ und Kraftstoffeffizienz) sowie CO₂-Emissionen im Verkehr pro Kopf und Jahr.

Im Rahmen des Projektes „Erarbeitung einer Suffizienzstrategie für den Verkehrssektor und ihre erfolgreiche Kommunikation“ (SuVeKo) wurden Indikatoren zu Rahmenbedingungen für suffiziente Mobilität sowie zu suffizientem Mobilitätsverhalten identifiziert (siehe Nobis et al. 2024, Anhang A). Diese werden im Folgenden dargestellt und im Hinblick auf ihre Berechenbarkeit diskutiert. Dazu wurden sie neu gruppiert, um Indikatoren mit ähnlichen Datengrundlagen effizienter einschätzen zu können. Zwei Indikatoren, der Zugang zum ÖV sowie die Pkw-Dichte, werden anschließend vertieft betrachtet.

5.2.1 Erste Einschätzung der Berechenbarkeit

A: Verkehrsnetz(e)

Indikatoren aus dem SuVeKo-Projekt:

1. Fahrradnetz: Infrastruktur und Verbindungen
2. Anteil der Hauptverkehrsstraßen (innerörtliches Grundnetz) mit ausreichend dimensionierten und gestalteten Radverkehrsanlagen oder Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h, bezogen auf die Gesamtlänge der Hauptverkehrsstraßen
3. Anteil von Fußgängerbereichen, verkehrsberuhigten Bereichen und Kfz-freien Fußwegen am Straßen- und Wegenetz der Innenstadt, bezogen auf deren Gesamtlänge

Einschätzung: Die Vollständigkeit der Abbildung des Verkehrsnetzes in OSM, einschließlich der Oberflächenbeschaffenheit, nimmt zwar zu, dürfte für eine deutschlandweite Auswertung jedoch noch nicht ausreichen. Eine andere Datenquelle ist nicht bekannt.

B: Unterstützende Infrastrukturen

Indikatoren aus dem SuVeKo-Projekt:

1. Anzahl von Fahrradabstellanlagen im öffentlichen Raum mit und ohne Witterungsschutz sowie mit und ohne die Möglichkeit zum Aufladen der Akkus von E-Bikes/Pedelecs
2. Vorhandensein von Serviceeinrichtungen wie z. B. Mobilitätsstationen mit einem Angebot zur Reparatur, Fahrradpumpen etc.
3. Qualität von Fuß- und Radwegen, angefangen von der Oberflächenbeschaffenheit der Wege bis hin zum Straßenbild und der Aufenthaltsqualität sowie bspw. Aspekten wie Beleuchtung
4. Ausstattung von Haltestellen, bspw. Anteil Haltestellen mit Witterungsschutz, Beleuchtung
5. Qualität des Aufenthalts in öffentlichen Verkehrsmitteln/ Nutzungskomfort (Design und technische Ausstattung von Bussen und Bahnen, wie bspw. WLAN, Möglichkeiten in Notfällen auf sich aufmerksam zu machen)
6. Anzahl intermodaler Verknüpfungspunkte, Anteil der ÖV-Haltestellen mit Fahrradabstellmöglichkeiten oder Angeboten

Einschätzung: Die für die Berechnung dieser Indikatoren benötigten Daten könnten in der OSM-Datenbank vorliegen, doch auch sie sind vermutlich nicht für den Gesamtraum Deutschland vollständig erfasst. Eine andere Datenquelle ist nicht bekannt.

C: ÖV-Kennwerte

Indikatoren aus dem SuVeKo-Projekt:

1. Anteil der Einwohnenden im Einzugsbereich von 300 m bei Bushaltestellen und/oder 500 m bei S-Bahn-, Stadtbahn- und Straßenbahnhaltestellen, bezogen auf die Gesamtzahl der Einwohnenden [%]
2. Anzahl und Stationsnetz mit Bike-Sharing-Angeboten
3. Schienen-/ÖPNV-Netz: Verfügbarkeit von Zugverbindungen
4. Preis für öffentliche Verkehrsmittel
5. ÖV-Reisezeit von Haltestelle bis zum nächsten Ober-/Mittelzentrum
6. Häufigkeit des öffentlichen Verkehrs
7. Anzahl intermodaler Verknüpfungspunkte und deren Ausstattung (z. B. Anzahl Fahrrad-, Carsharing-Stellplätze, Abstellmöglichkeiten für E-Scooter, Mietfahrräder)

Einschätzung: Mit dem DELFI-Datensatz²⁴ existiert eine deutschlandweite Abbildung des ÖPNV im gebräuchlichen GTFS-Format. Diese könnte für die Berechnung von 1., 3., 5. und 6. genutzt werden. Aufgrund komplexer Preisstrukturen (z. B. durch verschiedene Zonen) kann 4. kaum deutschlandweit berechnet werden. Für die Berechnung von 2. und 7. ist keine frei verfügbare Datenquelle bekannt.

²⁴ <https://www.opendata-oepnv.de/ht/de/datensaetze>

D: Flächennutzung

Indikatoren aus dem SuVeKo-Projekt:

1. Anteil öffentlicher Parks (% nicht versiegelter Boden an der Gesamtfläche)
2. Durchschnittliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche
3. Anteil der Hauptverkehrsstraßen (innerörtliches Grundnetz)
4. Anzahl öffentlicher Stellplätze (pro Kopf)
5. Höhe der Parkgebühren im öffentlichen Raum sowie Mietkosten von Stellflächen für das Abstellen von privaten und gewerblichen Pkw
6. Flächenanteile der einzelnen Verkehrsmittel am Straßenraum

Einschätzung: Wie schon im SuVeKo-Abschlussbericht diskutiert, existiert für die Berechnung von 6. aktuell keine Datengrundlage. Es wird angenommen, dass es auch für 5. keine Daten gibt, die deutschlandweit aktuell gehalten werden. OSM beinhaltet zwar Informationen zu öffentlichen Stellplätzen (4.), allerdings ebenfalls vermutlich nicht flächendeckend bzw. vollständig. Für 3. könnten vermutlich OSM-Daten verwendet werden, während 1. und 2. vermutlich aus dem CORINE Land Cover-Datensatz²⁵ (Höchstauflösung 1 ha) abgeleitet werden könnten.

E: Erreichbarkeitsmaße

Indikatoren aus dem SuVeKo-Projekt:

1. Erreichbarkeit von Zielen des alltäglichen Lebens mit dem Fahrrad und zu Fuß
2. Erreichbarkeit von Zielen des alltäglichen Lebens mit dem ÖV
3. Erreichbarkeit von Zielen des alltäglichen Lebens mit dem MIV
4. Vergleich der Erreichbarkeit von Zielorten mit Auto, ÖV und Fahrrad

Einschätzung: 1., 2., 3.: diese Maße lassen sich für die genannten Modi und ausgesuchte Ziele – wie z. B. die in Kapitel 4.3 vorgestellten – berechnen, da mittlerweile deutschlandweite GTFS-Daten existieren und die MIV-Reisezeiten über Modelle berechnet werden können.

F: Verkehrsmittel

Indikatoren aus dem SuVeKo-Projekt:

1. Pkw-Dichte (Pkw/1.000 Einwohnende)
2. Zahl der Pkw-Neuzulassungen
3. Anzahl Firmenwagen
4. Anzahl der Kraftfahrzeuge (nach Typ und Kraftstoffeffizienz)

Einschätzung: Daten zu zugelassenen Pkw (2., 4.) können vom Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) auf der Ebene von Gemeinden bezogen werden.²⁶ Eine Aufteilung nach Klassen (Hubraum, Kraftstoff, individuell) ist auf der Ebene der Zulassungsbezirke verfügbar. Die Bevölkerungsmenge ist auf der Ebene von (Land-)Kreisen beim Statistischen Bundesamt verfügbar.²⁷ Somit sollte eine Berechnung der Pkw-Dichte (1.) auf der Ebene von Landkreisen möglich sein. Die Daten werden mindestens jährlich aktualisiert. Die Anzahl der zugelassenen Firmenwagen (3.) wird ebenfalls vom KBA berichtet.

G: Mobilitätsverhalten

Indikatoren aus dem SuVeKo-Projekt:

²⁵ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-flaeche/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/corine-land-cover-clc>

²⁶ https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html

²⁷ <https://www-genesis.destatis.de/datenbank/beta/statistic/12411/table/12411-0015>

1. Anteil zu Fuß/ mit dem Fahrrad zurückgelegter Wege am Gesamtaufkommen [%]
2. Differenzierung des Wegeaufkommens zu Fuß und mit dem Fahrrad nach Wegezwecken
3. Personenkilometer im ÖPNV pro Kopf und Jahr
4. Anteil der ÖPNV-Wege am Gesamtverkehrsaufkommen
5. Differenzierung des ÖPNV-Wegeaufkommens nach Wegezwecken
6. Anzahl an Arbeitsfahrten mit dem Auto
7. Anzahl an Freizeitwegen mit dem Auto
8. Summe der täglichen MIV-Kilometer
9. durchschnittliche Wegelängen mit motorisierten Verkehrsmitteln
10. durchschnittliche Anzahl der Wege mit motorisierten Verkehrsmitteln pro Tag und Person
11. Jahresfahrleistung nach Fahrzeugkategorien
12. Anteil Modalgruppen [%], d. h. Personenanteile, die im Verlauf einer Woche von den drei Verkehrsmitteln Auto, Fahrrad und ÖV nur eines oder mehrere nutzen

Einschätzung: Diese Werte lassen sich aus nationalen Erhebungen zum Mobilitätsverhalten (z. B. MiD) ableiten und sind teilweise Bestandteil der entsprechenden Berichte.

H: Mobilitätsoptionen

Indikatoren aus dem SuVeKo-Projekt:

1. Ausstattung der Haushalte mit Fahrrädern und E-Bikes/Pedelecs [%]
2. Anteil der Haushalte mit ÖV-Zeitkarten
3. Anteil der Haushalte mit und ohne Pkw sowie Anteil mehrfach-motorisierter Haushalte [%]
4. Anteil der Haushalte mit Carsharing-Mitgliedschaften
5. CO₂-Emissionen im Verkehr pro Kopf und Jahr

Einschätzung: 1., 2., 3., 4.: auch diese Werte werden innerhalb der MiD erhoben, andere Datenquellen sind nicht bekannt. 5. hängt stark vom persönlichen Verkehrsverhalten ab. Bei der Annahme bestimmter Durchschnittswerte könnten Emissionen über eine Auswertung nationaler Mobilitätsbefragungen ermittelt werden.

I: Sonstiges

Indikatoren aus dem SuVeKo-Projekt:

1. Anzahl Geschäftsfahrten/Dienstreisen
2. Benzinpreis/Kraftstoffpreise
3. Anzahl Carsharing-Fahrzeuge mit festen Stellplätzen und als free-floating Angebot
4. Anzahl Carsharing-Mitglieder
5. Vergleich der Kosten pro Weg mit dem MIV und dem ÖV

Einschätzung: Jenseits von Kennzahlen für den gesamtdeutschen Raum sind für 1., 3. und 4. keine offenen Datenquellen verfügbar, die eine feinere räumliche Betrachtung ermöglichen würden. Deutschlandweit sind hierzu Daten beim Bundesverband Carsharing²⁸ verfügbar. 2. dürfte zu variabel und kleinräumig divers sein. 5. ist aufgrund der Kostenstrukturen im ÖV kaum berechenbar (siehe auch „C: ÖV-Kennwerte, 4.“).

5.2.2 Berechenbare Indikatoren des SuVeKo-Projektes

Im Folgenden werden die Indikatoren betrachtet, die prinzipiell berechnet werden können. Die unter „G: Mobilitätsverhalten“ und „H: Mobilitätsoptionen“ aufgelisteten Kenngrößen werden

²⁸ <https://www.carsharing.de/>

dabei nicht berücksichtigt, da die dafür benötigen Daten über Befragungen wie die Studie „Mobilität in Deutschland“ (MiD) bereitgestellt werden und keine weitere Diskussion bedürfen.

C: ÖV-Kennwerte

Die folgenden Kennwerte zum ÖPNV-Angebot können mit verfügbaren Daten berechnet werden und es wird angenommen, dass periodische Aktualisierungen der Daten möglich sind:

- ▶ Anteil der Einwohnenden im Einzugsbereich von 300 m bei Bushaltestellen und/oder 500 m bei S-Bahn-, Stadtbahn- und Straßenbahnhaltestellen, bezogen auf die Gesamtzahl der Einwohnenden [%]
- ▶ Schienen-/ÖPNV-Netz: Verfügbarkeit von Zugverbindungen
- ▶ ÖV-Reisezeit von Haltestelle bis zum nächsten Ober-/Mittelzentrum
- ▶ Häufigkeit des öffentlichen Verkehrs

D: Flächennutzung

Die folgenden Kennwerte zur Landnutzung können mit verfügbaren Daten berechnet werden, wobei aber eine periodische Aktualisierung der zugrunde liegenden Daten nicht sichergestellt werden kann:

- ▶ Anteil öffentlicher Parks (% nicht versiegelter Boden an der Gesamtfläche)
- ▶ Durchschnittliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche
- ▶ Anteil der Hauptverkehrsstraßen (innerörtliches Grundnetz)

E: Verkehrsmittel

Die folgenden Kennwerte zum Fahrzeugbesitz können mit verfügbaren Daten berechnet werden, jährliche Aktualisierungen sollten möglich sein:

- ▶ Pkw-Dichte (Pkw/1.000 Einwohner)
- ▶ Zahl der Pkw-Neuzulassungen

5.2.3 Indikator Zugang ÖV

Das vom DLR entwickelte Werkzeug „PtAC²⁹“ (siehe Abbildung 47) berechnet den Sustainable Development Goal (SDG) 11.2.1, der dem SuVeKo-Indikator „Anteil der Einwohnenden im Einzugsbereich von 300 m bei Bushaltestellen und/oder 500 m bei S-Bahn-, Stadtbahn- und Straßenbahnhaltestellen, bezogen auf die Gesamtzahl der Einwohnenden [%]“ weitestgehend entspricht. Das Werkzeug ist als Open Source verfügbar. Bislang ist es für die Bemessung kleinerer Gebiete, Stadtteile oder Städte angewendet worden.

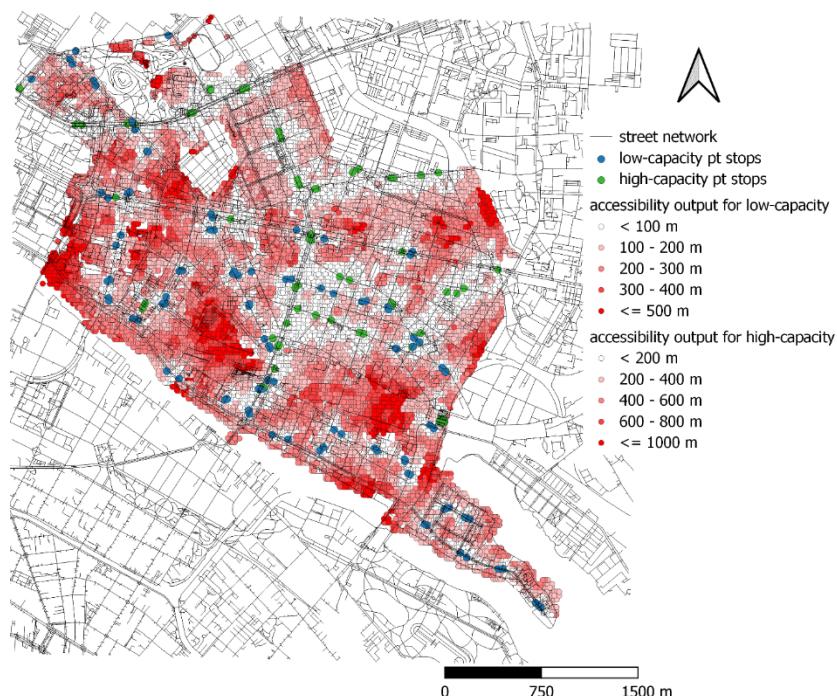
Der DELFI-Datensatz des deutschlandweiten ÖV-Angebots wird stetig aktualisiert, weist insbesondere nach Fahrplanänderungen aber Lücken und Fehler auf (Plan4Better 2025). Mit Hilfe dieses Datensatzes sollte es möglich sein, jährlich für einen Stichtag eine Abbildung des ÖV-Angebotes zu erhalten. Als Datenquelle für Einwohner kann der Adressdatensatz des BKG genutzt werden, der jährlich aktualisiert wird und im Rahmen dieses Berichts bereits für die Berechnung fußläufiger Erreichbarkeiten zum Einsatz kam (vgl. Kapitel 4.3). Eine alternative

²⁹ <https://github.com/DLR-VF/PtAC>

Datenquelle wäre die aus dem Mikrozensus abgeleitete Bevölkerungsverteilung, die jedoch seltener aktualisiert wird.

Der Indikator ist leicht verständlich und hat mit dem SDG 11.2.1 ein internationales Pendant. Er liefert einen skalaren Wert, wodurch seine Entwicklung über Jahre leicht visualisiert werden kann. Da die Berechnung disaggregiert, also einzelne Gebäude als Startpunkt nutzend, durchgeführt wird, ist eine vergleichende Betrachtung von Bundesländern, Kreisen oder Gemeinden möglich. Für jeden Datenpunkt können zusätzlich die Reisezeiten zu der jeweils nächsten ÖV-Haltestelle auf einer Karte (vgl. Kapitel 4.2.4) oder als eine kumulative Verteilung (wie in Abbildung 42 und Abbildung 44) dargestellt werden.

Abbildung 47: Darstellung des Zugangs zum ÖPNV in PtAC am Beispiel Berlin Friedrichshain



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Ein Manko des Indikators ist das Vernachlässigen moderner Mobilitätsformen wie On-Demand- oder Sharing-Angebote. Dieses könnte durch das Ansetzen einer durchschnittlichen Laufweite zum Verkehrsmittel innerhalb von Bedienegebieten gelöst werden. Ein weiteres Manko ist, dass weder die Bedienhäufigkeit noch die mittels des Angebotes erreichbaren Ziele berücksichtigt werden. Modernere Ansätze, wie die ursprünglich in der Schweiz und Österreich verwendeten ÖV-Güteklassen, bemessen zusätzlich das Angebot an Haltestellen bezüglich der Taktung und der Verkehrsmittel und kombinieren dieses mit der Zugangszeit zur jeweiligen Haltestelle. Auf Deutschland ist dieses Konzept durch die Agora Verkehrswende angewendet worden (Agora Verkehrswende 2023). Durch die Möglichkeit jährlich aktualisiert zu werden und Kennwerte auf der Ebene einzelner Gebäude zu liefern, die beliebig aggregiert werden können, eignet sich dieser Indikator für die Bemessung der ÖPNV-Angebote im Rahmen der DNS.

5.2.4 Indikator Pkw-Dichte

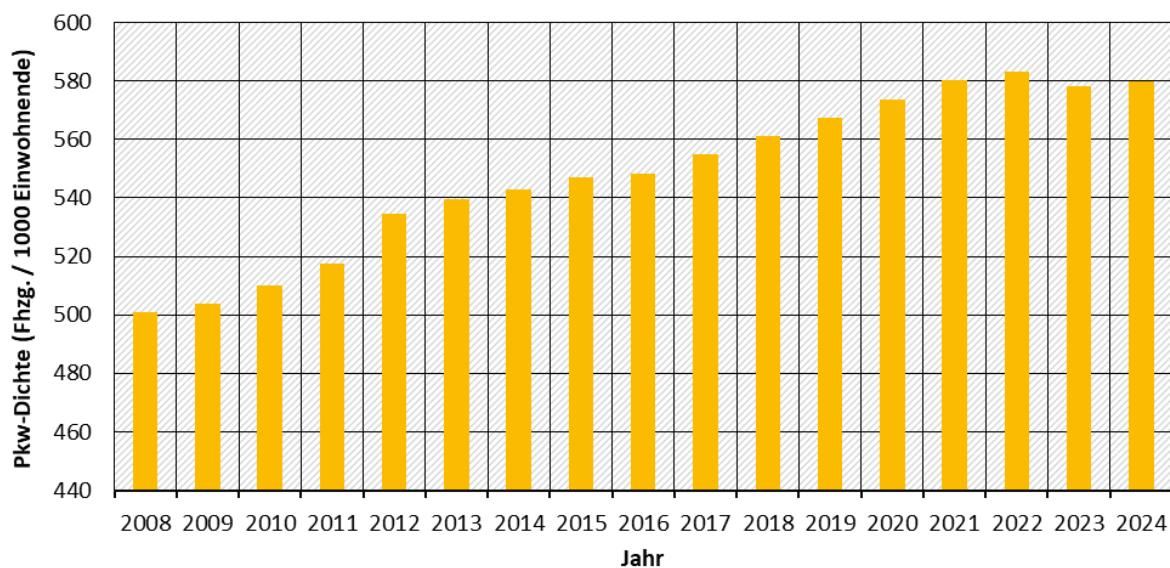
Die Pkw-Dichte, also die Anzahl der Pkw pro 1.000 Einwohnende, ist bereits im Abschlussbericht des Projektes SuVeKo (Nobis et al. 2024) besprochen worden. Im Nachfolgenden werden daher nur ergänzende Informationen wiedergegeben.

Wie in Kapitel 5.2.1 erwähnt, stellt das KBA Daten zum Pkw-Bestand auf der Gemeindeebene bereit, das Statistische Bundesamt liefert die Bevölkerungsanzahl auf der Ebene von (Land-)Kreisen. Durch die Aggregation der Fahrzeuganzahl kann die Pkw-Dichte auf der Ebene von Kreisen berechnet werden. Die Daten zum Fahrzeugbestand werden jährlich mit dem Stichtag 01.01. bereitgestellt, die Daten zur Bevölkerungsmenge zum Stichtag 31.12. Eine jährliche Aktualisierung ist also möglich.

Die OECD nutzt die Pkw-Dichte als Nachhaltigkeitsindikator. In der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zählt er aktuell dagegen nicht zu den offiziellen Indikatoren. Das Statistikportal des Bundes und der Länder stellt jedoch eine Excel-Tabelle zum Download bereit³⁰, die neben anderen Nachhaltigkeitsindikatoren auch die Pkw-Dichte auf der Ebene der Bundesländer für die Jahre 2008 bis 2024 enthält. Aktuelle und vergangene Werte werden auch im Regionalatlas Deutschland der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder³¹ kartografisch dargestellt, wobei ein Jahr zwischen 2005 und 2024 ausgewählt werden kann. Zusätzlich ist eine unvollständige Darstellung des Jahres 2000 möglich. Der Regionalatlas erlaubt die Darstellung auf der Ebene von Bundesländern, von Regierungsbezirken / statistischen Regionen und auf der Ebene von Kreisen / kreisfreien Städten.

Der Indikator kann in Choroplethenkarten (Karten bei denen Teilgebiete farblich in Abhängigkeit von einem Wert oder der Zugehörigkeit zu einer Klasse eingefärbt sind), getrennt nach Kreisen oder aggregiert zu Bundesländern visualisiert werden, als Gegenüberstellung von Werten auf Landes- oder Kreisebenen oder als einzelner Wert für den gesamtdeutschen Raum. Abbildung 48 zeigt die Entwicklung der Pkw-Dichte für die Jahre 2008 bis 2024.

Abbildung 48: Entwicklung der Pkw-Dichte in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Der Indikator dürfte insbesondere für Städte interessant sein, die den ruhenden Verkehr reduzieren möchten und mittels der Pkw-Dichte die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen bewerten wollen.

³⁰ <https://www.statistikportal.de/de/nachhaltigkeit/veroeffentlichungen>

³¹ <https://regionalatlas.statistikportal.de/?BL=DE&TCode=AI013-1&ICode=AI1301>

5.3 Raum-bezogene Suffizienzindikatoren

Zentrale Erkenntnisse

- Raum-bezogene Indikatoren zur Abbildung der Erreichbarkeit verschiedener Zieltypen geben die Ausstattung des Raums mit täglich aufgesuchten Zielen wieder und bilden die Angebotsseite einer auf Suffizienz ausgerichteten Mobilität ab.
- Durch das zusätzliche Einbeziehen des Mobilitätsverhaltens in Form der Häufigkeit des Aufsuchens verschiedener Ziele, z. B. im Laufe einer Woche, wird das Angebot mit dem Verhalten verknüpft. Dadurch lassen sich Kennwerte ableiten, wie z. B. die Prüfung, ob ein Raum die Kriterien einer 15-Minuten-Stadt erfüllt.
- Mit zunehmender Komplexität steigt die Anzahl der Parameter, die bei der Bildung der Indikatoren zu berücksichtigen sind. OSM liefert zwar die benötigte Menge an Aktivitätsorten, deren gleichbleibende Qualität kann jedoch nicht deutschlandweit sichergestellt werden. Aufgrund der hohen Anzahl an benötigten Parametern und der hohen Komplexität von zusammengesetzten Indikatoren wird von ihrer Nutzung abgeraten.

Damit suffiziente Mobilität im Alltag umgesetzt wird, sind ausreichend vorhandene Verkehrsmittelalternativen zum Pkw erforderlich. Eine hohe Angebotsdichte unterstützt die Nutzung des ÖPNV und aktiver Modi, ohne die Ausübung von Aktivitäten einzuschränken. Im Nachfolgenden werden Indikatoren beschrieben, die Räume danach bewerten, ob sie durch eine ausreichende Angebotsdichte suffiziente Mobilität unterstützen. Sie sollen helfen, Defizite bei bestimmten Zieltypen innerhalb eines festgelegten Gebietes zu bestimmen, damit Gegenmaßnahmen ergriffen werden können. Diese Klasse von Indikatoren basiert auf Erreichbarkeitsmaßen und entspricht den in Kapitel 4.2.5 vorgestellten Methoden zur Berechnung, ob ein Raum die Kriterien der Stadt der 15 Minuten erfüllt.

5.3.1 Aktivitätsorte und Wegezwecke

Ausgangspunkt ist die Unterteilung von Aktivitätsorten in Nutzungszwecke, die der Mobilitätsbefragung „Mobilität in Deutschland“ (MiD) entnommen worden sind. Die MiD klassifiziert Wegezwecke in 16 Hauptgruppen. Eine Bestimmung der Erreichbarkeit entsprechender Orte kann jedoch nicht für alle diese Zwecke erfolgen. Wege wie z. B. „dienstlich/geschäftlich“, „Begleitung Erwachsener“ oder „Nach Hause“ haben wahlweise keine klare Zielart oder hängen nicht vom Aktivitätsangebot in der Wohngegend ab. Zudem werden ähnliche Zwecke zusammengefasst. Berücksichtigt werden daher die Aktivitätsorte an denen Aktivitäten durchgeführt werden können, die den Wegezwecken „Ausbildung“, „Einkauf“, „persönliche Erledigungen“, „Arbeit“ und „Freizeit“ entsprechen.

Im Rahmen der Bachelorarbeit von Til Friedrich (Friedrich 2024) ist eine Abbildung von OSM-Klassen auf Wegezwecke der MiD erarbeitet worden. Jedes Gebäude innerhalb der OSM-Weltkarte, das entsprechend der OSM-Standards attribuiert ist, kann so einer oder mehreren Aktivität(en) zugeordnet werden. Diese Zuordnung erlaubt eine Betrachtung des Aktivitätsangebots im Raum und wurde für die nachfolgend vorgestellten Indikatoren genutzt.

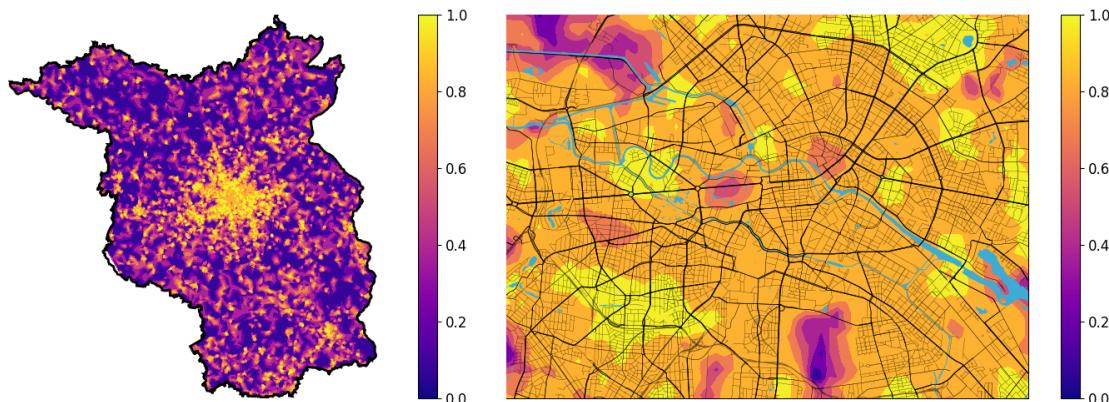
5.3.2 Raumdiversität

Der Diversitätsindikator (Friedrich 2024) soll aufzeigen, wie die Durchmischung der Aktivitätsorte in fußläufiger Umgebung ist und nutzt hierfür den Entropie-Indikator nach Shannon (Shannon 1948). In diesen fließt die Anzahl innerhalb von 15 Minuten fußläufig erreichbarer Orte ein, an denen die fünf Aktivitätsklassen Ausbildung, Einkauf, private

Erledigungen, Freizeit und Kindertagesstätte durchgeführt werden können. Als Quelle für die Orte, an denen die Aktivitäten durchgeführt werden können, kann hierbei nur die OSM-Datenbank dienen, da die Datensätze des BKG verschiedene Aktivitätenorte – wie z. B. Einkaufsmöglichkeiten jenseits von Lebensmittelhändlern – nicht beinhalten.

Der Diversitätsindikator bewertet Orte nach der Durchmischung des Aktivitätsangebots. Der Wert des Indikators ist einheitenlos und liegt zwischen 0 (keine Diversität bzw. keine Angebote) und 1 (maximale Diversität). Wie schon bei komplexen Erreichbarkeitsmaßen ist eine klare Trennung zwischen urbanen Gebieten mit einer hohen Angebotsdiversität und ländlichen Räumen erkennbar.

Abbildung 49: Flächige Darstellung der Werte des Diversitätsindikators für Berlin/Brandenburg



Links: Raum Berlin/Brandenburg, rechts: Berliner Innenring.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Die Untersuchung des Indikators hat allerdings auch zwei markante Schwächen aufgedeckt. Zum einen scheint die Auflösung der Aktivitätstypen nach primären Wegezwecken der MiD nicht ausreichend – insbesondere die Orte, an denen private Erledigungen, Einkäufe und Freizeitaktivitäten durchgeführt werden können, bedürfen einer weiteren Unterteilung. Auf der Ebene der primären Wegezwecke wird nicht deutlich, ob alle benötigten Aktivitätstypen tatsächlich innerhalb des betrachteten Gebietes vorhanden sind. Damit zusammenhängend besteht ein weiteres Manko des Indikators: das Vernachlässigen der Gesamtanzahl der jeweiligen Aktivitätsorte innerhalb des betrachteten Gebietes. Der Wert bleibt gleich, wenn die Anzahl der Aktivitätsorte pro Klasse mit demselben Faktor multipliziert werden. Sind also z. B. fünf Einkaufsmöglichkeiten und ein Ort, an dem eine Freizeitaktivität durchgeführt werden kann, erreichbar, ergibt sich der gleiche Wert wie für Gebiete mit 15 Einkaufsorten und drei Freizeitaktivitäten. Aus diesen Gründen und weil die Interpretation der Ergebnisse schwierig ist, wird von einer weiteren Betrachtung des Indikators abgesehen.

5.3.3 Wöchentliche Aufwände nach Personengruppen

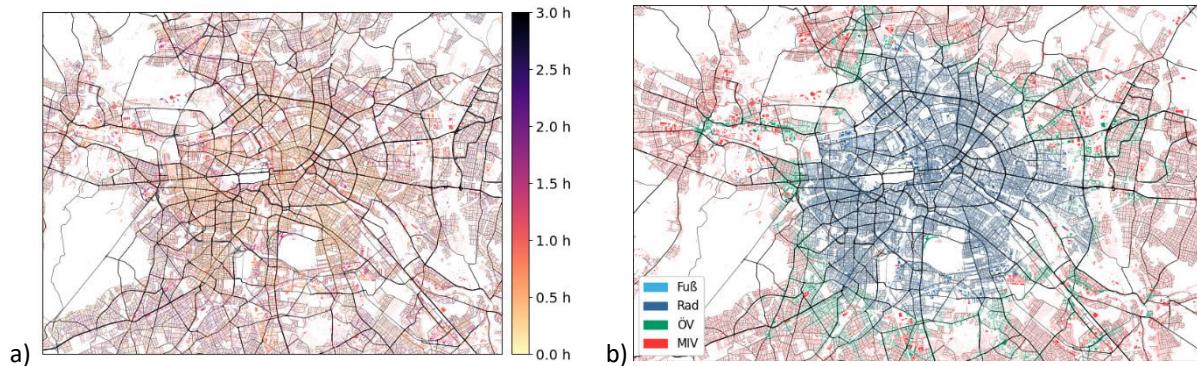
Dieser Indikator berücksichtigt, wie der Diversitätsindikator, die Erreichbarkeit von Orten getrennt nach der jeweiligen Aktivität. Er erweitert diese jedoch um die Häufigkeiten, mit denen die jeweiligen Orte durch verschiedene Personengruppen pro Woche aufgesucht werden. Zudem werden die Erreichbarkeiten mittels der Hauptverkehrsmodi – Zufußgehen, Radfahren, ÖV und MIV – berücksichtigt. Die Häufigkeiten des Aufsuchens verschiedener Aktivitätsorte werden hierbei ebenfalls der MiD entnommen.

Es genügt nicht, nur die Erreichbarkeit des nächsten Ortes, an dem eine dem Wegezweck zugeordnete Aktivität durchgeführt werden kann, zu betrachten. So entspricht der

nächstgelegene Lebensmittelhändler vielleicht nicht den persönlichen Wünschen, die nächstgelegene Dienstleistung ist vielleicht nicht der Friseur, der aufgesucht werden will, sondern ein Schlosser, etc. Aus diesem Grund wird pro Wegezweck eine Mindestanzahl an Orten festgelegt, die erreichbar sein sollte.

Der Wegeaufwand für die untersuchte Personengruppe ergibt sich aus der Erreichbarkeit der definierten Menge an Aktivitätsorten eines Wegezwecks, multipliziert mit der Häufigkeit ihres Aufsuchens, also der Anzahl von Wegen mit diesem Wegezweck. Für die Bestimmung der wöchentlichen Reisezeit können verschiedene Kriterien bei der Wahl des Verkehrsmittels einfließen, z. B. die Annahme, es würde stets der umweltfreundlichste Verkehrsmodus genutzt werden, so lange die Reisezeit unter 15 Minuten bleibt. Abbildung 50 a) stellt die so erhaltene wöchentliche Reisezeit für die Personengruppe von Kindern zwischen 6 und 14 Jahren in Stunden dar. Die Berechnung erlaubt weitere Auswertungen, wie z. B. die Bestimmung des mindestens notwendigen Verkehrsmittels, welches das Erreichen aller Ziele innerhalb des festgesetzten zeitlichen Budgets erlaubt (siehe Abbildung 50 b)).

Abbildung 50: Verschiedene Interpretationen der Berechnung für die Personengruppe von Kindern zwischen 6 und 14 Jahren am Beispiel Berlins



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Wie der zuvor vorgestellte Diversitätsindikator benötigt dieser Indikator Informationen über die an Orten (Gebäuden und Flächen) durchführbaren Aktivitäten, die aktuell nur der OSM-Weltkarte entnommen werden können. Zudem ist eine Reihe von Parametern zur Mindestanzahl erreichbarer Orte nach Aktivitätstyp sowie zu den jeweils maximalen Reisedauern pro Verkehrsmodus für eine Kalibrierung nötig. Diese Anforderungen steigern die Komplexität der Berechnung und bedürfen einer Diskussion, die innerhalb des Projektes nicht geleistet werden konnte. Aus diesen Gründen ist eine weitere Betrachtung des Indikators verworfen worden.

5.4 Kombinierter Angebots-Verhaltens-Suffizienzindikator

Die in Kapitel 5.3 beschriebenen Raum-bezogenen Indikatoren geben wieder, wie gut ein Gebiet suffizientes Verhalten unterstützt, jedoch nicht das Verhalten der Bevölkerung. Um beide Aspekte zu vergleichen, ist ein weiterer Indikator entwickelt worden, der die Eigenschaften des Raums hinsichtlich seiner Möglichkeiten zur Vermeidung langer Wege gegen das Verhalten der Bewohnerinnen und Bewohner stellt. Berücksichtigt wird also sowohl die Möglichkeit, suffizient unterwegs zu sein, als auch die tatsächliche Umsetzung suffizienten Verhaltens. Der Indikator wird auf der Ebene von Landkreisen bzw. Kreisstädten berechnet.

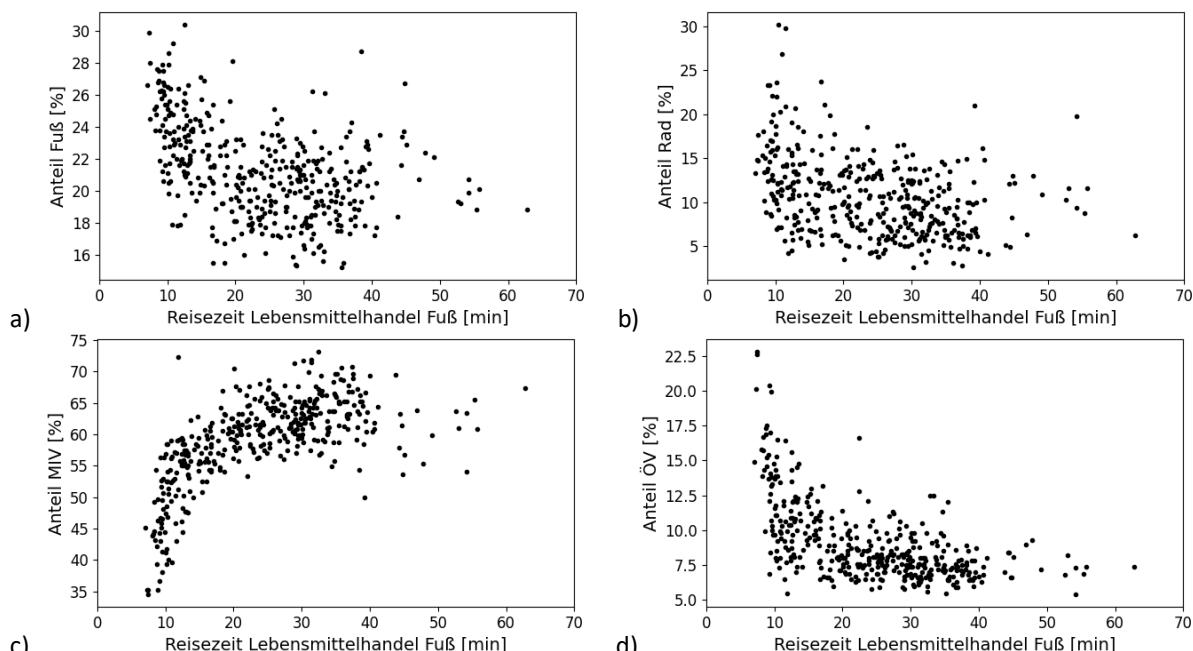
5.4.1 Herleitung

Der Indikator stellt zwei Größen gegeneinander, zum einen die Erreichbarkeit alltäglich aufgesuchter Infrastrukturen, zum anderen die Verkehrsmittelwahl. Als Proxy für die

Erreichbarkeit alltäglich aufgesuchter Infrastrukturen ist hierbei die fußläufige Erreichbarkeit von Lebensmittelhändlern gewählt worden. Als Grundlage für die Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhändler dienen die in Kapitel 4.3 beschriebenen Berechnungen fußläufiger Erreichbarkeit von Lebensmittelhändlern, mit Adressen des BKG-Adressdatensatzes als Quellorte und den Orten des Lebensmittelhandels aus dem Points-of-Interest (POI) Datensatz des BKG als Ziele. Die Netzgrundlage wurde OSM entnommen. Genutzt wird die mit der Bevölkerung skalierte, durchschnittliche Reisezeit. Die Grundlage für die Anteile der Verkehrsmittel wurde der Small-Area-Schätzung der MiD³² entnommen, die diesen Wert deutschlandweit, aufgelöst nach Kreisen, beinhaltet.

Abbildung 51 stellt zunächst die Abhängigkeit zwischen der Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhändler und den jeweiligen Anteilen der vier Hauptverkehrsmodi Fuß, Rad, MIV und ÖV am Wegeaufkommen gegeneinander, wobei MIV sowohl Fahrten als Fahrerin bzw. Fahrer als auch als Mitfahrerin bzw. Mitfahrer beinhaltet.

Abbildung 51: Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhändler zu Fuß vs. Verkehrsmittelanteil



a) Fuß, b) Rad, c) MIV, d) ÖV.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Bei der Darstellung der MIV-Nutzung fällt auf, dass die Streuung entlang der y-Achse, also des Anteils von mittels MIV zurückgelegten Wegen, geringer ist als bei Fuß und Rad. Der Anteil des MIV steigt zunächst mit zunehmender Distanz zum nächsten Lebensmittelhandel steil an. Ab ca. 15 Minuten Reisezeit nimmt die Steigung ab. Dieser Verlauf lässt sich wie folgt erklären: mit zunehmenden Wegelängen steigt der Vorteil der Nutzung eines Pkw zunächst, bis zu einer Sättigung. Eine Funktion, die die Sättigung abbildet, ist der sich im positiven Bereich der x-Achse befindende Teil der Sigmoid-Funktion. Dieser hat die Formel:

$$sig(x) = \left(\frac{2}{(1+e^{-xb})} - 1 \right) * a + c$$

³² https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Bericht_Regionalisierung_MiD-Ergebnisse_Small_Area-Verfahren_1218.pdf

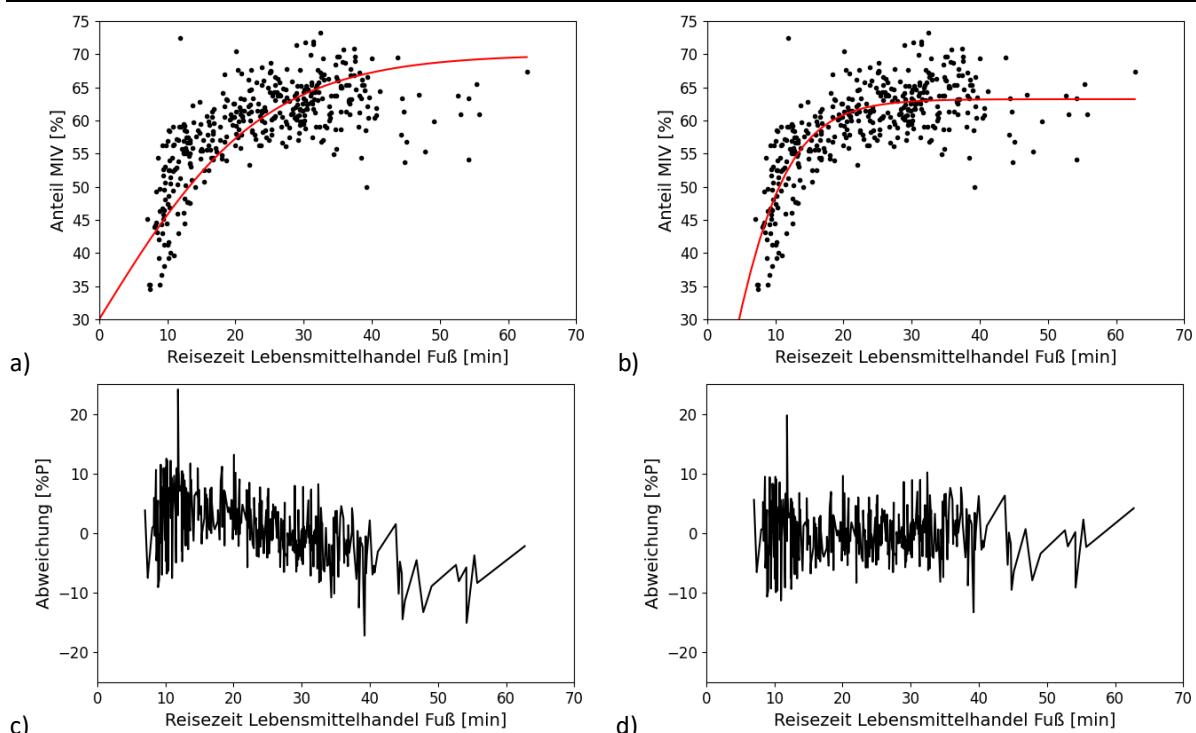
Hierbei beschreibt der Parameter a die Skalierung entlang der y-Achse, also die Spannbreite des MIV-Anteils, b skaliert die x-Achse, also die Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhandel, während c den minimalen y-Wert angibt.

In einem ersten Schritt ist eine manuelle Parametrierung durchgeführt worden mit $a=40$, $b=5/3600$, $c=30$, dargestellt in Abbildung 52 a). Diese Parametrierung lässt sich wie folgt interpretieren: der Mindestanteil des MIV, der bei einer hypothetischen, in der Realität nicht realisierbaren durchschnittlichen Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhändler von 0 s angesetzt wird, liegt bei 30 % ($c=30$). Es wird ein Maximum von 70 % für die MIV-Nutzung angesetzt ($a=40=70-c$). Die Skalierung entlang der Reisezeit beschreibt den Bereich zwischen 0 und 3600 s ($b=5/3600 \approx 0,00139$), da die Funktion bei 5 einen Wert von nahezu 1 erreicht (.987).

Nachfolgend sind die Parameter der Kurve mittels der Python-Bibliothek *scipy* und der Methode „dogbox“ an die Daten angepasst worden. Es ergibt sich der in Abbildung 52 b) dargestellte Kurvenverlauf mit den Parameterwerten $a=57,63$, $b=0,00032$ und $c=5,59$. Das bedeutet, dass bei der hypothetischen durchschnittlichen Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhändler der Anteil des MIV bei 5,59 % und der maximale Anteil bei ca. 63,2 % liegt. Der Kurvenverlauf ist durch den größeren Skalierungsfaktor b steiler und erreicht die Sättigung früher.

Abbildung 52 c) und d) geben den jeweiligen Verlauf des Fehlers zwischen den tatsächlichen Werten und dem jeweiligen Kurvenverlauf der manuell und der an die Daten angepassten Kurve wieder. Bei Werten >0 ist der tatsächliche Wert höher als der der jeweiligen Kurve. Der durchschnittliche absolute Fehler beträgt für die manuell parametrierte Kurve 4,1 %, für die angepasste 3,32 %.

Abbildung 52: Anpassung einer „Verhaltensfunktion“ an die Abhängigkeit zwischen Erreichbarkeit und MIV-Nutzung



Links: manuell parametrierte Kurve, rechts: an Daten angepasste Kurve; oben: Kurvenverlauf gegen Datengrundlage, unten: Fehlerverlauf.

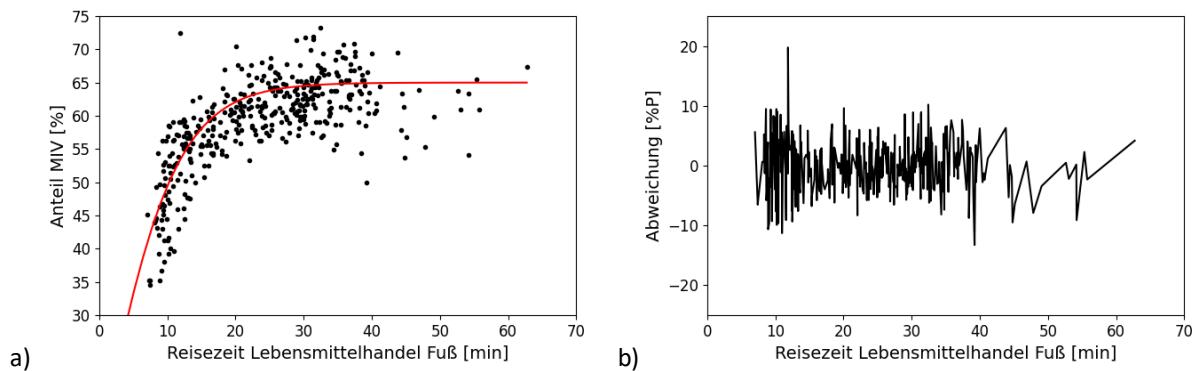
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Obwohl die angepasste Kurve den Verlauf der echten Daten besser widerspiegelt, sind die Parameter abgeleitet und nicht motiviert, was ihre Vermittlung erschwert. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, nachjustierte Parameter zu verwenden, mit den folgenden Werten:

- ▶ a (Spannbreite MIV-Nutzung): 55 % (max. Anteil MIV $c=65\% - 10\% = 55\%$)
- ▶ b (Progression): 0,003
- ▶ c (Mindestanteil MIV): 10 %

Der Verlauf der Kurve sowie der Fehlerverlauf werden in Abbildung 53 wiedergegeben. Der durchschnittliche Fehler beträgt 3,5 %.

Abbildung 53: Verhaltenskurve mit nachjustierten Parametern



Links: Kurve mit nachjustierten Parametern, rechts: Fehlerverlauf der Kurve mit nachjustierten Parametern.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Wird der Kurvenverlauf als Soll-Wert eines suffizienten Verhaltens in Abhängigkeit von der Erreichbarkeit von alltäglichen Zielen interpretiert, lassen sich Kreise hinsichtlich des suffizienten Verhaltens ihrer Bevölkerung bewerten. In Kreisen, deren MIV-Anteil über der Kurve liegt, wird öfter MIV genutzt, als nötig. Die Abweichung zwischen dem Kurvenverlauf und dem tatsächlichen Wert kann für ein numerisches Maß des suffizienten Verhaltens herangezogen werden, entweder über die Abweichung selbst (in Prozentpunkten) oder aber über die prozentuelle Abweichung (relative Abweichung). Abbildung 54 stellt beide Varianten gegeneinander.

Zu sehen ist, dass sich die Verteilungen (Abbildung 54 c) und d)) leicht ändern. Visuell (Abbildung 54 a) und b), sowie e) und f)) sind jedoch kaum Unterschiede festzustellen.

Der Wert des Indikators für einen Kreis würde entsprechend wie folgt zu berechnen sein:

$$I_{Suffizienz}(k) = \text{Anteil}_{MIV}(k) - \text{sig}(T_{Lebensmittel}(k), a, b, c)$$

mit

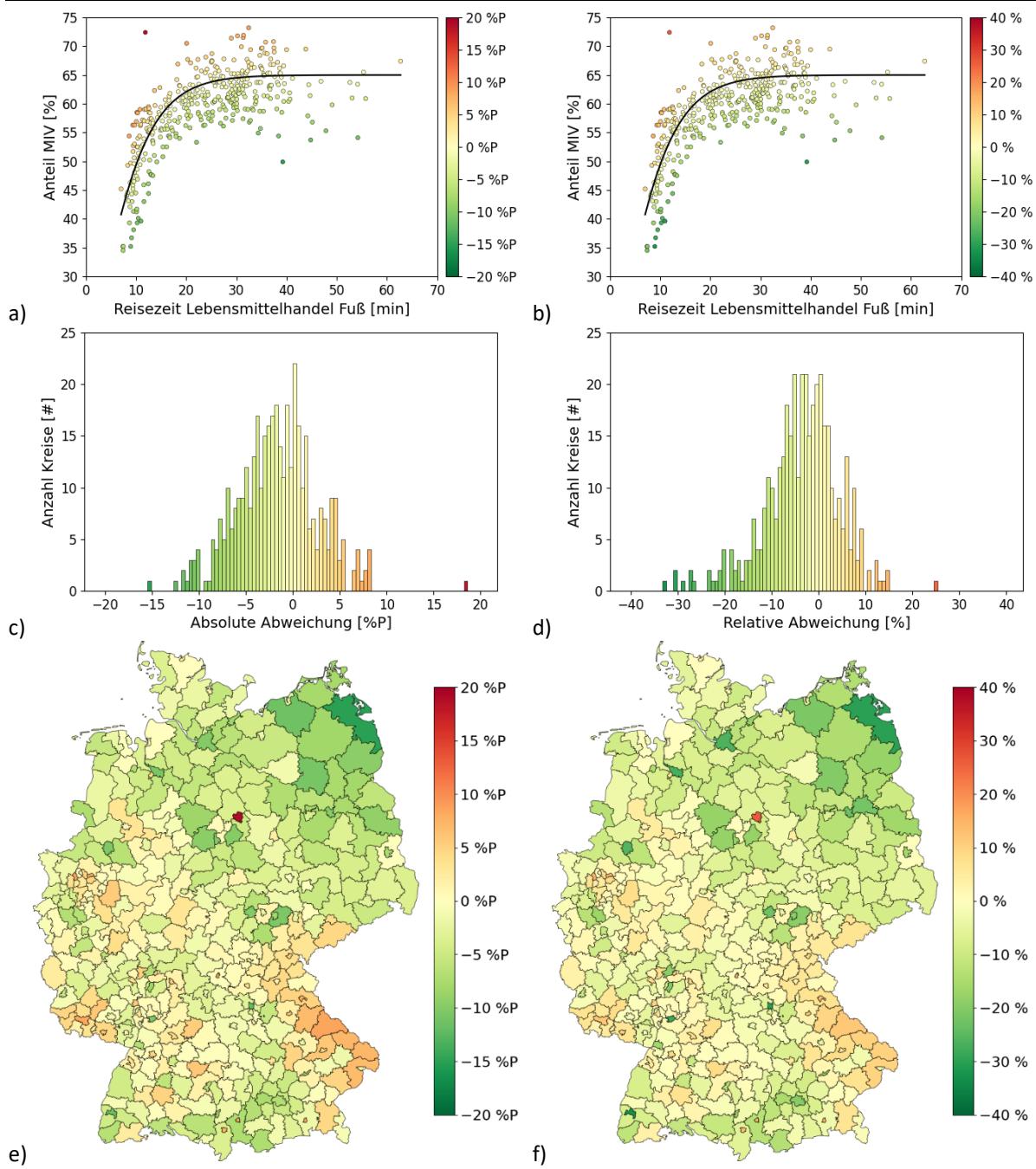
$I_{Suffizienz}(k)$: Wert des Suffizienzindikators für den Kreis k ;

$\text{Anteil}_{MIV}(k)$: Anteil des MIV am Modal Split im Kreis k ;

$T_{Lebensmittel}(k)$: durchschnittliche Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhändler innerhalb des Kreises k ;

$\text{sig}(T_{Lebensmittel}(k), a, b, c)$: Die mit den nachjustierten Parametern a, b, c und der durchschnittlichen, mit der Bevölkerung gewichteten Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhändler versorgte Sigmoidfunktion (Sollkurve).

Abbildung 54: Bewertung der Kreise innerhalb Deutschlands anhand der Abweichung zum Kurvenverlauf



Links: absolute Abweichung, rechts: relative Abweichung; von oben nach unten: farbliche Darstellung der Abweichungen zur Verhaltenskurve, Mitte: Häufigkeitsverteilungen der Abweichungen, unten: Abweichungen nach Kreis.
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

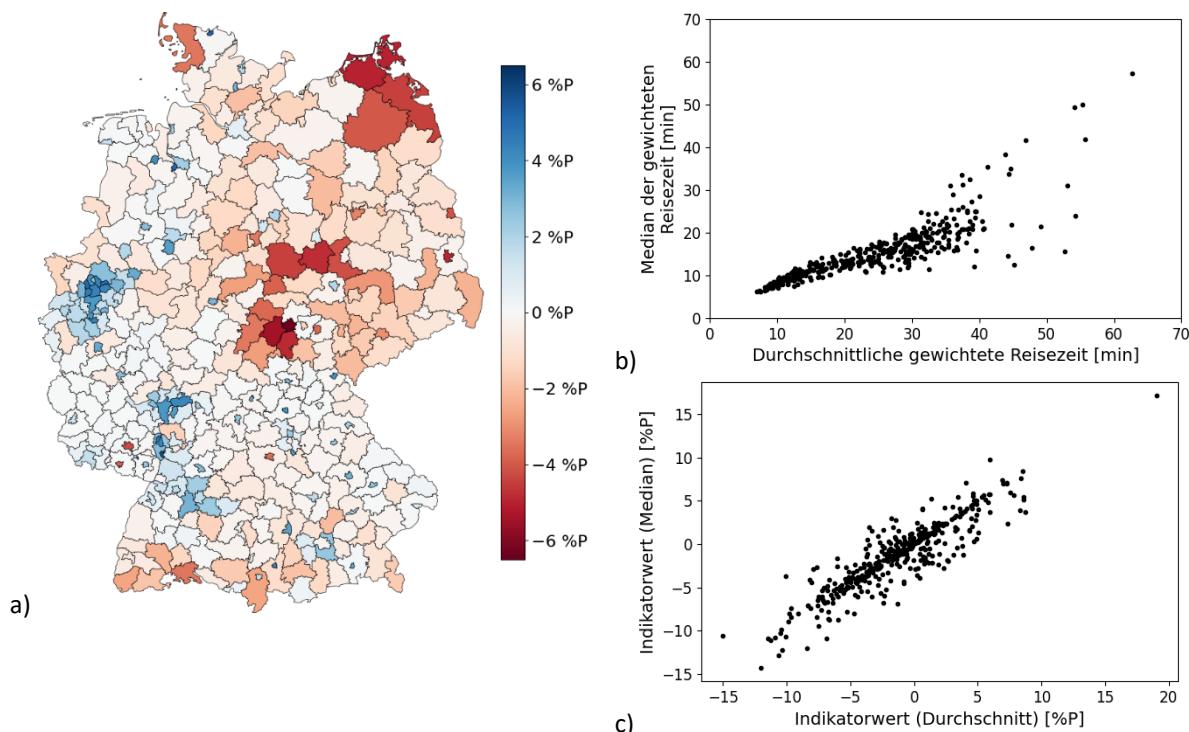
5.4.2 Reisezeit: Durchschnitt vs. Median

Die Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhandel kann innerhalb eines Kreises weit streuen. Aus diesem Grund wurde geprüft, ob bei der Berechnung der mit der Bevölkerung skalierten Reisezeit statt des durchschnittlichen Wertes der Median herangezogen werden sollte. Die Beziehung dieser beiden Größen für die Kreisregionen wird in Abbildung 55 b) dargestellt. Abbildung 55 c) stellt die Indikatorwerte nach Nutzung des Durchschnitts gegen die Indikatorwerte nach Nutzung des Medians dar. Flächig werden die Unterschiede in Abbildung

55 a) wiedergegeben – höhere Werte bei der Nutzung des Medians sind rot, blau entsprechen höheren Werten bei der Nutzung des Durchschnitts.

Es sollte angemerkt werden, dass die Sollkurve, die über die Mediane gefittet worden ist, viel schwerer interpretierbare Ergebnisse geliefert hat ($a \approx 87\%$, $b \approx 0,005$, $c \approx -22\%$). Hauptsächlich aus diesem Grund erscheint die Anwendung der Durchschnittswerte sinnvoller.

Abbildung 55: Vergleiche der Nutzung des Medians anstelle des Durchschnitts der gewichteten Reisezeiten



a) Flächige Darstellung der Unterschiede bei der Nutzung des Durchschnitts vs. des Medians, b) Unterschiede in den Reisezeiten, c) Unterschiede in den Indikatorwerten.

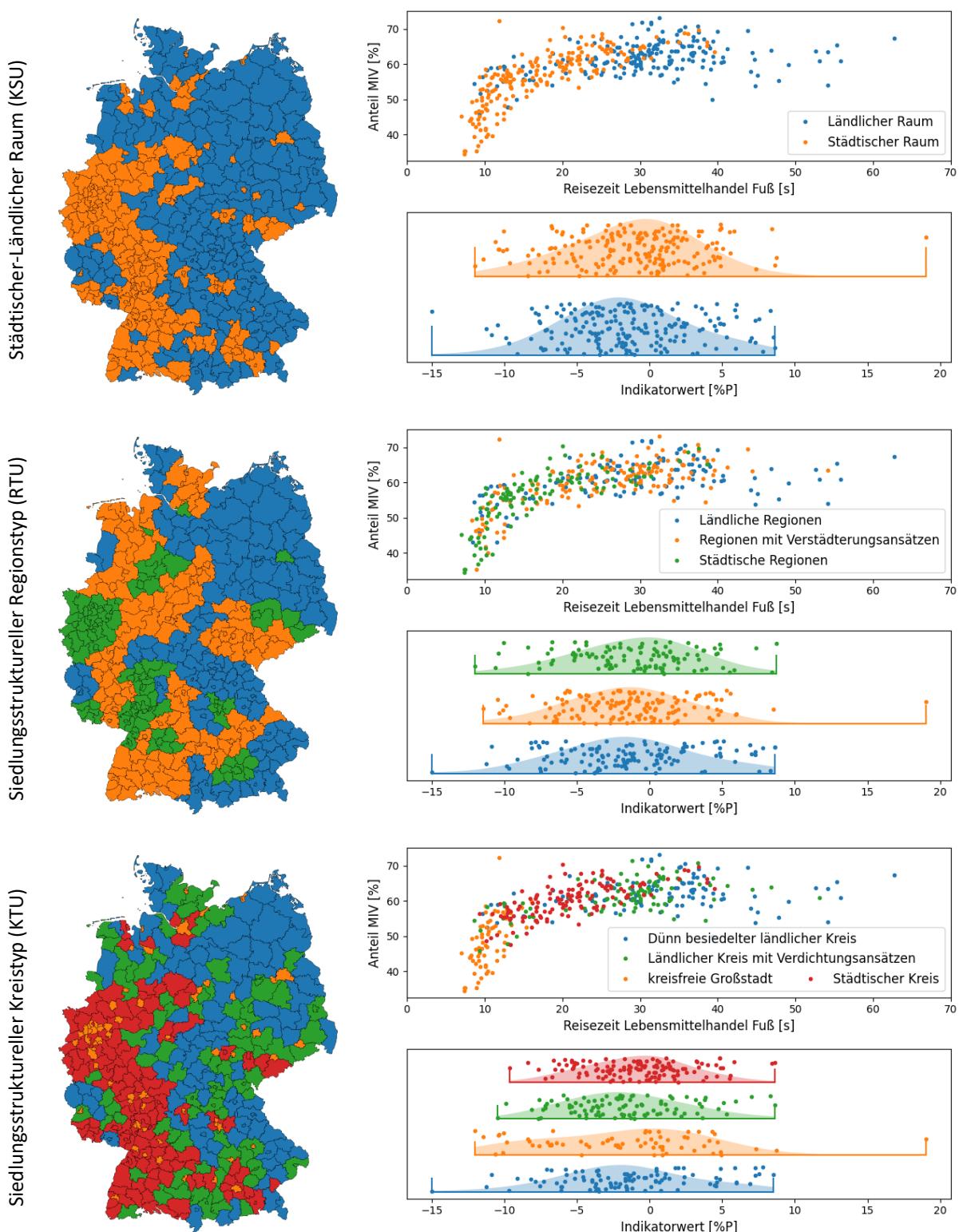
Quelle: eigene Darstellung, DLR.

5.4.3 Untersuchung der Abhängigkeit von Raumklasse

Abschließend ist die Annahme, inwieweit der Indikator von dem jeweiligen Gebietstyp abhängt, geprüft worden. Für die Klassifikation nach Gebietstyp wurden die Raumgliederungen des BBSR³³ aus dem Jahr 2022 genutzt, namentlich a) Städtischer-Ländlicher Raum (KSU), b) Siedlungsstruktureller Regionstyp (RTU), c) Siedlungsstruktureller Kreistyp (KTU). Die Einteilung der Kreise sowie deren Lage innerhalb des Verlaufs des Indikators über die Größen „Erreichbarkeit von Lebensmittelhändlern“ und „MIV-Anteil“ wird in Abbildung 56 dargestellt.

³³<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/downloads/download-referenzen.html>

Abbildung 56: Zuordnung zu verschiedenen Gebietstypen

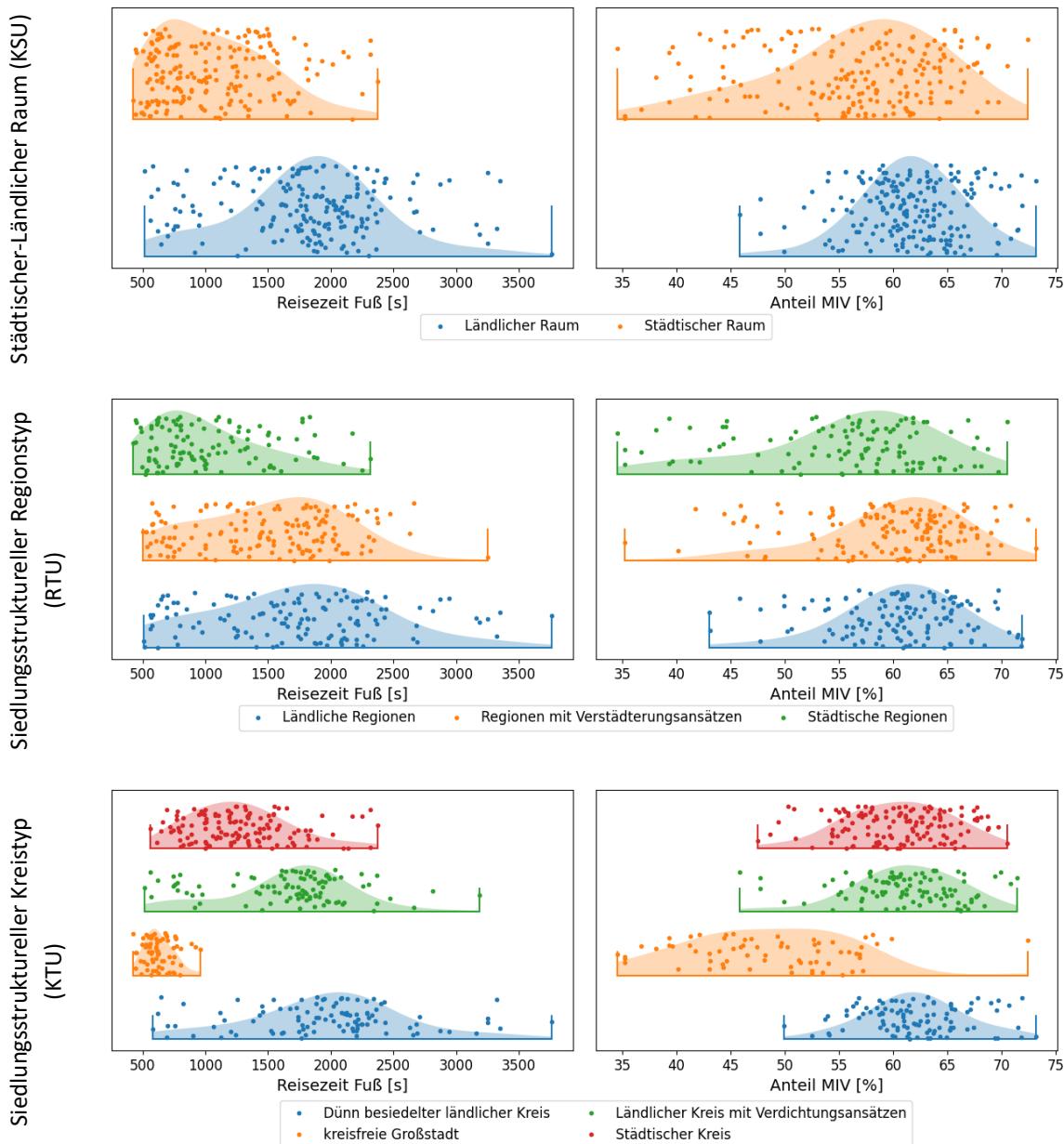


Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Es zeigt sich keine klare Separierung nach den Raumtypen. Die Punktemengen überlagern sich stets, sowohl hinsichtlich der Reisezeit zum nächsten Lebensmittelhändler als auch hinsichtlich der MIV-Nutzung. In eher städtischen (Land-)Kreisen ist bei der MIV-Nutzung dennoch eine Tendenz zu „höher als nötig“ festzustellen.

Zur besseren Interpretation werden in Abbildung 57 die beiden zugrundeliegenden Größen durchschnittliche Reisezeit und Anteil MIV nach Kreistypen getrennt wiedergegeben.

Abbildung 57: Eingabegrößen nach Kreistyp für die betrachteten Raumklassifikationen



links: Verteilung der durchschnittlichen, mit Einwohnenden gewichteten Reisezeiten zum nächsten Lebensmittelhändler,
rechts: Anteil MIV-Nutzung.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Die Ergebnisse der Anwendung des Indikators zeigen, dass die Erreichbarkeit alltäglicher Ziele die Moduswahl bedingt, allerdings durchaus unterschiedlich über die (Land-)Kreise. So weisen nicht alle Städte einen „besseren“ (niedrigeren) Wert auf als ihr Umland. Besonders „negativ“ fällt die kreisfreie Stadt Wolfsburg auf. Hier liegt der MIV-Anteil mit 72,4 % bei einer Reisezeit zum nächsten Lebensmittelehandel von ca. 12 Minuten 19 % über dem „angemessenem“ Anteil von 53,4 %.

5.5 Zusammenfassung

Für das Monitoring von Suffizienz als einem zentralen Nachhaltigkeitsfaktor der Mobilität werden geeignete Indikatoren benötigt. Bei deren Entwicklung ist einerseits zu beachten, dass die zugrunde liegenden Daten wiederholt erhoben werden können, um die zeitliche Entwicklung nachzuvollziehen. Andererseits ist zwischen der Bereitstellung die Suffizienz fördernder Rahmenbedingungen (Angebot) – z. B. der Möglichkeit, tägliche Ziele nahräumlich zu erreichen – und dem Verkehrsverhalten der Bevölkerung (Nachfrage) zu unterscheiden. Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Indikatoren zur Messung von Suffizienz untersucht und entwickelt. Dabei lag der Fokus auf der Verfügbarkeit der benötigten Daten und der Häufigkeit ihrer Aktualisierung.

Im ersten Schritt sind die vom Projekt SuVeKo (Nobis et al. 2024) identifizierten Indikatoren betrachtet worden. Diese Sammlung beinhaltet 52 Suffizienzindikatoren, von denen 35 die Rahmenbedingungen für suffiziente Mobilität und 17 suffizientes Mobilitätsverhalten bewerten. Es hat sich gezeigt, dass für einen Teil der Indikatoren die notwendigen Daten fehlen oder deren gleichbleibende deutschlandweite Qualität nicht sichergestellt werden kann. Die verfügbare Datenquelle ist hierbei in den meisten Fällen OSM. OSM wird zwar stetig komplettiert und um neue Themen erweitert, die entsprechenden Daten werden aber nicht gleichmäßig über Deutschland gesammelt. Zudem wird innerhalb OSM keine Zeitreihe der Entwicklung hinterlegt. Aufgrund dessen können 23 der 52 Indikatoren nicht für alle Gebiete innerhalb Deutschlands mit gleichbleibender Qualität berechnet werden.

15 der verbleibenden Indikatoren werden bereits in den Berichten der MiD wiedergegeben. Diese sind in der Studie nicht weiter betrachtet worden. Ebenfalls verworfen wurden zwei Indikatoren, für die zwar Daten vorliegen, diese jedoch nicht regelmäßig aktualisiert werden können. Darüber hinaus wurden Erreichbarkeitsmaße mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln nicht weiter berücksichtigt, da diese bereits in Kapitel 4 behandelt wurden und die Kombination verschiedener Ziele aufgrund der notwendigen Gewichtung problematisch ist (vgl. Kapitel 5.3.3). Auf Basis dieser Ausschlüsse konnten die folgenden acht Indikatoren identifiziert werden, die periodisch berechnet werden können: Zugang zum ÖV, Verfügbarkeit von Zugverbindungen, ÖV-Reisezeit von Haltestelle bis zum nächsten Ober-/Mittelzentrum, Häufigkeit der Anbindung an den öffentlichen Verkehr, Pkw-Dichte (Pkw/1.000 Einwohner), Zahl der Pkw-Neuzulassungen, Anzahl der Kraftfahrzeuge (nach Typ und Kraftstoffeffizienz) sowie CO₂-Emissionen im Verkehr pro Kopf und Jahr. Von diesen sind zwei, der Zugang zum ÖV sowie die Pkw-Dichte, vertieft betrachtet worden. Beide können jährlich aktualisiert werden und eignen sich auch als Indikatoren für die DNS.

Die Abhängigkeit eines suffizienten Verhaltens hängt stark von der Verfügbarkeit von Aktivitätsangeboten im Raum ab und hat somit starke Bezüge zur Thematik der 15-Minuten-Stadt. Aus diesem Grund sind Ansätze, die die Erreichbarkeit verschiedener Aktivitätsorte verknüpfen, hinsichtlich ihrer Eignung als Suffizienzindikatoren betrachtet worden. Der erste zu dieser Gruppe gehörende Indikator gibt die Diversität des Aktivitätsangebots eines Raumes wieder. Der zweite verknüpft die Aktivitätsangebote vor Ort mit den wöchentlichen Aktivitäten verschiedener Personengruppen. Über diese Verknüpfung und zusätzliche Annahmen zum Mobilitätsverhalten kann quantifiziert werden, inwiefern das Aktivitätsangebot vor Ort wöchentliche Wegeweiten bestimmt oder welche Verkehrsmodi benötigt werden, um alle im Verlauf einer Woche aufzusuchenden Ziele innerhalb eines festgesetzten zeitlichen Budgets zu erreichen.

Diese beiden Indikatoren erlauben interessante Auswertungen, sind aber schwer zu interpretieren. Hinzu kommt, insbesondere bei der Betrachtung wöchentlicher Wege, dass viele

modellbasierte Annahmen – z. B. zur Anzahl der erreichenden Aktivitätsstandorte oder zu den maximalen Reisezeiten pro Modus – in die Berechnung einfließen und jeweils geprüft und begründet werden müssen. Auch können die für die Berechnung notwendigen Daten aktuell nur OSM entnommen werden, wodurch eine über den Gesamtraum Deutschlands gleichbleibende Qualität nicht sichergestellt werden kann.

Ein weiterer innerhalb des Projektes entwickelter Indikator stellt die fußläufige Erreichbarkeit des Lebensmittelhandels gegen den Anteil des MIV am Modal Split auf Kreisebene und betrachtet somit sowohl die Rahmenbedingungen als auch das Verhalten. Der Indikator zeigt individuelle Unterschiede zwischen Kreisen und kreisfreien Städten. Obwohl gemäß der besseren Erreichbarkeit innerhalb von Städten der Anteil des MIV innerhalb dieser geringer ist, fallen einige Städte durch sehr hohe MIV-Anteile auf. Insgesamt kann dieser Indikator für die Bewertung des Verhaltens in Abhängigkeit vom Angebot herangezogen werden. Problematisch ist jedoch die Anwendung der Small-Area-Schätzung der MiD für den Anteil des MIV auf Kreisebene. Da die MiD nur ca. alle fünf Jahre durchgeführt wird, kann eine Aktualisierung nur entsprechend selten erfolgen. Zudem ist er aufgrund der komplexen Parametrierung angreifbar. Auch sollte der Einfluss von Steigungen vertieft betrachtet werden.

Die meisten der untersuchten Indikatoren haben ihre Vor- und Nachteile. Während die Pkw-Dichte leicht zu interpretieren ist und die ihr zugrunde liegenden Daten jährlich aktualisiert werden, spiegelt sie nicht die ggf. vorhandene Notwendigkeit, ein Auto zu besitzen, wider. Dies wird zwar durch den entwickelten Indikator, der die Erreichbarkeit von Lebensmittelhändlern gegen den Anteil des MIV am Modal Split stellt, zum Teil abgebildet. Dieser kann jedoch nicht jährlich aktualisiert werden und ist in der Berechnung komplex. Die Erreichbarkeit von ÖV-Haltestellen berücksichtigt weder die Anzahl und die Ziele der jeweils angebotenen Fahrten noch die tatsächliche Nutzung des ÖV. Insgesamt erscheinen die Indikatoren „Pkw-Dichte“ und „Entfernung zum ÖV“ dennoch für eine nationale Anwendung am besten geeignet zu sein.

6 Quellenverzeichnis

- Abdulazim, T.; Abdelgawad, H.; Nurul Habib, K.; Abdulhai, B. (2013): Using Smartphones and Sensor Technologies to Automate the Collection of Travel Data. In: Journal of the Transportation Research Board, 2383(1), S. 44-52. <http://dx.doi.org/10.3141/2383-06>.
- Acheampong, R. A. & Asabere, S. B. (2022): Urban expansion and differential accessibility by car and public transport in the Greater Kumasi city-region, Ghana—A geospatial modelling approach. In: Journal of Transport Geography, 98, 103257. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103257>.
- AECOM (2012): Impact of Improvements in the Road Network on the Accessibility & Economic Potential of Counties, Urban Areas, Gateways & Hubs. Tech. rep., AECOM. [https://www.tii.ie/tii-library/strategic-planning/transport-research-and-information-notes\(trins\)/Impactin-improvement-in-the-road-network.pdf](https://www.tii.ie/tii-library/strategic-planning/transport-research-and-information-notes(trins)/Impactin-improvement-in-the-road-network.pdf) (15.06.2023).
- Aertker, J.; Klinger, T.; Osterhage, F. (2023): Darf es etwas näher sein? Erreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften in NRW. https://www.ils-forschung.de/files_publikationen/pdfs/ils-trends-01-23-online.pdf (15.06.2023).
- Agora Verkehrswende (2023): Mobilitätsgarantie für Deutschland – Teil I. Ausgangslage und Praxisbeispiele für eine bundesweit garantierte Grundversorgung mit Bus und Bahn.
- Agrawal, A. W.; Schlossberg, M.; Irvin, K. (2008): How Far, by Which Route and Why? A Spatial Analysis of Pedestrian Preference. In: Journal of Urban Design, 13, S. 81-98. <https://doi.org/10.1080/13574800701804074>.
- Ahlmeyer, F. & Wittowsky, D. (2018): What do we need in Rural Areas? How to use Accessibility Modelling as a Strategy in Transport Planning. Raumforschung und Raumordnung In: Spatial Research and Planning, 76, S. 531-550. <https://doi.org/10.1007/s13147-018-0558-8>.
- Ahrens, G. A.; Wittwer, R.; Hubrich, S.; Wittig, S.; Ließke, F. (2015): Sonderauswertung zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“ Städtevergleich.
- Akanser, A.; Grossman, A.; Guensler, R. (2016): Commute Warrior: An Android Application to Collect Longitudinal Travel Survey Data. Paper presented at the 14th European Conference on Thermoelectrics. Lisbon, Portugal.
- Albert, C.; Burkhard, B.; Daube, S.; Dietrich, K.; Engels, B.; Frommer, J.; Götzl, M.; Grêt-Regamey, A.; Job-Hoben, B.; Keller, R.; Marzelli, S.; Moning, C.; Müller, F.; Rabe, S.-E.; Ring, I.; Schwaiger, E.; Schweppe-Kraft, B.; Wüstemann, H. (2015): Empfehlungen zur Entwicklung bundesweiter Indikatoren zur Erfassung von Ökosystemleistungen. <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript410.pdf> (15.06.2023).
- Allström, A.; Gidofalvi, G.; Kristoffersson, I.; Prelipcean, A. C.; Rydbergren, C.; Susilo, Y.; Widell, J. (2016): Experiences from smartphone based travel data collection - System development and evaluation. Final report from the SPOT-project. https://bransch.trafikverket.se/contentassets/d7cf7d727fb2488aab9fa9d24387c7c8/externa-rapporter/2016/spot_final_report_v1_0.pdf (17.02.2025).
- Altaweel, R. & Wu, Y. (2010): Route Selection and Pedestrian Traffic: Applying an Integrated Modeling Approach to Understanding Movement. Structure and Dynamics, 4(2). <https://doi.org/10.5070/SD942003310>.
- Altenburg, S.; Gaffron, P.; Gertz, C. (2009): Teilhabe zu ermöglichen bedeutet Mobilität zu ermöglichen. <https://library.fes.de/pdf-files/wiso/06482.pdf> (15.06.2023).
- Alwidyan, F.; Al-Ani, A.; Kirchner, N.; Zeibots, M. (2017): An effort-based evaluation of pedestrian route choice behaviour. 2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), S. 1844-1849. <https://doi.org/10.1109/ICIEA.2017.8283138>.

Anderluh, A.; Bichler, R.; Heller, M.; Michelberger, F.; Seel, M.; Raffler, C.; Hackl, R.; Sempoch, C. (2022):

EFFECTS - Intersektorale Wirkungsimplikationen und Potentiale aktiver Mobilität.

https://projekte.ffg.at/anhang/62d9322f1abb0_EFFECTS_Ergebnisbericht.pdf (15.06.2023).

Anderson, R. S.; Gaimo, G.; Greene, E.; Geilich, M.; Hathaway K.; Flake, L. (2016): First Large-Scale Smartphone-Based Household Travel Survey in USA - Pilot Results. Paper presented at the 6th TRB Innovations in Travel Modeling Conference. Denver, Colorado.

Anderson, T.; Abeywardana, V.; Wolf, J.; Lee, M. (2009): National Travel Survey GPS Feasibility Study. Final Report. National Centre for Social Research.

https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7bfee640f0b63f7572ab1c/NTS_GPS_Feasibility_Study_Final_Report.pdf (17.02.2025).

Andreev, S.; Dibbelt, J.; Nöllenburg, M.; Pajor, T., Wagner, D. (2015): Towards Realistic Pedestrian Route Planning. In G. F. Italiano, M. Schmidt (Hrsg.), 15th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS 2015). 48, S. 1-15. Dagstuhl: Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik. <https://doi.org/10.4230/OASIcs.ATMOS.2015.1>.

Anton, J.; Kayed, T.; Kuger, S. (2020): Wegzeiten und Erreichbarkeit von Kindertagesbetreuung.

https://www.dji.de/fileadmin/user_upload/KiBS/DJI_Kinderbetreuungsreport_2020_Studie7.pdf (19.06.2023).

Bauer, U.; Hertel, M.; Buchmann, L.; Frehn, D. M.; Spott, M. (2018): Geht doch! - Grundzüge einer bundesweiten Fußverkehrsstrategie. Umweltbundesamt.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-15_texte_75-2018_geht-doch_v6.pdf (28.02.2025).

Baumgartner, M.; Wolf, B.; Faix, G.; Schütze, U.; Gothe, K.; Netsch, S. (2017): Innovationen auf dem Land - Planerische Impulse für Bauten, Orte und Regionen. <https://mlr.baden-wuerttemberg.de/de/unser-service/publikation/did/innovationen-auf-dem-land/> (19.06.2023).

BBSR (2019): Methodische Weiterentwicklungen der Erreichbarkeitsanalysen des BBSR.

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2019/bbsr-online-09-2019-dl.pdf?blob=publicationFile&v=3> (19.06.2023).

Becker, U. (2015): Mobilität vs. Verkehr – für einen neuen Mobilitätsbegriff. https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/voeko/ressourcen/dateien/vortraege_prof_becker/NeueMobilitaet_BaWue_UB_final_20150424_neu.pdf?lang=de (19.06.2023).

Behrendt, S.; Göll, E.; Korte, F. (2018): Effizienz, Konsistenz, Suffizienz. Strategieanalytische Betrachtung für eine Green Economy. IZT - Institut für Zukunfts-studien und Technologiebewertung. Berlin.

Bennett, S.; Felton, A.; Akçelik, R. (2001): Pedestrian movement characteristics at signalised intersections, 23rd Conference of Australian Institute of Transport Research (CAITR 2001).

https://www.researchgate.net/publication/237551934_Pedestrian_movement_characteristics_at_signalised_intersections (19.06.2023).

Blanck, R.; Hacker, F.; Heyen, D. A.; Zimmer, W. (2017): Mobiles Baden-Württemberg.

<https://www.oeko.de/fileadmin/oeekodoc/BWS-SR-MobilesBW.pdf> (19.06.2023).

Bleisch, A. (2005): Die Erreichbarkeit von Regionen - Ein Benchmarking-Modell. Dissertation, Universität Basel. https://edoc.unibas.ch/277/1/DissB_7206.pdf (19.06.2023).

BMBF. (2019): Grün statt Grau - Gewerbegebiete im Wandel.

https://www.wilabonn.de/images/PDFs/Gruen_statt_Grau/Themenheft_Klimaanpassung_WEB.pdf (19.06.2023).

BMEL. (2016): Das Land lebt! - Dritter Bericht der Bundesregierung zur Entwicklung der ländlichen Räume. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_laendliche-Regionen/regierungsbericht-laendliche-raeume-2020.pdf?blob=publicationFile&v=5 (19.06.2023).

Bock, B.; Loewel, T.; Rosch, J.; Ritzer, J.; Lienkamp, M.; Twele, H.; Stürzekarn, D. (2014): Bestimmung von Wegen und Verkehrsmitteln mittels Ortungstechnologien - Stand der Technik und Herausforderungen. In: Schelewsky, M.; Jonuschat, H.; Bock, B.; Stephan, K. [Hrsg.]: Smartphones unterstützen die Mobilitätsforschung. Springer, S. 47-82.

Bohnet, M.; Gertz, C.; Maaß, J.; Altenburg, S. (2012): Integrierte Simulation von Raumentwicklung und Verkehr bei stark steigenden Energiepreisen. https://www.corp.at/archive/CORP2012_184.pdf (19.06.2023).

Bohte, W.; Kees, M.; Quak, W. (2008): A Method for Deriving Trip Destinations and Modes for GPS-based Travel Surveys. In: Research in Urbanism Series, 1, S. 129-145. <https://doi.org/10.7480/rius.1.201>.

Bosina, E. & Weidmann, U. (2017): Estimating pedestrian speed using aggregated literature data. Physica A-statistical Mechanics and Its Applications 468, S. 1-29.

Bott, H.; Stoy, C.; Möslé, P. (2008): Bewertungssysteme nachhaltiger Siedlungsplanung. https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/79/1/Bewertungssysteme_nachhaltiger_Siedlungsplanung.pdf (19.06.2023).

Bowman, B. L. & Vecellio, R. L. (1994): Pedestrian walking speeds and conflicts at urban median locations. Transportation Research Record, S. 67-73. <https://www.semanticscholar.org/paper/PEDESTRIAN-WALKING-SPEEDS-AND-CONFLICTS-AT-URBAN-Bowman-Veccellio/3508e6625b33c64b4533208e8e4deeb503e68b1e> (28.02.2025).

Bozovic, T.; Hinckson, E.; Smith, M. (2020): Why do people walk? role of the built environment and state of development of a social model of walkability. In: Travel Behaviour and Society, 20, S. 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.03.010>.

Bricka, S. G.; Sen, S.; Paleti, R.; Bhat, C. R. (2012): An analysis of the factors influencing differences in survey-reported and GPS-recorded trips. In: Transportation Research Part C, 21(1), S. 67-88. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2011.09.005>.

Bricka, S.; Zmud, J.; Wolf, J.; Freedman; J. (2009): Household Travel Survey with GPS. In: Journal of the Transportation Research Board, 2105(1), S. 51-56. <http://dx.doi.org/10.3141/2105-07>.

Bubenhofer, J.; Naef, C.; Leuch, C. (2022): Methoden zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrs mengen. https://www.mobilityplatform.ch/fileadmin/mobilityplatform/normenpool/21837_1731_Inhalt.pdf (28.02.2025).

Bundesamt für Statistik & Bundesamt für Raumentwicklung (BFS & ARE) (2023a): Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2021. Kurzversion des Fragebogens. <https://www.bfs.admin.ch/asset/de/24845295> (17.02.2025).

Bundesamt für Statistik & Bundesamt für Raumentwicklung (BFS & ARE) (2023b): Mobilitätsverhalten der Bevölkerung. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2021. <https://www.bfs.admin.ch/asset/de/24165261> (17.02.2025).

Bundesregierung (2025): Transformation gemeinsam gerecht gestalten – Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Weiterentwicklung 2025, Bundesregierung. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/2335292/3962877378d74837d4f4c611749b6172/2025-05-13-dns-2025-data.pdf?download=1> (21.05.2025).

Burgdorf, M.; Krischausky, G.; Müller-Kleißler, R. (2014): Berechnung und Visualisierung von Indikatoren zur Nahversorgung. https://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/537543010.pdf (19.06.2023).

Burgdorf, M.; Krischausky, G.; Müller-Kleißler, R. (2015): Indikatoren zur Nahversorgung. In BBSR-Analysen KOMPAKT 10/2015. BBSR. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2015/DL_10_2015.pdf?blob=publicationFile&v=3 (19.06.2023).

Cellina, F.; Förster, A.; Rivola, D.; Pampuri, L.; Rudel, R.; Rizzoli, A. E. (2013): Using Smartphones to Profile Mobility Patterns in a Living Lab for Transition to E-mobility. In: Hřebíček, J. et al. [Hrsg.]: ISESS 2013. <https://inria.hal.science/hal-01457444v1> (17.02.2025).

Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2024): Onderweg in Nederland (ODiN) 2023 - Onderzoeksbeschrijving. CBS, Den Haag / Heerlen. <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2024/onderweg-in-nederland--odin--2023-onderzoeksbeschrijving> (17.02.2025).

Chai, Y.; Liu, Y.; Chen, Z.; Ma, X.; Ta, N. (2014): Space-Time Behavior Survey for Smart Travel Planning Beijing, China. In: Rasouli, S. & Timmermans, H. [Hrsg.]: Mobile Technologies for Activity-Travel Data Collection and Analysis. United States of America: IGI Global.

Chen, J.; Ni, J.; Xi, C.; Li, S.; Wang, J. (2017): Determining intra-urban spatial accessibility disparities in multimodal public transport networks. In: Journal of Transport Geography, 65, S. 123-133. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.015>.

Clausen, S. & Gartzke, M. (2021): Modell für eine ÖV-orientierte Siedlungsentwicklung am Beispiel der Stadtregion Hamburg. https://repos.hcu-hamburg.de/bitstream/hcu/558/1/2021_Clausen-Gartzke_%C3%96V-orientierte-Siedlungsentwicklung_Hamburg.pdf (19.06.2023).

Cottrill, C. D.; Pereira, F. C.; Zhao, F.; Dias, I. F.; Lim, H. B.; Ben-Akiva, M.; Zegras, P. C. (2013): Future Mobility Survey: Experience in developing a smartphone-based travel survey in Singapore. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2354(1). <https://doi.org/10.3141/2354-07>.

Cyganski, R.; von Schmidt, A.; Heldt, B. (2017): Generierung synthetischer Bevölkerungen für Berlin - Möglichkeiten und Grenzen. In Mathys, N. & Justen, A. (Hrsg.), Workshopbericht "Synthetische Populationen für die Politikberatung in der Schweiz", S. 18-23. Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Sektion Grundlagen. <https://elib.dlr.de/117073/> (19.06.2023).

Cysek-Pawlak, M. M. & Pabich, M. (2021): Walkability – the New Urbanism principle for urban regeneration. Journal of Urbanism: In: International Research on Placemaking and Urban Sustainability, 14, S. 409-433. doi:10.1080/17549175.2020.1834435.

De Haas, M.; Ecke, L.; Chlond, B.; Hoogendoorn-Lanser, S.; Vortisch, P. (2024): State-of-the-art of Longitudinal Travel Surveys – A Comparison of the MOP and MPN. In: Transportation Research Procedia, 76, S. 196-207. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.12.049>.

DLR (2021): Fünfte DLR-Erhebung zu Mobilität & Corona: Hintergrundpapier. https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2021/04/20211222_dlr-studie-zu-corona-und-mobilitaet (12.06.2023).

Dobesova, Z. & Krivka, T. (2012): Walkability Index in the Urban Planning: A Case Study in Olomouc City. In: Burian, J. [Hrsg.]: Advances in Spatial Planning. Rijeka: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/36587>.

Eberhardt, W. & Himbert, G. (1977): Bewegungsgeschwindigkeiten. Versuchsergebnisse nichtmotorisierter Verkehrsteilnehmer.

Ecke, L.; Vallée, J.; Chlond, B.; Vortisch, P. (2023): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2022/2023: Alltagsmobilität und Fahrleistung. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000164704>.

Edwards, D. & Griffin, T. (2013): Understanding tourists' spatial behaviour: GPS tracking as an aid to sustainable destination management. In: Journal of Sustainable Tourism, 21(4), S. 580-595.

<https://doi.org/10.1080/09669582.2013.776063>.

Elevelt, A.; Lugtig, P.; Toepoel, V. (2019): Doing a Time Use Survey on Smartphones Only: What Factors Predict Nonresponse at Different Stages of the Survey Process? In: Survey Research Methods, 13(2), S. 195-213.
<https://doi.org/10.18148/srm/2019.v13i2.7385>.

Elias, B. (2007): Pedestrian Navigation - Creating a tailored geodatabase for routing., S. 41-47.
<https://doi.org/10.1109/WPNC.2007.353611>.

Erath, A.; Axhausen, K.; van Eggermond, M.; Medina, S. A.; Ali, A. (2015): Walkability and pedestrian route choice in Singapore. Tech. rep. <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/105863> (19.06.2023).

EU (o. J.): Leitlinien für nachhaltige urbane Mobilitätspläne (SUMP). https://www.zukunftsnetz-mobilitaet.nrw.de/media/2021/8/10/8fb8d53612545374a0306cd669aaad/sump-guidelines-deutsch-2020_6091400b48526.pdf (20.06.2023).

Fan, Y.; Chen, Q.; Liao, C.-F.; Douma, F. (2012): UbiActive: A Smartphone-Based Tool for Trip Detection and Travel-Related Physical Activity Assessment. Paper presented at the Transportation Research Board 92nd Annual Meeting. Washington, D.C.

Fan, Y.; Wolfson, J.; Adomavicius, G.; Das, K. V.; Khandelwal, Y.; Kang, J. (2015): SmarTrAC: A Smartphone Solution for Context-Aware Travel and Activity Capturing. Final report. Center for Transportation Studies University of Minnesota. <https://cts-d8resmod-prd.oit.umn.edu/pdf/2015-smartrac.pdf> (17.02.2025).

Feng, T. & Timmermans, H. (2014): Multi-Week Travel Surveys Using GPS Devices: Experiences in The Netherlands. In: Rasouli, S. & H. Timmermans [Hrsg.]: Mobile Technologies for Activity-Travel Data Collection and Analysis. United States of America: IGI Globals. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-6170-7.ch007>.

Ferrer, S. & Ruiz, T. (2014): Travel behavior characterization using raw accelerometer data collected from smartphones. In: Procedia - Social and Behavioral Sciences, 160, S. 140-149.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.125>.

FGSV (2015): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – Teil S – Stadtstraßen, FGSV Technische Regelwerke Nr. 299, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (Hrsg.), ISBN: 978-3-86446-103-3.

Fischer, C. & Grießhammer, R. (2013): Mehr als nur weniger. Suffizienz: Begriff, Begründung und Potenziale. Working Paper 2/2013, Öko-Institut.

Foda, M. A. & Osman, A. O. (2010): Using GIS for Measuring Transit Stop Accessibility Considering Actual Pedestrian Road Network. In: Journal of Public Transportation, 13, S. 23-40. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.13.4.2>.

Follmer, R. (2019): Mobilität in Deutschland – MiD Wegeerfassung im Etappenkonzept. Studie von infas, DLR und IVT im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin. <https://www.mobilitaet-in-deutschland.de> (17.02.2025).

Follmer, R. (2025): Mobilität in Deutschland – MiD Kurzbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Digitales und Verkehr (FE-Nr. VB600001). Bonn, Berlin.
<https://www.mobilitaet-in-deutschland.de> (17.02.2025).

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (2014): Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr - Teil 2. s.l.: Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT).

- Frank, L. D.; Sallis, J. F.; Saelens, B. E.: Leary, L.; Cain, K.; Conway, T. L.; Hess, P. M. (2010): The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. In: British Journal of Sports Medicine, 44, S. 924–933. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.058701>.
- Frehn, M.; Diesfeld, J., Vetter, B., Dittrich-Wesbuer, A., Brauckmann, A., Hördemann, D. (2012): Verkehrsfolgenabschätzung der Siedlungsentwicklung. https://www.ivm-rheinmain.de/wp-content/uploads/2012/06/endbericht_verkehrsfolgenabschaetzung_20120419.pdf (20.06.2023).
- Frerichs, S.; Küpper, C.; Noky, B.; Simon, A.; Adrian, L.; Bunzel, A.; Pätzold, R.; Rakel, M. (2018): Umwelt- und Aufenthaltsqualität in kompakt-urbanen und nutzungsgemischten Stadtstrukturen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-01-29_texte_06-2018_stadtstrukturen.pdf (20.06.2023).
- Frick, R.; Kugelmeier, N.; Ickert, L.; Sieber, M.; Stoiber, T.; Tasnády, B.; Straumann, R. (2015): Normierte gesamtverkehrliche Erschliessungsqualitäten - Grundlagenbericht. https://www.infras.ch/media/filer_public/7d/39/7d396941-f3bc-4908-ad62-e23d247e3c36/vss_gesamtverkehrserschliessung_schlussbericht_150818.pdf (19.06.2023).
- Friedrich, T. (2024): Entwicklung eines Diversitätsindikators zur Planung nahräumlicher Versorgungsinfrastrukturen am Beispiel Berlin-Brandenburg. Bachelorarbeit, Technische Hochschule Wildau.
- Fritsch, M., Kempermann, H., Klink, H., Nurtaev, L., Okos, T. (2022): Work-Life-Green-Balance:die Nähe zu Grünflächen im Metropolenvergleich. https://metropole.ruhr/fileadmin/user_upload/studie/Work-Life-Green-Balance/Studie_IW_Work-Life-Green-Balance_final.pdf (21.06.2023).
- Fritz, F. (2020): Weiterentwicklung und mögliche Anwendungsbereiche von Erreichbarkeitsanalysen am Beispiel der Landeshauptstadt Düsseldorf. St+St. https://issuu.com/schibri/docs/2020-2_st_st_internet/s/11941887 (20.06.2023).
- Gabbana, A.; Toschi, F.; Ross, P.; Haans, A.; Corbetta, A. (2022): Fluctuations in pedestrian dynamics routing choices. In: PNAS Nexus, 1(4), S. 1-9. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac169>.
- Gaspers, L. (2010): Siedlungsflächeninanspruchnahme in Abhängigkeit von Erreichbarkeitsverhältnissen und Umweltqualitäten. https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/346/1/20100215_Dissertation_Gaspers.pdf (20.06.2023).
- Gates, T. J.; Noyce, D. A.; Bill, A. R.; Van Ee, N. (2006): Recommended Walking Speeds for Timing of Pedestrian Clearance Intervals Based on Characteristics of the Pedestrian Population. In: Transportation Research Record, 1982(1), S. 38-47. <http://dx.doi.org/10.1177/0361198106198200106>.
- Gehl, J. (2015): Städte für Menschen. JOVIS Verlag GmbH.
- Gerike, R. (2005): Wie kann das Leitbild nachhaltiger Verkehrsentwicklung konkretisiert werden? - Ableitung grundlegender Aufgabenbereiche. Dissertation, Technischen Universität Dresden. <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/dissts/Dresden/Gerike2005.pdf> (20.06.2023).
- Gerike, R.; Koszowski, C.; Hubrich, S.; Wittwer, R.; Wittig, S.; Pohle, M.; Canzler, W.; Epp, J. (2020): Aktive Mobilität: Mehr Lebensqualität in Ballungsräumen. Abschlussbericht. Texte 226/2020, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktive-mobilitaet-mehr-lebensqualitaet-in> (13.06.2023).
- Gerlach, J.; Hübner, S.; Becker, T.; Becker, U. J. (2015): Entwicklung von Indikatoren im Bereich Mobilität für die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_12_2015_entwicklun_g_von_indikatoren_im_bereich_mobilitaet.pdf (20.06.2023).
- Geurs, K.; Veenstra, S.; Thomas, T. (2013): The Setup of a Mobile Mobility Panel for the Netherlands. Paper presented at the 13th World Conference on Transport Research. Rio de Janeiro, Brazil.

- Graf, A. (2015): Automated Routing in Pedestrian Dynamics. Masterarbeit, FH Aachen. <https://juser.fz-juelich.de/record/276318> (20.06.2023).
- Graßl, M.; Rauh, J.; Rauch, S. (2016): Erreichbarkeitsanalysen zur Lebensmittel-Nahversorgung in ländlichen Räumen Mainfrankens. Schriftenreihe der IHK Würzburg-Schweinfurt https://www.wuerzburg.ihk.de/fileadmin/user_upload/PDF/Stadort/Schriftenreihe/IHK_Schriftenreihe_Nahversorgung_final_niedrige_Auflösung.pdf (20.06.2023).
- Greaves, S.; Ellison, A.; Ellison, R.; Rance, D.; Standen, C.; Rissel, C.; Crane, M. (2014): A Web-Based Diary and Companion Smartphone app for Travel/Activity Surveys. In: Transportation Research Procedia, 11, S. 297-310. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.12.026>.
- Greene, E.; Flake, L.; Hathaway, K.; Geilich, M. (2015): A Seven-Day Smartphone-Based GPS Household Travel Survey in Indiana Paper presented at the Transportation Research Board 95th Annual Meeting. Washington, D.C.
- Grunewald, K.; Richter, B.; Meinel, G.; Herold, H. (2016): Vorschlag bundesweiter Indikatoren zur Erreichbarkeit öffentlicher Grünflächen. Bewertung der Ökosystemleistung „Erholung in der Stadt“. https://www.researchgate.net/profile/Karsten-Grunewald/publication/304894485_Vorschlag_bundesweiter_Indikatoren_zur_Erreichbarkeit_öffentlicher_Grünflächen_Bewertung_der_Okosystemleistung_Erholung_in_der_Stadt/links/5ff8235ea6fdccdb83b7472/Vorschlag-bundesweiter-Indikatoren-zur-Erreichbarkeit-öffentlicher-Gruenflaechen-Bewertung-der-Oekosystemleistung-Erholung-in-der-Stadt.pdf?origin=publication_detail (20.06.2023).
- Guerrier, J. H. & Jolibois, S. C. (1998): The Safety of Elderly Pedestrians at Five Urban Intersections in Miami. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 42(2), S. 171-175. <https://doi.org/10.1177/154193129804200206>.
- Güngör, B. (2019): Analyse der Erreichbarkeit von Points of Interest im ländlichen Raum am Fallbeispiel des Kreises Heinsberg. Master's thesis, Güngör, Betül. <https://publications.rwth-aachen.de/record/767408/files/767408.pdf> (20.06.2023).
- Guo, Z. & Loo, B. P. (2013): Pedestrian environment and route choice: evidence from New York City and Hong Kong. In: Journal of Transport Geography, 28, S. 124-136. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.11.013>.
- Hägerstrand, T. (1970): What about people in regional science? Papers in Regional Science, 24, S. 7–24.
- Hannah, C.; Spasić, I.; Corcoran, P. (2018): A computational model of pedestrian road safety: The long way round is the safe way home. In: Accident Analysis & Prevention, 121, S. 347-357. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.06.004>.
- Hansen, W. J. (1959): How Accessibility Shapes Land Use. In: Journal of the American Planning Association, 25, S. 73-76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>.
- Hausigke, S.; Buchmann, L.; Kruse, C.; Gerlach, J.; Glock, J. P.; Porojkow, I. (2023): Leitfaden Mobilitätsberichterstattung. Ein Instrument zur Gestaltung einer nachhaltigen Mobilität. 2., überarbeitete Auflage. <https://doi.org/10.26128/2023.64>.
- HBE (2020): Quo vadis Fußgängerzone? Voraussetzungen und Erfolgsfaktoren für den Wirtschaftsstandort Fußgängerzone in Klein- und Mittelstädten Bayerns. https://www.cima.de/files/quo_vadis_fussgaengerzone_hbe-cima.pdf (20.06.2023).
- Helders, F. (2019): Erreichbarkeitsanalyse im ländlichen Raum zur Identifikation von Standorten für Mobilstationen. Master's thesis, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. Von <https://publications.rwth-aachen.de/record/767390/files/767390.pdf> (20.06.2023).

- Herbst, S.; Prinz, T.; Spitzer, W.; Hochwimmer, B.; Schnürch, D.; Haring, C.; Füreder, P. (2011): Entscheidungsgrundlagen für eine grenzübergreifende ÖPNV-Planung. https://www.eule-interreg.eu/wp-content/uploads/EULE_Endbericht_Teil_2_OEPNV_Web.pdf (20.06.2023).
- Hochmair, H. (2020): Von A nach B? Erreichbarkeits- und Konnektivitätsanalysen in Verkehrsnetzwerken. https://flrec.ifas.ufl.edu/geomatics/hochmair/pubs/Accessibility_Hochmair2020.pdf (20.06.2023).
- Hood, J.; Sall, E.; Charlton, B. (2011): A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California. In: The International Journal of Transportation Research, 3, S. 63-75. <https://doi.org/10.3328/TL.2011.03.01.63-75>.
- Hoogendoorn-Lanser, S., Schaap, N. T. W.; OldeKalter, M.-J. (2015): The Netherlands Mobility Panel: An innovative design approach for web-based longitudinal travel data collection. In: Transportation Research Procedia, 11, S. 311-329. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.12.027>.
- Hübner, S. (2017): Modellierung und Bewertung von Maßnahmen zur Schaffung einer Stadt der kurzen Wege. <https://tud.qucosa.de/api/qucosa:30273/attachment/ATT-0/> (20.06.2023).
- Hubrich, S.; Ließke, F.; Wittwer, R.; Wittig, S.; Gerike, R. (2019): Methodenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018“. Technische Universität Dresden. https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/SrV2018_Methodenbericht.pdf?lang=de (17.02.2025).
- Huibregtse, O.; de Lange, M.; Hoogendoorn, D.; Van Der Waard, J. (2016): Practical Experiences with GPS Loggers and Smartphones in Travel Surveys. Paper presented at the 44th European Transport Conference.
- infas & innoZ (2016): Multimodales und intermodales Mobilitätsverhalten verstehen. Zusammenfassung der Projektergebnisse. https://www.infas.de/wp-content/uploads/2022/02/infas_multimo%20Pr%C3%A4sentation%20Kurzfassung_Projektergebnisse_20160202.pdf (17.02.2025).
- Itsubo, S. & E. Hato (2006): A study of the effectiveness of a household travel survey using GPS-equipped cell phones and a WEB diary through a comparative study with a paper based travel survey. Paper presented at the Transport Research Board 85th Annual Meeting. Washington, D.C.
- Jacobs, J. (1961): The Death and Life of Great American Cities. New York: Random House.
- Jariyasunant, J.; Carrel, A.; Ekambaram, V.; Gaker, D.; Kote, T.; Sengupta, R.; Walker, J., (2012): The Quantified Traveler: Using personal travel data to promote sustainable transport behavior. Paper presented at the 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.
- Jianchuan, X., J. Zhicai, X. Guangnian & F. Xuemei (2014): Smartphone-Based Travel Survey: A Pilot Study in China. In: Rasouli, S. & H. Timmermans [Hrsg.]: Mobile Technologies for Activity-Travel Data Collection and Analysis. United States of America: IGI Globals. <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-4666-6170-7.ch013>.
- Kielar, P. M.; Biedermann, D. H.; Kneidl, A.; Borrmann, A. (2016): A Unified Pedestrian Routing Model Combining Multiple Graph-Based Navigation Methods. In Knoop, V. L. & Daamen, W. [Hrsg.]: Traffic and Granular Flow '15, S. 241-248. Cham: Springer International Publishing. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1285034/moadfsync7rr6lsbtxse2ia9.pdf> (20.06.2023).
- Knoblauch, R. L.; Pietrucha, M. T.; Nitzburg, M. (1996): Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-Up Time. In: Transportation Research Record, 1538(1), S. 27-38. <https://doi.org/10.1177/0361198196153800104>.
- Korpilo, S.; Virtanen, T.; Lehvävirta, S. (2017): Smartphone GPS tracking—Inexpensive and efficient data collection on recreational movement. Landscape and Urban Planning, 157, S. 608-617. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.005>.

- Koszowski, C.; Gerike, R.; Hubrich, S.; Götschi, T.; Pohle, M.; Wittwer, R. (2018): Active Mobility: Bringing Together Transport Planning, Urban Planning, and Public Health. In: Müller, B.; Meyer, G. [Hrsg.]: Towards User-Centric Transport in Europe, S. 149-171. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99756-8_11.
- Kramer, F. & Raddatz, M. (2010): Das Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, 48.
- Krizek, K. J.; El-Geneidy, A.; Iacono, M.; Horning, J. (2007): Refining Methods for Calculating Non-Auto Travel Times. Tech. rep. <https://www.cts.umn.edu/publications/report/access-to-destinations-refining-methods-for-calculating-non-auto-travel-times> (20.06.2023).
- Kugler, M.; Osswald, S.; Frank, C.; Lienkamp, M. (2014): Mobility Tracking System for CO₂ Footprint Determination. Paper presented at the International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. Seattle, WA, USA. <https://doi.org/10.1145/2667317.2667334>.
- Kwauka, J. (2015): Bewertung der Fußverkehrsqualität in deutschen Städten. Masterarbeit, Fachhochschule Erfurt.
- Lam, T. M.; Wang, Z.; Vaartjes, I.; Karssenberg, D.; Ettema, D.; Helbich, M.; Timmermans, E. J.; Frank, L. D.; den Braver, N. R.; Wagtendonk, A. J.; Beulens, J. W. J.; Lakerveld, J. (2022): Development of an objectively measured walkability index for the Netherlands. In: International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 19. <https://doi.org/10.1186/s12966-022-01270-8>.
- Larsson, A. & Elldér, E. (2014): Accessibility Tool for Road and Public Transport Travel Time Analysis in Västra Götaland. COST Action TU 1002: Collecting accessibility instruments and improving their usability for planning practices. Tech. rep. <https://www.accessibilityplanning.eu/uploads/pdf/Accessibility-Tool-for-Road-and-Public-Transport-Travel-Time-Analysis-in-Västra-Götaland.pdf> (20.06.2023).
- Latic, A. (2017): Bewertung der ÖV-Erreichbarkeit anhand raumstruktureller Kennziffern am Beispiel der südlichen Steiermark. <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=5c80eb58830d1&location=browse> (20.06.2023).
- Lee, J. S.; Zegras, C.; Zhao, F.; Kim, D.; Kang, J. (2016): Testing the Reliability of a Smartphone-Based Travel Survey: An Experiment in Seoul. The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 15, S. 50-62. <https://doi.org/10.12815/kits.2016.15.2.050>.
- Li, R.; Storandt, S.; Müller, U.; Weber, D. (2021): Barrier-Free Pedestrian Routing with Contraction Hierarchies. Proceedings of the 29th International Conference on Advances in Geographic Information Systems, S. 668-669. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3474717.3486797>.
- Litman, T. A. (2016): Evaluating Accessibility for Transportation Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities, Victoria Transport Policy Institute, 2016. <https://www.vtpi.org/access.pdf> (27.02.2025).
- Ludwig, C.; Lautenbach, S.; Schömann, E.-M.; Zipf, A. (2021): Comparison of Simulated Fast and Green Routes for Cyclists and Pedestrians. In: 11th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2021) - Part II. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs), 208, S. 3:1-3:15, Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik. <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.GIScience.2021.II.3>.
- Lugtig, P.; Roth, K.; Schouten, B. (2022): Nonresponse analysis in a longitudinal smartphone-based travel study. In: Survey Research Methods, 16(1), S. 13-27. <https://doi.org/10.18148/srm/2022.v16i1.7835>.
- Luo, W. & Wang, F. (2003): Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region. In: Environment and Planning B: Planning and Design, 30, S. 865-884. <https://doi.org/10.1068/b29120>.

- Mahrenholz, S.; Schicklmüller, M.; Kaeding, A. (2011): Einzelhandelsanalyse für die Gemeinde Gräfelfing. https://www.graefelfing.de/fileadmin/user_upload/Rathaus_Buergerservice/Publikationen_Filme_Bilder/Studien_und_Gutachten/CIMA_Ergebnispräsentation_Graefelfing_13092011.pdf (20.06.2023).
- Mantinger, M. & Jäger, A. (2021): Wie weit ist die nächste Grundschule entfernt? - Zur Erreichbarkeit von Grundschulen in Baden-Württemberg in Gehzeiten und dem Pkw. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg, 6+7/2021. https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag21_07_03.pdf (11.02.2025).
- Marquart, H. (2022): Informing about the invisible: communicating en route air pollution and noise exposure to cyclists and pedestrians using focus groups. In: European Transport Research Review, 14. <https://elib.dlr.de/190109/> (20.06.2023).
- Marquart, H.; Stark, K.; Jarass, J. (2022): How are air pollution and noise perceived en route? Investigating cyclists' and pedestrians' personal exposure, wellbeing and practices during commute. In: Journal of Transport and Health, 24. <https://elib.dlr.de/185354/> (20.06.2023).
- Märtens, J. (2017): Analyse der Reisegeschwindigkeiten von Verkehrssystemen im urbanen Raum. Master's thesis, Technische Universität Berlin. <https://elib.dlr.de/114455/> (20.06.2023).
- Martin, A.; Goryakin, Y.; Suhrcke, M. (2014): Does active commuting improve psychological wellbeing? Longitudinal evidence from eighteen waves of the British Household Panel Survey. In: Preventive Medicine, 69, S. 296-303. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.08.023>.
- Maruyama, T.; Mizokami, S.; Hato, E. (2014): A smartphone-based travel survey trial conducted in Kumamoto, Japan: an examination of voluntary participants' attributes, accepted for presentation at Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, #14-0997, Washington D.C.
- Mayr, R. (2012): Raum und Mobilität - Raumstruktur als Einflussfaktor für Verkehrshandeln in Österreich. https://www.researchgate.net/profile/Rene-Mayr/publication/274834800_Raum_und_Mobilität_-Raumstruktur_als_Einflussfaktor_für_Verkehrshandeln_in_Osterreich/links/55eaf3b508ae3e1218468171/Raum-und-Mobilität-Raumstruktur-als-Einflussfaktor-für-Verkehrshandeln-in-Oesterreich.pdf?origin=publication_detail (20.06.2023).
- McKercher, B.; Shoval, N.; Ng, E.; Birenboim, A. (2012): First and Repeat Visitor Behaviour: GPS Tracking and GIS Analysis in Hong Kong. In: International Journal of Tourism Space, Place and Environment, 14. <https://doi.org/10.1080/14616688.2011.598542>.
- Mehl, P.; Fick, J.; Glorius, B.; Kordel, S.; Schammann, H. (2023): Geflüchtete in ländlichen Regionen Deutschlands. Von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-658-36689-6.pdf> (20.06.2023).
- Merzoug, S. & Jarass, J. (2021): Emotionen beim Zufußgehen im urbanen Raum. Einflüsse eines alltäglichen Fußwegs auf das mentale Wohlbefinden in Berlin. In: Internationales Verkehrswesen, 73, S. 64–68. <https://elib.dlr.de/146393/> (20.06.2023).
- Mitteldeutschland (2022): Integrierte Mobilitätsstudie Mitteldeutschland. https://www.innovationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2022/05/20220511_Mobilitätsstudie_Druck_Final.pdf (20.06.2023).
- Molloy, J.; Castro, A.; Götschi, T.; Schoeman, B.; Tchervenkov, C.; Tomic, U.; Hintermann, B.; Axhausen, K. W. (2023): The MOBIS dataset: a large GPS dataset of mobility behaviour in Switzerland. In: Transportation, 50, S. 1983-2007. <https://doi.org/10.1007/s11116-022-10299-4>.
- Molt, C. (2017): Soziale Auswirkungen schneller Urbanisierung. Dissertation, Universität Kassel.
- Montini, L.; Prost, S.; Schrammel, J.; Rieser-Schüssler, N.; Axhausen, K. W. (2015): Comparison of travel diaries generated from smartphone data and dedicated GPS devices. Transportation Research Procedia, 11.

Montini, L.; Rieser-Schüssler, N.; Horni, A.; Axhausen, K. W. (2014): Trip Purpose Identification from GPS Tracks. In: *Transportation Research Record*, 2405(1), S. 16-23. <https://doi.org/10.3141/2405-03>.

Murakami, E. & Wagner, D. P. (1999): Can using global positioning system (GPS) improve trip reporting? In: *Transportation Research Part C*, 7. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(99\)00017-0](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(99)00017-0).

Neumeier, S. (2013): Modellierung der Erreichbarkeit öffentlicher Apotheken - Untersuchung zum regionalen Versorgungsgrad mit Dienstleistungen der Grundversorgung. Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei. <https://d-nb.info/1045214086/34> (20.06.2023).

Neumeier, S. (2014): Modellierung der Erreichbarkeit von Supermärkten und Discountern: Untersuchung zum regionalen Versorgungsgrad mit Dienstleistungen der Grundversorgung. Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bityv/dn053577.pdf (20.06.2023).

Neumeier, S. (2017): Haus- und Facharzterreichbarkeit in Deutschland: Regionalisierte Betrachtung auf Basis einer GIS-Erreichbarkeitsanalyse. In: *Raumplanung: Fachzeitschrift für räumliche Planung und Forschung*, 192, S. 30.37.

https://www.vhw.de/fileadmin/user_upload/08_publikationen/verbandszeitschrift/FWS/2018/1_2018/FWS_1_2018_Neumeier.pdf (20.06.2023).

Neumeier, S. (2019): Erreichbarkeit von Kindergärten in Deutschland – Kennzahlen und Karten –. Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei.

https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn060693.pdf (20.06.2023).

Nicoletti, L.; Sirenko, M.; Verma, T. (2023): Disadvantaged communities have lower access to urban infrastructure. In: *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 50, S. 831-849.

<https://doi.org/10.1177/23998083221131044>.

Nitsche, P.; Widhalm, P.; Breuss, S.; Brändle, N.; Maurer, P. (2013): Supporting large-scale travel surveys with smartphones – A practical approach. In: *Transportation Research Part C*, 43(2), S. 212-221.

<https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.11.005>.

Nobis, C. & Kuhnimhof, T. (2018): Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin. <https://www.mobilitaet-in-deutschland.de> (17.02.2025).

Nobis, C. (2019): Mobilität in Deutschland – MiD Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin. <https://www.mobilitaet-in-deutschland.de> (17.02.2025).

Nobis, C.; Kuhnimhof, T.; Follmer, R.; Bäumer M. (2019): Mobilität in Deutschland – 2002 – 2008 – 2017. Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin.

Nobis, C.; Obersteller, D.; Lell, O.; Muster, V.; Rauber, J. (2024): Erarbeitung einer Suffizienzstrategie für den Verkehrssektor und ihre erfolgreiche Kommunikation. Umweltbundesamt, Texte 36/2024, Forschungskennzahl 3720 58 103 0.

NRW. (2021): Zukunft des Handels – Zukunft der Städte.

https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/27_07_21_mwide_stadt_handel_zukunft.pdf (20.06.2023).

Ochoa Ortiz, H. (2022): Pedestrian routing of dynamic areas using Volunteered Geographical Information (OpenStreetMap). Master's thesis. <https://repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/81237> (20.06.2023).

- Ochoa-Ortiz, H.; Gartner, G.; Graser, A. (2022): Pedestrian routing of periodically changing areas using Volunteered Geographical Information (OpenStreetMap). In: Abstracts of the ICA, 5, S. 1-2.
<https://doi.org/10.5194/ica-abs-5-92-2022>.
- Odekerken-Smeets, M. (2022): ODIN, the Dutch National Travel Survey.
<https://unece.org/sites/default/files/2022-06/1%20Netherlands%20WP%206%20presentation%20June%202022%20Dutch%20National%20Dutch%20Travel%20Survey.pdf> (17.02.2025).
- Ohmori, N.; Harata, N.; Nakazato, M. (2005): GPS mobile phone-based activity diary survey. In: Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5, S. 1104-1115.
https://www.researchgate.net/publication/228477565_GPS_mobile_phone-based_activity_diary_survey.
- Opach, T.; Navarra, C.; Rød, J. K.; Neset, T.-S. (2021): Pedestrian Routing and Perspectives: WayFinder's Route down the Lane—Come on with the Rain. In: ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(6).
<https://doi.org/10.3390/ijgi10060365>.
- ÖROK (2018): Erreichbarkeit von regionalen (Z03) und überregionalen (Z05) Zentren im motorisierten Individualverkehr (MIV) und im öffentlichen Verkehr (ÖV). <https://www.oerok-atlas.at/oerok/files/summaries/85.pdf> (10.02.2025).
- Owen, O. & Levinson, D. (2012): Access to Destinations: Annual Accessibility Measure for the Twin Cities Metropolitan Region. Tech. rep. <https://conservancy.umn.edu/handle/11299/181425> (10.02.2025).
- Pajares, E. & Jehle, U. (2021): GOAT: Ein interaktives Erreichbarkeitsinstrument zur Planung der 15-Minuten-Stadt. In: Flächennutzungsmonitoring XIII: Flächenpolitik - Konzepte - Analysen – Tools, 79, S. 265-273. Berlin: Rhombos-Verlag. <https://doi.org/10.26084/13dfns-p024>.
- Patterson, Z. & Fitzsimmons, K. (2016): DataMobile: Smartphone Travel Survey Experiment. In: Journal of the Transportation Research Board, 2594(1). <https://doi.org/10.3141/2594-07>.
- Peiravian, F.; Derrible, S.; Ijaz, F. (2014): Development and application of the Pedestrian Environment Index (PEI). In: Journal of Transport Geography, 39, S. 73-84. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.06.020>.
- Peter, M. (2021): Die Berechnung kleinräumiger und multimodaler Erreichbarkeiten auf regionaler Ebene. Dissertation, Technische Universität Hamburg. <https://d-nb.info/1241669775/34> (10.02.2025).
- Peter, M.; Glatthaar, M.; Mau, O. (2017): Erreichbarkeiten in der Metropolregion Hamburg.
<https://metropolregion.hamburg.de/contentblob/13365712/b96abc746271a3acb92b45c35e3c0705/data/download-errechbarkeiten-broschuere.pdf> (10.02.2025).
- Pieper, J. (2009): Indikatorgestützte Bewertung städtischer Versorgungsdichten in der ambulanten medizinischen Versorgung in Berlin. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg): Angewandte Geoinformatik 2009. Beiträge zum 21. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg: Wichmann, Seite 258-267.
https://labor.bht-berlin.de/fileadmin/labor/geovis/Forschung/Publikationen/2010-2001/Indikatorgestuetzte_Bewertung_staedtischer_Versorgungsdichten_in_der_ambulanten_medizinischen_Versorgung_2009_.pdf (10.02.2025).
- Plan4Better GmbH (2025): Methodenbericht Berechnung ÖPNV-Qualität 2023-2025.
- Plankl, R.; Neumeier, S.; Osigus, T.; Küpper, P.; Mehl, P. (2016): Indikatoren und Karten zur Darstellung von Potenzialen bei der Aufnahme und Integration von Flüchtlingen auf Landkreisebene. Thünen Working Paper 59. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn056918.pdf (10.02.2025).
- Prelipcean, A.; Susilo, Y.; Gidófalvi, G. (2018): Collecting travel diaries: Current state of the art, best practices, and future research directions. In: Transportation Research Procedia, 32, S. 155-166.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.029>.

- Prinz, T. & Herbst, S. (2008): Multikriterielle Modellierung der ÖV-Erreichbarkeit für die Stadt Wien.
<https://www.digital.wienbibliothek.at/download/pdf/4765442.pdf> (10.02.2025).
- PTV – Planung Transport Verkehr GmbH (2022): PTV Erreichbarkeitsindex zeigt Mobilitätspotenzial der 50 größten deutschen Städten. <https://www.ptvgroup.com/de/ressourcen/news/produkte/ptv-errechbarkeitsindex-zeigt-mobilitaetspotenzial-der-50-groessten> (28.02.2025).
- Radke, A. & Heinrichs, M. (2021): Using Probability Distributions for Projecting Changes in Travel Behavior. In: Sustainability, 13(18), S. 10101. <https://doi.org/10.3390/su131810101>.
- Rau, A. (2005): Entwicklung einer Grundstruktur für die Auswahl einer Verkehrsinfrastrukturvariante in bebauten Gebieten unter dem Blickwinkel nachhaltiger Entwicklung. Dissertation, Technische Universität Dresden. <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/dissts/Dresden/Rau2005.pdf> (10.02.2025).
- Reichert, A. & Kraus, J. (2020): Fuß- und Radwegekonzept Altenberg.
<https://altenberge.de/images/upload/file/fuss-und-radwegekonzept-endbericht.pdf> (15.06.2023).
- Reul, F. (2002): Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie für den Stadtverkehr - das Beispiel Berlin. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin. <https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/15520/Reul.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (10.02.2025).
- Reutter, U.; Holz-Rau, C.; Albrecht, J.; Hülz, M. (2020): Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels. Forschungsberichte der ARL 14. ISBN 978-3-88838-099-0.
- Reyer, M. A. (2017): Gebaute Umwelt und Alltagsaktivität: Walkability als Chance und Risiko für das Gehen Älterer im Alltag. Dissertation, Universität Stuttgart. https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/9495/5/Diss_Reyer.pdf (10.02.2025).
- Richter, B.; Grunewald, K.; Meinel, G. (2016): Analyse von Wegedistanzen in Städten zur Verifizierung des Ökosystemleistungsindikators „Erreichbarkeit städtischer Grünflächen“. https://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/AGIT_2016/537622063.pdf (10.02.2025).
- Rizzoli, A. E.; Rudel, R.; Förster, A.; Corani, G.; Cellina, F.; Pampuri, L.; Guidi, R.; Baldassari, A. (2014): Investigating mobility styles using smartphones: advantages and limitations according to a field study in Southern Switzerland. Paper presented at the 7th International Congress on Environmental Modelling and Software. San Diego, California, USA.
- Röhling, R.; Burg, R.; Schäfer, T.; Walther, C. (2008): Kosten-Nutzen-Analyse: Bewertung der Effizienz von Radverkehrsmaßnahmen. <https://orlis.difu.de/bitstream/difu/126264/1/DB0607-Leitfaden.pdf> (19.06.2023).
- Rothkrantz, L.; Popa, M.; Ruzicka, J. (2018): Routing Pedestrians in Smart City Networks. 2018 SMART CITY SYMPOSIUM PRAGUE (SCSP), S. 1-6). United States: IEEE. <https://doi.org/10.1109/SCSP.2018.8402679>.
- RUHR (2022): Work-Life-Green-Balance: Die Nähe zu Grünflächen im Metropolenvergleich. Von https://metropole.ruhr/fileadmin/user_upload/studie/Work-Life-Green-Balance/Zusammenfassung_IW-Studie_Work-Life-Green-Balance.pdf (10.02.2025).
- RVR (2019): Regionales Mobilitätsentwicklungsconcept für die Metropole Ruhr.
https://www.rvr.ruhr/fileadmin/user_upload/01_RVR_Home/02_Themen/Mobilitaet/Mobilitaetskonzepte/Entwurf_Endbericht_Regionales_Mobilitaetsentwicklungsconcept.pdf (10.02.2025).
- Sadeghian, P.; Håkansson, J.; Zhao, X. (2021): Review and evaluation of methods in transport mode detection based on GPS tracking data. In: Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 8(4), S. 467-482. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.04.004>.
- Saelens, B. & Handy, S. (2008): Built Environment Correlates of Walking: A Review. In: Medicine and science in sports and exercise, 40(7), S. 550-566. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c67a4>.

- Safi, H.; Mesbah, M.; Ferreira, L. (2014): Smartphone-assisted Travel Surveys: A Smart way for Transport Planning. Paper presented at the 32nd Conference of Australian Institutes of Transport Research, Sydney.
- Sauter, D.; Tight, M.; Pharoah, T.; Martinson, R.; Wedderburn, M. (2016): International Walking Data Standard. Treatment of Walking in Travel Surveys. Internationally standardized monitoring methods of walking and public space. <http://www.measuring-walking.org> (17.02.2025).
- Schad, H.; Ohnmacht, T.; Sauter, D. (2007): Gebaute Umwelt und körperliche Aktivität. <https://www.hslu.ch/-/media/campus/common/files/dokumente/w/itm/working-papers/2007-gebaute-umwelt-und-koerperliche-aktivitaet.pdf?la=de-ch> (10.02.2025).
- Schäfer, K. H. (2005): Qualitätsziele und Indikatoren für eine nachhaltige Mobilität Anwenderleitfaden zur nachhaltigen Mobilität. https://www.mobilservice.ch/admin/data/files/news_section_file/file/109/anwenderleitfaden-zur-nachhaltigen-mobilitaet.pdf?lm=1418801035 (10.02.2025).
- Schmidt-Hamburger, C.; Zeile, P.; Herbeck, J. (2022): Stresstest Fußverkehr: Eine experimentelle Studie zur Messung des Stressempfindens Zufußgehender am Marienplatz in Stuttgart. Mobility, Knowledge and Innovation Hubs in Urban and Regional Development. Proceedings of REAL CORP 2022, 27th International Conference on Urban Development, Regional Planning and Information Society, S. 701-711.
- Schönau, M. (2016): GPS-basierte Studien zur Analyse der nachhaltigen urbanen Individualmobilität. Dissertation, Universität Ulm. <https://oparu.uni-ulm.de/items/88836d63-cbd7-4388-8e26-1a3b0131addb> (17.02.2025).
- Schönthaler, K.; von Andrian-Werburg, S.; Nickel, D. (2011): Entwicklung eines Indikatorensystems für die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). <https://digital.zlb.de/viewer/api/v1/records/15428297/files/images/4230.pdf/full.pdf> (10.02.2025).
- Schröder, P., Maier, M., Bohnet, M., von Lueder, B.-T., Walther, C. (2015): Gutachten zur zukünftigen Bahnstruktur Flensburg. https://www.flensburg.de/media/custom/2306_2894_1.PDF?1471596810 (10.02.2025).
- Schürmann, C. (2008): Berechnung verschiedener Erreichbarkeitsindikatoren für den Ostseeraum. Berechnung verschiedener Erreichbarkeitsindikatoren für den Ostseeraum. http://www.brrg.de/_content/documents/publications/dak08_erreichbarkeit.pdf (10.02.2025).
- Schürmann, C. (2011): Räumliche Wirkungen von Verkehrsprojekten - Ex post Analysen im stadtregionalen Kontext. Dissertation, TU Dortmund. <https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/27676/1/Dissertation.pdf> (19.06.2023).
- Schütt, F. (2019): Erreichbarkeitsanalysen mit OpenStreetMap-Daten. https://www.destatis.de/DE/Ueberuns/Kolloquien-Tagungen/Kolloquien/2019/10_Schuett_Praesentation.pdf?blob=publicationFile (10.02.2025).
- Schwarze, B. (2008): Kleinräumige Erreichbarkeitsanalysen mit GIS. mobil.TUM 2008: International Conference on Mobility & Transport, 08.-09.04.2008, München, Germany. https://www.spiekermann-wegener.de/pub/pdf/Schwarze_mobilTUM2008_Paper_2.pdf (10.02.2025).
- Schwarze, B. (2015): Eine Methode zum Messen von Naherreichbarkeit in Kommunen. <https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/34458/1/Dissertation.pdf> (10.02.2025).
- Schwarze, B.; Spiekermann, K.; Bauer, U.; Lohaus, J.; Scheiner, J., 2025: Die Stadt der Viertelstunde. Herausgeber: BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. BBSR-Online-Publikation 27/2025, Bonn. <https://doi.org/10.58007/8m7z-qr40>.

- Schwedes, O. & Daubitz, S. (2011): Hausanschluss Mobilität. https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/Hausanschluss_Mobilitaet_vzbv_2012.pdf (20.06.2023).
- SDG (2020): SDG-Indikatoren für Kommunen. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Monitor_Nachhaltige_Kommune/SDG_Broschure_201124.pdf (10.02.2025).
- Seisenberger, S. (2022): (Räumliche) Indikatoren für die Daseinsvorsorgeplanung: Wo stehen wir heute? https://dfns2022.ioer.info/fileadmin/user_upload/dfns2022/files/vortraege-Frauenkirche2/Tag1/Seisenberger_Indikatoren_fuer_die_Daseinsvorsorge.pdf (10.02.2025).
- Shannon, C.E. (1948): A mathematical theory of information. Bell Syst. Tech. J. 1948, 27, S. 379–423.
- Shen, L. & Stopher, P. (2014): Review of GPS travel survey and GPS data-processing methods. In: Transport Reviews, 34(3), S. 316–334. <https://doi.org/10.1080/01441647.2014.903530>.
- Siebert, J. (2021): Wie kann eine konsequent klimagerechte Verkehrsplanung aussehen? Bedarfe einer mit den Klimaschutzz Zielen des Übereinkommens von Paris im Einklang stehenden Mobilitäts- und Verkehrsinfrastrukturplanung des Bundes. Master's thesis, Technische Universität Berlin. https://www.matthias-gastel.de/wp-content/uploads/2021/10/Masterarbeit_Jonathan_Siebert.pdf (10.02.2025).
- Siebert, J. (2022): Wie kann eine konsequent klimagerechte Verkehrsplanung aussehen? <https://bibliothek.wzb.eu/pdf/2022/iii22-602.pdf> (10.02.2025).
- Siedentop, S.; Lanzendorf, M.; Kausch, S. (2006): Siedlungs- und Mobilitätsprofile suburbaner Gemeindetypen. https://www.uni-frankfurt.de/73384251/BdL_4_2006_S_415_431_Siedentop_et_al.pdf (10.02.2025).
- Siedentop, S.; Roos, S.; Fina, S. (2013): Ist die „Autoabhängigkeit“ von Bewohnern städtischer und ländlicher Siedlungsgebiete messbar? In: Raumforsch und Raumordnung, 71, S. 329-341. <https://doi.org/10.1007/s13147-013-0240-0>.
- Silvennoinen, H.; Kuliga, S. F.; Herthogs, P.; Recchia, D. R.; Tunçer, B. (2022): Effects of Gehl's urban design guidelines on walkability: A virtual reality experiment in Singaporean public housing estates. In: Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 49(9), S. 2409-2428. <https://doi.org/10.1177/23998083221091822>.
- Sobek, A. & Miller, H. (2006): U-Access: A web-based system for routing pedestrians of differing abilities. In: Journal of Geographical Systems, 8, S. 269-287. <https://doi.org/10.1007/s10109-006-0021-1>.
- Spreter, R.; Vollmer, C.; Neitzke, H.-P.M; Korczak, D.; Hoffmann, A. (2004): Indikatoren-Set „Zukunftsfähige Kommune“. http://www.duh.de/uploads/tx_duhdownloads/Indikatorenset.pdf (10.02.2025).
- Stephan, K.; Köhler, K.; Heinrichs, M.; Berger, M.; Platzer, M.; Selz, E. (2014): Das Elektronische Wegetagebuch - Chancen und Herausforderungen einer Automatisierten Wegeerfassung Intermodaler Wege. In: Schelewsky, M., Jonaschat, H.; Bock, B.; & Stephan, K. [Hrsg.]: Smartphones unterstützen die Mobilitätsforschung. Springer.
- Stolloff, E. R.; McGee, H.; Eccles, K. A. (2007): Pedestrian Signal Safety for Older Persons, Technical Report, Washington, D.C.: AAA Foundation for Traffic Safety (10.02.2025).
- Stopher, P. & Greaves, S. (2007): Household travel surveys: Where are we going? In: Transportation Research Part A: Policy and Practice, 41(5), S. 367-381. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.09.005>.
- Stopher, P.; Jiang, Q.; FitzGerald, C. (2005): Processing GPS Data from Travel Surveys. Paper presented at the 28th Australasian Transport Research Forum.
- Sun, G.; Oreskovic, N. M.; Lin H. (2014) How do changes to the built environment influence walking behaviors? A longitudinal study within a university campus in Hong Kong, In: International Journal of Health Geographics, doi: 10.1186/1476-072X-13-28.

Sun, H.; Yanya, C.; Wang, Y.; Xiaoming, L. (2023): Trip purpose inference for tourists by machine learning approaches based on mobile signaling data. In: Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 14(2), S. 923–937. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03346-y>.

Tian, J.; Tang, M.; Wang, J. (2022): The effect of path environment on pedestrians' route selection: A case study of university of Cincinnati. Proceedings of the 27th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2022. http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2022_377.pdf (10.02.2025).

Tobisch, S. (2020): Influence of Design on the Walkability of Urban Environments. Einfluss von Gestaltung auf Walkability. http://www.staedtebau.at/wp-content/uploads/2020/12/1_Tobisch_Susanne_Influence-of-Design-on-the-Walkability-of-Urban-Environments.pdf (10.02.2025).

Tong, Y. & Bode, N. W. (2022): The principles of pedestrian route choice. In: Journal of The Royal Society Interface, 19(189). <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2022.0061>.

Tong, Y. & Bode, N. W. (2024): How building layout properties influence pedestrian route choice and route recall. In: Transportmetrica A: Transport Science, 20(2), S. 1-23. <https://doi.org/10.1080/23249935.2022.2143249>.

Tran, M.-C. (2018): Walkability als ein Baustein gesundheitsförderlicher Stadtentwicklung und -gestaltung. In: Baumgart, S.; Köckler, H.; Ritzinger, A.; Rüdiger, A. [Hrsg.]: Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08. S, 284-296. https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/fb_fb_008/23_walkability_stadtentwicklung.pdf (10.02.2025).

UNKNOWN. (o. J.): Erreichbarkeit neu denken und messen.

https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/dokumente/moko/Erreichbarkeit_neu_denken_und_messen.pdf.download.pdf/Erreichbarkeit_neu_denken_und_messen.pdf (10.02.2025).

Vlassenroot, S.; Gillis, D.; Bellens, R.; Gautama, S. (2014): The Use of Smartphone Applications in the Collection of Travel Behaviour Data. In: International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 13(1), S. 1-11. <https://doi.org/10.1007/s13177-013-0076-6>.

Voll, F. (2012): Die Bedeutung des Faktors „Erreichbarkeit“ für den Alpenraum. Erarbeitung eines alpenweiten Modells der Erreichbarkeit von Metropolen und Regionalzentren vor dem Hintergrund aktueller Diskussionen um Regionsentwicklung in Abhängigkeit von räumlicher Lage. Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg. https://www.researchgate.net/profile/Frieder-Voll/publication/258149655_Die_Bedeutung_des_Faktors_Erreichbarkeit_fuer_den_Alpenraum/links/0c960527220cd40f11000000/Die-Bedeutung-des-Faktors-Erreichbarkeit-fuer-den-Alpenraum.pdf (10.02.2025).

von Schmidt, A.; Cyganski, R.; Krajewicz, D. (2017): Generierung synthetischer Bevölkerungen für Verkehrsnachfragemodelle - Ein Methodenvergleich am Beispiel von Berlin. HEUREKA'17 - Optimierung in Verkehr und Transport, S. 193–210. FGSV-Verlag. <https://elib.dlr.de/111905/> (10.02.2025).

Wagner, D. P. (1997): Global Positioning Systems for Personal Travel Surveys. Lexington Area Travel Data Collection Test. Final Report for OHIM, OTA and FHWA: Battelle Transportation Division.

Wagner, R.; Tenberg, B.; Zwilling, A.; Lehnert, P.; Vogel, A. (2019): Klimaschutzteilkonzept Mobilität – Stadt Frechen. <https://www.stadt-frechen.de/1ErgebnisberichtKlimaschutzteilkonzept.pdf> (10.02.2025).

Waluga, G. (2009): Zentrenerreichbarkeit mit öffentlichem Nahverkehr in Rheinland-Pfalz. Master's thesis, Gutenberg Universität. http://diplomarbeit.waluga.de/Diplomarbeit-Gregor_Waluga-Zentrenerreichbarkeit-RLP.pdf (10.02.2025).

Wang, Z.; Novack, T.; Yan, Y.; Zipf, A. (2021): Quiet Route Planning for Pedestrians in Traffic Noise Polluted Environments. In: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 22(12), S. 7573-7584. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3004660>.

- Watson, K. B.; Whitfield, G. P.; Thomas, J. V.; Berrigan, D.; Fulton, J. E.; Carlson, S. A. (2020): Associations between the National Walkability Index and walking among US Adults — National Health Interview Survey, 2015. In: Preventive Medicine, 137, 106122. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106122>.
- Weiss, L.; Schwillinsky, S.; Castellazzi, B.; Prinz, T. (2018): Erreichbarkeitsmodell Österreich – ein Werkzeug zur österreichweiten Analyse der Versorgung mit MIV und ÖV. <https://www.researchstudio.at/wp-content/uploads/2019/08/Castellazzi-prinz-2018.pdf> (10.02.2025).
- Wien, S. (2020): Smart City Wien Rahmenstrategie 2019-2050 - Vorläufige Indikatoren für Monitoring und Evaluierung. https://smartcity.wien.gv.at/wp-content/uploads/sites/3/2020/05/SCWR_Indikatoren-für-Monitoring-und-Evaluierung.pdf (10.02.2025).
- Wolf, J. & Lee, W. (2008): Synthesis of and statistics for recent GPS-enhanced travel surveys. Paper presented at the 8th International Conference on Survey Methods in Transport, Annecy, France.
- Wulffhorst, G. (2016): Erreichbarkeit als Grundlage zur zukunftsfähigen Gestaltung urbaner Mobilität. https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/ISV/Wulffhorst_Erreichbarkeit_2016-11-03.pdf (10.02.2025).
- Wulffhorst, G.; Keller, J.; Büttner, B. (2012): Erreichbarkeitsatlas - Grundlagen für die Zukunft der Mobilität in der Metropolregion München. https://www.researchgate.net/profile/Benjamin-Buettner/publication/275646060_Erreichbarkeitsatlas_-Grundlagen_fur_die_Zukunft_der_Mobilitat_in_der_Metropolregion_Munchen_EMM/links/5541f5a90cf2322227317942/Erreichbarkeitsatlas-Grundlagen-fuer-die-Zukunft-der-Mobilitaet-in-der-Metropolregion-Muenchen-EMM.pdf (10.02.2025).
- Yang, W.; Chen, B. Y.; Cao, X.; Li, T.; Li, P. (2017): The spatial characteristics and influencing factors of modal accessibility gaps: A case study for Guangzhou, China. In: Journal of Transport Geography, 60, S. 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.02.005>.
- Yu, H. & Lu, F. (2012): Advanced multi-modal routing approach for pedestrians. 2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 21.-23.04.2012, Yichang, China. S. 2349-2352. <https://doi.org/10.1109/CECNet.2012.6201641>.
- Zecca, C.; Gaglione F.; Laing R.; Gargiulo C. (2020): Pedestrian routes and accessibility to urban services: An urban rhythmic analysis on people's behaviour before and during the Covid-19. In: TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment, 13(2), S. 241-256. <https://doi.org/10.6092/1970-9870/7051>.
- Zhao, D.; Zhao, W.; Wang, W.; Hua, X. (2024): Trip purpose prediction using travel survey data with POI information via gradient boosting decision trees. In: IET Intelligent Transport Systems, 18(2), S. 269-289. <https://doi.org/10.1049/itr2.12450>.
- Zhao, F.; Pereira, F. C.; Ball, R.; Kim, Y.; Han, Y.; Zegras, C.; Ben-Akiva, M. (2015): Exploratory Analysis of a Smartphone-Based Travel Survey in Singapore. In: Transportation Research Record, 2494(1), S. 45-56. <https://doi.org/10.3141/2494-06>.
- Ziemke, D. (2016): Accessibility computations based on open data for different spatial scopes, transport modes, and activity types –Analyses for Nairobi, Kenya. Tech. rep.

A Anhang

A.1 Fragebogen der Erhebungen im Wege- und Etappenkonzept

1 Intro

Befragung zum aktuellen Mobilitätsverhalten

Intro für alle Probandinnen und Probanden

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer,

als Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) interessieren wir uns dafür, wie sich Menschen im Alltag fortbewegen. Wir laden Sie daher ein, uns Einblicke in Ihre Mobilitätsoptionen und Ihr Mobilitätsverhalten zu geben.

Ihre Teilnahme an dieser Erhebung ist selbstverständlich freiwillig. Ihre Angaben werden in anonymisierter Form ausgewertet und ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke verwendet.

Wir danken Ihnen für Ihre Unterstützung.

1.1 Einstiegsfragen

Variable	Teilmenge	Frage
ALTER	alle	<p>Wie alt sind Sie?</p> <p>_____ Jahre 997: Keine Angabe</p> <p><i>PROG: nur runde Zahlen zulassen</i></p> <p><i>Researcher notes: Scripter: if answer below 18 oder "Keine Angabe" -> Screen-out Min 18, Max 99</i></p>
GESCHL	alle	<p>Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.</p> <p>1: Frau 2: Mann 3: Divers 997: Keine Angabe</p> <p><i>Researcher notes: Scripter: if "Keine Angabe" -> Screen out</i></p>
PLZ	alle	<p>Bitte geben Sie die fünfstellige Postleitzahl Ihres Wohnorts an.</p> <p>Offene Angabe: _____ 997: Keine Angabe</p> <p><i>PROG: nur fünfstellige Zahlen zulassen</i></p> <p><i>Researcher notes: Scripter: if answer "Keine Angabe" -> Screen-out</i></p>

1.2 Stichtagsfestlegung

Variable	Teilmenge	Frage
STT1	alle	<p>Waren Sie gestern, am [Wochentag, den xx.xx.xxxx], außer Haus und haben Sie <u>mindestens zwei verschiedene Wege</u> zurückgelegt?</p> <p>Als Weg gilt jede Strecke, die zu Fuß oder mit einem oder mehreren Verkehrsmitteln zu einem bestimmten Ziel oder zu einem bestimmten Zweck zurückgelegt wird. Die Fortsetzung des Weges oder der Rückweg sind ein neuer Weg. Jeder neue Weg muss an der Stelle beginnen, an der der vorhergehende Weg geendet hat. Der allererste Weg dürfte in den meisten Fällen von zu Hause aus starten. Auf einem Weg können auch mehrere Verkehrsmittel genutzt werden (z. B. Umsteigen vom Bus in die U-Bahn oder vom Auto in die S-Bahn). Falls aber ein Weg aus einem bestimmten Grund – z. B. zum Einkaufen – unterbrochen wird, dann handelt es sich um zwei Wege. Bitte denken Sie auch an die Wege zurück nach Hause (diese zählen als eigene Wege). Ein Rundweg ohne Unterbrechung, bei dem der Ausgangspunkt des Weges auch das Ziel ist (z. B. Spaziergang), gilt als ein Weg.</p> <p>1: Ja 2: Nein</p>
STT2	STT1 = 2	<p>Waren Sie vorgestern, am [Wochentag, den xx.xx.xxxx], außer Haus und haben Sie <u>mindestens zwei verschiedene Wege</u> zurückgelegt?</p> <p>Als Weg gilt jede Strecke, die zu Fuß oder mit einem oder mehreren Verkehrsmitteln zu einem bestimmten Ziel oder zu einem bestimmten Zweck zurückgelegt wird. Die Fortsetzung des Weges oder der Rückweg sind ein neuer Weg. Jeder neue Weg muss an der Stelle beginnen, an der der vorhergehende Weg geendet hat. Der allererste Weg dürfte in den meisten Fällen von zu Hause aus starten. Auf einem Weg können auch mehrere Verkehrsmittel genutzt werden (z. B. Umsteigen vom Bus in die U-Bahn oder vom Auto in die S-Bahn). Falls aber ein Weg aus einem bestimmten Grund – z. B. zum Einkaufen – unterbrochen wird, dann handelt es sich um zwei Wege. Bitte denken Sie auch an die Wege zurück nach Hause (diese zählen als eigene Wege). Ein Rundweg ohne Unterbrechung, bei dem der Ausgangspunkt des Weges auch das Ziel ist (z. B. Spaziergang), gilt als ein Weg.</p> <p>1: Ja 2: Nein</p>

Variable	Teilmenge	Frage
STT3	STT2 = 2	<p>Waren Sie vorvorgestern, am [Wochentag, den xx.xx.xxxx], außer Haus und haben Sie mindestens zwei verschiedene Wege zurückgelegt?</p> <p>Als Weg gilt jede Strecke, die zu Fuß oder mit einem oder mehreren Verkehrsmitteln zu einem bestimmten Ziel oder zu einem bestimmten Zweck zurückgelegt wird. Die Fortsetzung des Weges oder der Rückweg sind ein neuer Weg. Jeder neue Weg muss an der Stelle beginnen, an der der vorhergehende Weg geendet hat. Der allererste Weg dürfte in den meisten Fällen von zu Hause aus starten. Auf einem Weg können auch mehrere Verkehrsmittel genutzt werden (z. B. Umsteigen vom Bus in die U-Bahn oder vom Auto in die S-Bahn). Falls aber ein Weg aus einem bestimmten Grund – z. B. zum Einkaufen – unterbrochen wird, dann handelt es sich um zwei Wege. Bitte denken Sie auch an die Wege zurück nach Hause (diese zählen als eigene Wege). Ein Rundweg ohne Unterbrechung, bei dem der Ausgangspunkt des Weges auch das Ziel ist (z. B. Spaziergang), gilt als ein Weg.</p> <p>1: Ja 2: Nein</p> <p><i>Researcher notes: Scripter: if answer is "2: Nein" -> Screen-out</i></p>

2 MOB - Mobilitätsausstattung und Verkehrsmittelnutzung

Variable	Teilmenge	Frage
FS_PKW	alle	<p>Besitzen Sie einen Pkw-Führerschein?</p> <p>1: Ja 2: Nein 977: Keine Angabe</p>
ANZ	alle	<p>Wie viele Autos stehen Ihnen in Ihrem Haushalt aktuell zur Verfügung?</p> <p>Offene Angabe: _____ <i>Bitte geben Sie eine „0“ ein, wenn Sie kein Auto haben.</i></p> <p><i>Researcher notes: Min 0, Max 99</i></p>
CS	alle	<p>Sind Sie persönlich Mitglied bei einem oder mehreren Carsharing-Anbietern (z. B. DriveNow/ShareNow, Flinkster)?</p> <p>1: Ja, bei einem Anbieter mit festen Stationen bzw. Stellplätzen (klassisches Carsharing) 2: Ja, bei einem Anbieter mit frei im öffentlichen Raum geparkten Fahrzeugen (freefloating Carsharing) 3: Ja, bei Anbietern des <u>klassischen</u> und <u>freefloating</u> Carsharing 4: Nein 997: Keine Angabe</p>

Variable	Teilmenge	Frage
NUTZ_Rad NUTZ_Pkw NUTZ_CS NUTZ_ÖPNV NUTZ_ÖPFV NUTZ_Fuss	Option 3 nur wenn CS <= 3	<p>Wie häufig nutzen Sie in der Regel die folgenden Verkehrsmittel?</p> <p>Skala: <i>täglich bzw. fast täglich, an 1-3 Tagen pro Woche, an 1-3 Tagen pro Monat, seltener als monatlich, nie bzw. fast nie, keine Angabe</i></p> <p>1: Fahrrad 2: Auto 3: Carsharing-Fahrzeug 4: Bus oder Bahn in Ihrer Region 5: Bahn ab etwa 100 Kilometer einfache Entfernung 6: Wege ausschließlich zu Fuß</p>
ÖV_KARTE	alle	<p>Sind Sie im Besitz einer Zeitkarte für den öffentlichen Personennahverkehr?</p> <p>1: Ja, Monatskarte OHNE Abonnement 2: Ja, Monatskarte im Abonnement, beziehungsweise Jahreskarte 3: Ja, Deutschlandticket 4: Ja, Jobticket, Semesterticket, eine Seniorenkarte 5: Nein 997: keine Angabe</p>
OEVANB_	alle	<p>Können Sie Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel von Ihrem Wohnort aus <u>zu Fuß</u> erreichen?</p> <p><i>PROG: Mehrfachnennung möglich, Matrix (Ja/Nein)</i></p> <p>1: Bus 2: Straßenbahn 3: U-Bahn 4: S-Bahn 5: Zug</p>
OEVANB2	OEVANB_1=1 oder OEVANB_2=1 oder OEVANB_3=1 oder OEVANB_4=1 oder OEVANB_5=1	<p>Und wie viele Minuten benötigen Sie von Ihrem Wohnort zu Fuß zu dieser Haltestelle/zu diesen Haltestellen?</p> <p><i>PROG: Anzeige der bejahten VM aus xx</i></p> <p>Offene Angabe: _____ Offene Angabe: _____ Offene Angabe: _____ Offene Angabe: _____ Offene Angabe: _____</p> <p><i>Falls Sie es nicht genau wissen, so schätzen Sie bitte.</i></p>

Hinweis: An dieser Stelle beginnt der Hauptteil der Befragung, die Probandinnen und Probanden erhalten je nach Zuordnung zu Split 1 oder Split 2 den jeweils passenden Fragebogen.

3.1 WEG: Split 1: Wegeerhebung Stichtag

Intro 1 für Split 1

Nachfolgend möchten wir Sie bitten, alle Wege anzugeben, die Sie am **[Stichtag]** außer Haus unternommen haben.

Es ist besonders wichtig, dass wirklich **alle** Wege und Fahrten — auch z. B. sehr kurze Wege und Fußwege angegeben werden.

Als Weg gilt jede Strecke, die zu Fuß oder mit einem oder mehreren Verkehrsmitteln zu einem bestimmten Ziel oder zu einem bestimmten Zweck zurückgelegt wird.

Die Fortsetzung des Weges oder der Rückweg sind ein neuer Weg.

Jeder neue Weg muss an der Stelle beginnen, an der der vorhergehende Weg geendet hat. Der allererste Weg dürfte in den meisten Fällen von zu Hause aus starten.

Auf einem Weg können auch mehrere Verkehrsmittel genutzt werden (z. B. Umsteigen vom Bus in die U-Bahn oder vom Auto in die S-Bahn). Falls aber ein Weg aus einem bestimmten Grund – z. B. zum Einkaufen – unterbrochen wird, dann handelt es sich um zwei Wege.

Bitte denken Sie auch an die Wege zurück nach Hause (diese zählen als eigene Wege).

Ein Rundweg ohne Unterbrechung, bei dem der Ausgangspunkt des Weges auch das Ziel ist (z. B. Spaziergang), gilt als ein Weg.

Intro 2 für Split 1

Hinweise zum Wegezweck bzw. zum Ziel Ihres Weges

Sie haben folgende Wegezwecke bzw. -ziele zur Auswahl:

	zur Arbeit	Dies sind alle Wege an den regulären Arbeitsplatz.
	dienstlich/ geschäftlich	z. B. Dienstreisen oder Dienstfahrten, die nicht an einen festen Arbeitsplatz führen
	zur Ausbildung	z. B. Schule, Universität oder Ausbildungsstätte
	Einkauf/ Besorgung	z. B. Lebensmitteleinkauf, Shopping, Tanken
	Freizeit	z. B. Essen gehen, Sport machen, spazieren gehen, Gassi gehen, Besuche, Radtouren
	Jemanden holen/bringen	z. B. die Kinder in den Kindergarten bringen, jemanden zur Arztpraxis fahren, jemanden vom Bahnhof abholen
	sonstige private Erledigung	z. B. Frisörbesuch, Arztbesuch, Werkstattbesuch, zur Bank
	nach Hause	Bitte denken Sie auch immer an die Wege zurück nach Hause.
	Anderes, und zwar:	Hier können Sie alles angeben, was nicht in die anderen Kategorien passt.

Bitte beachten Sie: **je Weg kann es nur ein Ziel bzw. einen Zweck geben.**

Geben Sie aber bitte alle Verkehrsmittel an, die Sie auf dem Weg genutzt haben.

Intro 3 für Split 1

Ausfüllbeispiel:

Markus macht sich an einem Dienstag um 7:37 Uhr auf den Weg zur Arbeit. Dazu fährt er von zu Hause mit dem Fahrrad zum S-Bahnhof und von dort mit der S-Bahn zu seinem Büro. Auf dem Weg zum Bahnhof hält er noch kurz beim Bäcker, um sich ein Frühstück zu besorgen. Am Zielbahnhof angekommen hat er noch einen kurzen Fußweg zum Büro.

Um 17:34 beendet er seine Arbeit, geht wieder zum Bahnhof und fährt von dort wieder mit S-Bahn und Fahrrad zurück nach Hause.

Er geht an diesem Abend nicht mehr aus dem Haus.

Bisherige Wege:

<input type="button" value="ändern"/> <input type="button" value="löschen"/>	1. Weg: Zeit: Di 28.11.2023 07:37 - 07:47 Uhr Ziel / Zweck: Einkauf/Besorgung Verkehrsmittel: normales Fahrrad Entfernung: 3,4 km
<input type="button" value="ändern"/> <input type="button" value="löschen"/>	2. Weg: Zeit: Di 28.11.2023 07:50 - 08:22 Uhr Ziel / Zweck: Zur Arbeit Verkehrsmittel: zu Fuß, normales Fahrrad, S-Bahn/Regionalzug Entfernung: 15,0 km
<input type="button" value="ändern"/> <input type="button" value="löschen"/>	3. Weg: Zeit: Di 28.11.2023 17:34 - 18:16 Uhr Ziel / Zweck: Nach Hause Verkehrsmittel: zu Fuß, normales Fahrrad, S-Bahn/Regionalzug Entfernung: 18,1 km

Ausfüllbeispiel

Variable	Teilmenge	Frage
	alle	Bitte tragen Sie nachfolgend alle Ihre Wege am [Stichtag] ein.
STZ	alle	Um wieviel Uhr haben Sie diesen Weg begonnen? Offene Angabe: _____
ZIEZWE	alle	Zu welchem Ziel bzw. Zweck haben Sie diesen Weg unternommen? 1: Zur Arbeit 2: Dienstlich/geschäftlich 3: Zur Ausbildung/Schule 4: Einkauf/Besorgung 5: Freizeit 6: Jemanden holen/bringen 7: Sonstige private Erledigung 8: Nach Hause 9: Anderes, und zwar: _____

Variable	Teilmenge	Frage
VM	alle	<p>Mit welchem Verkehrsmittel bzw. welchen Verkehrsmitteln sind Sie zu Ihrem Ziel gelangt?</p> <p>Bitte wählen Sie ALLE genutzten Verkehrsmittel aus.</p> <p><i>PROG: Mehrfachnennung möglich</i></p> <p>1: Zu Fuß 2: Elektrofahrrad/Pedelec 3: Normales Fahrrad 4: Mofa, Moped, Motorrad 5: Pkw als Fahrer(in) 6: Pkw als Mitfahrer(in) 7: Stadtbus/Regionalbus 8: Fernbus/Reisebus 9: U-Bahn/Stadt-/Straßenbahn 10: S-Bahn/Straßenbahn 11: Fernzug 12: Anderes, und zwar: _____</p>
ANKZ	alle	<p>Um wieviel Uhr sind Sie dort angekommen?</p> <p>Offene Angabe: _____ : _____</p>
ENTF	alle	<p>Schätzen Sie bitte die Entfernung dieses Weges möglichst genau!</p> <p>Bitte geben Sie die Entfernung in Kilometern mit Nachkommastelle an.</p> <p>_____, ____ km</p>
WEGUE	alle	<p>Hier sehen Sie eine Übersicht zu allen Ihren bisher berichteten Wegen.</p> <p>Weitere Wege können Sie durch einen Klick auf "Neuer Weg" ergänzen. Und Sie können Ihre berichteten Wege auch anpassen oder löschen.</p> <p><i>PROG: Anzeige aller eingetragener Wege</i></p> <p>Erst, wenn Sie alle Ihre Wege am [Stichtag] eingetragen haben, klicken Sie bitte auf "Weiter im Fragebogen"</p>
WEGE	alle	<p>Im folgenden Abschnitt würden wir nun noch gerne ein paar mehr Details zu Ihren Wegen am [Stichtag] erfahren.</p>

Variable	Teilmenge	Frage
WEGE_1	Personen mit mindestens einem Weg ohne die Angabe „zu Fuß“	<p>Für folgenden Weg haben Sie keinen Abschnitt zu Fuß eingetragen.</p> <p><i>PROG: Anzeige des Wegs (Datum, Start- und Endzeit, Ziel/Zweck, Verkehrsmittel, Entfernung)</i></p> <p>Gab es bei diesem Weg auch einen oder mehrere Abschnitte, den/die Sie zu Fuß zurückgelegt haben?</p> <p><i>Hinweis: Ein Wegeabschnitt zu Fuß sollte mindestens 100 m lang sein und nicht auf dem eigenen Grundstück zurückgelegt werden. Beispiele für einen Abschnitt zu Fuß sind der Weg zur Bushaltestelle, der Weg zu einem im öffentlichen Raum geparkten Fahrzeug oder die Wege bzw. Wegeabschnitte von dort nach Hause.</i></p> <p>1: Ja 2: Nein 997: Keine Angabe</p>
WEGE_2	WEGE_1 = 1	<p><i>PROG: Abfrage aller Wege ohne Angabe von Fußwegen als Loop</i></p> <p>Geben Sie bitte für nachfolgenden Weg an, wann der Wegeabschnitt bzw. die Wegeabschnitte zu Fuß durchgeführt wurde/n.</p> <p>Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.</p> <p><i>PROG: Wededetails einblenden, wie in der Wegeübersicht, Mehrfachnennung möglich</i></p> <p>1: Zu Beginn des Weges 2: Während des Weges 3: Am Ende des Weges 997: Keine Angabe</p>
WEGE_OEV1	WEGE_1 = 2 & VM = 7,8,9,10,11	<p>Geben Sie bitte an, wie Sie auf nachfolgendem Weg zur Haltestelle/ zum Bahnhof gekommen sind.</p> <p>1: Zu Fuß 2: Anderes Verkehrsmittel 3: Haltestelle war in unmittelbarer Nähe zu meinem Startpunkt (unter 100 Meter Entfernung) 997: Keine Angabe</p> <p><i>PROG: Wededetails einblenden, wie in der Wegeübersicht</i></p>
WEGE_OEV2	WEGE_1 = 2 & VM = 7,8,9,10,11	<p>Geben Sie bitte an, wie Sie von der Haltestelle/ vom Bahnhof zum Zielort gekommen sind.</p> <p>1: Zu Fuß 2: Anderes Verkehrsmittel 3: Haltestelle war in unmittelbarer Nähe zu meinem Zielpunkt (unter 100 Meter Entfernung) 997: Keine Angabe</p> <p><i>PROG: Wededetails einblenden, wie in der Wegeübersicht</i></p>

Variable	Teilmenge	Frage
	Zusatzfragen Unstimmigkeiten	<p><u>Weg ungewöhnlich schnell zurückgelegt</u> Der soeben berichtete Weg wurde ungewöhnlich schnell zurückgelegt. Stimmt das angegebene Verkehrsmittel bzw. die Start- und Endzeit oder die Entfernung tatsächlich?</p> <p><i>PROG: Anzeige des Wegs (Verkehrsmittel, Start- und Endzeit, Entfernung)</i></p> <p>1: Ja (=regulär weiter im Fragebogen) 2: Nein (=zurück zur Uhrzeitabfrage)</p> <p><u>Kein Nach-Hause-Weg am gesamten Stichtag (ZIEZWE=8 fehlt)</u> Sie haben am berichteten Stichtag keinen Weg nach Hause eingegeben. Ist das richtig?</p> <p>1: Ja, weiter (weiter mit ‚WEGE‘) 2: Nein, zurück (=zurück zur Wegeübersicht, dort kann der Nach-Hause-Weg ergänzt werden)</p>

Ende Split 1, weiter mit Soziodemographie

3.2 WEG: Split 2: Etappenerhebung Stichtag

Intro 1 für Split 2

Nachfolgend möchten wir Sie bitten, **alle Wege** mit ihren einzelnen Etappen anzugeben, die Sie am **[Stichtag]** außer Haus unternommen haben.

Es ist besonders wichtig, dass wirklich alle Wege, Etappen und Fahrten — auch z. B. sehr kurze Wege und Fußwege angegeben werden.

Als **Weg** gilt jede Strecke, die zu Fuß oder mit einem oder mehreren Verkehrsmitteln zu einem bestimmten Ziel oder zu einem bestimmten Zweck zurückgelegt wird.

Die Fortsetzung des Weges oder der Rückweg sind ein neuer Weg.

Jeder neue Weg muss an der Stelle beginnen, an der der vorhergehende Weg geendet hat. Der allererste Weg dürfte in den meisten Fällen von zu Hause aus starten.

Auf einem Weg können auch mehrere Verkehrsmittel genutzt werden (z. B. Umsteigen vom Bus in die U-Bahn oder vom Auto in die S-Bahn). Falls aber ein Weg aus einem bestimmten Grund – z. B. zum Einkaufen – unterbrochen wird, dann handelt es sich um zwei Wege.

Bitte denken Sie auch an die Wege zurück nach Hause (diese zählen als eigene Wege).

Ein Rundweg ohne Unterbrechung, bei dem der Ausgangspunkt des Weges auch das Ziel ist (z. B. Spaziergang), gilt als ein Weg.

Etappen sind einzelne Abschnitte eines solchen Weges, die zu Fuß oder mit einem bestimmten Verkehrsmittel zurückgelegt werden. Ein Weg kann auch nur aus einer Etappe bestehen. Jeder Umstieg in ein anderes Verkehrsmittel ist auch der Beginn einer neuen Etappe.

Intro 2 für Split 2

Hinweise zum Wegezweck bzw. zum Ziel Ihres Weges

Sie haben folgende Wegezwecke bzw. -ziele zur Auswahl:

	zur Arbeit	Dies sind alle Wege an den regulären Arbeitsplatz.
	dienstlich/ geschäftlich	z. B. Dienstreisen oder Dienstfahrten, die nicht an einen festen Arbeitsplatz führen
	zur Ausbildung	z. B. Schule, Universität oder Ausbildungsstätte
	Einkauf/ Besorgung	z. B. Lebensmitteleinkauf, Shopping, Tanken
	Freizeit	z. B. Essen gehen, Sport machen, spazieren gehen, Gassi gehen, Besuche, Radtouren
	Jemanden holen/bringen	z. B. die Kinder in den Kindergarten bringen, jemanden zur Arztpraxis fahren, jemanden vom Bahnhof abholen
	sonstige private Erledigung	z. B. Frisörbesuch, Arztbesuch, Werkstattbesuch, zur Bank
	nach Hause	Bitte denken Sie auch immer an die Wege zurück nach Hause.
	Anderes, und zwar:	Hier können Sie alles angeben, was nicht in die anderen Kategorien passt.

Bitte beachten Sie: **je Weg kann es nur ein Ziel bzw. einen Zweck geben.**

Die genutzten Verkehrsmittel geben Sie bitte als einzelne Etappen an.

Wenn Sie das Verkehrsmittel wechseln, ist dies wieder eine neue Etappe.

Intro 3 für Split 2

Ausfüllbeispiel:

Markus macht sich an einem Dienstag um 7:37 Uhr auf den Weg zur Arbeit. Dazu fährt er von zu Hause mit dem Fahrrad zum S-Bahnhof und von dort mit der S-Bahn zu seinem Büro. Auf dem Weg zum Bahnhof hält er noch kurz beim Bäcker, um sich ein Frühstück zu besorgen. Am Zielbahnhof angekommen hat er noch einen kurzen Fußweg zum Büro.

Um 17:34 beendet er seine Arbeit, geht wieder zum Bahnhof und fährt von dort wieder mit S-Bahn und Fahrrad zurück nach Hause.

Er geht an diesem Abend nicht mehr aus dem Haus.

Bisherige Wege:

ändern	1. Weg: Zeit: Di 28.11.2023 07:37 - 07:47 Uhr Ziel / Zweck: Einkauf/Besorgung Verkehrsmittel: normales Fahrrad. Entfernung: 3,4 km
löschen	2. Weg: Zeit: Di 28.11.2023 07:40 - 07:51 Uhr Ziel / Zweck: Zur Arbeit Verkehrsmittel: normales Fahrrad. Entfernung: 1,2 km Verkehrsmittel: S-Bahn/Regionalzug. Entfernung: 13,6 km Verkehrsmittel: zu Fuß, Entfernung: 0,2 km
ändern	3. Weg: Zeit: Di 28.11.2023 17:34 - 18:16 Uhr Ziel / Zweck: Nach Hause Verkehrsmittel: zu Fuß, Entfernung: 0,2 km Verkehrsmittel: S-Bahn/Regionalzug, Entfernung: 13,6 km Verkehrsmittel: normales Fahrrad. Entfernung: 4,3 km
löschen	Ausfüllbeispiel

Variable	Teilmenge	Frage
	alle	<p>Bitte tragen Sie nachfolgend alle Ihre Wege am [Stichtag] ein.</p> <p>Die Etappen geben Sie bitte in der Abfolge ein, wie sie tatsächlich stattgefunden haben.</p> <p>Jeder Weg besteht aus mindestens einer Etappe.</p> <p>Sobald Sie eine Etappe eingetragen haben, erhalten Sie die Möglichkeit eine weitere Etappe hinzuzufügen.</p> <p>Wenn Sie alle Etappen eingetragen haben, wählen Sie bitte „Weg speichern“.</p>
STZ_ETA	alle	<p>Startzeit: Um wieviel Uhr haben Sie diesen Weg begonnen?</p> <p>Offene Angabe: _____</p>
ZIEZWE_ETA	alle	<p>Ziel/Zweck: Zu welchem Ziel bzw. Zweck haben Sie diesen Weg unternommen?</p> <p>1: Zur Arbeit 2: Dienstlich/geschäftlich 3: Zur Ausbildung/Schule 4: Einkauf/Besorgung 5: Freizeit 6: Jemanden holen/bringen 7: Sonstige private Erledigung 8: Nach Hause 9: Anderes, und zwar: _____</p>
ANKZ_ETA	alle	<p>Ankunftszeit: Um wieviel Uhr sind Sie dort angekommen?</p> <p>Offene Angabe: _____</p>
VM_ETA	alle	<p>Etappe 1 – Verkehrsmittel: Welches Verkehrsmittel haben Sie für die 1. Etappe genutzt?</p> <p>Nur eine Angabe möglich. Falls mehrere Verkehrsmittel auf diesem Weg genutzt wurden, so tragen Sie bitte für jedes Verkehrsmittel eine eigene Etappe ein.</p> <p>1: Zu Fuß 2: Elektrofahrrad/Pedelec 3: Normales Fahrrad 4: Mofa, Moped, Motorrad 5: Pkw als Fahrer(in) 6: Pkw als Mitfahrer(in) 7: Stadtbus/Regionalbus 8: Fernbus/Reisebus 9: U-Bahn/Stadt-/Straßenbahn 10: S-Bahn/Straßenbahn 11: Fernzug 12: Anderes, und zwar: _____</p>

Variable	Teilmenge	Frage
ENTF_ETA	alle	<p>Etappe 1 – Entfernung: Schätzen Sie bitte die Entfernung dieser 1. Etappe mit dem Verkehrsmittel [genutztes Verkehrsmittel] möglichst genau!</p> <p>Bitte geben Sie die Entfernung in Kilometern mit Nachkommastelle an.</p> <p>_____ km</p>

PROG: Angabe weiterer, beliebig vieler Etappen, analog zur obigen Eingabe.

Variable	Teilmenge	Frage
WEGUE_ETA	alle	<p>Hier sehen Sie eine Übersicht zu allen Ihren bisher berichteten Wegen.</p> <p>Weitere Wege können Sie durch einen Klick auf "Neuer Weg" ergänzen.</p> <p>Und Sie können Ihre berichteten Wege auch anpassen oder löschen.</p> <p><i>PROG: Anzeige aller eingetragener Wege</i></p> <p>Erst, wenn Sie alle Ihre Wege am [Stichtag] eingetragen haben, klicken Sie bitte auf "Weiter im Fragebogen"</p>
WEGE_ETA	alle	<p>Im folgenden Abschnitt würden wir nun noch gerne ein paar mehr Details zu Ihren Wegen am [Stichtag] erfahren.</p>
ETA_1	Personen mit mindestens einem Weg ohne die Angabe „zu Fuß“	<p>Für folgenden Weg haben Sie keine Etappe zu Fuß eingetragen.</p> <p><i>PROG: Anzeige des Wegs (Datum, Start- und Endzeit, Ziel/Zweck, Verkehrsmittel, Entfernung)</i></p> <p>Gab es bei diesem Weg auch einen oder mehrere Etappen, den/die Sie zu Fuß zurückgelegt haben?</p> <p><i>Hinweis: Eine Wegeetappe zu Fuß sollte mindestens 100 m lang sein und nicht auf dem eigenen Grundstück zurückgelegt werden. Beispiele für eine Etappe zu Fuß sind der Weg zur Bushaltestelle, der Weg zu einem im öffentlichen Raum geparkten Fahrzeug oder die Wege bzw. Wegeabschnitte von dort nach Hause.</i></p> <p>1: Ja 2: Nein 997: Keine Angabe</p>

Variable	Teilmenge	Frage
ETA_2	ETA_1 = 1	<p>Hier sehen Sie nochmal alle Details zu Ihrem berichteten Weg:</p> <p><i>PROG: Wegedetails einblenden, wie in der Wegeübersicht, Mehrfachnennung möglich</i></p> <p>An welcher Stelle oder an welchen Stellen waren diese Etappen "zu Fuß".</p> <p><i>Bitte wählen Sie alle zutreffenden Angaben aus.</i></p> <p><i>PROG: Bei einer Etappe:</i> 1: Vor der 1. Etappe (<i>PROG: Angabe des VM</i>) 2: Nach der letzten Etappe</p> <p><i>PROG: Bei zwei oder mehr Etappen:</i> 1: Vor der 1. Etappe (<i>PROG: Angabe des VM der Etappe</i>) 2: Vor der 2. Etappe (<i>PROG: Angabe des VM der Etappe</i>) 3: ... 4: Nach der letzten Etappe</p> <p><i>PROG: bei mehr als zwei Etappen analoges Vorgehen</i></p>
ETA_2_2	ETA_1 = 1	<p>Schätzen Sie bitte die Entfernung des zu Fuß zurückgelegten Abschnittes vor/nach der [...]. Etappe möglichst genau.</p> <p><i>Bitte geben Sie die Entfernung in Kilometern an.</i></p> <p>Offene Angabe: _____</p> <p><i>PROG: alle fehlenden Fußwegeetappen im Loop abfragen</i></p>
ETA_3	ETA_1 = 2 & VM_ETA = 7,8,9,10,11	<p>Wie weit war die Entfernung zur Haltestelle des öffentlichen Verkehrs am Beginn des Weges?</p> <p><i>Bitte geben Sie die Entfernung in Kilometern an.</i></p> <p><i>PROG: Wegedetails einblenden, wie in der Wegeübersicht</i></p> <p>Offene Angabe: _____</p> <p>998: Haltestelle war in unmittelbarer Nähe zu meinem Startpunkt (unter 100 Meter Entfernung) 999: Weiß nicht/keine Angabe</p>
ETA_3_1	ETA_3 > 0,1	<p>Sie haben angegeben, dass die Haltestelle des öffentlichen Verkehrs am Beginn dieses Weges [Antwort aus ETA_3] Kilometer entfernt war.</p> <p>Wie sind Sie dort hingekommen?</p> <p>Offene Angabe: _____</p>

Variable	Teilmenge	Frage
ETA_4	<i>ETA_1 = 2 & VM_ETA = 7,8,9,10,11</i>	<p>Wie weit war die Entfernung von der Haltestelle des öffentlichen Verkehrs zum Zielort? <i>Bitte geben Sie die Entfernung in Kilometern an.</i></p> <p><i>PROG: Wegedetails einblenden, wie in der Wegeübersicht</i></p> <p>Offene Angabe: _____ 998: Haltestelle war in unmittelbarer Nähe zu meinem Startpunkt (unter 100 Meter Entfernung) 999: Weiß nicht/keine Angabe</p>
ETA_4_1	<i>ETA_4 >0,1</i> Zusatzfragen Unstimmigkeiten	<p>Sie haben angegeben, dass die Haltestelle des öffentlichen Verkehrs bei diesem Weg [Antwort aus ETA_4] Kilometer vom Zielort entfernt war. Wie sind Sie von der Haltestelle zum Zielort gekommen?</p> <p>Offene Angabe: _____</p> <p><u>Etappe ungewöhnlich schnell zurückgelegt</u> Der soeben berichtete Etappe wurde ungewöhnlich schnell zurückgelegt. Stimmt das angegebene Verkehrsmittel bzw. die Start- und Endzeit oder die Entfernung tatsächlich?</p> <p><i>PROG: Anzeige der Etappe (Verkehrsmittel, Start- und Endzeit, Entfernung)</i></p> <p>1: Ja (=regulär weiter im Fragebogen) 2: Nein (=zurück zur Uhrzeitabfrage)</p> <p><u>Kein Nach-Hause-Weg am gesamten Stichtag (ZIEZWE ETA=8 fehlt)</u> Sie haben am berichteten Stichtag keinen Weg nach Hause eingegeben. Ist das richtig?</p> <p>1: Ja, weiter (weiter mit „WEGE_ETA“) 2: Nein, zurück (=zurück zur Wegeübersicht, dort kann der Nach-Hause-Weg ergänzt werden)</p>

Ende Split 2, weiter mit Soziodemographie

4.1 Soziodemographie, Abschlussfragen

Variable	Teilmenge	Frage
TAET	alle	<p>Bitte geben Sie an, welche der folgenden Optionen Ihre Tätigkeit am besten beschreibt?</p> <p>1: Vollzeit berufstätig (35 Stunden pro Woche oder mehr) 2: Teilzeit berufstätig (18 bis unter 35 Stunden pro Woche) 3: Geringfügig berufstätig (11 bis unter 18 Stunden pro Woche) 4: Auszubildende(r) 5: Schüler(in) / Student(in) 6: Arbeitssuchend/ arbeitslos 7: Vorübergehend freigestellt (z. B. Elternzeit) 8: Hausfrau/ Hausmann 9: Rentner(in)/ Pensionär(in) 10: Sonstige Beschäftigung 997: Keine Angabe</p>
HH_GR	alle	<p>Wie viele Personen leben ständig in Ihrem Haushalt, Sie selbst eingeschlossen?</p> <p><i>Denken Sie dabei bitte auch an alle im Haushalt lebenden Kinder.</i></p> <p>Offene Angabe: _____ 999: keine Angabe</p> <p><i>Min 1, Max 99</i></p>
ANZ_Ki	HH_GR > 1	<p>Wie viele Kinder unter 18 Jahren leben in Ihrem Haushalt?</p> <p>Offene Angabe: _____ 999: keine Angabe</p> <p><i>Researcher notes: Scripter: answer in ANZ_Ki must be lower than answer in HH-GR Min 0, Max 99</i></p>
EDU	alle	<p>Was ist Ihr höchster Schul- bzw. Bildungsabschluss?</p> <p>1: (Noch) kein Abschluss 2: Volks- oder Hauptschulabschluss, POS 8. Klasse 3: Mittlere Reife, Realschulabschluss, POS 10. Klasse 4: Fachhochschulreife, Abitur, EOS 12. Klasse bzw. Berufsausbildung mit Abitur 5: Fachhochschul- oder Universitätsabschluss 6: Sonstige Ausbildung 997: Keine Angabe</p>

Variable	Teilmenge	Frage
EINK	alle	<p>Wie hoch ist <u>derzeit</u> das monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushalts?</p> <p>Bitte beziehen Sie alle im Haushalt verfügbaren Einkommensarten ein – also die monatliche Summe aus Lohn, Gehalt, Einkommen aus selbständiger Tätigkeit, Rente oder Pension, jeweils nach Abzug von Steuern und Sozialversicherungsbeiträgen für alle Haushaltsteilnehmer. Dazu gehören auch Leistungen wie Kindergeld, Wohngeld oder Sozialhilfe oder sonstige Einkünfte.</p> <p>1: Bis unter 1.500 Euro pro Monat 2: 1.500 bis unter 2.000 Euro pro Monat 3: 2.000 bis unter 3.000 Euro pro Monat 4: 3.000 bis unter 4.000 Euro pro Monat 5: 4.000 bis unter 5.000 Euro pro Monat 6: 5.000 bis unter 6.000 Euro pro Monat 7: 6.000 bis unter 7.000 Euro pro Monat 8: 7.000 Euro und mehr 997: Keine Angabe *Fixed *Exclusive</p>

Sie sind nun am Ende des Fragebogens angekommen.

Herzlichen Dank für Ihr Interesse an der Befragung und Ihre Teilnahme.

A.2 Fragebogen der Vorab-Befragung der MovingLab-Erhebung

Vorab-Befragung in PT Survey

Einsatz des DLR-MovingLab im Rahmen der Kampagne „UBA-Alltagsmobilität“

Projekt: „Weiterentwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Personenverkehr: Fußverkehr, Erreichbarkeit und Suffizienz“

Intro

Befragung zum aktuellen Mobilitätsverhalten

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer,

als Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) interessieren wir uns dafür, wie sich Menschen im Alltag fortbewegen. Wir laden Sie daher ein, uns Einblicke in Ihre Mobilitätsoptionen und Ihr Mobilitätsverhalten zu geben.

Ihre Teilnahme an dieser Erhebung ist selbstverständlich freiwillig. Ihre Angaben werden in anonymisierter Form ausgewertet und ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke verwendet.

Wir danken Ihnen für Ihre Unterstützung.

Mobilitätsausstattung und Verkehrsmittelnutzung

Variable	Teilmenge	Frage
FS_PKW	alle	Besitzen Sie einen Pkw-Führerschein? 1: Ja 2: Nein 99: Keine Angabe
ANZ	alle	Wie viele Autos stehen Ihnen in Ihrem Haushalt aktuell zur Verfügung? Offene Angabe: _____ (Range 0 bis 99) Bitte geben Sie eine „0“ ein, wenn Sie kein Auto haben.
CS	FS_PKW ≠ 2	Sind Sie persönlich Mitglied bei einem oder mehreren Carsharing-Anbietern (z. B. DriveNow/ShareNow, Flinkster)? 1: Ja, bei einem Anbieter mit festen Stationen bzw. Stellplätzen (klassisches Carsharing) 2: Ja, bei einem Anbieter mit frei im öffentlichen Raum geparkten Fahrzeugen (freefloating Carsharing) 3: Ja, bei Anbietern des <u>klassischen</u> und <u>freefloating</u> Carsharing 4: Nein 99: Keine Angabe

Variable	Teilmenge	Frage
NUTZ_Rad NUTZ_Pkw NUTZ_CS NUTZ_ÖPNV NUTZ_ÖPFV NUTZ_Fuss	Option 3 nur wenn CS <= 3	<p>Wie häufig nutzen Sie in der Regel die folgenden Verkehrsmittel?</p> <p><i>Skala:</i> <i>täglich bzw. fast täglich, an 1-3 Tagen pro Woche, an 1-3 Tagen pro Monat, seltener als monatlich, nie bzw. fast nie, keine Angabe</i></p> <p>1: Fahrrad 2: Auto 3: Carsharing-Fahrzeug 4: Bus oder Bahn in Ihrer Region 5: Bahn ab etwa 100 Kilometer einfache Entfernung 6: Wege ausschließlich zu Fuß</p> <p><i>Researcher notes: Scripter: please only display row 3 if CS=1,2,3 bzw. einfacher ist es: Nutzungshäufigkeit CS als eigene Frage mit entsprechendem Filter programmieren oder weglassen und hier aufnehmen: Auto (inkl. Carsharing)</i></p>
OEV_KARTE	alle	<p>Sind Sie im Besitz einer Zeitkarte für den öffentlichen Personennahverkehr?</p> <p>1: Ja, Monatskarte OHNE Abonnement 2: Ja, Monatskarte im Abonnement, beziehungsweise Jahreskarte 3: Ja, Deutschlandticket 4: Ja, Jobticket, Semesterticket, eine Seniorenkarte 5: Nein 99: keine Angabe</p>
OEVANB_1	alle	<p>Können Sie Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel von Ihrem Wohnort aus <u>zu Fuß</u> erreichen?</p> <p><i>PROG: Mehrfachnennung möglich, Matrix (Ja/Nein)</i></p> <p>1: Bus 2: Straßenbahn 3: U-Bahn 4: S-Bahn 5: Zug 99: keine Angabe</p>
OEVANB_2	OEVANB_1=1 oder OEVANB_2=1 oder OEVANB_3=1 oder OEVANB_4=1 oder OEVANB_5=1	<p>Und wie viele Minuten benötigen Sie von Ihrem Wohnort zu Fuß zu dieser Haltestelle/zu diesen Haltestellen?</p> <p><i>PROG: Anzeige der bejahten VM aus xx</i></p> <p>Offene Angabe: _____ Offene Angabe: _____ Offene Angabe: _____ Offene Angabe: _____ Offene Angabe: _____</p> <p><i>Falls Sie es nicht genau wissen, so schätzen Sie bitte.</i></p>

Soziodemographie

Variable	Teilmenge	Frage
ALTER	alle	<p>Nun haben wir noch einige Fragen zu Ihrer Person und Ihrem Haushalt.</p> <p>Wie alt sind Sie?</p> <p>_____ Jahre 99: Keine Angabe</p> <p><i>PROG: nur runde Zahlen zulassen, Range 18 bis 99</i></p>
GESCHL	alle	<p>Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.</p> <p>1: Frau 2: Mann 3: Divers 99: Keine Angabe</p>
TAET	alle	<p>Bitte geben Sie an, welche der folgenden Optionen Ihre Tätigkeit am besten beschreibt?</p> <p>1: Vollzeit berufstätig (35 Stunden pro Woche oder mehr) 2: Teilzeit berufstätig (18 bis unter 35 Stunden pro Woche) 3: Geringfügig berufstätig (11 bis unter 18 Stunden pro Woche) 4: Auszubildende(r) 5: Schüler(in) / Student(in) 6: Arbeitssuchend/ arbeitslos 7: Vorübergehend freigestellt (z. B. Elternzeit) 8: Hausfrau/ Hausmann 9: Rentner(in)/ Pensionär(in) 10: Sonstige Beschäftigung 99: Keine Angabe</p>
HH_GR	alle	<p>Wie viele Personen leben ständig in Ihrem Haushalt, Sie selbst eingeschlossen?</p> <p><i>Denken Sie dabei bitte auch an alle im Haushalt lebenden Kinder.</i></p> <p>Offene Angabe: _____ (<i>Range 0 bis 99</i>) 99: keine Angabe</p> <p><i>Min 1, Max 99</i></p>
ANZ_Ki	HH_GR > 1	<p>Wie viele Kinder unter 18 Jahren leben in Ihrem Haushalt?</p> <p>Offene Angabe: _____ (<i>Range 0 bis 99</i>) 99: keine Angabe</p> <p><i>Researcher notes: Scripter: answer in ANZ_Ki must be lower than answer in HH-GR</i></p>

Variable	Teilmenge	Frage
EDU	<i>alle</i>	<p>Was ist Ihr höchster Schul- bzw. Bildungsabschluss?</p> <p>1: (Noch) kein Abschluss 2: Volks- oder Hauptschulabschluss, POS 8. Klasse 3: Mittlere Reife, Realschulabschluss, POS 10. Klasse 4: Fachhochschulreife, Abitur, EOS 12. Klasse bzw. Berufsausbildung mit Abitur 5: Fachhochschul- oder Universitätsabschluss 6: Sonstige Ausbildung 99: Keine Angabe</p>
EINK	<i>alle</i>	<p>Wie hoch ist <u>derzeit</u> das monatliche Nettoeinkommen Ihres Haushalts?</p> <p><i>Bitte beziehen Sie alle im Haushalt verfügbaren Einkommensarten ein – also die monatliche Summe aus Lohn, Gehalt, Einkommen aus selbständiger Tätigkeit, Rente oder Pension, jeweils nach Abzug von Steuern und Sozialversicherungsbeiträgen für alle Haushaltsteilnehmer. Dazu gehören auch Leistungen wie Kindergeld, Wohngeld oder Sozialhilfe oder sonstige Einkünfte.</i></p> <p>1: Bis unter 1.500 Euro pro Monat 2: 1.500 bis unter 2.000 Euro pro Monat 3: 2.000 bis unter 3.000 Euro pro Monat 4: 3.000 bis unter 4.000 Euro pro Monat 5: 4.000 bis unter 5.000 Euro pro Monat 6: 5.000 bis unter 6.000 Euro pro Monat 7: 6.000 bis unter 7.000 Euro pro Monat 8: 7.000 Euro und mehr 99: Keine Angabe</p>

Sie sind nun am Ende des Fragebogens angekommen.

Herzlichen Dank für Ihr Interesse an der Befragung und Ihre Teilnahme!

Die Einladung zum zweiten Teil der Studie erhalten Sie innerhalb der nächsten 48 Stunden per E-Mail.

A.3 Fragen zu den aufgezeichneten Wegen im Rahmen der Trackingphase der MovingLab-Erhebung

Programmievorlage Wege/Etappenfragen

Einsatz des DLR-MovingLab im Rahmen der Kampagne „UBA-Alltagsmobilität“

Projekt: „Weiterentwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Personenverkehr: Fußverkehr, Erreichbarkeit und Suffizienz“

UBA-Alltagsmobilität

1. Wurde die Route des Weges (von Start bis zum Ziel) korrekt erfasst?*

- 1: Ja, der gesamte Weg wurden korrekt erfasst
- 2: Nein, es gab Fehlerkennungen auf dem Weg

Filter: Wenn Frage 1, Antwort 2

2. Sie haben angegeben, dass Teile des Wegs nicht korrekt erfasst wurden. Was genau waren die Probleme?

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Mehrfachnennung möglich

- 1: Der Start des Weges wurde nicht richtig erkannt
- 2: Das Ende des Weges wurde nicht richtig erkannt
- 3: Die Route des Weges wurde nicht richtig erkannt
- 4: Es gab andere Probleme bei der Erfassung

Filter: Wenn Frage 2, Antwort 4

3. Sie haben angegeben, dass es andere Probleme gab. Könnten Sie uns hierzu noch genauere Informationen geben?

<TEXTFELD>_____

FILTER: immer

4. Wenn Sie bei diesem Weg Etappen zu Fuß zurückgelegt haben: Wurden die Etappen zu Fuß von der App korrekt erfasst?*

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Mehrfachnennung möglich

- 1: Ja, alle Fußetappen wurden korrekt erfasst
- 2: Nein, am Start des Weges fehlt eine Fußetappe
- 3: Nein, in der Mitte des Weges fehlt eine oder mehrere Fußetappe(n)
- 4: Nein, am Ende des Weges fehlt eine Fußetappe
- 5: Nein, es gab andere Probleme mit der Erfassung der Fußetappe(n)
- 6: Bei diesem Weg gab es keine Etappen zu Fuß

FILTER: Wenn Frage 4, Antwort 2-4

**5. Sie haben angegeben, dass bei diesem Weg Fußetappen von der App nicht erfasst wurden.
Geben Sie bitte an, wie viele Fußetappen von der App nicht aufgezeichnet worden sind.**

Anzahl Fußetappen: _____ (Range: 0 bis 50)

FILTER: immer

6. Gab es noch andere Fehler bei den Fußetappen?

- 1: Ja
- 2: Nein

FILTER: Wenn Frage 6, Antwort 1

7. Könnten Sie uns hierzu noch genauere Informationen geben? Wenn nicht, können Sie diese Frage einfach überspringen.

<TEXTFELD>_____

Filter: immer

8. Wurden die genutzten Verkehrsmittel korrekt erfasst?*

- 1: Ja, alle Verkehrsmittel wurden korrekt erfasst
- 2: Nein, ein oder mehrere Etappen wurden dem falschen Verkehrsmittel zugeordnet, aber ich habe fehlerhafte Verkehrsmittel korrigiert
- 3: Nein, ein oder mehrere Etappen wurden dem falschen Verkehrsmittel zugeordnet und ich habe dies nicht korrigiert

9. Vielen Dank für die Beantwortung. Das hilft dem Projektteam sehr weiter. Bitte beantworte auch die Fragen zu den anderen Wegen, wenn Sie das noch nicht gemacht haben.

A.4 Fragebogen der Nachher-Befragung der MovingLab-Erhebung

Programmiervorlage Nachher-Befragung

Einsatz des DLR-MovingLab im Rahmen der Kampagne „UBA-Alltagsmobilität“

Projekt: „Weiterentwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Personenverkehr: Fußverkehr, Erreichbarkeit und Suffizienz“

UBA-Alltagsmobilität

Vielen Dank, dass Sie in den letzten drei Tagen Ihre Wege getrackt haben!

Wir haben nun abschließend noch ein paar Fragen zu Ihren Erfahrungen mit der MovingLab-App und insbesondere zur Qualität der Aufzeichnung von Wegen und Etappen zu Fuß.

1. Wie bewerten Sie die Qualität der mit der App aufgezeichneten Wege?*

- 1: Sehr gut
- 2: Gut
- 3: Teils/ teils
- 4: Weniger gut
- 5: Gar nicht gut

FILTER: Wenn 1 Antwort 4+5:

2. Sie haben angegeben, dass Sie die Qualität der aufgezeichneten Wege nicht gut war. Was genau waren die Probleme?

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

Mehrfachnennung möglich

- 1: Ganze Wege wurde von der App nicht erfasst
- 2: Der Start der Wege wurde nicht richtig erkannt
- 3: Das Ende der Wege wurde nicht richtig erkannt
- 4: Einzelne Etappen auf den Wegen wurden von der App nicht erfasst
- 5: Etappe(n) wurde(n) dem falschen Verkehrsmittel zugeordnet
- 6: Die Länge der Wege/Etappen war nicht korrekt
- 7: Die Route der Wege/Etappen war nicht korrekt
- 8: Wege wurde von der App nicht als ein Weg erkannt, sondern in mehrere Wege unterteilt
- 9: Ich hatte andere Schwierigkeiten

3. Im Folgenden geht es noch einmal konkret um die Erfassung von Fußwegen.

4. Wie bewerten Sie die Qualität der mit der App aufgezeichneten Fußwege?*

- 1: Sehr gut
- 2: Gut
- 3: Teils/ teils
- 4: Weniger gut
- 5: Gar nicht gut
- 6: Ich hatte keine Wege zu Fuß

FILTER: Wenn Frage 4, Antwort 4+5:

- 5. Welche Probleme gab es speziell bei der Aufzeichnung von Fußwegen oder Fußetappen? Bitte schildern Sie uns diese so genau wie möglich.**

[TXM]

<TEXTFELD> _____

- 6. Wie gut wurden Fußwege und Fußetappen im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln von der App in Bezug auf die nachfolgenden Kriterien erfasst?***

[MC]

Skala: viel besser, besser, genauso gut, schlechter, viel schlechter

- 1: Erkennen des Starts
- 2: Erkennen des Endes
- 3: Zuordnung zum richtigen Verkehrsmittel
- 4: Länge der Wege/Etappen
- 5: Route der Wege/Etappen

- 7. Denken Sie nun nochmal insgesamt an Ihre Erfahrungen mit der App. Wie zufrieden waren Sie mit der Nutzung der MovingLab-App?***

- 1: Sehr zufrieden
- 2: Zufrieden
- 3: Teils/ teils
- 4: Unzufrieden
- 5: Sehr unzufrieden

- 8. Wir möchten die App verbessern und freuen uns daher sehr über Ihr Feedback. Was hat Ihnen an der App gefallen, was hat Sie gestört? Wenn Sie Probleme hatten, beschreiben Sie diese bitte so genau wie möglich und geben Sie gerne Verbesserungsvorschläge.**

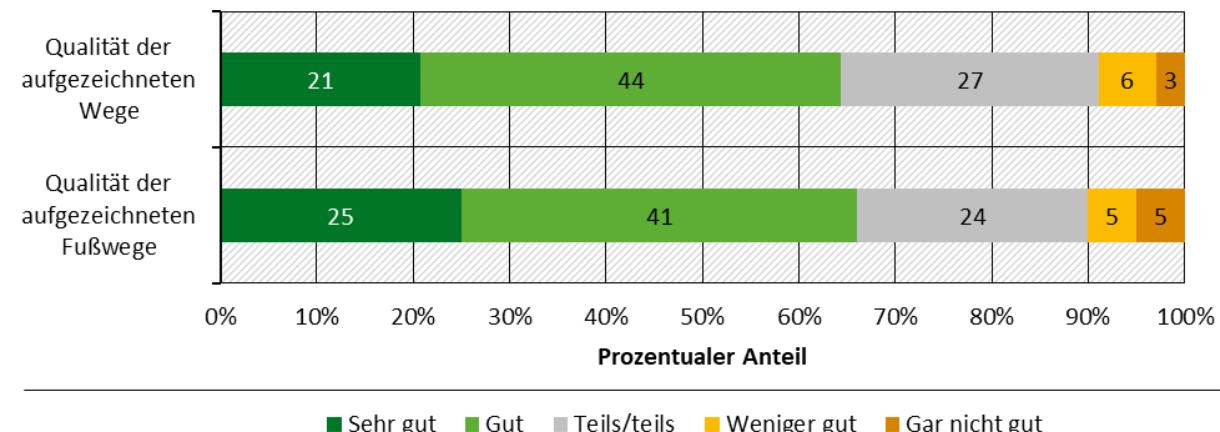
<TEXTFELD> _____

- 9. Vielen Dank für Ihre Teilnahme an dieser Kampagne. Sie können nun das Tracking beenden. Wenn Sie Lust haben Ihre Mobilität weiter zu beobachten, können Sie auch gerne weitertracken. Wir würden uns freuen, wenn Sie unsere App im Store ehrlich bewerten würden.**

A.5 Feedback der MovingLab-Probandinnen und -Probanden

Nachfolgend ist das Feedback der MovingLab-Probandinnen und -Probanden zu Ihren Erfahrungen mit der Tracking-App und der wahrgenommenen Qualität der getrackten Wege dokumentiert. Die Qualität des Trackings insgesamt und speziell in Bezug auf Fußwege wird von der Mehrheit der Teilnehmenden als gut oder sehr gut bewertet (Abbildung 58).

Abbildung 58: Berichtete Qualität der Aufzeichnung mit dem MovingLab*



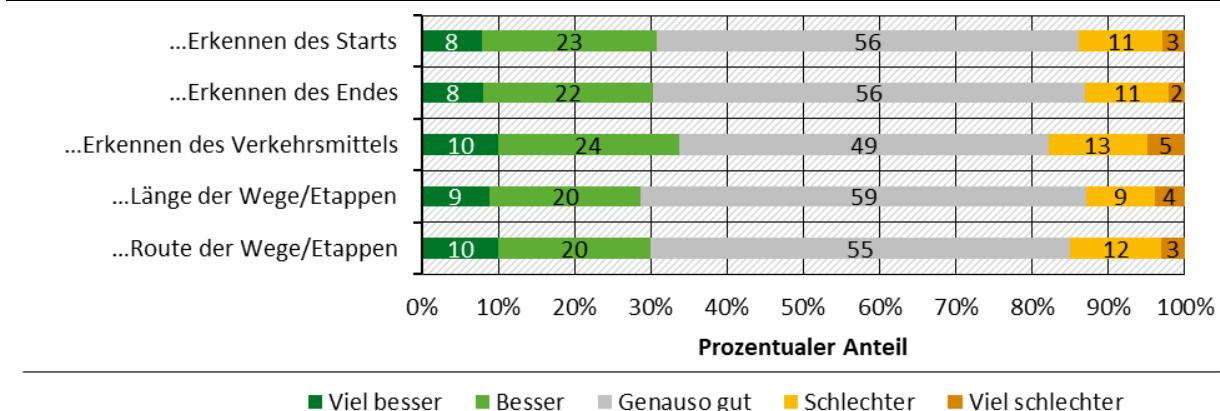
* Nur Personen mit Fußwegen.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Zusätzlich sind die Probandinnen und Probanden befragt worden, wie sie die Qualität des Trackings von Fußwegen im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln, in Bezug auf verschiedene Aspekte, einschätzen (Abbildung 59). Die Mehrheit der Befragten berichtet keine Unterschiede zwischen den Verkehrsmitteln in Bezug auf die Qualität der Erfassung. Über alle Qualitätsmerkmale hinweg wurde die Qualität des Trackings von Fußwegen jedoch häufiger als besser oder viel besser im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln beschrieben: In Bezug auf Route, Länge und des Erkennens von Start und Ende geben ca. 30 % der Befragten an, dass Fußwege von der App besser erfasst wurden als andere Verkehrsmittel, ca. 13 % berichten eine schlechtere Erfassung im Vergleich. Erkannt wurde das Verkehrsmittel „zu Fuß“ von der App bei 34 % der Befragten besser, bei rund 17 % der Befragten schlechter als andere Verkehrsmittel.

Personen, die die Qualität der aufgezeichneten Fußwege als „weniger gut“ oder „gar nicht gut“ bewertet hatten, sind im Anschluss gebeten worden, die Probleme speziell bei der Aufzeichnung von Fußwegen zu spezifizieren. Die speziell bei Fußwegen auftretenden technischen Probleme beim Tracking sind von Interesse für die Verbesserungen der Tracking-Apps, jedoch sind weitere Untersuchungen notwendig, da die Aussagekraft der vorliegenden Daten aufgrund dünner Datenlage (lediglich 18 Personen machten zusätzliche Angaben) stark eingeschränkt ist.

Abbildung 59: Berichtete Qualität der Aufzeichnung von Fußwegen mit MovingLab*



* Nur Personen mit Fußwegen.

Quelle: eigene Darstellung, DLR.

Die genannten fußwegspezifischen Probleme beim Tracking lassen sich in vier Kategorien zusammenfassen:

- ▶ Reine Fußwege wurden nicht korrekt getrackt (nur in Verbindung mit anderen Verkehrsmitteln)
- ▶ Fußwege wurden allgemein nicht getrackt (manuelles Nachtragen erforderlich)
- ▶ Fußwege wurden nicht korrekt getrackt
- ▶ Es gab andere technische Probleme

Beispiele für Rückmeldungen in Bezug auf die Trackingqualität von Fußwegen

„Anfang und Ende einer Wegstrecke wurden oft nicht erkannt. Reine Fußstrecken wurden fast immer gar nicht getrackt.“

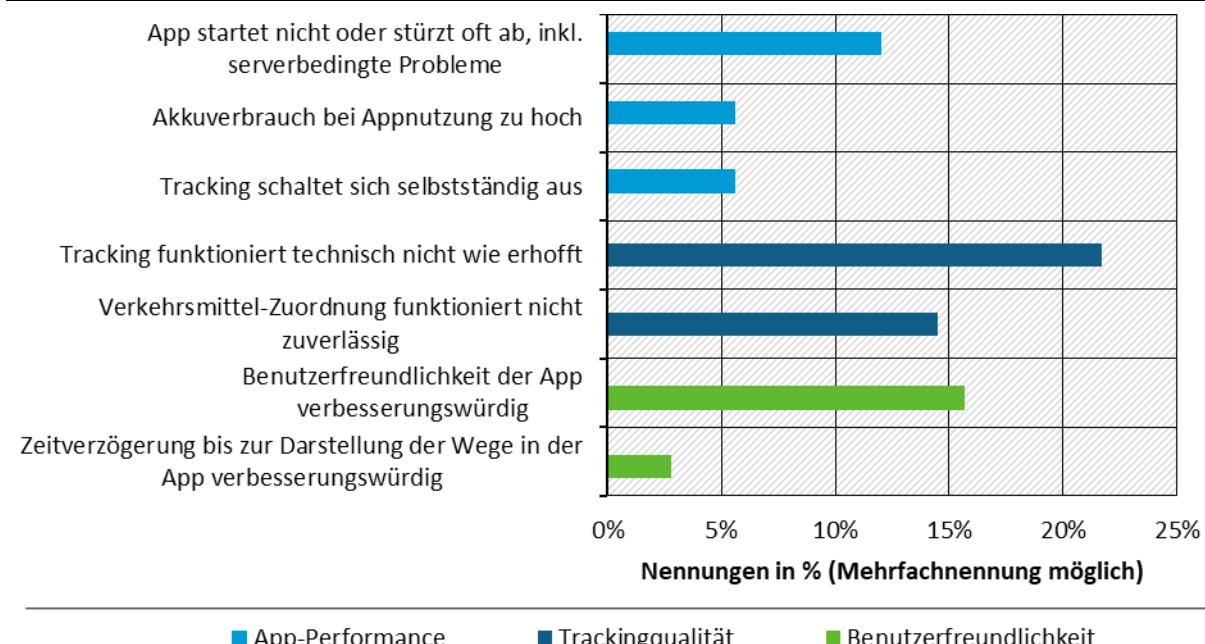
„Fußwege wurden nur selten als solche erkannt.“

„Die Wege zu Fuß wurden bei mir nicht aufgezeichnet. Ich habe sie manuell nachgetragen.“

„Wenn man nur zu Fuß unterwegs war musste man dies immer manuell nacherfassen. In Verbindung mit Auto oder Öffis wurde es richtig getrackt.“

Verbesserungspotenzial in Bezug auf die Tracking-App (vgl. Abbildung 60) wurde durch die Teilnehmenden vor allem in Bezug auf die Trackingqualität allgemein (Güte der getrackten Wege und Verkehrsmittel-Zuordnung) artikuliert. Ein weiterer vielfach genannter Aspekt war die Verbesserungswürdigkeit der allgemeinen App-Performance (Akku-Verbrauch durch App-Nutzung, Absturz der App oder des Trackings). Aber auch eine verbesserte Benutzerfreundlichkeit, und dabei insbesondere auch die schnellere Darstellung der getrackten Wege in der App zur manuellen Nachbereitung, wurde als wünschenswert benannt.

Abbildung 60: Feedback zur allgemeinen Erfahrung mit der App MovingLab



Quelle: eigene Darstellung, DLR.

In Bezug auf eine Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit der App wurde vielfach der Wunsch geäußert, dass das Tracking nach einmaliger Aktivierung so lange eingeschaltet bleiben sollte, bis es aktiv wieder deaktiviert wird, also bspw. über den kompletten Zeitraum einer Trackingstudie. Die App MovingLab ist aktuell so programmiert, dass sie nach Neustart des Smartphones nicht automatisch startet, sondern manuell erneut eingeschaltet werden muss. D. h. nächtliches Ausschalten des Smartphones führt ggf. zu fehlenden Wegen am Morgen, wenn vergessen wird, das Tracking wieder einzuschalten. Diese Rückmeldungen stützen die Annahme, dass durch das Vergessen des morgendlichen Einschaltens die fehlenden Zugangsmodi stärker ausgeprägt sind als die fehlenden Abgangsmodi.

Beispiele für Rückmeldungen in Bezug auf eine automatische App-Aktivierung

„[...] Ich hatte einzig das Problem, dass wenn ich nachts mein Telefon aus machte und es am Morgen neu startete, nicht automatisch auch das Tracking sich aktivierte. So fehlten mir leider am frühen Morgen einige Wege (zu Fuß oder mit dem Rad), die mir fehlten, bis ich bemerkte, dass sich das Tracking nicht automatisch aktivierte [...].“

„[...] ich fand es schade, dass das Tracking nicht automatisch aktiviert war, dadurch wurden bei mir keine Wege aufgezeichnet, weil ich einfach in Stress morgens das manuelle Aktivieren vergessen habe. So konnte ich kaum eine Rückmeldung zu der Erfassung der Fußwege geben, außer zu einem Datum.“