



# Methoden zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen

**Méthodes de détermination analytique des quantités  
de trafic piétonnier liées aux tronçons**

**Methods for the analytical determination of amounts  
of pedestrian traffic on individual routes in the footpath  
network**

**Metron Verkehrsplanung AG**  
**Jonas Bubenhofer**  
**Conrad Naef**  
**Corina Leuch**

**OST - Ostschweizer Fachhochschule**  
**Carsten Hagedorn**  
**Oiza Otaru**

**Forschungsprojekt VPT\_20\_08A\_01 auf Antrag der Arbeitsgruppe  
Verkehrsplanung und -technik (VPT)**

**Oktober 2022**

**1731**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 «Projektabschluss», welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



# **Methoden zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen**

**Méthodes de détermination analytique des quantités  
de trafic piétonnier liées aux tronçons**

**Methods for the analytical determination of amounts  
of pedestrian traffic on individual routes in the footpath  
network**

**Metron Verkehrsplanung AG**  
**Jonas Bubenhofer**  
**Conrad Naef**  
**Corina Leuch**

**OST - Ostschweizer Fachhochschule**  
**Carsten Hagedorn**  
**Oiza Otaru**

**Forschungsprojekt VPT\_20\_08A\_01 auf Antrag der Arbeitsgruppe  
Verkehrsplanung und -technik (VPT)**

**Oktober 2022**

**1731**

# Impressum

## Forschungsstelle und Projektteam

### Projektleitung

Jonas Bubenhofer, Metron Verkehrsplanung AG

### Mitglieder

Conrad Naef, Metron Verkehrsplanung AG

Corina Leuch, Metron Verkehrsplanung AG

Prof. Carsten Hagedorn, OST - Ostschweizer Fachhochschule

Oiza Otaru, OST - Ostschweizer Fachhochschule

## Begleitkommission

### Präsident

Basil Vitins (ASE)

### Mitglieder

Antonin Danalet (Bundesamt für Raumentwicklung ARE)

Giulia Dell'Asin (Bundesamt für Verkehr BAV)

Fabian Kunz (swisstopo)

Monika Litscher (Fussverkehr Schweiz)

Mark Meeder (Abt. Mobilität und Planung Kanton St. Gallen)

Heidi Meyer (Bundesamt für Strassen ASTRA)

Christoph Suter (ewp AG Zürich)

Luca Urbani (IBV Hüsler)

## Antragstellerin

Arbeitsgruppe Verkehrsplanung und -technik (VPT)

## Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
|          | <b>Impressum</b> .....  | <b>4</b>  |
|          | <b>Zusammenfassung</b> .....  | <b>7</b>  |
|          | <b>Résumé</b> .....   | <b>15</b> |
|          | <b>Summary</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b> .....   | <b>31</b> |
| 1.1      | Ausgangslage .....  | 31        |
| 1.2      | Fragestellung .....   | 32        |
| 1.3      | Vorgehen .....  | 32        |
| <b>2</b> | <b>Grundlagen</b> .....   | <b>35</b> |
| 2.1      | Stand der Forschung .....   | 35        |
| 2.1.1    | Einflussfaktoren auf das Fussverkehrsverhalten .....  | 35        |
| 2.1.2    | Abschätzen des Fussverkehrsaufkommens .....   | 38        |
| 2.1.3    | Routingansätze .....  | 44        |
| 2.2      | Daten .....   | 44        |
| 2.2.1    | Schweizweit verfügbar .....   | 46        |
| 2.2.2    | Räumlich begrenzt verfügbar.....  | 48        |
| <b>3</b> | <b>Einschätzungen und Erwartungen</b> .....   | <b>51</b> |
| 3.1      | Online-Befragung .....  | 51        |
| 3.1.1    | Arbeitsfeld der Teilnehmenden .....   | 51        |
| 3.1.2    | Anwendungszweck .....   | 52        |
| 3.1.3    | Aktuelle Datensituation und deren Beurteilung .....   | 53        |
| 3.1.4    | Messgrößen .....  | 54        |
| 3.1.5    | Resultierende Lösung .....  | 56        |
| 3.2      | Interviews mit ausgewählten Expertinnen und Experten .....                                  | 56        |
| 3.2.1    | Einordnung der Online-Umfrageergebnisse .....   | 57        |
| 3.2.2    | Anregungen und Gedanken zum bestehenden Forschungsprojekt .....                             | 60        |
| 3.2.3    | Wünschenswerte Ergebnisse .....   | 62        |
| 3.2.4    | Abschätzung der zukünftigen Entwicklung von Fussverkehrsdaten und deren Verfügbarkeit ..... | 62        |
| 3.3      | Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik .....   | 63        |
| <b>4</b> | <b>Anforderungen an die Methodik</b> .....  | <b>65</b> |
| 4.1      | Herleitung der Anforderungen .....  | 65        |
| 4.1.1    | Umsetzbarkeit der Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik .....                             | 65        |
| 4.1.2    | Technische Anforderungen .....  | 67        |
| 4.1.3    | Anforderungen hinsichtlich Inputdaten .....   | 68        |
| 4.1.4    | Daten und Kennwerte zum Fussverkehr .....   | 68        |
| 4.2      | Definition der Anforderungen an das Basismodell.....  | 71        |
| 4.2.1    | Datengrundlagen .....   | 71        |
| 4.2.2    | Anwendungsfelder und Anwendungszweck .....  | 72        |
| 4.2.3    | Messgrößen .....  | 72        |
| 4.2.4    | Lösung.....   | 72        |
| 4.3      | Definition der Anforderungen an die Zusatzmodule.....                                       | 73        |
| 4.3.1    | Zusatzmodul Z1: Detailliertes Fusswegnetz .....   | 73        |
| 4.3.2    | Zusatzmodul Z2: Naherholung .....   | 74        |
| 4.3.3    | Zusatzmodul Z3: Rundwege.....   | 74        |
| 4.3.4    | Zusatzmodul Z4: Intermodale Fusswege mit MIV-Etappe .....                                   | 75        |
| <b>5</b> | <b>Basismodell</b> .....  | <b>77</b> |
| 5.1      | Modellierungsansatz .....   | 77        |
| 5.2      | Modellierung .....  | 79        |
| 5.2.1    | Grundsätze .....  | 79        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 5.2.2    | Erzeugung reine Fusswege .....                                    | 79         |
| 5.2.3    | Erzeugung Fussetappen als Teile von ÖV-Wegen .....                | 80         |
| 5.2.4    | Verteilung Fusswege .....   | 83         |
| 5.2.5    | Routing .....   | 85         |
| 5.3      | Input-Werte und Annahmen .....                                    | 85         |
| 5.3.1    | Kennwerte Verkehrserzeugung .....                                 | 85         |
| 5.3.2    | Auswahl Ziele / Attraktoren .....                                 | 90         |
| 5.3.3    | Besucherfaktoren .....  | 91         |
| 5.3.4    | Öffentlicher Verkehr .....  | 94         |
| 5.3.5    | Attraktivität (Indikator Lärmbelastung) .....                     | 96         |
| 5.3.6    | Berücksichtigung Topografie .....                                 | 98         |
| 5.4      | Datenaufbereitung .....   | 99         |
| 5.4.1    | Strukturdaten .....   | 99         |
| 5.4.2    | Aufbereitung Wegnetz .....  | 99         |
| 5.4.3    | Nationales Personenverkehrsmodell NPVM .....                      | 101        |
| 5.4.4    | Fahrplandaten .....   | 101        |
| <b>6</b> | <b>Zusatzmodule .....</b>   | <b>103</b> |
| 6.1      | Z1: Detailliertes Wegnetz der Stadt Zürich .....                  | 103        |
| 6.1.1    | Aufbereitung Wegnetz .....  | 103        |
| 6.2      | Z2: Naherholung .....   | 103        |
| 6.2.1    | Naherholungspotenzial .....                                       | 104        |
| 6.2.2    | Verkehrserzeugung Naherholung .....                               | 105        |
| 6.3      | Z3: Rundwege .....  | 109        |
| 6.4      | Z4: Intermodale Fusswege mit MIV-Etappe .....                     | 109        |
| <b>7</b> | <b>Validierung .....</b>  | <b>111</b> |
| 7.1      | Validierung auf aggregierter Ebene .....                          | 111        |
| 7.1.1    | Längenverteilung der Fusswege .....                               | 111        |
| 7.1.2    | Anzahl erzeugter Wege pro Person (homebased) .....                | 113        |
| 7.1.3    | Verhältnis der Wegzwecke .....                                    | 113        |
| 7.1.4    | Fussverkehrspotenzial nach Raumtyp .....                          | 114        |
| 7.2      | Validierung mit Zählstellen .....                                 | 115        |
| 7.2.1    | Datengrundlage .....  | 115        |
| 7.2.2    | Hinweise zur Auswertung der Validierung .....                     | 116        |
| 7.2.3    | Validierung Basismodell .....                                     | 116        |
| 7.2.4    | Validierung Zusatzmodul Z1 detailliertes Wegnetz .....            | 122        |
| 7.2.5    | Validierung Zusatzmodul Z2 Naherholung .....                      | 123        |
| 7.3      | Erkenntnisse .....  | 126        |
| <b>8</b> | <b>Empfehlungen zur Anwendung .....</b>                           | <b>129</b> |
| 8.1      | Belastungspläne .....   | 129        |
| 8.2      | Möglichkeiten und Grenzen des Modells .....                       | 138        |
| 8.3      | Mögliche Anwendungsfälle und Fragestellungen .....                | 139        |
| 8.4      | Allgemeine Hinweise zur Interpretation der Ergebnisse .....       | 140        |
| 8.5      | Datenbezug .....  | 142        |
| <b>9</b> | <b>Erkenntnisse der Forschungsarbeit .....</b>                    | <b>143</b> |
| 9.1      | Allgemeine Erkenntnisse .....                                     | 143        |
| 9.2      | Zielerreichung hinsichtlich der Bedürfnisse an die Methodik ..... | 144        |
| 9.3      | Weiterer Forschungsbedarf .....                                   | 146        |
| 9.4      | Bedarf an Datengrundlagen .....                                   | 147        |
|          | <b>Anhänge .....</b>  | <b>149</b> |
|          | <b>Abkürzungen .....</b>  | <b>167</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis .....</b>                                 | <b>169</b> |
|          | <b>Projektabschluss .....</b>                                     | <b>173</b> |

# Zusammenfassung

## Einleitung

### Ausgangslage

Der Fussverkehr ist die grundlegendste Fortbewegungsart, sowohl als eigenständige Mobilitätsform wie auch in seiner Bedeutung als «Zubringer» zu weiteren Verkehrsmitteln. Zu Fuss zu gehen ist zudem äusserst effizient bezüglich Kapazität und Flächenbedarf, was vor allem bei hohen Dichten und im Zusammenhang mit der Innenentwicklung von hoher Bedeutung ist. Der Fussverkehr muss damit als Fundament unserer Mobilität gestaltet werden.

Seit der Einführung des Etappenkonzeptes des Mikrozensus Verkehr 1994 liegen verlässlichere Angaben für den Fussverkehr vor. Die vorliegenden Daten weisen auf die eminente Bedeutung des Fuss- und Veloverkehrs im gesamten Verkehrsgeschehen hin. Trotz der grossen Bedeutung basieren die Daten vornehmlich auf Befragungen und zielen auf das Verkehrsverhalten ab. Zähl- und Zählstellen zu Fussverkehrsmengen auf Strassen und Wegen liegen nur wenige vor und werden kaum systematisch erfasst. Die Erfassung ist schwieriger als beim motorisierten Individualverkehr (MIV) oder beim öffentlichen Verkehr (ÖV).

In Verkehrsmodellen ist der Fussverkehr in der Regel kein Thema. Dies ist einerseits auf die wenigen vorliegenden Zählungen zu streckenbezogenen Fussverkehrsmengen, andererseits auf die methodischen Schwierigkeiten zurückzuführen: Zu Fuss zurückgelegte Wege sind meistens kurz und erfolgen oft in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln. Im Modell müssen daher neben Wegen auch Wegetappen berücksichtigt werden. Ein Teil der Wege hat zudem kein räumliches Ziel, da der Weg bereits das Ziel ist (z.B. Spaziergänge, Laufen). Da die Netzkapazität in der Regel kein Routenwahlkriterium ist und andere Faktoren (z.B. Topografie, Umwegfaktor, Aufenthaltsqualität) die Routenwahl auch prägen, sind herkömmliche Verkehrsmodelle zur Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen nur bedingt geeignet, da der Aufwand den Nutzen deutlich übersteigt.

Modellerzeugte Belastungspläne für ein grossräumiges Fussverkehrsnetz sind deshalb kaum vorhanden. Eine Methodik zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen würde somit dazu beitragen, die Planungen für den Fuss- und Gesamtverkehr bereits in einer frühen Phase mit Fussverkehrszahlen zu untermauern. Es besteht ein Bedürfnis nach Datengrundlagen, mit denen wichtige Routen des Fussverkehrs ersichtlich, die Dimensionierung von Fussverkehrsanlagen anhand des Fussverkehrsaufkommens hergeleitet, prioritäre Gebiete für Schwachstellenerhebungen festgelegt oder zukünftige Entwicklungen abgeschätzt werden können.

### Fragestellung

Ziel des Forschungsprojekts war es, analytisch Fussverkehrsmengen streckengenau im gesamten Fusswegnetz zu ermitteln. Dazu sollte aufgrund der Literatur eine Methode entwickelt werden, die auf den in der Schweiz vorliegenden öffentlich verfügbaren Daten aufbaut und für verschiedene Untersuchungsgebiete validiert wird. Gesucht war eine Methodik, die realitätsnaher als graph-theoretische Ansätze, aber auch weniger aufwändig als klassische oder agentenbasierte Modellierungen ist.

Nebst der Entwicklung der Methodik war auch zu klären, welche Anforderungen künftige Nutzende an eine Methodik resp. an das Produkt stellen: Was kann überhaupt aufgrund der heute vergleichsweise kargen Datenbasis erreicht werden? Welche Anwendungsfelder stehen im Vordergrund? Welche Genauigkeit ist hierfür notwendig?

Die Forschungsarbeit besteht zu einem grossen Teil aus der Entwicklung resp. Programmierung und Validierung einer Methodik zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen. Die Entwicklung der Methodik wurde in ein Basismodell mit Zusatzmodulen gegliedert:

- Das **Basismodell** deckt die zentralen Anforderungen an die Methodik ab, stützt sich auf einfach verfügbare Daten ab und liefert robuste Ergebnisse. Es bildet das geschätzte Potenzial und das geschätzte reale Aufkommen des Alltags-Fussverkehrs streckenbasiert ab.
- Die **Zusatzmodule** vertiefen/erweitern das Basismodell thematisch, sind jedoch vom Basismodell abgekoppelt, da die Umsetzung schwierig oder die Inputdaten nicht flächendeckend vorhanden sind oder nur aufwändig beschafft werden können.

## Stand der Forschung

Beim Stand der Forschung wurde die Beeinflussung des Fussverkehrsverhalten durch die bebaute Umwelt aufgezeigt und Möglichkeiten zum Abschätzen von Fussverkehrsmengen dargestellt. Zudem wurden Ansätze aufgezeigt, welche sich mit «attraktiven» Wegen auseinandersetzen, oder neue Anhaltspunkte für das angedachte mit Widerständen belegte Fussverkehrsrouting aufzeigen, die in der zu erarbeitenden Methodik Verwendung finden können.

## Ansätze und Methoden

Auf Grundlage der Literatur wurden die vier folgenden Ansätze, um Fussverkehrsmengen abzuschätzen, zusammengefasst: direkte Nachfragemodelle, Netzwerkanalysemodelle, Wegebasierte Modelle und Mikrosimulationsmodelle. Für jeden Ansatz wurden die notwendigen Datengrundlagen sowie die Vor- und Nachteile dargelegt.

Darauf aufbauend wurden Methoden zur Abschätzung von Fussverkehrsmengen zusammengestellt. Für diese Methoden wurden die Datengrundlagen sowie der Output, die abgebildeten Wegezwecke und der Anwendungssperimeter aufgeführt.

## Vorhandene Daten

Die vorliegende Forschungsarbeit setzte sich nachfolgende Vorgaben an die Daten, welche in das Modell einfließen sollten:

- Die Daten sind öffentlich zugänglich (für Gemeinden/Kantone; nicht zwingend Open Government Data).
- Die Daten sind langfristig vorliegend und aktuell gehalten.
- Die Daten liegen für die gesamte Schweiz vor (gilt nur für das Basismodell).

Andere Daten (wie z.B. Mobilfunkdaten, Google-Daten) wurden daher nicht weiter berücksichtigt, da der Zugang zu diesen Daten nicht immer klar geregelt ist und der Bezug oftmals teuer sein kann.

Die Schweiz ist bezüglich der ermittelten notwendigen Datengrundlagen relativ gut aufgestellt. Wenn OpenStreetMap-Daten in die Betrachtung miteinfließen und den Qualitätsansprüchen genügen sowie das nötige Fachwissen zur Datenprozessierung vorhanden ist, kann ein beachtlicher Teil der Daten schweizweit abgedeckt werden.

Gerade in Bezug auf Daten aus der Strassenraumgestaltung, wie Sitzbänke, Strassenbeleuchtung, Schaufenster etc. ist ein aktueller schweizweiter Datensatz noch in weiter Ferne. Damit konnten viele Kriterien, welche die Qualität des öffentlichen Raumes beschreiben, nicht in das Modell einfließen.

Als wichtigen «fehlenden» Datensatz sind die Zählraten zu nennen. Dauerzählstellen sind aktuell nur in einzelnen Städten vorhanden. Punktuell sind auch projektbasierte Zählraten zugänglich. Diese müssen jedoch explizit angefragt werden. Um aus diesen bereits erhobenen Daten zum Fussverkehrsaufkommen einen weiteren Mehrwert generieren zu können, ist eine Plattform wünschenswert, auf welcher die Projektzählraten gesammelt und frei zugänglich bereitgestellt werden.

## Bedürfnisse und Wünsche potenzieller Nutzenden

Potenzielle Nutzer und Nutzerinnen der angestrebten Methodik wurden mit einer Online-Befragung zu ihren Bedürfnissen und Wünschen an die Methodik befragt. Die Umfrage wurde in deutscher und französischer Sprache über verschiedene fachrelevante Netzwerke (z.B. SVI-Mitglieder, Fachstellen Fussverkehr bei Kantonen und Gemeinden) verteilt. Insgesamt beteiligten sich 147 Fachleute aus der Schweiz.

Um neben der Online-Befragung auch detailliertere Rückmeldungen zu erhalten, wurden neun Interviews mit ausgewählten Expertinnen und Experten geführt. Diese Fachpersonen teilten im Gespräch ihre Einschätzungen und Erwartungen zum Forschungsprojekt und ordneten die Resultate aus der Online-Umfrage ein.

Die Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik wurden unter den Aspekten Anwendungszweck mit Anwendungsfeldern und Kontext, Messgrössen (Detailgrade, räumliche und zeitliche Einheiten) sowie Lösungen zusammengefasst. Als Lösung wird von den befragten Personen eine nachvollziehbare und erweiterbare Methodik erwartet. Gerade in Anbetracht der verfügbaren Datenlage zur Modellierung, Kalibrierung und Validierung erscheint dies als realistisches Ergebnis des Forschungsprojekts.

Die Erkenntnisse der Online-Befragung und aus den Fachgesprächen mit den ausgewählten Experten und Expertinnen dienten als Grundlage für die Herleitung der Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik.

## Definition der Methodik

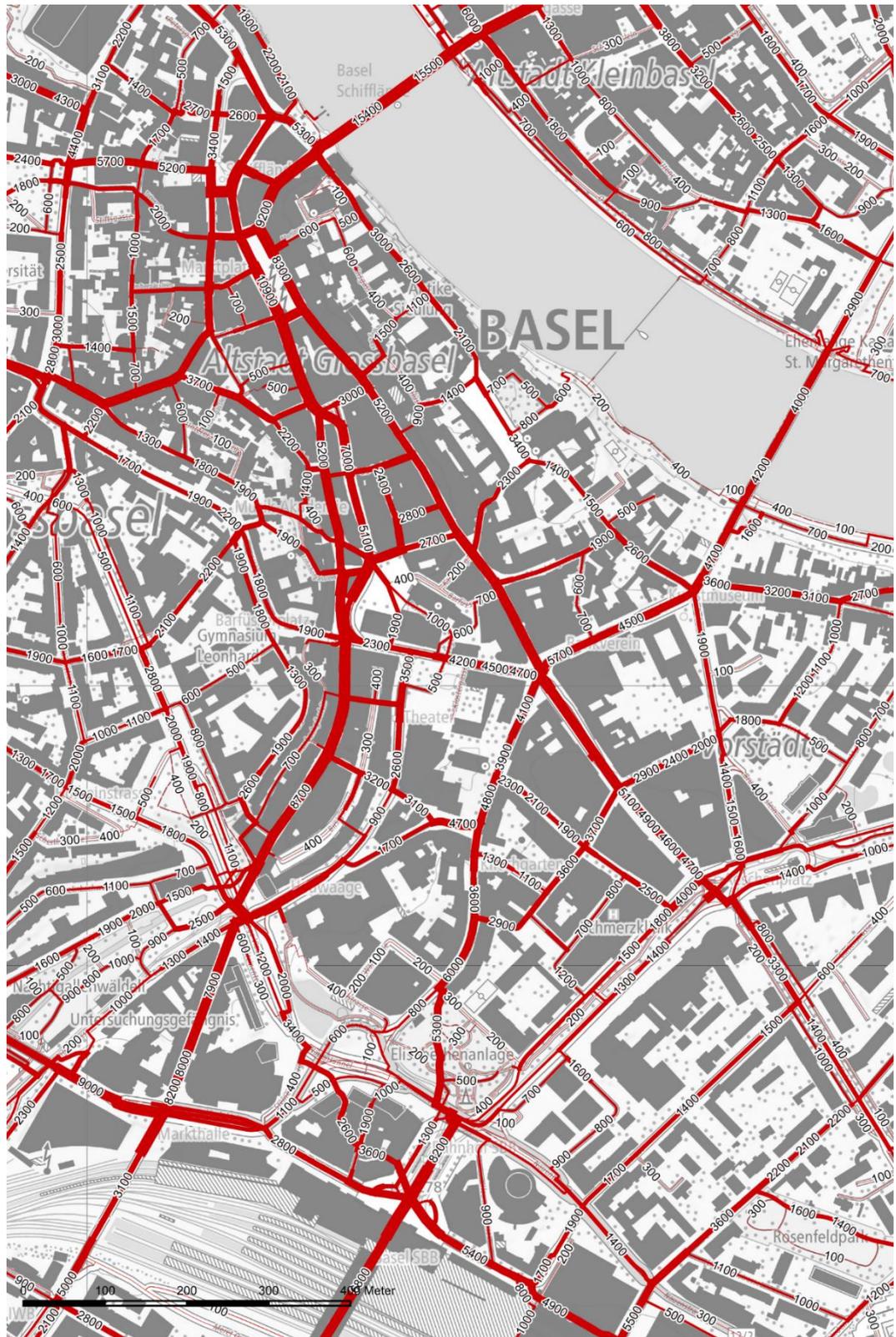
Aus den Erkenntnissen zum Stand der Forschung, zu den verfügbaren Daten sowie den Einschätzungen und Erwartungen, die mittels Befragung und Interviews gewonnen wurden, wurde die zu entwickelnde Methodik definiert. Der gewählte Modellierungsansatz lässt sich als aktivitätsbasierte Herangehensweise verstehen und ist den wegbasierten Modellen zuzurechnen. Grundidee des Modellierungsansatzes ist die Abschätzung des Fussverkehrsaufkommens aufgrund der räumlichen Verteilung der Einwohnerinnen und Einwohner sowie der Beschäftigten. Daraus lassen sich Quellen und Ziele ableiten. Folgendes Vorgehen wurde definiert:

- Grundprinzip Fussverkehrserzeugung: Abschätzung der Anzahl Fussetappen von Bevölkerung und Beschäftigten in Abhängigkeit der auf dem Fusswegnetz erreichbaren Ziele resp. Attraktoren (Points of Interest).
- Grundprinzip Umlegung auf Fusswegnetz: Die erzeugten Fusswege zu den erreichbaren Zielen werden aggregiert auf das Wegnetz umgelegt, wobei das Netz mit Widerständen belegt werden kann (Steigung, Lärmbelastung etc.).
- Die berechneten Fussverkehrsmengen werden mittels Fussverkehrszählraten (wo vorhanden) validiert.
- Technische Umsetzung: GIS-basierte Methodik, die software- und technikoffen formuliert ist.
- Dokumentation der Arbeitsschritte, Annahmen und hinterlegten Kennwerte, damit die Methodik grundsätzlich mit verschiedenen Softwarelösungen (auch OpenSource) umgesetzt werden kann.
- Berechnung des Basismodells für die gesamte Schweiz

Nebst dem Basismodell wurden auch Zusatzmodule betrachtet: Als Zusatzmodule wurde der Nutzen eines detaillierten Fusswegnetzes (Z1) untersucht und eine bessere Berücksichtigung des Fussverkehrs im Zusammenhang mit Naherholung (Z2) entwickelt. Die Modellierung von Rundwegen (Z3) sowie der intermodalen Fusswege mit MIV-Etappe (Z4) musste verworfen werden.

## Ergebnisse

Beispielhafte Darstellungen von Belastungsplänen sind in Kapitel 8.1 abgebildet. Informationen zum Datenbezug sind in Kapitel 8.5 zu finden.



**Abb. 1** Beispiel Belastungsplan Basel, DTV mit Berücksichtigung der Naherholung (Z2) und der Lärmbelastung

## Möglichkeiten und Grenzen des Modells

Trotz der Komplexität des Fussverkehrs bringt das Basismodell Fortschritte für die flächen-deckende Abbildung streckenbasierter Fussverkehrsmengen, insbesondere in folgenden Aspekten:

- **Alltagsfussverkehr**  
Der Alltagsfussverkehr innerhalb des Siedlungsgebiets kann mehrheitlich innerhalb einer akzeptablen Fehlertoleranz (mittlere Abweichung bis 50% bei DTV und DWV im Vergleich zu den Werten der Zählstellen) in der Regel gut abgebildet werden. Damit liegen zum ersten Mal für das Siedlungsgebiet der gesamten Schweiz Belastungspläne des Fussverkehrs vor.
- **Fussverkehrsgerechter Massstab**  
Durch die Berücksichtigung von punktgenauen Start- und Zielpunkten erfolgt die Modellierung ausreichend kleinräumig, so dass sie den Eigenheiten des Fussverkehrs gerecht wird.
- **Einfachheit und Verfügbarkeit Grundlagen**  
Das Basismodell beruht auf öffentlich verfügbaren Grundlagen und kann somit für jedes Gebiet der Schweiz angewendet werden. Da es sich auf Daten des Bundes abstützt, ist auch eine langfristige Verfügbarkeit dieser Datengrundlagen zu erwarten. Aufgrund des GIS-basierenden Ansatzes kann somit mit relativ wenig Aufwand ein beliebiges Gebiet der Schweiz modelliert werden.
- **Ergänzende Auswertungen**  
Aus der Modellierung können ergänzende Auswertungen erstellt werden wie Einzugsgebiete von Zielen (z.B. Haltestellen), Spinnenanalysen oder Umweltfaktoren auf dem Fusswegnetz.
- **Einzugsgebiete ÖV-Haltestellen**  
Die Einzugsgebiete von ÖV-Haltestellen können in der Regel gut modelliert werden.

Die Validierung sowie die Interpretation der Ergebnisse gaben Hinweise auf Modellunsicherheiten, die bei der Anwendung berücksichtigt werden müssen:

- **Fussverkehrsmengen am Wochenende**  
Die berechneten Belastungen am WE weisen in der Regel eine höhere Abweichung zu den tatsächlichen Zählwerten aus, als dies beim DTV und DWV der Fall ist. Mit dem jetzigen Stand sind die WE-Werte eher unbefriedigend.
- **Gebiete mit Naherholung**  
Im Basismodell sind Gebiete, die von Naherholung geprägt sind, nicht zufriedenstellend dargestellt: Der Fussverkehr wird stark unterschätzt – oder gar nicht dargestellt. Mit dem Zusatzmodul Z2 Naherholung verbessern sich die Ergebnisse bei siedlungsinternen oder siedlungsnahen Naherholungsgebieten stark. Die Höhe der berechneten Belastung muss aber trotzdem mit Vorsicht interpretiert werden.
- **Verkehrserzeuger**  
Die Verkehrserzeugung von verkehrsintensiven Einrichtungen wie Universitäten, Zoos, Einkaufszentren etc. basiert auf den Besucherzahlen des Nationalen Personenverkehrsmodells (NPVM). Darin sind jedoch nur knapp 50 singuläre Verkehrserzeuger verzeichnet. Für die weiteren verkehrsintensiven Einrichtungen werden die Besucherzahlen aufgrund der Beschäftigten sowie mit Besucherfaktoren abgeschätzt, was eine verallgemeinerte Abschätzung darstellt.
- **Abschätzung ÖV-Anteil am Modal Split**  
Der ÖV-Anteil am Modal Split lässt sich mit dem ÖV-Angebot nur teilweise erklären. So ist der ÖV-Anteil gemäss Mikrozensus in der Stadt Zürich deutlich höher, als dies im Modell aufgrund des ÖV-Qualitätsindex geschätzt wird. Möglicherweise könnte die Abschätzung des Modal Splits unter Berücksichtigung weiterer Faktoren (z.B. Berücksichtigung des Raumtyps) verbessert werden.

## Anwendungsfälle und Fragestellungen

Mit dem vorliegenden Stand der Methodik resp. Der erreichten Genauigkeit der modellierten Fussverkehrsmengen stehen drei Hauptanwendungsfälle im Vordergrund:

- Identifizieren von wichtigen Routen im Fusswegnetz innerhalb des Siedlungsgebiets
- Nutzen von Netzergänzungen für den Fussverkehr
- Aussagen über zukünftige Entwicklungen und Szenarien

Das Identifizieren von wichtigen Routen und Zugängen im Fusswegnetz innerhalb des Siedlungsgebiets erlaubt es, in einer ersten groben Annahme den Aus- und Neubaubedarf resp. Die Komfortsteigerung für Fussverkehrsanlagen abzuleiten. Auch die Abschätzung der Wirkung bzw. des Nutzens einer Netzergänzung wird mit dem Modell möglich. So kann das Fussverkehrsaufkommen z.B. einer neuen Brücke abgeschätzt werden.

Dem Bedürfnis nach einer Datengrundlage, welche für verkehrstechnische Betrachtungen Verwendung finden soll – z.B. für die Dimensionierung von Fussverkehrsanlagen – kann nicht entsprochen werden. Dazu sind die modellierten Belastungszahlen zu ungenau. Meistens sind solche Zahlen allerdings auch nicht zwingend erforderlich, da sich die Dimensionierung in den meisten Fällen nach anderen Kriterien richtet als nach den Fussverkehrsmengen: Begegnungsfälle, Wartezeiten etc. sind dann die wichtigeren Kriterien.

Des Weiteren sind auch Aussagen über zukünftige Entwicklungen und Szenarien interessant und machen einen Mehrwert des Modellansatzes aus. Das Modell kann mit entsprechenden Input-Daten genutzt werden, um verschiedene Szenarien hinsichtlich der Auswirkungen auf den Fussverkehr berechnen und vergleichen zu können. Diese Szenarien können wichtige Argumentationsgrundlagen liefern.

## Erkenntnisse der Forschungsarbeit

Obwohl der Fussverkehr ein enorm vielschichtiges menschliches Verhalten darstellt, bringt der hier gewählte Modellierungsansatz Lösungen für verschiedene Problemstellungen:

- Mit der Methodik ist es möglich, für das gesamte Siedlungsgebiet der Schweiz flächendeckende Belastungspläne für den Fussverkehr zu erstellen. Die berechnete Fussverkehrsbelastung lässt sich nach DTV, DWV und WE-Verkehr unterscheiden und umfasst grundsätzlich alle Verkehrszwecke (auch Freizeitverkehr).
- Die räumliche Auflösung des Modells ist sehr hoch (gebäudescharf) und umgeht damit das Problem klassischer Verkehrsmodelle, deren Verkehrszonengrößen für den Fussverkehr oftmals zu grob sind.
- Der Modellierungsansatz löst das Problem des grossen Anteils intermodaler Wegketten beim Fussverkehr recht einfach: Nebst reinen Fusswegen wird nur die Fussetappe eines intermodalen Fuss-/ÖV-Weges von oder zur Haltestelle modelliert, nicht aber der gesamte Weg.
- Das Modell benötigt relativ wenig Input-Daten und kaum manuelle Korrekturen.

Der gewählte Modellierungsansatz bringt auf der anderen Seite auch Nachteile, bzw. zeigt hinsichtlich der Validität Schwächen:

- Die Validierung hat gezeigt, dass je nach Region bei vielen Messstellen ein mittlerer Schätzfehler von  $\pm 50\%$  erreicht wird. Natürlich wäre ein kleinerer Schätzfehler wünschenswert, doch scheint dies mit den globalen Input-Parametern nicht möglich. Denn die Input-Parameter für das Modell funktionieren nicht für alle Räume gleich gut. Die Siedlungsstruktur (räumliche Verteilung der Bevölkerung und von Arbeitsplätzen / Attraktoren, ÖV-Angebot etc.) kann offensichtlich nicht allein das Fussverkehrsaufkommen erklären. Dieselbe räumliche Situation führt in unterschiedlichen Gebieten in der Schweiz zu einem unterschiedlichen Fussverkehrsaufkommen.
- Weitere Input-Daten wie Sozialstruktur (Alter, Geschlecht, Einkommen), Fahrzeug- und Abonnementsbesitz, die vielleicht solche Unterschiede erklären könnten, werden im Modell nicht verwendet.
- Die gewählte Methodik bringt den Nachteil, dass bei intermodalen Wegketten nur beim Startpunkt die räumliche Situation in die Verkehrsmittelwahl einfließt, nicht aber die Situation beim Zielort sowie das Angebot zwischen Start und Ziel. Dies bringt eine gewisse Ungenauigkeit beim ÖV-Anteil resp. Bei der Kombination von Fussverkehr mit ÖV.
- Das Modell ist auf den Alltagsfussverkehr innerhalb des Siedlungsgebiets ausgelegt. Zwar deckt dies den Grossteil des Fussverkehrs ab, doch werden damit lange Wege zu Fuss ( $> 1.5\text{km}$ ), z.B. Wanderungen oder lange Rundwege, nicht abgebildet. Das Modell taugt nicht für die Abschätzung des Fussverkehrs ausserhalb des Siedlungsgebietes.

Eine Entscheidung, ob der gewählte Modellierungsansatz gerade auch im Vergleich mit anderen Modellierungsansätzen, wie z.B. der agentenbasierten Modellierung, zielführend ist und weiterverfolgt werden soll, lässt sich mit der momentanen Datenlage der Fussverkehrszählstellen kaum aufgrund der Validität treffen. Dazu müssen zuerst deutlich mehr Zählstellen zur Verfügung stehen und die Berechnungen verschiedener Methoden verglichen werden. Diese Forschungsarbeit zeigt aber unter Berücksichtigung der Datenlage in der Schweiz eine verhältnismässig einfache Methodik auf, mit der erstmals streckenbasierte Fussverkehrsmengen flächendeckend berechnet werden können. Die Genauigkeit innerhalb des Siedlungsgebiets ist dabei i.d.R. zufriedenstellend, womit der gewählte Ansatz eine gute Lösung für die analytische Ermittlung streckenbezogener Fussverkehrsmengen darstellt.

## Weiterer Forschungsbedarf

Für eine Verbesserung der Fussverkehrsmodellierung ist weitere Forschung in folgenden Bereichen notwendig:

- **Verfeinerung der Modellierung**  
Es ist weiter zu prüfen, ob die Integration sozioökonomischer Merkmale wie Alter, Geschlecht, Haushaltseinkommen oder die Verfügbarkeit von Mobilitätswerkzeugen (Auto, ÖV-Abonnemente, Velo etc.) die Ergebnisse der Modellierung stark verbessern würden. Als einfachere Alternative könnte auch versucht werden, eine räumliche Differenzierung der Input-Werte zu entwickeln (z.B. für die Verkehrserzeugung räumlich differenzierte Fussverkehrsanteile resp. Räumlich differenzierte Gewichtung der Anzahl zu Fuss erreichbarer Ziele verwenden).
- **Vergleich unterschiedlicher Modellierungsansätze**  
Aus einer Gegenüberstellung verschiedener Modellierungsmethoden für einige ausgewählte modellierte Gebiete, für die auch Zählstellen zur Verfügung stehen, liessen sich Hinweise zur Validität und zum Modellierungsaufwand der verschiedenen Methoden gewinnen. So könnten die Vor- und Nachteile sowie die «Leistung» von Methoden verglichen werden.
- **Weiterentwicklung Naherholungspotenzial**  
Die Identifizierung von wichtigen Naherholungsräumen resp. -orten ist ein schwieriges Unterfangen. Es besteht aber weiterer Forschungsbedarf zur konkreten Umsetzung (verwendete Daten, Gewichtung der verschiedenen Faktoren oder Elemente wie Gewässer, Wald, Park, Points of Interest etc.) und zum Zusammenspiel mit der Verkehrserzeugung: Welche Faktoren resp. In welcher Kombination erzeugen wie viel Verkehr?
- **Datengestützte Modellierung der Attraktivität für den Fussverkehr**  
Attraktive Räume sind für den Fussverkehr sehr bedeutend, jedoch äusserst schwierig quantitativ zu definieren. Im Rahmen des Forschungsprojekts konnten mit Hilfe des Strassenverkehrslärms indirekt Teilaspekte der Attraktivität wie Belastung durch den MIV, Trennwirkung, subjektive Sicherheit und natürlich Lärmbelastung näherungsweise miteinbezogen werden. Um auch den erholungsorientierten Fussverkehr besser abbilden zu können, ist eine Modellierung der Attraktivität notwendig, die auch Grünraum, Erdgeschossnutzung, Bebauungsstruktur etc. miteinbezieht.

Das Forschungsprojekt zeigt, dass auch bezüglich Datengrundlagen ein grosser Bedarf besteht. Dies betrifft insbesondere Messdaten des Fussverkehrs, aber auch weitere Bereiche:

- **Messdaten des Fussverkehrs**  
Es ist schwierig, ohne zuverlässige Messdaten zum Fussverkehrsaufkommen bedeutende Fortschritte in der Modellierung zu erreichen. Eine massive Erhöhung der Anzahl Dauerzählstellen des Fussverkehrs, deren Informationen als Open Government Data inkl. Datenbeschreibung angeboten werden, wäre deshalb voranzutreiben.
- **Detaillierte Fusswegnetze**  
Fusswegnetze, die das Netz lagegenau inkl. Querungen etc. abbilden, sind für die Modellierung nicht zwingend, aber sie bringen Vorteile mit sich. Erstens lassen sich damit Fehler im Fusswegnetz vermeiden: Bei strassenachsenbasierten Netzen können für den Fussverkehr nicht zugängliche Netzelemente oftmals nicht gänzlich korrekt (automatisiert) herausgefiltert werden. Dabei entstehen Fehler, die nur manuell korrigiert

werden können. Zweitens erleichtern detaillierte Netze die Interpretation der Ergebnisse vielerorts, weil die Lage der modellierten Belastungswerte besser mit der tatsächlichen Lage der Fusswege übereinstimmt. Auch lassen sich nur mit einem detaillierten Fusswegnetz überhaupt die Belastung von Querungen beurteilen. Für die eigentliche Modellierung würde sich ein massiver Mehrwert erst ergeben, wenn dieses Netz auch mit Widerständen, wie z.B. Wartezeiten bei LSA, angereichert wäre.

- **Parkieranlagen mit Anzahl Parkplätzen**

Beim Zusatzmodul Z4 zu den intermodalen Fusswegen mit MIV-Etappe hat sich gezeigt, dass die Datenlage zu öffentlichen Parkplätzen in der Schweiz unbefriedigend ist. Für die Modellierung des Fussverkehrs ist diese Datengrundlage zwar nicht zentral, doch würde diese davon profitieren. Das Fehlen einer Übersicht zu öffentlichen Parkplätzen (insbesondere von grossen Anlagen) ist umso erstaunlicher, als dass es sich hier um eine zentrale Datengrundlage für die Verkehrsplanung handelt.

# Résumé

## Introduction

### Situation de départ

La marche est le mode de déplacement le plus important, à la fois comme mode de déplacement en lui-même qu'en tant que « moyen d'accès » à d'autres modes de transport. En outre, les déplacements à pied sont extrêmement efficaces en termes de capacité et d'espace, ce qui est particulièrement important en cas de densité élevée et dans le contexte du développement interne. La mobilité piétonne doit donc être conçue comme le fondement de notre mobilité.

Depuis l'introduction du concept des étapes lors de la réalisation du microrecensement de la mobilité en 1994, des données plus fiables sur les déplacements à pied existent. Les données disponibles mettent en évidence l'importance des déplacements à pied et à vélo dans l'ensemble de la mobilité. Malgré leur importance, les données, provenant principalement d'enquêtes, se concentrent sur les comportements et non sur des données quantitatives de flux ou de volumes du trafic piéton. De plus, les données ne sont pas récoltées de manière systématique à cause des plus grandes difficultés de recensement, en comparaison aux transports individuels motorisés (TIM) ou aux transports publics (TC/TP)

En règle générale, les modèles de trafic ne traitent pas de la mobilité piétonne. Cela s'explique, d'une part, par le peu de données disponibles sur les volumes de trafic piéton par tronçons et, d'autre part, par les difficultés méthodologiques suivantes : les trajets effectués à pied sont généralement courts et souvent combinés avec d'autres moyens de transport. Le modèle doit donc prendre en compte non seulement les trajets, mais aussi les étapes de trajet. De plus, une partie des trajets n'ont pas de but spatial, car le trajet est déjà un but en soi (p. ex. promenades, course). La capacité du réseau n'est généralement pas un critère dans le choix de l'itinéraire, qui est influencé par d'autres facteurs (p. ex. topographie, détour, qualité de séjour). Ainsi, les modèles de trafic traditionnels ne sont que partiellement adaptés à la quantification des volumes de trafic piéton sur le réseau, car l'investissement dépassent nettement l'utilité.

Il n'existe donc guère de plan de charge modélisé pour le réseau piéton à grande échelle. Une méthode calculant les volumes de trafic piéton par tronçon de manière analytique contribuerait ainsi à étayer les planifications de mobilité piétonne et du trafic global par des chiffres dès le départ. Il existe un besoin de bases de données permettant d'identifier les itinéraires et tronçons importants, de dimensionner les aménagements en fonction du volume de trafic, de définir des zones prioritaires pour les relevés de points faibles ou d'évaluer les évolutions futures de la mobilité piétonne.

### Problématique

L'objectif du projet de recherche a été de déterminer analytiquement les quantités de trafic piéton sur l'ensemble du réseau piétonnier, avec une grande précision sur les parcours réalisés, y compris les tronçons utilisés. Pour ce faire, il a fallu développer, sur la base de la littérature existante, une méthode utilisant les données publiques disponibles en Suisse et validée pour différentes zones d'étude. Il s'agissait de trouver une méthode qui soit plus proche de la réalité que les approches théoriques et statistiques, mais aussi moins coûteuse que les modélisations classiques ou « basées sur des agents ».

Outre le développement de la méthodologie, les exigences des futurs utilisateur-trices à l'égard d'une méthodologie ou d'un produit ont dû être clarifiées : Qu'est-ce qui peut être atteint avec la base de données, aujourd'hui relativement pauvre ? Quels sont les champs d'application prioritaires ? Quel est le degré de précision nécessaire à cet effet ?

Le travail de recherche a en grande partie consisté à développer, programmer et valider une méthodologie permettant de déterminer de manière analytique les volumes de trafic

piéton par tronçon. Le développement de la méthodologie a été structuré en un modèle de base complété par des modules supplémentaires :

- Le **modèle de base** couvre les exigences centrales de la méthodologie. Il s'appuie sur des données facilement disponibles et fournit des résultats robustes. Il représente le potentiel et le volume réel estimé du trafic piétonnier quotidien par tronçon.
- Les **modules supplémentaires** approfondissent et élargissent le modèle de base sur le plan thématique. Néanmoins, ils sont dissociés du modèle de base, car leur mise en œuvre est difficile, les données d'entrée ne sont pas disponibles sur l'ensemble du territoire ou ne peuvent être obtenues qu'à grands frais.

## Avancée de la recherche

La recherche a mis en évidence l'influence de l'environnement bâti sur le comportement des personnes à pied. Elle a aussi permis de présenter les possibilités d'estimation du trafic piéton. Des approches qui se penchent sur les chemins « attractifs » ou qui donnent des indices pour le « routing » piéton envisagé avec des résistances ont été mises en évidence et peuvent être utilisées dans la méthodologie à élaborer.

## Approches et méthodes

Sur la base de la littérature, les quatre approches suivantes ont été regroupées pour estimer les volumes de trafic piéton : les modèles de demande directe, les modèles d'analyse de réseau, les modèles basés sur les trajets et les modèles de microsimulation. Pour chaque approche, les données de base nécessaires ainsi que les avantages et inconvénients ont été présentés.

Sur cette base, des méthodes pour estimer les volumes de trafic piéton ont été élaborées. Pour ces dernières, les bases de données ainsi que les résultats, les objectifs de déplacement représentés et le périmètre d'application ont été mentionnés.

## Données existantes

Le présent travail de recherche s'est fixé les objectifs suivants concernant les données à intégrer dans le modèle :

- Les données sont accessibles au public (pour les cantons et les communes ; pas forcément « Open Government Data »).
- Les données sont disponibles sur le long terme et sont régulièrement mises à jour.
- Les données sont disponibles pour toute la Suisse (uniquement valable pour le modèle de base).

D'autres données (comme les données de téléphonie mobile ou les données Google) n'ont donc pas été prises en compte dans la suite de l'étude, car l'accès à ces dernières n'est pas toujours clairement réglementé et leur obtention peut souvent être coûteuse.

La Suisse est relativement bien placée en ce qui concerne les bases de données nécessaires identifiées. Si les données OpenStreetMap sont prises en compte et répondent aux exigences de qualité, et si les connaissances nécessaires au traitement des données sont disponibles, une partie considérable des informations peuvent être fournies à l'échelle nationale.

Les données relatives à l'aménagement et la qualité de l'espace rue, telles que les bancs, l'éclairage public, les vitrines, etc n'ont pas pu être intégrées dans le modèle.

Les données issues de comptages constituent un important ensemble de données manquantes. Actuellement, seules quelques villes disposent de points de comptage permanents. Ponctuellement, des données de comptage basées sur des projets sont également accessibles. Celles-ci doivent toutefois être demandées explicitement. Afin de pouvoir gé-

néer une plus-value à partir de ces données sur le volume du trafic piéton, il serait souhaitable de créer une plateforme sur laquelle les données de comptage des projets seraient rassemblées et mises à disposition en libre accès.

## Besoins et souhaits des utilisatrices-teurs potentiels

Les utilisateurs et utilisatrices potentiel-le-s de la méthodologie ont été interrogés sur leurs besoins et leurs souhaits concernant la méthodologie à l'aide d'une enquête en ligne. Cette dernière a été distribuée en allemand et en français par le biais de différents réseaux spécialisés (p. ex. membres de la SVI, services cantonaux et communaux chargés des déplacements à pied). Au total, 147 spécialistes suisses ont participé à l'enquête.

Les besoins et les souhaits concernant la méthodologie ont été regroupés sous les aspects suivants : but de l'utilisation avec champs d'application et contexte, ordre de grandeur des mesures (degrés de détail, unités spatiales et temporelles) et solutions. Les personnes interrogées attendent comme solution une méthodologie compréhensible et extensible. Compte tenu des données disponibles pour la modélisation, le calibrage et la validation, le résultat semble être réaliste.

Les résultats de l'enquête en ligne et des entretiens avec les expert-e-s sélectionnés ont servi de base pour définir les exigences de la méthodologie à développer.

## Définition de la méthodologie

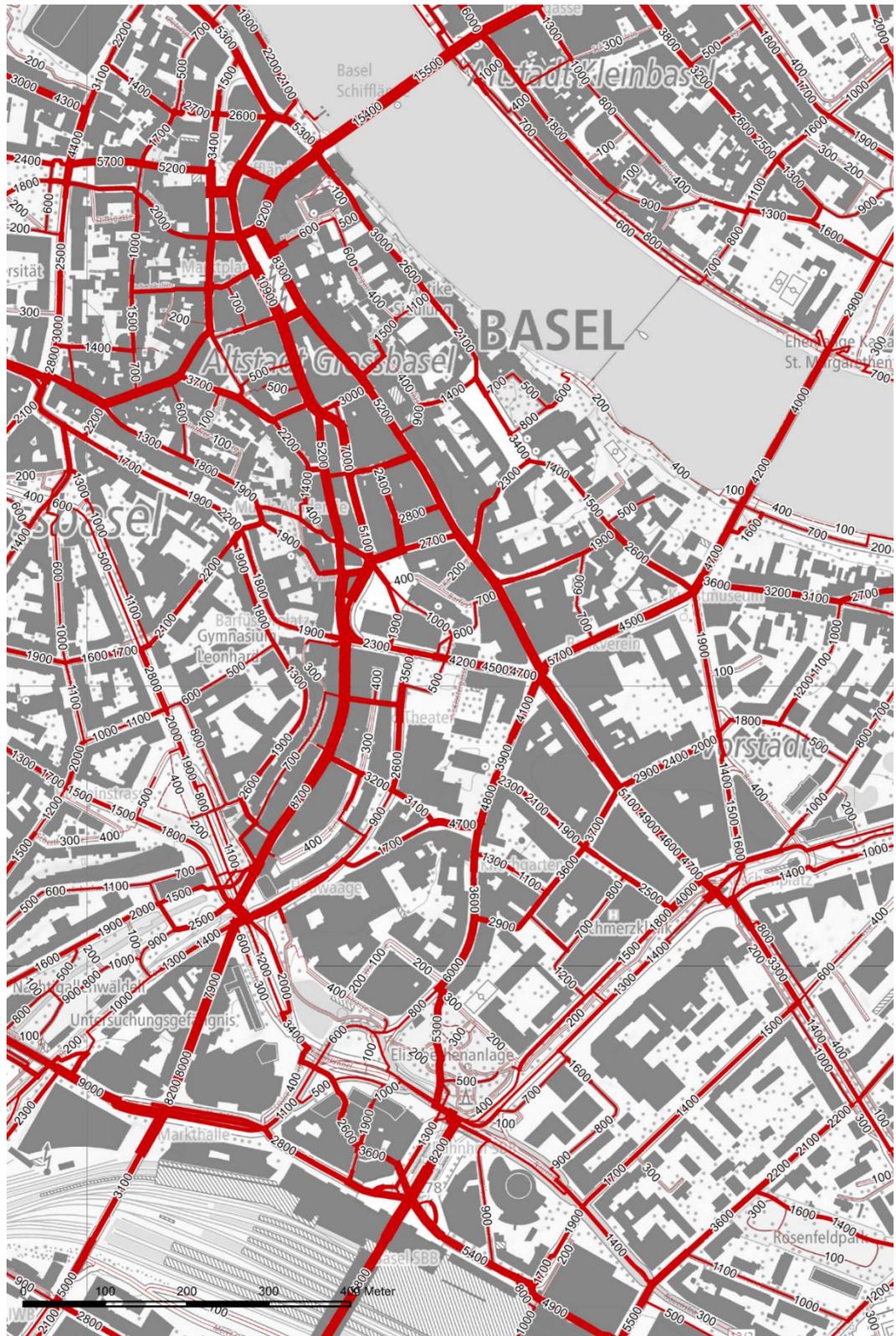
La méthodologie à développer a été définie sur la base des connaissances existantes, des données disponibles ainsi que des attentes rassemblées par le biais d'enquêtes et d'entretiens. L'approche de modélisation choisie peut être comprise comme une approche basée sur l'activité et est à classer parmi les modèles basés sur les trajets. L'idée de base de l'approche de modélisation est d'estimer le volume des déplacements à pied sur la base de la répartition spatiale des habitant-e-s et des employé-e-s. Les origines et destinations peuvent en être déduites. La procédure suivante a été définie :

- Principe de base de la génération du trafic piéton : Estimation du nombre d'étapes à pied de la population et des employé-e-s en fonction des destinations ou des attracteurs (points d'intérêt) accessibles sur le réseau piéton.
- Principe de base de la répartition sur le réseau piétonier : les trajets à pied générés vers les destinations accessibles sont répartis de manière agrégée sur le réseau piéton, ce dernier pouvant être soumis à des résistances (pente, nuisances sonores, etc.).
- Les volumes du trafic piéton calculés sont validés à l'aide de données de comptage (là où elles sont disponibles).
- Mise en œuvre technique : méthodologie basée sur les SIG, formulée de manière ouverte en termes de logiciels et de techniques.
- Documentation des étapes de travail, des hypothèses et des valeurs caractéristiques définies, afin que la méthodologie puisse, en principe, être mise en œuvre avec différentes solutions logicielles (également OpenSource).
- Calcul du modèle de base pour l'ensemble de la Suisse.

Outre le modèle de base, des modules supplémentaires ont également été considérés : L'utilisation détaillée du réseau piéton (Z1) et une meilleure prise en compte des déplacements à pied dans le contexte des loisirs de proximité (Z2) ont été étudiés en tant que modules supplémentaires. La modélisation des circuits (Z3) et des itinéraires piétons intermodaux avec étapes TIM (transport individuel motorisé) (Z4) a dû être abandonnée.

## Résultats

Des exemples de plans de charge sont présentés au chapitre 8.1. Le chapitre 8.5 contient des informations sur l'obtention des données.



**Abb. 1** Plan de charge de Bâle, TJM avec le module supplémentaire « Z2 loisir de proximité » et nuisances sonores

## Opportunités et limites du modèle

Malgré la complexité de la mobilité piétonne, le modèle de base permet de progresser dans la représentation des volumes de trafic piéton sur l'ensemble du territoire, notamment en ce qui concerne les aspects suivants :

- **Mobilité piétonne quotidienne**  
La mobilité quotidienne à l'intérieur des zones urbanisées peut, en général, être représentée avec une marge d'erreur acceptable (écart moyen jusqu'à 50% pour le TJM (trafic journalier moyen) et le TJOM (trafic journalier moyen des jours ouvrables) par rapport aux valeurs des postes de comptage). C'est la première fois que des plans de charge pour les piétons sont disponibles pour l'ensemble du territoire suisse.
- **Une échelle adaptée aux piétons**  
La prise en compte de points de départ et d'arrivée précis permettent une modélisation à une échelle suffisamment petite pour tenir compte des spécificités de la mobilité piétonne.
- **Simplicité et disponibilité des données de base**  
Le modèle de base repose sur les données publiques disponibles et peut donc être appliqué à n'importe quelle région de Suisse. Comme il s'appuie sur des données de la Confédération, ces bases de données devraient être disponibles sur le long terme. Grâce à l'approche basée sur les SIG, il est possible de modéliser n'importe quelle région de Suisse avec relativement peu d'effort.
- **Evaluations complémentaires**  
La modélisation permet d'établir des évaluations complémentaires, telles que les aires de chalandises autour des destinations (par ex. arrêts de bus), les analyses graphiques ou les facteurs de détour sur le réseau piétonnier.
- **Zones de chalandises autour des arrêts de transports publics**  
En règle générale, les zones d'attraction autour des arrêts de transports publics peuvent être modélisées de manière satisfaisante.

La validation ainsi que l'interprétation des résultats ont donné des indications sur les imprécisions du modèle qui doivent être prises en considération lors de l'application :

- **Charges de trafic piéton le week-end**  
Les charges calculées le weekend présentent en règle générale un écart plus important par rapport aux valeurs de comptage réelles que ce n'est le cas pour le TJM et le TJOM. En l'état actuel, les valeurs des weekends sont plutôt insatisfaisantes.
- **Zones de loisirs de proximité**  
Dans le modèle de base, les zones de loisirs de proximité ne sont pas représentées de manière satisfaisante : les déplacements piétons sont fortement sous-estimés, voire pas représentés. Avec le module supplémentaire « Z2 loisir de proximité », les résultats s'améliorent fortement pour les zones de loisir de proximité situées à l'intérieur ou à proximité des agglomérations. Le niveau de charge calculé doit néanmoins être interprété avec prudence.
- **Installations à forte fréquentation**  
Le trafic piéton généré par les installations à forte intensité telles que les universités, les zoos, les centres commerciaux, etc. est estimé sur la base du nombre de personnes selon le modèle national de trafic voyageurs (MNTP). Ce dernier ne recense toutefois qu'une cinquantaine de générateurs de trafic différents. Pour les autres établissements à forte fréquentation, le nombre de personnes total est estimé sur la base des employés et des facteurs de fréquentation. Ceci constitue donc une estimation généralisée.
- **Estimation de la part des transports publics dans la répartition modale**  
La part des transports publics dans la répartition modale ne s'explique que partiellement par l'offre. Ainsi, selon le microrecensement, en ville de Zurich, la part des transports publics est nettement plus élevée que celle estimée dans le modèle se basant sur l'indice de qualité de dessert des transports publics. Il serait possible d'améliorer l'estimation de la répartition modale en tenant compte d'autres facteurs (par exemple, la prise en compte de la typologie spatiale).

## Cas d'application et questions

Compte tenu de l'état actuel de la méthode et de la précision des charges de trafic piéton modélisées, trois cas d'application principaux sont au premier plan :

- Identification d'itinéraires importants dans le réseau piétonnier à l'intérieur de la zone urbanisée.
- Utilisation de compléments de réseau pour les piétons.
- Information sur les développements futurs et les scénarios.

L'identification d'itinéraires et d'accès importants au réseau piétonnier urbain permet de déduire, de manière sommaire, les besoins d'aménagement, de construction ou l'amélioration du confort des installations piétonnes. Le modèle permet également d'estimer l'effet ou l'utilité d'une liaison supplémentaire au sein du réseau. Il est ainsi possible d'estimer le volume de trafic piéton généré par un nouveau pont, par exemple.

Néanmoins, il n'est pas possible de répondre aux considérations techniques de circulation, comme le dimensionnement idéal des aménagements piétons, au moyen d'une base de données. Les charges modélisées sont trop imprécises pour cela. La plupart du temps, de tels chiffres ne sont pas nécessaires, car le dimensionnement se base sur d'autres critères que les volumes de trafic piétonnier. En effet, les cas de rencontre, les temps d'attente, etc. sont alors des critères plus importants.

Par ailleurs, des informations sur les développements et scénarios futurs sont également intéressantes et constituent une plus-value de l'approche modélisée. Le modèle peut être utilisé avec des données d'entrée correspondantes pour calculer et comparer différents scénarios et leurs effets sur la mobilité piétonne. Ces scénarios peuvent fournir des bases d'argumentations importantes.

## Conclusion du travail de recherche

Bien que la mobilité piétonne représente un comportement humain extrêmement complexe, l'approche de modélisation, choisie pour cette recherche, apporte des solutions à différentes problématiques :

- La méthode permet d'établir des plans de charge pour les piétons couvrant l'ensemble des zones urbanisées de Suisse. Le volume de trafic piétonnier calculé peut être différencié selon le TJM, le TJOM et le trafic du weekend, ce qui englobe, en principe, tous les motifs de déplacement (y compris le trafic de loisirs).
- La résolution spatiale du modèle est très élevée (à l'échelle du bâtiment). Ceci évite le problème des modèles de trafic classiques, dont les échelles sont souvent trop petites pour les piétons.
- L'approche par modélisation résout de manière assez simple le problème des chaînes de déplacement intermodales des piétons : en outre des trajets purement pédestres, seule l'étape à pied d'un trajet intermodal marche – transports publics depuis ou vers l'arrêt est modélisée, et non le trajet complet.
- Le modèle nécessite relativement peu de données d'entrée et peu de corrections manuelles.

D'un autre côté, l'approche de modélisation choisie présente aussi des inconvénients ou des faiblesses en termes de validité :

- La validation a montré que, selon la région, une erreur d'estimation moyenne de  $\pm 50\%$  est atteinte pour de nombreuses stations de mesure. Une erreur d'estimation plus faible serait bien sûr souhaitable, mais cela ne semble pas possible avec les paramètres d'entrée généraux. En effet, les paramètres d'entrée du modèle ne fonctionnent pas aussi bien pour tous les espaces. La structure de l'habitat, la répartition spatiale de la population, des emplois/attracteurs, l'offre de transports publics, etc. ne suffisent pas à expliquer, à elles seules, le volume de trafic piéton. La même situation spatiale conduit à un volume de trafic différent dans différentes régions de Suisse.

- Le modèle n'utilise pas d'autres données telles que la structure sociale (âge, sexe, revenu), la possession d'un véhicule ou d'un abonnement, qui pourraient peut-être expliquer de telles différences.
- La méthodologie choisie ne prend pas en considération les chaînes d'itinéraires intermodaux, la situation spatiale sur l'ensemble du trajet, l'offre de transports publics entre le lieu d'arrivée et de départ ni le point d'arrivée, en lui-même. Cela entraîne une certaine imprécision en ce qui concerne la part des transports en communs ou la combinaison de la marche et des transports publics.
- Le modèle est conçu pour la mobilité piétonne quotidienne à l'intérieur de la zone d'habitation. Il couvre, certes, la majeure partie des déplacements à pied, mais il ne permet pas de représenter les longs trajets à pied (> 1,5 km), comme les randonnées ou les longs circuits. Le modèle n'est pas non plus adapté à l'estimation des déplacements à pied en dehors des zones urbanisées.

La validation de l'approche de modélisation choisie, notamment en comparaison avec d'autres approches telles que la modélisation basée sur des agents, ne permet pas de décider si elle est pertinente et si elle doit être poursuivie. Tout d'abord parce qu'il faut disposer de beaucoup plus de données de comptage et qu'il est nécessaire de comparer les calculs de différentes méthodes. Ce travail de recherche reste une méthode relativement simple, compte tenu de la disponibilité des données en Suisse, qui permet de calculer les charges de trafic piétonnier pour chaque tronçon sur l'ensemble du territoire. En général, la précision à l'intérieur de la zone urbanisée est satisfaisante, ce qui fait de cette approche une bonne solution pour la détermination analytique des charges de trafic piétonnier en fonction des tronçons.

## Recherches supplémentaires nécessaires

Pour améliorer la modélisation de la mobilité piétonne, des recherches supplémentaires dans les domaines suivants sont nécessaires :

- **Affiner la modélisation**  
Il convient de vérifier dans quelle mesure l'intégration des caractéristiques socio-économiques (l'âge, le sexe, le revenu du ménage ou la possession d'un autre moyen de transports comme voiture, abonnements de transports publics, vélo, etc.) améliorerait les résultats de la modélisation. Une alternative serait le développement d'une différenciation spatiale des valeurs d'entrée, par exemple, pour la génération de trafic, utiliser des parts de trafic piéton différenciées spatialement ou une pondération différenciée spatialement selon le nombre de destinations accessibles à pied.
- **Comparaison de différentes approches de modélisation**  
La comparaison entre les résultats découlant de la méthode de modélisation et les données issues des comptages permettrait d'obtenir des indications sur la validité des données. Ceci permettrait aussi de comparer le temps investi et les avantages, les inconvénients ainsi que les "performances" des différentes méthodes.
- **Développement du potentiel de loisirs de proximité**  
L'identification des espaces de loisir ou des lieux de détente de proximité représente une entreprise difficile. Toutefois, il est nécessaire de poursuivre les recherches sur leur intégration concrète : données utilisées, pondération des différents facteurs ou éléments tels que l'eau, la forêt, le parc, les points d'intérêt, etc. ). En résumé, il convient de se questionner sur quels sont les facteurs ou les combinaisons génératrices de quelles quantités de trafic.
- **Modélisation de l'attractivité pour les piétons à l'aide de données**  
Les espaces attractifs sont très importants pour les piétons, mais il est extrêmement difficile de les définir quantitativement. Dans le cadre du projet de recherche, l'intégration de variables telles que le bruit du trafic routier, l'effet de séparation, la sécurité routière ou encore les nuisances générales du trafic motorisée a été utilisée afin d'intégrer des aspects partiels de l'attractivité. Afin de pouvoir mieux représenter la mobilité piétonne orientée vers la détente, il est nécessaire de modéliser l'attractivité en tenant compte des espaces verts, de l'attractivité des rez-de-chaussées ou encore de la structure des milieux construits, etc.

Le projet de recherche montre qu'il existe également un grand besoin en bases de données. Ceci est particulièrement vrai pour les mesures du trafic piéton, mais aussi pour d'autres domaines :

- **Données de mesure du trafic piéton**

Sans donnée fiable sur le volume du trafic piéton, il est difficile de réaliser des progrès significatifs en matière de modélisation. Il convient donc d'encourager une augmentation massive du nombre de points de comptage permanents pour la mobilité piétonne, sous forme de données gouvernementales publiques, y compris la description des données.

- **Réseaux piétons détaillés**

Les voies piétonnes qui composent l'ensemble du réseau, y compris toutes les traversées, etc. ne sont pas obligatoires pour la modélisation, mais présentent des avantages. Premièrement, ils permettent d'éviter les erreurs dans les réseaux piétons. Dans les plans-réseaux basés sur des axes routiers, les éléments non accessibles aux piétons ne peuvent souvent pas être filtrés automatiquement. Cela entraîne des erreurs qui doivent être corrigées manuellement. Deuxièmement, les réseaux détaillés facilitent l'interprétation des résultats, car l'emplacement des valeurs de charge modélisées correspond mieux à la localisation réelle des voies piétonnes. En outre, la charge des traversées ne peut être évaluée qu'à l'aide d'un réseau détaillé de piétons. Pour la modélisation proprement dite, il n'y aurait de plus-value importante que si ce réseau était également complété avec des résistances, comme les temps d'attente aux feux de circulation.

- **Installations de stationnement avec nombre de places de stationnement**

Dans le module complémentaire Z4 sur les itinéraires piétons intermodaux avec étape motorisée, il s'est avéré que les données sur les places de stationnement publiques en Suisse sont insatisfaisantes. Cette base de données n'est, certes, pas centrale pour la modélisation des déplacements à pied, mais elle en profiterait. L'absence d'une vue d'ensemble des parkings publics (en particulier des grandes installations) est d'autant plus étonnante qu'il s'agit d'une base de données centrale pour la planification des transports.

# Summary

## Introduction

### Initial situation

Walking is the most basic mode of transport, both as an independent form of mobility and as a shuttle to other modes of transport. Walking is also extremely efficient in terms of capacity and space requirements, which is particularly important at high densities and in connection with inner-city development. Pedestrian traffic must therefore be designed as the foundation of our mobility.

Since the introduction of the stage concept of the mobility and transport microcensus (MTMC) in 1994, more reliable data on pedestrian traffic is available. The available data indicate the eminent importance of walking and cycling in the overall transport system. Despite the great importance, the data are primarily based on surveys and are aimed at traffic behaviour. Count data on pedestrian traffic volumes on roads and paths are few and far between and are hardly ever systematically recorded. The recording is more difficult than for motorised individual transport or public transport.

Pedestrian traffic is generally not considered in transport models. This is due on the one hand to the few available counts of distance-related pedestrian traffic volumes, and on the other hand to the methodological difficulties: Journeys made on foot are usually short and are often made in combination with other modes of transport. Therefore, the model must consider not only routes but also stages of routes. In addition, some of the journeys do not have a spatial destination, as the journey is itself the destination (e.g. walking, running). As network capacity is usually not a route selection criterion and other factors (e.g. topography, diversion factor, quality of stay) also shape route selection, conventional traffic models are only suitable to a limited extent for determining route-related pedestrian traffic volumes, as the effort involved clearly exceeds the benefit.

Model-generated load plans for a large-scale pedestrian network are therefore hardly available. A methodology for the analytical determination of route-related pedestrian volumes would therefore contribute to supporting the planning for pedestrian and overall traffic with pedestrian traffic figures at an early stage. There is a need for data with which important pedestrian routes can be identified, the dimensioning of pedestrian facilities can be derived based on pedestrian traffic volumes, priority areas for surveying weak points can be determined or future developments can be estimated.

### Research Problem

The aim of the research project was to analytically determine pedestrian traffic volumes in an entire network of footpaths. For this purpose, a method was to be developed based on literature, which builds on the publicly available data in Switzerland and is validated for different study areas. A methodology was sought that is closer to reality than graph-theoretical approaches, but also less complex than classical or agent-based modelling.

In addition to the development of the methodology, it was also necessary to clarify what requirements future users would place on a methodology or the product: What can be achieved at all based on today's comparatively poor collection of available data? Which areas of application are in the focus? What accuracy is required for this?

The research work consists to a large extent of the development, programming, and validation of a methodology for the analytical determination of route-related pedestrian traffic volumes. The development of the methodology was divided into a basic model with additional modules:

- The **basic model** covers the central requirements of the methodology, is based on easily available data, and provides robust results. It maps the estimated potential and the estimated real volume of everyday pedestrian traffic on a route basis.

- The **additional modules** deepen/expand the basic model thematically but are disconnected from the basic model because either the implementation is difficult, or the input data are not available nationwide or can only be obtained at great expense.

## State of the research

In the state-of-the-art research, the influence of the built environment on pedestrian traffic behaviour was shown and possibilities for estimating pedestrian traffic volumes were presented. In addition, approaches were presented that deal with "attractive" routes or show new starting points for the envisaged resistance-based pedestrian routing, which can be used in the methodology to be developed.

## Approaches and methods

Based on the literature, the following four approaches to estimating pedestrian traffic volumes were combined: direct demand models, network analysis models, path-based models, and microsimulation models. For each approach, the necessary data basis and the advantages and disadvantages were presented.

Furthermore, methods for estimating pedestrian traffic volumes were developed. For these methods, the data basis, as well as the output, the represented trip purposes and the application perimeter, were listed.

## Available Data

The present research paper set the following requirements for the data to be included in the model:

- The data are publicly accessible (for municipalities/cantons; not necessarily Open Government Data).
- The data are available in the long term and kept up to date.
- The data is available for the whole of Switzerland (only applies to the basic model).

Other data (such as mobile phone data, and Google data) were therefore not considered further, as access to this data is not always clearly regulated and obtaining it can often be expensive.

Switzerland is relatively well-positioned in terms of the necessary data identified. If OpenStreetMap data are included in the analysis and meet the quality requirements, and if the necessary expertise for data processing is at hand, a considerable part of the data is available throughout all of Switzerland.

Especially regarding data from street space design, such as benches, street lighting, shop windows, etc., an up-to-date federal inner-city data set is still a long way off. This means that many criteria that describe the quality of public space could not be included in the model.

An important "missing" data set is pedestrian counting data. Permanent counting stations are currently only available in a few cities. In some cases, project-based pedestrian count data is also available. However, these must be explicitly requested. To be able to generate further added value from the data already collected on the volume of pedestrian traffic, a platform is desirable on which the project count data can be collected and made freely accessible.

## Requirements and wishes of potential users

Potential users of the envisaged methodology were asked about their requirements and wishes for the methodology using an online survey. The survey was distributed in German and French via various networks of experts (e.g. members of the Swiss association of transportation engineers and experts, pedestrian offices of cantons and municipalities). A total of 147 experts from Switzerland took part.

To obtain more detailed feedback in addition to the online survey, nine interviews were conducted with selected experts. These experts shared their assessments and expectations of the research project and contextualised the results of the online survey.

The requirements and wishes for the methodology were summarised under the aspects of purpose of application with fields of application and context of application, measured units (degree of detail, spatial and temporal units) as well as solutions. The respondents expect a comprehensible and expandable methodology as a solution. Especially considering the available data for modelling, calibration, and validation, this seems to be a realistic result of the research project.

The findings of the online survey and from the technical discussions with the selected experts served as the basis for deriving the requirements for the methodology to be developed.

## Definition of the methodology

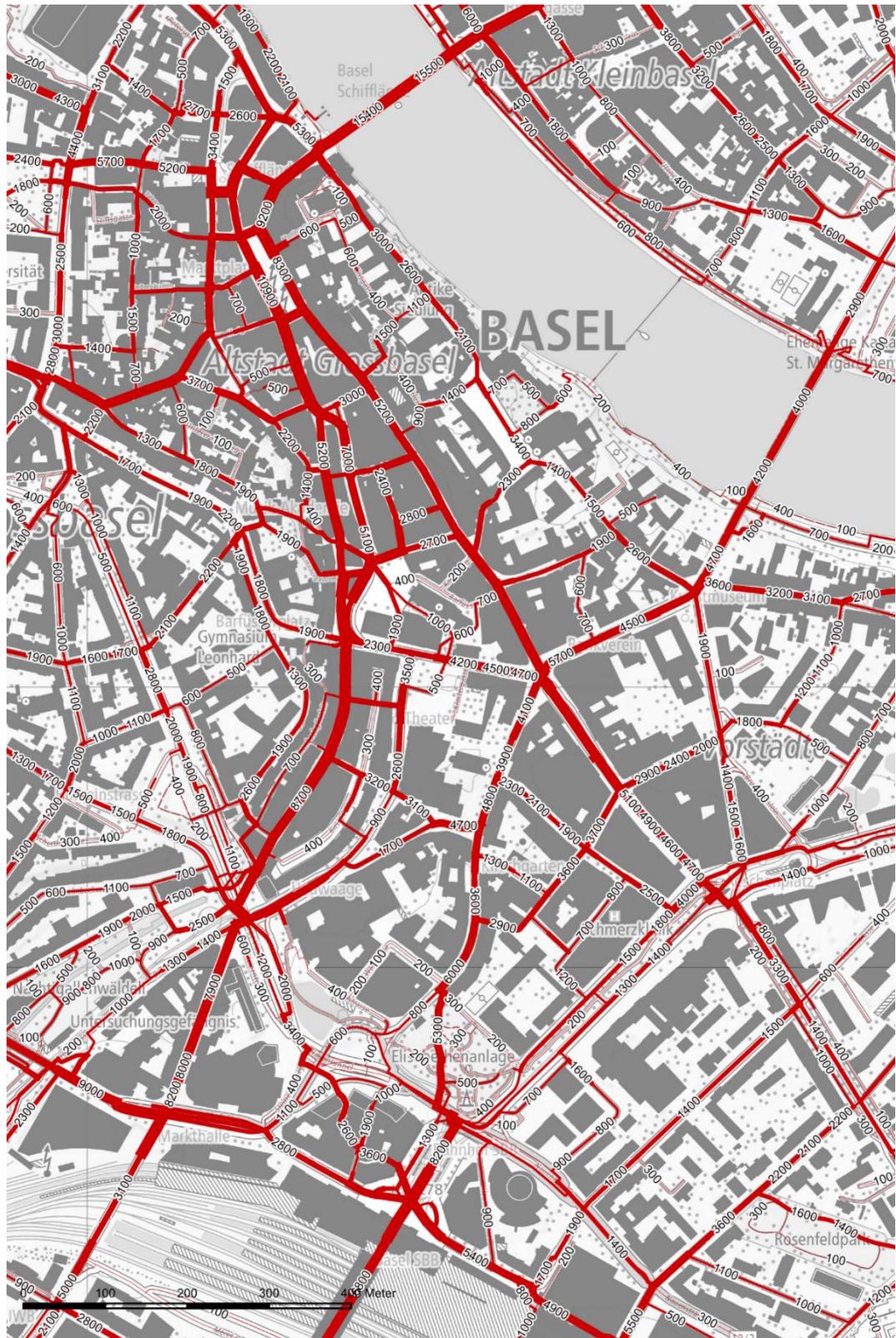
The methodology to be developed was defined based on the findings on the current state of research, the available data and the assessments and expectations gained through surveys and interviews. The chosen modelling approach can be understood as an activity-based approach and may be classified as a path-based model. The basic idea of the modelling approach is the estimation of the pedestrian traffic volume based on the spatial distribution of inhabitants and employees. From this, sources and targets can be derived. The following procedure was defined:

- Basic principle of pedestrian traffic generation: Estimation of the number of pedestrian trips made by the population and employees depending on the destinations or attractors (points of interest) that can be reached on the pedestrian network.
- Basic principle of mapping to the footpath network: The generated footpaths to the reachable destinations are aggregated and mapped to the path network, whereby the network can be loaded with resistances (gradient, noise pollution, etc.).
- The calculated pedestrian traffic volumes are validated by means of pedestrian traffic count data (where available).
- Technical implementation: GIS-based methodology, which is formulated in a software- and technology-neutral way.
- Documentation of the work steps, assumptions, and underlying parameters, so that the methodology can be implemented with different software solutions (also open source).
- Calculation of the basic model for the whole of Switzerland.

In addition to the basic model, additional modules were also considered: As additional modules, the benefits of a detailed network of footpaths (Z1) were investigated and a better consideration of pedestrian traffic in connection with local recreation (Z2) was developed. The modelling of circular routes (Z3) as well as intermodal footpaths in connection with motorised individual transport (Z4) had to be given up.

## Results

Exemplary representations of load maps are shown in chapter 8.1. Information on data access can be found in chapter 8.5.



**Abb. 1** Example of Basel traffic load plan, average daily traffic with consideration of local recreation (Z2) and noise pollution

## Possibilities and limitations of the model

Despite the complexity of pedestrian traffic, the basic model brings progress for the large-scale mapping of route-based pedestrian traffic volumes, especially in the following aspects:

- **Everyday pedestrian traffic**  
Most of the everyday pedestrian traffic within the settlement area can generally be well-represented within an acceptable error tolerance (average deviation of up to 50% for average daily traffic and average weekday traffic compared to the values of the traffic counting stations). Thus, for the first time, pedestrian traffic load maps are available for the settlement area of the whole of Switzerland.
- **Scale appropriate to pedestrian traffic**  
By considering precise starting points and destinations, the modelling is carried out on a sufficiently small scale so that it does justice to the particularities of pedestrian traffic.
- **Simplicity and availability of basic data**  
The basic model is based on publicly available data and can therefore be applied to any area of Switzerland. As it is based on federal data, the long-term availability of these data bases can also be expected. Due to the GIS-based approach, any area of Switzerland can be modelled with relatively little effort.
- **Supplementary evaluations**  
From the modelling, supplementary evaluations can be created such as catchment areas of destinations (e.g. stops), “spider analyses” (a type of analysis showing from where traffic flows to reach a specific cross section) or diversion factors on the footpath network.
- **Catchment areas of public transport stops**  
The catchment areas of public transport stops can usually be modelled well.

The validation as well as the interpretation of the results gave indications of model inaccuracies that must be taken into account in the application of the model:

- **Foot traffic volumes at weekends**  
The calculated loads on the weekend generally show a higher deviation from the actual count values than is the case with the daily average traffic and the daily weekday traffic. With the current state, the weekend values are rather unsatisfactory.
- **Areas with local recreation**  
In the basic model, areas affected by local recreation are not represented satisfactorily: Pedestrian traffic is greatly underestimated – or not represented at all. With the additional module Z2 local recreation, the results for local recreation areas within or close to settlements are greatly improved. However, the value of the calculated load must still be interpreted with caution.
- **Traffic-intensive facilities**  
The traffic generation of traffic-intensive facilities such as universities, zoos, shopping centres etc. is based on the visitor figures of the National Passenger Transport Model. However, only about 50 unique traffic generators are recorded in this model. For the other transport-intensive facilities, the visitor numbers are estimated based on the number of employees and with visitor factors, which represents a standardized estimation.
- **Estimate of the share of public transport in the modal split**  
The share of public transport in the modal split can only be partially explained by the public transport offer. According to the microcensus, the public transport share in the city of Zurich is significantly higher than estimated in the model based on the public transport quality index. It is possible that the estimation of the modal split could be improved by taking other factors into account (e.g. settlement type).

## Use cases and research questions

With the present state of the methodology and the achieved accuracy of the modelled pedestrian traffic volumes respectively, three main use cases are in the foreground:

- Identification of important routes in the pedestrian network within the settlement area
- Benefits of network extensions for pedestrian traffic
- Conclusions about future developments and scenarios

The identification of important routes and access points in the pedestrian network within the settlement area makes it possible to derive, in a first rough assumption, the need for expansion and new construction or the increase in comfort for pedestrian facilities. The model also makes it possible to estimate the effect or benefit of a network extension. For example, the pedestrian traffic volume of a new bridge can be estimated.

The need for a data basis that can be used for traffic engineering considerations – e.g. for the dimensioning of pedestrian facilities – cannot be met. The modelled volume figures are too inaccurate for this. In most cases, however, such figures are not absolutely necessary, as dimensioning is usually based on criteria other than the volume of pedestrian traffic: Encounters, waiting times, etc. are the more important criteria.

Furthermore, statements about future developments and scenarios are also interesting and constitute an added value of the model approach. The model can be used with appropriate input data to calculate and compare different scenarios regarding the effects on pedestrian traffic. These scenarios can provide an important basis for argumentation

## Findings of the research project

Although pedestrian traffic constitutes an enormously complex human behaviour, the modelling approach chosen here provides solutions to various problems:

- The methodology makes it possible to draw up full-coverage pedestrian traffic load maps for the entire settlement area of Switzerland. The calculated pedestrian traffic load can be differentiated according to average daily traffic, average weekday traffic and weekend traffic and basically includes all traffic purposes (also leisure traffic).
- The spatial resolution of the model is very high (to the level of buildings) and thus avoids the problem of classic traffic models, whose traffic zone sizes are often too coarse for pedestrian traffic.
- The modelling approach solves the problem of the large share of intermodal trip sequences for pedestrian traffic quite simply: In addition to pure footpaths, only the foot stage of an intermodal footpath/public transport route from or to the stop is modelled, but not the entire route.
- The model requires relatively little input data and hardly any manual corrections.

On the other hand, the chosen modelling approach also has disadvantages and shows weaknesses with regard to validity:

- The validation has shown that, depending on the region, an average estimation error of  $\pm 50\%$  is reached for many measuring points. Of course, a smaller estimation error would be desirable, but this does not seem possible with the global input parameters. This is because the input parameters for the model do not work equally well for all spaces. The settlement structure (spatial distribution of the population and of workplaces/attractors, public transport services, etc.) obviously cannot explain the pedestrian traffic volume alone. The same spatial situation leads to different levels of pedestrian traffic in different areas of Switzerland.
- Other input data such as social structure (age, gender, income), vehicle and season ticket ownership, which could perhaps explain such differences, are not used in the model.
- The chosen methodology has the disadvantage that in the case of intermodal trip sequences, only the spatial situation at the starting point is considered in the choice of means of transport, but not the situation at the destination or the offer between the starting point and the destination. This leads to a certain inaccuracy in the public transport share or in the combination of walking and public transport.
- The model is designed for everyday pedestrian traffic within the settlement area. Although this covers the majority of pedestrian traffic, long journeys on foot (> 1.5km), e.g. hikes or long circular routes, are not represented. The model is not suitable for estimating pedestrian traffic outside of the settlement area.

A decision as to whether the selected modelling approach is appropriate, especially in comparison with other modelling approaches such as agent-based modelling, and should be pursued further, can hardly be made based on validity with the current data situation of the pedestrian counting stations. For this, significantly more counting data must first be available, and the calculations of different methods must be compared. However, considering the data situation in Switzerland, this research work shows a relatively simple method with which route-based pedestrian traffic volumes can be calculated for the first time for the entire settlement area of Switzerland. The accuracy within this area is generally satisfactory, so that the chosen approach represents a good solution for the analytical determination of route-based pedestrian traffic volumes.

## Further research

To improve pedestrian modelling, further research is needed in the following areas:

- **Refinement of the modelling**  
It should be further investigated whether the integration of socio-economic characteristics such as age, gender, household income or the availability of mobility tools (car, public transport season tickets, bicycle, etc.) would greatly improve the results of the modelling. As a simpler alternative, one could also try to develop a spatial differentiation of the input values (e.g. use spatially differentiated pedestrian shares for traffic generation or spatially differentiated weighting of the number of destinations accessible on foot).
- **Comparison of different modelling approaches**  
A comparison of different modelling methods for some selected modelled areas, for which pedestrian count data are available, could provide information on the validity and the modelling complexity of the different methods. In this way, the advantages, and disadvantages as well as the "performance" of methods could be compared.
- **Further development of local recreation potential**  
The identification of important local recreation areas or places is a difficult undertaking. However, there is a need for further research on the concrete implementation (data used, weighting of different factors or elements such as water bodies, forest, park, points of interest, etc.) and on the interaction with traffic generation: Which factors or in which combination generate how much traffic?
- **Data-based modelling of attractiveness for pedestrian traffic**  
Attractive spaces are very important for pedestrian traffic, but extremely difficult to define quantitatively. Within the scope of the research project, with the use of road traffic noise, it was possible to indirectly include partial aspects of attractiveness such as the impact of motorized individual transport, separation effect, subjective feeling of safety and, of course, noise exposure. To be able to better represent recreation-oriented pedestrian traffic, a modelling of attractiveness is necessary that also includes green space, ground floor use of buildings, building structure, etc. In order to better represent recreation-oriented pedestrian traffic, a modelling of attractiveness is necessary that also includes green space, ground floor use of buildings, building structure, etc.

The research project shows that there is also a great need for further data. This applies in particular to measurement data of pedestrian traffic, but also to other areas:

- **Measurement data of pedestrian traffic**  
It is difficult to achieve significant progress in the modelling without reliable measurement data on pedestrian traffic volumes. A massive increase in the number of permanent pedestrian counting stations, whose information is offered as Open Government Data including data description, should therefore be promoted.
- **Detailed footpath networks**  
Footpath networks that depict the network in detail, including crossings, etc., are not mandatory for modelling, but they do have advantages. Firstly, errors in the footpath network can be avoided: In the case of networks based on road axes, network elements that are not accessible to pedestrians can often not be filtered out completely correctly (with an automated approach). This results in errors that can only be corrected through manual intervention. Secondly, detailed networks make it easier to interpret the results in many places, because the position of the modelled load values corresponds better

with the actual position of the footpaths. Also, only with a detailed network of footpaths can the load of pedestrian crossings be assessed at all. For the actual modelling, a massive added value would only result if this network were also enriched with values, such as waiting times at traffic lights.

- **Parking facilities with number of parking spaces**

In the case of the additional module Z4 on intermodal footpaths with 30 authorized individual transport stages, it has become apparent that the data situation on public car parks in Switzerland is unsatisfactory. Although this data basis is not central for the modelling of pedestrian traffic, it would benefit from it. The lack of an overview of public car parks (especially large ones) is even more astonishing as this is a central data basis for transport planning.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Der Fussverkehr ist die grundlegendste Fortbewegungsart, sowohl als eigenständige Mobilitätsform wie auch in seiner Bedeutung als «Zubringer» zu weiteren Verkehrsmitteln. Der Fussverkehr stellt auch diejenige Fortbewegungsart dar, die grundsätzlich allen offen steht und damit das Potenzial hat, allen den Zugang zu selbständiger Mobilität und freier Bewegung zu ermöglichen. Zu Fuss zu gehen ist zudem äusserst effizient bezüglich Kapazität und Flächenbedarf, was vor allem bei hohen Dichten und im Zusammenhang mit der Innenentwicklung von hoher Bedeutung ist. Der Fussverkehr muss damit als Fundament unserer Mobilität gestaltet werden.

Trotz seiner Bedeutung wird der Fussverkehr in der Planung nicht immer ausreichend berücksichtigt, auch wenn für die Planung verschiedene Planungshilfen (z.B. Handbücher des ASTRA zur Fusswegnetzplanung sowie zur Schwachstellenanalyse und Massnahmenplanung) vorliegen. Auch steht es um die Verfügbarkeit von quantitativen Grundlagen schlecht.

Seit der Einführung des Etappenkonzeptes des Mikrozensus Verkehr 1994 liegen verlässlichere Angaben für den Fussverkehr vor. Die vorliegenden Daten weisen auf die eminente Bedeutung des Fuss- und Veloverkehrs im gesamten Verkehrsgeschehen hin. Trotz der grossen Bedeutung basieren die Daten vornehmlich auf Befragungen und zielen auf das Verkehrsverhalten ab. Zählraten zu Fussverkehrsmengen auf Strassen und Wegen liegen nur wenige vor und werden kaum systematisch erfasst. Die Erfassung ist schwieriger als beim motorisierten Individualverkehr (MIV) oder beim öffentlichen Verkehr (ÖV). Für die Erhebung von Fussverkehrsdaten liegen Forschungen vor, z.B. die Studie «Erhebung des Fuss-/Veloverkehrs» (Zweibrücken et al. 2005) oder «Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs» (Pestalozzi et al. 2022).

In Verkehrsmodellen ist der Fussverkehr in der Regel kein Thema. Dies ist einerseits auf die wenigen vorliegenden Zählungen zu streckenbezogenen Fussverkehrsmengen, andererseits auf die methodischen Schwierigkeiten zurückzuführen: Zu Fuss zurückgelegte Wege sind meistens kurz und erfolgen oft in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln. Im Modell müssen daher neben Wegen auch Wegetappen berücksichtigt werden. Ein Teil der Wege hat zudem kein räumliches Ziel, da der Weg bereits das Ziel ist (z.B. Spaziergänge, Laufen). Da die Netzkapazität in der Regel kein Routenwahlkriterium ist und andere Faktoren (z.B. Topographie, Umwegfaktor, Aufenthaltsqualität) die Routenwahl auch prägen, sind herkömmliche Verkehrsmodelle gemäss der Forschungsarbeit SVI 2014/001 «Modélisation macroscopique de la circulation cycliste et piétonne – bases» (Gasser et al. 2017) zur Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen nur bedingt geeignet, da der Aufwand den Nutzen deutlich übersteigt.

Modellerzeugte Belastungspläne für ein grossräumiges Fussverkehrsnetz sind deshalb kaum vorhanden. Eine Methodik zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen würde somit dazu beitragen, die Planungen für den Fuss- und Gesamtverkehr bereits in einer frühen Phase mit Fussverkehrszahlen zu untermauern. Es besteht ein Bedürfnis nach Datengrundlagen, mit denen wichtige Routen des Fussverkehrs ersichtlich, die Dimensionierung von Fussverkehrsanlagen anhand des Fussverkehrsaufkommens hergeleitet, prioritäre Gebiete für Schwachstellenerhebungen festgelegt oder zukünftige Entwicklungen abgeschätzt werden können.

## 1.2 Fragestellung

Ziel des Forschungsprojekts war es, analytisch Fussverkehrsmengen streckengenau im gesamten Fusswegnetz zu ermitteln. Dazu sollte aufgrund der Literatur eine Methode entwickelt werden, die auf den in der Schweiz vorliegenden öffentlich verfügbaren Daten aufbaut und für verschiedene Untersuchungsgebiete validiert wird. Gesucht war eine Methodik, die realitätsnaher als graph-theoretische Ansätze, aber auch weniger aufwändig als klassische oder agentenbasierte Modellierungen ist.

Als vielversprechender Ansatz für eine solche Methodik erschien uns die Kombination von einer Abschätzung der Fussverkehrserzeugung aufgrund der räumlichen Situation mit einer Umlegung dieser Fussverkehrserzeugung auf ein Fusswegnetz, das mit für den Fussverkehr relevanten Widerständen belegt ist. So hat sich im Forschungsprojekt SVI 2015/006 «Fussverkehrspotenzial in Agglomerationen» (Erath et al. 2019) gezeigt, dass die Anzahl und Diversität erreichbarer Ziele wichtige Faktoren darstellen, ob ein Weg zu Fuss zurückgelegt wird. Auch wiesen die Stated preference-Befragungen nach, dass sich die Attraktivität des Strassenraums (wenig Verkehr, Erdgeschossnutzungen, Grünelemente) positiv auf die Anzahl Fusswege resp. Auf die Routenwahl auswirkt. Mit einem Ansatz, der solche Aspekte des Fussverkehrs berücksichtigt, ist es möglich, die Fussverkehrsmengen streckenbezogen abzuschätzen.

Nebst der Entwicklung der Methodik war auch zu klären, welche Anforderungen künftige Nutzende an eine Methodik resp. An das Produkt stellen: Was kann überhaupt aufgrund der heute vergleichsweise kargen Datenbasis erreicht werden? Welche Anwendungsfelder stehen im Vordergrund? Welche Genauigkeit ist hierfür notwendig?

## 1.3 Vorgehen

Die Forschungsarbeit besteht zu einem grossen Teil aus der Entwicklung resp. Programmierung und Validierung einer Methodik zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen. Zur Herleitung der Bedürfnisse an eine solche Methodik sowie zur Herleitung der Methodik an sich, wurde folgendes Vorgehen gewählt.

### Grundlagen (Kapitel 2)

In einem ersten Schritt erfolgte eine fokussierte Analyse des Forschungsstandes zu Themenbereichen, die für die Entwicklung der Methodik von Relevanz sind (Kapitel 2.1). Dies sind insbesondere bestehende Methoden zur Abschätzung von Fussverkehrsmengen und Routingansätzen, aber auch Einflussfaktoren auf das Fussverkehrsverhalten, wie die Beeinflussung des Fussverkehrsverhalten durch die bebauten Umwelt.

Weiter wurde eine Übersicht über verfügbare Daten geschaffen, die als Input-Daten für die Methodik genutzt werden können (Kapitel 2.2).

### Einschätzungen und Erwartungen zur Methodik (Kapitel 3)

Die Bedürfnisse aus der Praxis an die Methodik wurden anhand einer Online-Befragung bei potenziellen Nutzenden der Methodik und anhand von Interviews mit Expertinnen und Experten aufgezeigt. Diese Bedürfnisse wurden als Grundlage zur Ausarbeitung der Methodik verwendet. Zudem konnte damit das Interesse für die resultierende Methodik bereits geweckt werden. Es wurden auch mögliche Anwendungsfelder aufgezeigt.

## Definition Anforderungen an die Methodik (Kapitel 4)

Aus den Erkenntnissen des Forschungsstands und der Bedürfnisanalyse wurden in der Folge die Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik definiert. Die Herleitung der Definition stützte sich auf folgende Aspekte:

- Umsetzbarkeit der Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik aus der Online-Befragung und die Einschätzung aus den Interviews mit Expertinnen und Experten
- Technische Anforderungen
- Anforderungen und Restriktionen hinsichtlich Inputdaten
- Allgemein verfügbare Daten resp. Kennwerte des Fussverkehrs

Die Entwicklung der Methodik wurde in ein Basismodell mit Zusatzmodulen gegliedert:

- Das **Basismodell** deckt die zentralen Anforderungen an die Methodik ab, stützt sich auf einfach verfügbare Daten ab und liefert robuste Ergebnisse. Es bildet das geschätzte Potenzial und das geschätzte reale Aufkommen des Alltags-Fussverkehrs streckenbasiert ab.
- Die **Zusatzmodule** vertiefen/erweitern das Basismodell thematisch, werden jedoch vom Basismodell abgekoppelt, da die Umsetzung schwierig oder die Inputdaten nicht flächendeckend vorhanden sind oder nur aufwändig beschafft werden können.

## Basismodell (Kapitel 5) und Zusatzmodule (Kapitel 6)

Für das Modell wurde eine GIS-basierte Methodik, die software- und technikoffen formuliert ist, gewählt. Im Forschungsbericht sind die Arbeitsschritte, Annahmen und hinterlegten Kennwerte dokumentiert, damit die Methodik mit verschiedenen Softwarelösungen (auch OpenSource) umgesetzt werden kann.

## Validierung (Kapitel 7)

Die Validierung erfolgte einerseits auf aggregierter Ebene anhand des Vergleichs mit dem BFS/ARE Mikrozensus Mobilität und Verkehr. Andererseits wurden die berechneten Belastungswerte pro Streckenabschnitt mit verfügbaren (Dauer-)Zählstellen abgeglichen und hinsichtlich der Abweichungen beurteilt. Damit lässt sich eine erste Aussage zur Genauigkeit des Modells treffen.

## Empfehlungen zur Anwendung (Kapitel 8)

Dieses Kapitel zeigt ausgewählte Belastungspläne und leistet Hilfestellung zur Interpretation der Modellergebnisse sowie zu möglichen Anwendungen:

- In welchen Bereichen hat das Modell seine Stärken?
- Welche Schwächen des Modells müssen berücksichtigt werden?
- Für welche Anwendungsfälle und Fragestellungen kann das Modell Grundlage sein?
- Was ist bei der Interpretation der Belastungspläne zu beachten?

## Erkenntnisse des Forschungsarbeit (Kapitel 9)

Abschliessend sind die mit dem Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse dargelegt. Diese gliedern sich in allgemeine Erkenntnisse zur entwickelten Methodik, in die Beurteilung der Zielerreichung hinsichtlich der Bedürfnisse an die Methodik sowie in den Forschungsbedarf resp. Bedarf an Datengrundlagen.



## 2 Grundlagen

### 2.1 Stand der Forschung

Der Fussverkehr wird in der Forschung aus unterschiedlichen Bereichen und von verschiedenen Disziplinen beleuchtet. Neben der Planung, welche sich mit der Zufriedenheit mit, der Sicherheit auf und der Dimensionierung von Fussverkehrsanlagen beschäftigt, ist der Fussverkehr beispielsweise auch im Bereich der Gesundheitsförderung, der Psychologie oder der Soziologie ein Forschungsgegenstand. Je nach Forschungsbereich steht eine andere Thematik im Fokus. In dieser Arbeit wird auf den planerischen Bereich fokussiert und damit beispielsweise auf die Themen Bewegung der einzelnen Menschen zu Fuss oder die Routenwahl. Für die Planung von Fussverkehrsanlagen und Fussverkehrsnetzen liegen Normen, Richtlinien und Konzepte vor – das Fussverkehrsaufkommen steht dabei in der Regel nicht im Zentrum der Betrachtungen.

In Bezug auf das Fussverkehrsaufkommen, und wie dieses mit der bebauten Umwelt korreliert, können in der Literatur zwei Forschungsrichtungen ausgemacht werden (Singleton et al. 2021), die beide die Erkenntnisse zu Einflussfaktoren untersuchen und nutzen, aber unterschiedliche Anwendungen und Massnahmen aus diesen Faktoren ableiten. In der einen Richtung wird der Fokus auf die Zusammenhänge zwischen der städtebaulichen Gestaltung und dem Fussverkehr gelegt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können in der Planung für die Ausgestaltung von fussverkehrsfreundlichen und gesundheitsförderlichen Räumen angewendet werden. Dazu gehören die so genannten «D» Variablen (Ewing und Cervero 2010) wie *density*, *diversity*, *design*, *destination accessibility* und *distance to transit*. Die zweite Richtung befasst sich mit dem Entwickeln von Modellen, welche Fussverkehrsmengen abbilden und vorhersagen können. Auf der Grundlage von Charakteristiken der bebauten Umwelt werden Fussverkehrsmengen für Stellen berechnet, für welche keine Zählraten vorhanden sind, oder für welche zukünftig andere Bedingungen gelten. Der Fokus liegt für die zweite Richtung auf dem Fussverkehrsaufkommen, wohingegen bei der ersten Richtung die Merkmale der bebauten Umwelt im Vordergrund stehen. Einige Forschungsarbeiten weichen diese Grenze auch auf.

Das nachfolgende Kapitel 2.1.1 zeigt die Beeinflussung des Fussverkehrsverhalten durch die bebaute Umwelt auf. Das darauffolgende Kapitel 2.1.2 geht explizit auf das Abschätzen von Fussverkehrsmengen ein. Somit lassen sich Anhaltspunkte und Erweiterungsmöglichkeiten für das angestrebte Modell ausmachen. Kapitel 2.1.3 widmet sich Ansätzen, welche sich mit «attraktiven» Wegen auseinandersetzen, oder neue Anhaltspunkte für das angedachte mit Widerständen belegte Fussverkehrsrouting aufzeigen, die in der zu erarbeitenden Methodik Verwendung finden können.

#### 2.1.1 Einflussfaktoren auf das Fussverkehrsverhalten

Die Ausgestaltung des räumlichen Umfelds ist eine entscheidende Einflussgrösse auf das Verkehrsverhalten. Daneben spielen auch Merkmale der einzelnen Menschen zu Fuss, wie Wahrnehmungen, Einstellungen, Bedürfnisse und Ressourcen eine Rolle. Auf diese individuellen Einflussfaktoren wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen.

In zahlreichen Studien wird untersucht, wie und inwiefern sich die physischen Elemente im Raum auf das Verkehrsverhalten auswirken. Grundlage vieler Untersuchungen in diesem Bereich sind die Arbeiten von Jan Gehl, der das Leben zwischen Häusern (Gehl 2011) sowie den Zusammenhang zwischen Aktivitäten und der Qualität des öffentlichen Raums (Gehl 1996) untersucht hat. Für gute Plätze hat er zwölf Qualitätskriterien entwickelt (Madden 2005), die im Rahmen von Bestandsaufnahmen angewendet werden können.

Eine ausgedehnte Literaturübersicht (Ewing und Cervero 2010) macht folgende Eigenschaften der gebauten Umwelt aus, welche einem direkten Einfluss auf das Verkehrsverhalten aufweisen:

- Haushalts- und Arbeitsplatzdichte
- Nutzungsvielfalt und Nutzungsmischung
- Dichte der Strassenkreuzungen
- Erreichbarkeit von Angeboten des täglichen Bedarfs
- Distanz und Qualität des öffentlichen Verkehrs

Die berücksichtigten Studien dieser Metaanalyse stammen hauptsächlich aus Nordamerika. Dennoch bestätigen europäische Studien sowie auch Studien aus der Schweiz deren Erkenntnisse (Erath et al. 2019).

Eine umfangreiche Literaturzusammenstellung von Blitz und Lanzendorf (2020) knüpft an die Übersicht von Ewing und Cervero (2010) an und zeigt weitere Faktoren auf, welche im westlichen, urbanen Raum, den nicht motorisierten Verkehr beeinflussen. Dabei werden die Faktoren nach praktischen, ästhetischen und sinnbildlichen Funktionen unterteilt. Die praktische Funktion bezieht sich auf die Zweckerfüllung der bebauten Umwelt. Praktische Elemente beziehen sich daher auf das Ermöglichen und das Vereinfachen der Mobilität, wie beispielsweise die Erreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften oder das Vorhandensein eines Fussweges. Die ästhetische Funktion bezieht sich auf die formalen und ästhetischen Qualitäten der bebauten Umwelt. Diese Qualitäten tragen zur Attraktivität eines Ortes bei. Die ästhetische Funktion geht über den reinen Nutzen der bebauten Umwelt aus und beinhaltet auch emotionale Effekte, wie Wohlbefinden oder Vergnügen. Die sinnbildliche Funktion bezieht sich auf die Semantik der bebauten Umgebung und beschreibt damit deren Bedeutung. Strassenlampen sind bspw. Physische Elemente mit einer sinnbildlichen Funktion, da deren Licht mit einem Sicherheitsempfinden einhergehen kann. Natürlich bestehen auch Überschneidungen zwischen den drei vorgestellten Funktionen, da etwa ein Grünraum als Reiseziel (praktisch), als visuell ansprechend (ästhetisch) und als Sinnbild für Erholung oder hohe Umweltqualität angesehen werden kann.

Für den Fussverkehr werden nachfolgende Merkmale der bebauten Umwelt aufgeführt:

- Nutzungsvielfalt und -dichte (praktische Funktion; für Grünräume und Parks ästhetische und sinnbildliche Funktion)
- Qualitäten des öffentlichen Raumes
  - Sitzbänke, Beleuchtung etc. (praktische Funktion)
  - Naturlandschaften, Brunnen, Gärten etc. (ästhetische Funktion)
  - Wahrgenommene Umgebungsästhetik (ästhetische Funktion)
  - Stoppschilder, Strassenbeleuchtung (sinnbildliche Funktion – Verkehrssicherheit)
  - Wahrgenommene Sicherheit (bezüglich Verkehr und Kriminalität) (sinnbildliche Funktion)
- Einrichtungen für den nicht motorisierten Verkehr
  - Trottoirs, Fusswege, Strassenbelag, Querungshilfen (praktische Funktion)
- Charakteristiken des Strassennetzes
  - Kreuzungsdichte, Konnektivität, Sackgassen (praktische Funktion)
  - Visuelle Konnektivität<sup>1</sup> (ästhetische Funktion)
- Erreichbarkeit von Angeboten des täglichen Bedarfs (praktische Funktion)
- Distanz und Qualität des öffentlichen Verkehrs (praktische Funktion)

Blitz und Lanzendorf (2020) halten fest, dass sich die Mehrheit der Studien lediglich mit der praktischen Funktion der bebauten Umwelt beschäftigen. Diese werden hauptsächlich an objektiven Charakteristiken festgemacht. Der ästhetischen sowie der sinnbildlichen Funktion wird vergleichsweise wenig Beachtung geschenkt.

Im Folgenden soll anhand von zwei Studien aus der Schweiz explizit auf den Strassenraum eingegangen werden. Der Leitfaden zum Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts (Wimmer et al. 2017) führt auf, dass entsprechende Strassen, insbesondere in Zentrums-

---

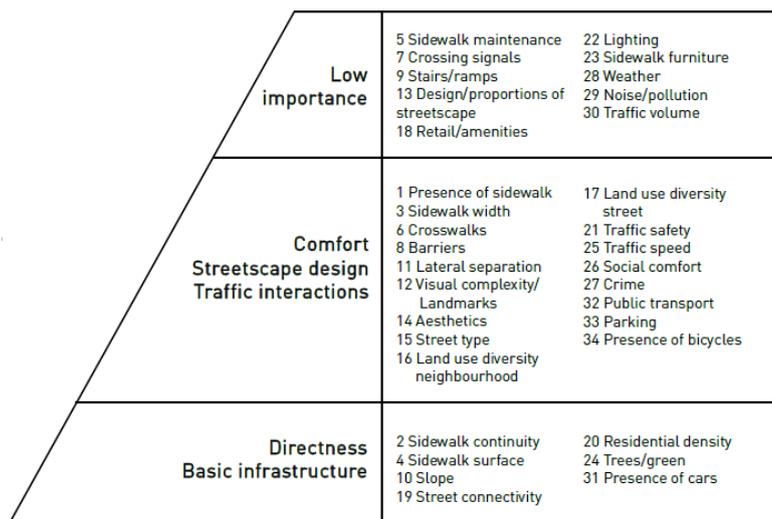
<sup>1</sup> Im Vergleich zu der physischen Konnektivität, welche auf die räumliche Distanz abzielt, verweist die visuelle Konnektivität auf die wahrgenommene visuelle Distanz, welche von der Netzgeometrie abhängt. Die visuelle Distanz nimmt mit steigender Anzahl Richtungswechsel im Netz zu.

bereichen, Begegnungs- und Verweilfunktionen übernehmen können. Die Aufenthaltsqualität wird durch die Gestaltung, im Speziellen durch die Begrünung und die Ausstattung des Strassenraumes bestimmt. Das SVI-Forschungsprojekt «Verträglichkeitskriterien für den Strassenraum innerorts» (Häfliger et al. 2015) zeigt u. a. Kriterien auf, welche sich auf den Fussverkehr beziehen. Die Attraktivität des Fussverkehrs wird neben dem Fussverkehrsaufkommen auch durch nachfolgende Messgrössen festgemacht: direkte Linienführung, Störungsfreiheit, geringe Längsneigung, Komfort, Qualitätshöhe des Umfeldes. Anzustreben sind demnach u. a.:

- anspruchs- und situationsgerechte Breiten der Bewegungsräume
- die Vermeidung von steilen Längsneigungen
- eine abwechslungsreiche Gestaltung unter Einbezug von Gewässern, Bepflanzung etc.
- die Minimierung von negativen Einflüssen (Lärm, Abgase, Spritzwasser)
- die Sicherstellung von Sauberkeit und Abfallentsorgung
- Ausstattung mit Sitz- und Aufenthaltsmöglichkeiten, Witterungsschutz und öffentlichen Toiletten

Der Begriff *Walkability* wird häufig genutzt, um zu messen, wie fussverkehrsfreundlich ein Gebiet ist. «Diese beeinflusst wiederum die Verkehrsmittel- und die Routenwahl der Anwohnenden. Es existieren verschiedenen Indizes, Faktoren und Instrumente, um die *Walkability* von Strassenabschnitten auszumachen (level of service (LOS), Walk Score etc.). Der Begriff *Walkability* wird in der Literatur auf verschiedene Arten verstanden (Meeder 2019). Gegenüber dem aufgeführten Bezug zur Qualität des Fussverkehrsumfeldes, setzen viele Studien den Begriff mit der Erreichbarkeit von wichtigen Fussverkehrszielen gleich. Wiederum andere Studien verstehen *Walkability* als Mass für die Fussverkehrsaktivität, welche festgestellt werden oder erwartet werden kann.

Eine Metaanalyse von Studien, welche den Zusammenhang der bebauten Umwelt mit dem Fussverkehr thematisieren, zeigt die Arbeit von Urech et al. (2019) auf. Die berücksichtigten Studien zielen auf eine Korrelation von klar definierten Parametern und dem Fussverkehrsverhalten oder der wahrgenommenen Fussgängerfreundlichkeit ab. Urech et al. Gelingt es, die *Walkability*-Parameter über die Studien hinweg zu vergleichen und deren relative Bedeutung festzumachen. In nachfolgender Abbildung sind die Resultate von Urech et al. (2019) und Meeder (2019) grafisch in drei Kategorien zusammengefasst. Die wichtigsten Parameter bilden die Basis der Pyramide. Darauf folgen die Parameter, welche für ein fussgängerfreundliches Umfeld nötig sind. Die Spitze bilden Umgebungsparameter mit einem geringen (obgleich messbaren) Einfluss auf die Menschen zu Fuss.



**Abb. 2** relative Bedeutung von *Walkability*-Parametern (Meeder 2019, S.53)

Die Arbeit von Weber (2017) untersucht, was Menschen zu Fuss dazu bewegt, alternative, leicht längere Wege zu wählen. Anhand einer Umfrage und daraus abgeschätzten Routen-

wahlmodellen, wird die Rolle von alternativen Wegen beleuchtet. Es zeigt sich, dass zwischen gegebenem Start und Ziel unterschiedliche Wege gewählt werden, jedoch eine Variante präferiert wird. Von den untersuchten Parametern zeigen sich in den Modellen folgende als signifikant: Distanz, Vorhandensein von Autos, Trennung vom MIV, Trottoirbreite, Grünraum, Präsenz von Menschen, Hindernisse, Grösse von Kreuzungen. In welcher Form und wie stark sich diese Parameter der bebauten Umwelt auf die Routenwahl auswirken, ist jedoch stark vom Kontext abhängig.

### 2.1.2 Abschätzen des Fussverkehrsaufkommens

Aktuelle analytische Möglichkeiten, um das Fussverkehrsaufkommen abzuschätzen, sind vielfältig. Die Methoden können auf unterschiedlichen Skalen angewendet werden, sie sind heterogen aufgebaut und unterschiedlich motiviert (Cooper et al. 2021). Dennoch sollen die Methoden unter Einbezug von bestehender Literatur (Aoun et al. 2015, Kuzmyak et al. 2014, Ragland und Raford 2005; Bhat et al. 2005) zum besseren Verständnis rudimentär in zwei Kategorien unterteilt werden: die zählbasierte und die aktivitätsbasierte Herangehensweise. Erstere begründet bekannte Fussverkehrsmengen anhand von Kenngrössen der örtlichen Umgebung und überträgt diesen Zusammenhang auf Kreuzungen oder Strecken, für welche keine Zählraten vorliegen. Demgegenüber versucht die aktivitätsbasierte Herangehensweise Fussverkehrsmengen anhand von Strukturdaten abzuschätzen, indem das Fussverkehrsverhalten modelliert wird. Diese beiden Betrachtungsweisen können wiederum in je zwei Ansätze aufgegliedert werden. Aufgrund der Komplexität gehen die Quellen teils von einer feineren Gliederung aus.

#### Zählbasierte Ansätze

- **Direkte Nachfragemodelle**  
Diese Modelle schätzen das Aufkommen an bestimmten Stellen anhand von funktionalen Merkmalen aus der bebauten Umgebung ab. Typische Variablen sind Dichtekenngrössen für Einwohner, Beschäftigte, Einzelhandel oder die Nähe zu ÖV-Haltestellen. Indem solche erklärenden Variablen dem bekannten Fussverkehrsaufkommen gegenübergestellt werden, kann anhand einer Regressionsanalyse ein Modell abgeschätzt werden. Es werden dafür unterschiedliche Methoden angewendet. Beispiele sind die multiple lineare Regression, räumliche Regressionen (geographically weighted regression (GWR)), das log-lineare Modell oder die Poisson Regression (Schneider et al. 2021). So können Fussverkehrsmengen auch auf Streckenabschnitten oder Kreuzungen ohne Zählstellen quantifiziert werden.  
Die abhängige Variable machen typischerweise Zählstellendaten aus. Diese können verschiedene Zeiträume abdecken: von wenigen Stunden an bestimmten Tagen, bis hin zu einem Jahresaufkommen. Die erklärenden Variablen werden meist in unterschiedlichen Entfernungen zur Zählstelle erhoben. Mit Hilfe dieser unterschiedlichen Bufferbreiten, kann im Modell die Entfernung mit dem grössten Einfluss auf die Fussverkehrsaktivität ausgemacht werden. Obwohl viele Modelle ähnliche erklärende Variablen verwenden, kann die Grösse und teils sogar die Richtung des Zusammenhangs unterschiedlich ausfallen (Singleton et al. 2021).
- **Netzwerkanalysemodelle**  
Unter die Netzwerkanalysemodelle fallen diejenigen Modelle, welche deskriptive Variablen aus dem Strassen- oder Fusswegnetz ableiten. Diese Modelle haben eine ähnliche Struktur wie die direkten Nachfragemodelle, nehmen aber Kenngrössen des Netzwerks (strukturabhängige Merkmale) in die Betrachtung mit auf. Es handelt sich ebenfalls um eine Regressionsanalyse. Die Netzwerkgrössen liegen meist dem Space Syntax-Ansatz zugrunde.  
Space Syntax ist ein Set an Theorien und Techniken, welches sich mit der Beziehung der menschlichen Aktivitäten und dem gebauten Raum beschäftigt (Hillier und Hanson 1984, van Nes und Yamu 2021). In Bezug auf den Fussverkehr im öffentlichen Raum gehen die Theorien davon aus, dass ein gewisser Anteil des Fussverkehrsaufkommens eher von der Struktur des Strassennetzes bestimmt wird, als vom Vorhandensein eines spezifischen Ziels. Denn Space Syntax berücksichtigt in der Analyse keine Ziele. Diesem Ansatz liegt die axiale Darstellung des Stadtraums zugrunde. Diese *axial map* stellt

sich aus der minimalen Anzahl axialen Linien zusammen, welche den gesamten Betrachtungsperimeter abdecken. Die topologische Analyse dieser axialen Raumdarstellung resultiert in verschiedene Kenngrößen. Dabei ist festzuhalten, dass die topologische Distanz an der Anzahl Richtungswechsel festgemacht wird. Wichtige Kenngrößen sind beispielsweise *connectivity* (Anzahl axialer Linien, welche die betreffende Linie im Netzwerk schneidet), *integration* (durchschnittliche topologische Distanz von jeder axialen Linie zu allen anderen) und *choice* (wie häufig eine axiale Linie Teil einer kürzesten topologischen Distanz zwischen allen anderen axialen Linien ist). *Integration* und *choice* können global oder lokal berechnet werden. Das heisst, sie können einerseits in Bezug auf das gesamte Netz oder auch in Bezug auf unterschiedliche Radien (topologische Distanzen) aufgezeigt werden. Neben der topologischen Analyse der *axial map*, kann diese auch geometrisch oder metrisch untersucht werden. Die geometrische Distanz zeigt die Winkelveränderung zwischen den axialen Linien auf. Die metrische Distanz bezeichnet das bekannte Abstandsängenmass.

Entscheidend für das Fussverkehrsaufkommen sind minimale Anzahl Richtungswechsel, minimale Richtungswinkel und die Sichtachsenlänge. Etliche Studien im urbanem Kontext zeigen auf, dass mit den strukturabhängigen Merkmalen über 60% der Fussverkehrsmengen vorhergesagt werden können (Lerman et al. 2014).

### Aktivitätsbasierte Ansätze (Umfangreiche Nachfragemodelle)

- **Wegebasierte Modelle (4-Stufen-Modelle und GIS-basierte Anwendungen)**  
 Diese Modelle bilden die Aktivitäten der Menschen zu Fuss und mit anderen Verkehrsmitteln in aggregierter Form ab. Die unterliegen typischerweise dem Vier-Stufen-Ansatz oder einer Variation davon. Herkömmliche Vier-Stufen-Modelle sind zur Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen nur bedingt geeignet, da der Aufwand den Nutzen deutlich übersteigt, was im Rahmen der SVI-Forschungsarbeit «Modélisation macroscopique de la circulation cycliste et piétonne – bases» (Gasser et al. 2017) gezeigt wurde. Die Verkehrszonen müssen deutlich kleiner gewählt werden, als dies für den MIV der Fall ist. Zudem ist die Netzkapazität in der Regel kein Routenwahlkriterium. Es spielen andere Faktoren, wie beispielsweise die Topografie oder die Umfeldqualität eine wichtigere Rolle.  
 Da der aktivitätsbasierte Ansatz zweckgebunden ist, das heisst von angesteuerten Zielen ausgeht, spielt die Berechnung von Erreichbarkeit eine entscheidende Rolle. Aus der räumlichen Modellierung der bebauten Umwelt und der Erreichbarkeiten werden Fussverkehrsaktivitäten abgeleitet.
- **Mikrosimulationsmodelle**  
 Diese Modelle simulieren die individuellen Menschen zu Fuss (auch Agenten genannt) im Raum in Abhängigkeit von der Zeit. Das Bewegungsverhalten der Individuen basiert auf Verhaltens- und Bewegungsmodellen. So wird jedem Agenten ein Tagesplan zugewiesen, welcher Zeit und Ort der täglich anfallenden Aktivitäten vorgibt. Die Verkehrsmenge kann als Nebenprodukt des Verkehrsflusses abgebildet werden. Diese realistischen Simulationen sind ursprünglich auf kleinere Perimeter angewendet worden wie beispielsweise auf Strassenabschnitten, auf Kreuzungen, in Flughäfen oder Einkaufszentren. Sie lassen sich aber immer mehr auch auf grössere Gebiete skalieren.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die vier Ansätze und deren typischen Datengrundlage auf. Zudem werden auch deren Vor- und Nachteile festgehalten.

**Tab. 1** Ansätze, um Fussverkehrsmengen abzuschätzen

| Ansatz                   | Datengrundlage   | Vorteil  | Nachteil  |
|--------------------------|--|--|---|
| direkte Nachfragemodelle | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zensusdaten</li> <li>• Nutzungsdaten</li> <li>• Fussverkehrszählungen</li> <li>• Z. T. Fusswegnetz</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Anwendung</li> <li>• meist einfache Datenbeschaffung für einen kleinen Perimeter</li> <li>• geringe Kosten für Modellierung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kaum direkt auf andere Betrachtungsperimeter übertragbar</li> <li>• beinhalten keine Nachfragemodelle</li> <li>• braucht viele Zählungen und damit u.U. hohe Kosten für Zählungen</li> </ul> |
| Netzwerkanalysemodelle   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fusswegnetz</li> <li>• Fussverkehrszählungen</li> <li>• Z. T. Zensusdaten</li> <li>• Z. T. Daten zur Flächennutzung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Anwendung</li> <li>• meist einfache Datenbeschaffung für einen kleinen Perimeter</li> <li>• geringe Kosten für Modellierung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kaum direkt auf andere Betrachtungsperimeter übertragbar</li> <li>• beinhalten keine Nachfragemodelle</li> <li>• braucht viele Zählungen und damit u.U. hohe Kosten für Zählungen</li> </ul> |
| Wegebasierte Modelle     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zensusdaten</li> <li>• Fusswegnetz</li> <li>• Nutzungsdaten</li> <li>• Fussverkehrszählungen</li> <li>• Z. T. Daten zu Verkehrsbeziehungen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verfeinerung der Abschätzung</li> <li>• von Aktivitäten ausgehend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beachten meist keine Erholungswege</li> <li>• Bestehende MIV-Modelle können nicht direkt übernommen werden (Bezirksgrösse, Umlage)</li> </ul>  |
| Mikrosimulationsmodelle  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäude</li> <li>• Fusswegnetz</li> <li>• Regelbasierte Bewegungsalgorithmen</li> <li>• Fussverkehrszählungen</li> <li>• Daten aus Verkehrsnachfragemodellen</li> <li>• Zensusdaten</li> <li>• Nutzungsdaten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr detailliert und präzise</li> <li>• bilden Aktivitäten ab</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexität der Methodik und der Eingabedaten</li> </ul>   |

Die Recherche zu den bestehenden Modellen, welche Fussverkehrsmengen abschätzen, legt den Fokus auf Methoden, die Anhaltspunkte für die angestrebte Methodik enthalten können. Aufgrund der Komplexität der Mikrosimulationsmodelle wird auf diese Modelle nicht weiter eingegangen. Beispiele aus der Schweiz sind:

- Das aktivitätsbasierte Mikrosimulationsmodell von Senozon<sup>2</sup>, welches mit MATSim umgesetzt wird.
- Das SIMBA Mobi der SBB, welches den gesamten Verkehr abbildet (inkl. Fuss- und Veloverkehr).
- Das ABVM Basel, welches als agentenbasiertes Modell von der ASE für angewandte Forschung zur Verfügung steht (Vitins et al. 2021). Es deckt auch den Fuss und Veloverkehr ab.

Die Literaturrecherche zeigt auf, dass sich bisher eine beachtliche Anzahl Studien mit direkten Nachfragemodellen und Netzwerkanalysemodellen beschäftigt hat. Studien, welche sich den wegebasierten Modellen zuordnen lassen, sind im Vergleich spärlich zu finden. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine exemplarische Übersicht von Modellen zur analytischen Ermittlung von Fussverkehrsmengen bzw. Fussverkehrspotenzialen auf. Insbesondere die aufgelisteten zählbasierten Methoden sind exemplarisch zu verstehen. Für deren umfangreicheren Überblick wird an dieser Stelle auf die Metaanalysen von Singleton et al. (2021) und Schneider et al. (2021) verwiesen. Die Übersicht in Tab. 2 ist nicht abschliessend zu verstehen. Sie zielt darauf ab, die Bandbreite der eingeführten Modelle aufzuzeigen und so eine Variation an Daten und methodischen Überlegungen aufzuführen. Eine Ausgangslage für die Modellsammlung bildet die Metaanalyse im NCHRP Report 770 (2014).

<sup>2</sup> senozon.com

**Tab. 2** Zusammenstellung von Methoden zur Abschätzung von Fussverkehrsmengen

| Quelle                               | Methodik  | Werkzeug            | Datengrundlage  | Output  | abgebildete Wegezwecke  | Anwendungsperimeter             |
|--------------------------------------|---|---------------------|---|---|-------------------------|---------------------------------|
| <b>direkte Nachfragemodelle</b>      |   |                     |   |   |                         |                                 |
| Griswold und Liu (2009)              | lineare Regression  | GIS Software        | Arbeitnehmende, Einkommen, Arbeitslosenrate, Gebäude, Strassen, ÖV-Haltestellen, Nutzung, Spirituosenladen, Höhenmodell, Zähl Daten   | Fussverkehrsaufkommen an Strassenkreuzungen   | nicht aktivitätsbasiert | San Francisco, Kalifornien, USA |
| NCHRP (2014): Seamless Travel Models | Regressionsmodell   | NA                  | Beschäftigte und Wohnbevölkerung, Detailhandel, Zähl Daten  | morgentliche Fussverkehrsspitze   | nicht aktivitätsbasiert | San Diego, Kalifornien, USA     |
| Tabeshian und Kattan (2014)          | Regressionsmodell   | SPSS, GIS-Software  | Anzahl ÖV-Nutzende, Anzahl Beschäftigte, Anzahl Bushaltestellen, gefahrene Bus-km, km Strassenlänge; km Fussweglänge, Ha Gewerbefläche, Anzahl Schulen, Zähl Daten                        | 2h-Fussverkehrsaufkommen  | nicht aktivitätsbasiert | Calgary, Alberta, Kanada        |
| Sanders et al. (2017)                | poisson Regressionsmodell   | Stata <sup>3</sup>  | Haushalte, Hochschulen, Gewerbe, Zähl Daten   | jährliches Fussverkehrsaufkommen in Potenzialstufen   | nicht aktivitätsbasiert | Seattle, Washington, USA        |
| Schatzmann (2018)                    | Jeder Datensatz wird in einem Rasternetz aggregiert. Hohe Dichten werden jeweils auf die umliegenden Rasterzellen verteilt. Die Gewichtung und Addition der Datenraster resultiert in einer Personenanzahl pro Zelle. Diese wird in eine Fussgängerfrequenz umgerechnet. Zellen, welche sich nicht mit einer Strasse schneiden, werden verworfen. | NA                  | STATPOP, STATENT, ÖV-Güteklassen, Nachfragesegmente im Verkaufsfächenmarkt <sup>4</sup> , internationale Bekleidungsfilialisten und Warenhäuser*, POIs, Strassen, Zähl Daten <sup>5</sup> | Fussgängerfrequenz (Personenanzahl/h) in Klassen (an einem Arbeitstag ausserhalb der Ferienzeit zu Ladenöffnungszeiten) | nicht aktivitätsbasiert | Schweiz                         |
| City of Berkeley (2020)              | Regressionsmodell   | NA                  | Wohnbevölkerung, Beschäftigte, Studierende, Geschäftsgebäude, ÖV-Haltestellen, Zähl Daten   | wöchentliches Fussverkehrsaufkommen an Kreuzungen (in Klassen) und auf Strecken (in Potenzialstufen)                    | nicht aktivitätsbasiert | Berkeley, Kalifornien, USA      |
| <b>Netzwerkanalysemodelle</b>        |   |                     |   |   |                         |                                 |
| Desyllas et al. (2003)               | Multiple Regressionsanalyse, welche Netzwerkanalysegrößen inkludiert  | Fathom <sup>6</sup> | Strassennetz, U-Bahnstationen, Gehwegbreite, Schaufensteranteile, Zähl Daten  | durchschnittliches Fussverkehrsaufkommen pro h und Streckenabschnitt  | nicht aktivitätsbasiert | Central London, UK              |

<sup>3</sup> Eine Statistiksoftware<sup>4</sup> privater, nicht öffentlich zugänglicher Datensatz<sup>5</sup> Obwohl der Methodenbericht Zähl Daten nicht explizit aufführt, kann davon ausgegangen werden, dass für in den Kalibrierungsprozess Zähl Daten eingeflossen sind.<sup>6</sup> Netzwerkanalysetool

| Quelle   | Methodik  | Werkzeug                      | Datengrundlage  | Output  | abgebildete Wegezwecke  | Anwendungsperimeter             |
|--|---|-------------------------------|---|---|---|---------------------------------|
| Lerman et al. (2014)                           | Regressionsanalyse, welche Netzwerkanalysen-Größen inkludiert   | depthmap <sup>7</sup>         | Strassennetz (angepasst auf Fussgänger), Schaufenster (aus Einzelhandel abgeleitet), Zählraten                                      | durchschnittliche Anzahl Menschen zu Fuss pro Stunde und Netzabschnitt  | nicht aktivitätsbasiert   | Bat Jam, Israel                 |
| Cooper et al. (2021)                           | Anstatt Aktivitäten ausgehend von der Nutzung zu generieren, werden verschiedene betweenness (Netzwerkgrößen) in einer Kreuzvalidierten multiplen Regression berechnet. Dies entspricht den Fussverkehrsflüssen zwischen den Zielen. Die Distanzen werden mit einem hybriden Ansatz (kürzeste und direkteste Wege) berechnet.   | sDNA, GIS-Software, Python, R | Fussverkehrsnetz, Einzelhandelsfläche, Geschäfte, Bahnhofstationen; Parkhäuser, Zählraten   | Einkaufsverkehr in Klassen  | Einkaufen   | Cardiff, Wales, UK              |
| <b>Wegebasierte Modelle</b>                    |   |                               |   |   |   |                                 |
| Kuzmyak et al. (2014): GIS Accessibility Model | Pro Quelle-Ziel-Beziehung (Umfragedaten) wird die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen für alle Modi berechnet (kürzeste Zeitwege zu den Aktivitätszielen), die Verkehrsmittelwahl kann mit der resultierenden Erreichbarkeit erklärt werden   | GIS Software                  | Einwohnerzahl und Beschäftigte, Nutzung, umfassendes Transportnetz (inkl. Fusswegnetz), Umfragedaten                                | Anzahl an Aktivitäten pro Baublock, welche auf dem Fussweg getätigt werden (keine Umlegung)   | Arbeit  | Arlington County, Virginia, USA |
| Kuzmyak et al. (2014): MoPeD                   | Ähnlich 4-Stufen-Ansatz, nur für Fussverkehr ohne Verkehrsmittelwahl, die Bezirksgröße entspricht der Baublockgröße<br>Verkehrserzeugung = f(Fahrzeugbesitz, Strassenkonnektivität, Wohnbebauung, Gewerbliche Nutzung)<br>Umlegung aufgrund kürzester Wege  | GIS Software                  | Fussgängeretz, Nutzungsdaten, Zensusdaten   | Fussgängervolumen an Kreuzungen in Klassen  | nur Aktivitäten, welche an den Wohn- oder Arbeitsort gebunden sind              | Baltimore City, Maryland, USA   |
| Erath et al. (2019)                            | Statistische Modelle für wohnort- bzw. arbeitsortgebundene Aktivitäten sowie Rundwege (diese unterscheiden sich in den deskriptiven Kenngrößen)<br>Aus den statistischen Modellen wird pro Ha-Rasterzelle (aufgrund der vorliegenden räumlichen Charakteristiken) die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass kurze Wege stattfinden und in welcher Anzahl; daraus lässt sich die erwartete Anzahl Aktivitäten ermitteln | NA                            | Mikrozensus Verkehr 2010 (MZMV), POIs, Fusswegnetz, Bevölkerungsdichte, Arbeitsplatzdichte, Gelände-modell, Grünraum, ÖV-Güteklasse | erwartete Anzahl an Aktivitäten pro Tag und Person bzw. Arbeitsplätze pro ha-Rasterfeld, die mit kurzen Wegen erreicht werden können<br>Anzahl erwartete Rundwege pro Tag<br><br>(keine Umlegung) | nur Aktivitäten, welche an den Wohn- oder Arbeitsort gebunden sind und Rundwege | gesamte Schweiz                 |

<sup>7</sup> Dieses Netzwerkanalysetool ist mittlerweile von **depthmapX** abgelöst worden. Dieses Opensourceprogramm enthält vorprogrammierte Analysen zu Space Syntax Kenngrößen und ein Scripting Interface (Python). Es wird von einem Team von Mitgliedern der Bartlett School of Architecture am UCL und Freiwilligen laufend weiterentwickelt. Es besteht auch ein QGIS-Plugin: **qgisSpaceSyntaxToolkit**

| Quelle                 | Methodik   | Werkzeug                            | Datengrundlage   | Output   | abgebildete Wegezwecke                    | Anwendungsperimeter  |
|------------------------|--|-------------------------------------|--|--|---|--|
| Bubenhof et al. (2019) | Fussverkehrspotenzial: Pro Arbeits- und Wohnort wird aufgrund der auf dem Fusswegnetz erreichbaren Ziele die Anzahl Fusswege geschätzt. Relevanz von Netzabschnitten: Umlegung des Potenzials auf das Fusswegnetz. Abschnitte haben eine hohe Fussverkehrsrelevanz, wenn der Abschnitt für viele Personen auf dem direktesten Weg zu ihren Zielen begangen wird. | Python-Script, pgRouting/PostGIS, R | Strassennetz, Bevölkerung, Beschäftigte, Aktivitätsziele, ÖV-Haltestellen, Höhenmodell | Anzahl erzeugte Fusswege (reine Fusswege oder Fusetappen als Teil von ÖV-Wegen) pro Gebäude in Klassen<br>Strassenabschnitte mit Anzahl Fusswegen (reine Fusswege oder Fusetappen als Teil von ÖV-Wegen) in Relevanz-Klassen | funktionaler Fussverkehr ohne Naherholung | Kanton Zürich, kleinere Perimeter für die Städte Aarau, Zug/Baar, Bern |

NA = die Quelle macht dazu keine Angabe



**Abb. 3** Kanton Zürich Fussverkehrspotenzial und Umlegung auf Fusswegnetz (Beispiel Uster) (Methodik: Bubenhof et al. 2019)

Aus **Tab. 2** lassen sich nachfolgende Softwarewerkzeuge festhalten: Statistiksoftware, GIS-Software und Netzwerkanalysesoftware (depthmapX, sDNA, Fathom).

### 2.1.3 Routingansätze

Für den Routenplaner der Stadt Zürich hat Grün Stadt Zürich eine Methodik entwickelt, um «attraktive» Wege aufzeigen zu können (Svoboda und Winkler 2020). Mit «Grün Vernetzt» können naturnahe Wege durch die Stadt generiert werden. Nebst dem direkten Weg zeigt der Onlineroutenplaner auch attraktivere Wege auf, die abseits der stark und schnell befahrenen Hauptverkehrsachsen verlaufen oder entlang von Parkanlagen und Gewässern führen. Dazu werden verschiedene Grünelemente klassiert und gebuffert. Die verschiedenen Grünelementeinflussbereichsklassen und Klassenkombinationen, welche daraus entstehen, werden gewichtet, was dem Grünwert entspricht. Auch der aggregierte Lärmkataster wird klassiert und gewichtet. Sowohl der Grünwert wie auch der Lärmwert werden mit den Fusswegen verschnitten. Die Multiplikation jeder Wegsegmentlänge mit dem Grün-, Lärmwert und den Leistungskilometern verkürzt oder verlängert die metrische Distanz künstlich. So können die resultierenden Daten für ein attraktives Routing verwendet werden.

Des Weiteren soll an dieser Stelle auch auf walkalytics hingewiesen werden. Walkalytics ist ein Fussverkehrsanalyseansatz von EBP. Für die Isochronenanalyse, welche auch inoffizielle Abkürzungen und potenzielle Abkürzungen über Freiflächen berücksichtigt, wird kein routing-fähiger Datensatz benötigt. Es handelt sich um einen flächenbasierten Ansatz. Ausgehend von einem Startpunkt werden virtuelle Menschen zu Fuss in alle möglichen Richtungen ausgeschildet, wobei ihre Geschwindigkeit von der *Walkability* der Topographie und von Hindernissen (z.B. Flüsse, Bahngleise etc.) abhängig gemacht wird (EBP o. J.).

## 2.2 Daten

Die vorliegende Forschungsarbeit setzt sich nachfolgende Vorgaben an die Daten, welche in das Modell einfließen sollen:

- Die Daten sind öffentlich zugänglich (für Gemeinden/Kantone; nicht zwingend Open Government Data).
- Die Daten sind langfristig vorliegend und aktuell gehalten.
- Die Daten liegen für die gesamte Schweiz vor. Das Basismodell soll die zentralen Anforderungen durch robuste Ergebnisse abdecken. Es stützt sich auf einfach verfügbare Daten.

Dementsprechend werden Mobilfunkdaten, Google-Daten o. Ä. nicht weiter in Betracht gezogen. Der Zugang zu diesen Daten ist nicht immer klar geregelt und der Bezug ist oftmals sehr teuer.

Die schweizweite Abdeckung ist nur für das Basismodell eine zwingende Vorgabe. Da in den Zusatzmodulen thematischen Vertiefungen nachgegangen wird (vgl. Kapitel 4.3), sollen in diesen auch nicht schweizweit verfügbaren Daten eingebracht werden können. Dies kann schlussendlich auch die Notwendigkeit für einen schweizweiten Datensatz aufzeigen.

In **Tab. 3** sind die für die Methoden aus Kapitel 2.1.2 notwendigen Datensätze zusammengetragen und mit den für die Schweiz frei verfügbaren Daten abgeglichen. Daraus können fehlende, frei verfügbare Daten identifiziert werden und Ansatzpunkte für die Erweiterung bestehender Datensätze gegeben werden.

**Tab. 3** Datengrundlagenübersicht aus den in Tab. 2 aufgeführten Methoden und deren Pendant für die Schweiz

| Datengrundlage   | Datensatz   | Ausdehnung                                      |
|--|---|---|
| Strassennetz inkl. Klassierungen                                 | swissTLM3D  | Schweiz   |
| Fusswegnetz  | Fusswegnetz der Stadt Zürich<br>OpenStreetMap   | Stadt Zürich<br>Schweiz                         |
| Einwohner  | STATPOP (Einzeldaten)   | Schweiz   |
| Haushalte  | GWS (Einzeldaten)   | Schweiz   |
| Beschäftigte   | STATENT (Einzeldaten)   | Schweiz   |
| Points of interest   | teils STATENT (Einzeldaten)<br>OpenStreetMap  | Schweiz   |
| ÖV-Haltestellen  | Haltestellen des öffentlichen Verkehrs<br>swissTLM3D  | Schweiz<br>Schweiz                              |
| ÖV-Güteklassen   | ÖV-Güteklassen ARE<br>ÖV-Güteklassen 2018 (HSR) <sup>8</sup>  | Schweiz<br>Schweiz                              |
| Topografie   | swissALTI3D   | Schweiz   |
| Grünraum   | Arealstatistik (Ha-Raster)<br>OpenStreetMap   | Schweiz<br>Schweiz                              |
| Gewässerkörper   | swissTLM3D<br>OpenStreetMap   | Schweiz<br>Schweiz                              |
| Verkehrsverhalten von Individuen                                 | Mikrozensus Mobilität und Verkehr   | Schweiz   |
| Verkehrsaufkommen  | Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM)  | Schweiz   |
| Lärm   | Sonate  | Schweiz   |
| demographische Daten wie Haushaltseinkommen und Arbeitslosenrate | nicht frei verfügbar  |   |
| umfassendes Transportnetz (MIV, ÖV, Langsamverkehr)              | nicht vorhanden   |   |
| Geschwindigkeitsbegrenzung                                       | nicht vorhanden   |   |
| Einzelhandelsfläche  | nicht vorhanden   |   |
| Schaufensteranteile / öffentlich wirksame Erdgeschossnutzung     | nicht vorhanden   |   |
| Parkhäuser   | nicht vorhanden   |   |
| Trottoir und Trottoirbreiten                                     | Datenbank mit gesamtem Netz des Teilrichtplans Fuss-/Veloverkehr (Basel-Stadt); Defizitplan Trottoirbreiten Stadt Zürich  | Basel-Stadt und Stadt Zürich                    |
| Zähldaten  | Bspw. Kalibrierte Informationen aus diversen Dauerzählstellen aus Basel-Stadt und der Stadt Zürich<br>weitere Daten aus temporären Zählungen, welche nicht direkt zugänglich sind | Bspw. Basel-Stadt und Stadt Zürich<br>punktuell |

Für die im Kapitel 2.1.1 aufgeführten Einflussfaktoren auf das Fussverkehrsverhalten liegen schweizweit überwiegend keine frei verfügbaren Daten vor. Ausnahmen bilden hauptsächlich die bereits von (Ewing und Cervero 2010) aufgeführten Charakteristiken, welche sich aus dem Strassennetz ableiten lassen sowie Lärmdaten. Diese Ausnahmen sind in der vorangehenden Tabelle bereits aufgeführt.

<sup>8</sup> Der ÖV-Güteklassen 2018 Generator überarbeitet die nicht mehr zeitgemässe Berechnungsmethodik vom Bundesamt für Raumentwicklung. Er kombiniert die Erkenntnisse aus einigen kantonalen Lösungen mit den aktuellen technischen Möglichkeiten zu einer schweizweiten Spezifikation. Die Grundlage bilden Fussverkehrs-routing-Graphen aus OpenStreetMap, die Topografie und eine überarbeitete Kursintervallsdefinition für Haltestellen. Der Generator ermöglicht die automatisierte Berechnung dieser aktualisierten ÖV-Güteklassen (Matter und Suter 2018).

Die Schweiz ist relativ gut aufgestellt bezüglich der Datengrundlagen aus **Tab. 3**. Wenn OpenStreetMap-Daten in die Betrachtung miteinfließen und den Qualitätsansprüchen genügen sowie das nötige Fachwissen zur Datenprozessierung vorhanden ist, kann ein beachtlicher Teil der Daten schweizweit abgedeckt werden. Gerade in Bezug auf Daten aus der Strassenraumgestaltung, wie Sitzbänke, Strassenbeleuchtung, Schaufenster etc. ist ein aktueller schweizweiter Datensatz noch in weiter Ferne. Damit können viele Kriterien, welche die Qualität des öffentlichen Raumes beschreiben, nicht in das Modell einfließen.

Als wichtigen «fehlenden» Datensatz sind die Zählraten zu nennen. Dauerzählstellen sind aktuell nur in einzelnen Städten vorhanden. Punktuell sind auch projektbasierte Zählraten zugänglich. Diese müssen jedoch explizit angefragt werden. Auch bieten die bei Strassenbauprojekten routinemässig durchgeführten Knotenstromzählungen eine Zählratengrundlage, wenn diese auch explizit den Fussverkehr erfassen. Um aus diesen, bereits erhobenen Daten zum Fussverkehrsaufkommen einen weiteren Mehrwert generieren zu können, ist eine Plattform wünschenswert, auf welcher die Projektzählraten gesammelt und frei zugänglich bereitgestellt werden. Der Bund plant bspw. Mit der staatlichen Mobilitätsdateninfrastruktur MODI eine Plattform, mit welcher die Nutzung von vorhandenen Mobilitätsdaten verbessert werden soll. Einen Überblick wie Zählraten für den Fussverkehr erhoben werden können, gibt die aktuelle Forschung «Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs» (Pestalozzi et. Al. 2022).

### 2.2.1 Schweizweit verfügbar

#### *Daten des Bundes*

Die nachfolgende Tabelle zeigt als Weiterführung der **Tab. 3** die verfügbaren Bundesdaten auf. Die Tabelle ist zusätzlich um Daten ergänzt, welche aus Sicht des Projektteams ebenfalls als mögliche Datengrundlagen Verwendung finden können.

**Tab. 4** Zusammenstellung von möglichen Bundesdaten

|   | Datensatz  | Datenherr | Nachführungszyklus  | Zugänglichkeit  |
|---|--|-----------|---|---|
| <b>Strassennetz (inkl. Klassierung und z-Wert)</b>  | swissTLM3D, TLM Strassen, TLM_Strassenroute                                  | swisstopo | jährlich  | Open Government Data  |
| <b>Bevölkerung</b>  | STATPOP (Einzeldata)   | BFS       | jährlich  | für Gemeinden/ Kantone frei verfügbar   |
| <b>Haushalte</b>  | GWS (Einzeldata)   | BFS       | jährlich  | Geobasisdatensatz   |
| <b>Beschäftigte und/oder Ziele</b>  | STATENT (Einzeldata)   | BFS       | jährlich  | Geobasisdatensatz   |
| <b>ÖV-Haltestellen mit Haltestellenkategorie</b>  | Haltestellen des öffentlichen Verkehrs                                       | ARE       | jährlich  | Open Government Data  |
| <b>Topografie</b>   | swissALTI3D, bis zu 50cm Auflösung   | swisstopo | 6 Jahre   | Open Government Data  |
| <b>Verkehrsverhalten von Individuen</b>   | Mikrozensus Mobilität und Verkehr  | BFS / ARE | 5 Jahre (2015, 2020 aufgrund Covid-19 unterbrochen 2021 wieder aufgenommen) | Datenschutzvertrag nötig; kostenlos für Studien im Auftrag einer Bundes- oder Kantonsstelle sowie für gewisse Forschungstätigkeiten |
| <b>Bodenbedeckung/Bodennutzung (z. B. Erholungs- und Grünanlagen; Wald; Seen und Flüsse)</b>  | Arealstatistik (Ha-Raster)   | BFS       | rollende Erhebung alle 6 Jahre  | Geobasisdatensatz   |
| <b>Bodenbedeckung/Bodennutzung (Wald, stehende Gewässer)</b>  | swissTLM3D, TLM Bodenbedeckung   | swisstopo | jährlich  | Open Government Data  |
| <b>Bodenbedeckung/Bodennutzung (Gewässer)</b>   | swissTLM3D, TLM Fliessgewässer & TLM stehendes Gewässer                      | swisstopo | jährlich  | Open Government Data  |
| <b>Bodenbedeckung/Bodennutzung (z. B. Campingplatz-, Freizeitanlagen-, Golfplatz-, Pferderennbahn-, Schwimmbad-, Sportplatz-, Zooreal )</b> | swissTLM3D, TLM Freizeitareal  | swisstopo | jährlich  | Open Government Data  |
| <b>Lärm</b>   | sonBase:<br>Strassenverkehrslärm Tag<br>Eisenbahnlärm Tag<br>(10x10m-Raster) | BAFU      | 5 Jahreszyklus angestrebt (Daten aus 2015 als letzte Grundlage)             | Open Government Data  |
| <b>Standorte und Verfügbarkeiten von Shared Mobility Angeboten</b>  | Shared Mobility  | BFE       | täglich   | Open Government Data  |
| <b>Verkehrsaufkommen (Strasse, Schiene)</b>   | Nationales Personenverkehrsmodell  | ARE       | abhängig von der Aktualisierung der Inputdaten                              | Open Government Data  |

### OpenStreetMap

Eine der bekanntesten Plattformen für freie Geodaten ist OpenStreetMap (OSM). Darauf werden Geodaten in strukturierter Form erfasst und für die freie Nutzung bereitgestellt. Die von Freiwilligen (Mappern) gesammelten OSM-Daten sind vielfältig, da die Struktur viele mögliche Attribute zulässt. Die Datenvollständigkeit in OSM korreliert hauptsächlich mit der Bevölkerungsdichte und dementsprechend mit den potenziellen und tatsächlich vorhandenen Mappern. Die Daten im urbanen Raum werden als nahezu vollständig angesehen, die Datengenauigkeit ist aber dennoch abhängig vom lokalen Kontext und vom Anwendungsfall (Gil 2015).

Als wichtige Datengrundlage ist ein vollständiges Fusswegnetz zu nennen, welches so weit wie möglich den realen Begebenheiten entspricht. Da ein solches Netz von offiziellen Stellen nicht über die gesamte Schweiz zur Verfügung gestellt wird, liegt eine eingehende Betrachtung der OpenStreetMap-Datenqualität nahe. Die Strassen-Checkliste<sup>9</sup> listet für die Schweiz die Strassen in OSM auf, welche im Vergleich mit dem Gebäude- und Wohnregister nicht vorhanden sind. Konkret werden Strassennamen, die zu einer gültigen Adresse gehören, mit den Strassennamen in OSM abgeglichen. Bezüglich des erfassten Fusswegnetzes innerhalb der Schweiz, kann davon ausgegangen werden, dass es vollständig ist. Teils können aber Fehler in der Topologie auftreten, was bei dessen Verwendung als Routinggrundlage eine Nachbearbeitung notwendig macht. Ein solches Postprocessing ist für das OSM-Strassennetz jedoch sowieso unerlässlich. Da die Kanten nicht an allen Kreuzungen aufgespalten sind, ist der Graph ohne vorbereitende Schritte nicht routingfähig. Für den Grossraum Wien haben Graser et al. (2013) in einem systematischen Vergleich das OSM-Strassennetzwerk dem offiziellen österreichischen Referenzgraphen «Graphenintegrations-Plattform» (GIP) gegenübergestellt. Die Netzwerklänge und die Anzahl Einbahnstrassen der beiden Graphen ist vergleichbar, bezüglich der Attributvollständigkeit liegt OSM etwas zurück. Die Resultate beziehen sich auf das Routing vom MIV.

Die Qualität von OpenStreetMap Daten wird jedoch immer besser. Bereits 2013 konnte der Schweizer OSM-Verein deutliche lineare Zusammenhänge zwischen Datum und der Anzahl erfassten Points of Interest (POIs) ausmachen (Spreng 2013).

## 2.2.2 Räumlich begrenzt verfügbar

Im Folgenden wird als Beispiel für räumlich begrenzt verfügbare Daten der Kanton Zürich und die Stadt Zürich herangezogen, da bei den Zusatzmodulen der Fokus u. a. auf die Stadt Zürich gelegt wird.

### Kanton Zürich

Die nachfolgende Tabelle führt in Anlehnung an **Tab. 3** die verfügbaren Daten des Kantons Zürich auf. Die Tabelle ist zusätzlich um Daten ergänzt, welche aus Sicht des Projektteams ebenfalls als mögliche Datengrundlagen Verwendung finden können.

**Tab. 5** Zusammenstellung von möglichen Daten des Kantons Zürich

| Datensatz  | Zugänglichkeit          |
|--|-------------------------|
| stark verkehrserzeugende Einrichtungen               | Aufwand wird verrechnet |
| AV Strassenachsen (ergänzendes Strassennetz)         | Open Government Data    |
| öffentliche Badeplätze                               | Open Government Data    |
| Bodenbedeckung (Gartenanlage, Wald, offene Gewässer) | Open Government Data    |

<sup>9</sup> <http://qa.poole.ch/ch-roads/>

*Stadt Zürich*

Die nachfolgende Tabelle zeigt in Anlehnung an **Tab. 3** die verfügbaren Daten der Stadt Zürich auf. Die Tabelle ist zusätzlich um Daten ergänzt, welche aus Sicht des Projektteams ebenfalls als mögliche Datengrundlagen Verwendung finden können.

Die Stadt Zürich verfügt über ein Fusswegnetz, welches u. a. auch die Grundlage für den städtischen Routenplaner bildet. Die begehbaren Wege sind lagegenau erfasst. Dementsprechend sind auch Trottoirs und Fussgängerstreifen inbegriffen.

**Tab. 6** Zusammenstellung von möglichen Daten der Stadt Zürich

| <b>Datensatz</b>   | <b>Zugänglichkeit</b> |
|--|-----------------------|
| Fusswegnetz  | Open Government Data  |
| Laufen (Finnenbahn, Vita Parcours, Waldlauf)               | Open Government Data  |
| Freifläche, wie Park oder Friedhof                         | Open Government Data  |
| POIs zur Freizeitnutzung (Spielplatz, Familiengärten etc.) | Open Government Data  |



## 3 Einschätzungen und Erwartungen

Die Bedürfnisse aus der Praxis an die Methodik werden anhand von einer Online-Befragung bei potenziellen Nutzenden der Methodik und anhand von Interviews mit Expertinnen und Experten aufgezeigt. Diese Bedürfnisse werden als Grundlage zur Ausarbeitung der Methodik verwendet. Zudem kann damit das Interesse für die resultierende Methodik bereits geweckt werden. Es werden auch mögliche Anwendungsfelder aufgezeigt.

### 3.1 Online-Befragung

Mit einer möglichst breit angelegten Online-Befragung wurden potenzielle Nutzer und Nutzerinnen der angestrebten Methodik befragt. Dadurch wurden die Bedürfnisse nach und die Anforderungen an Daten zu streckenbezogenen Fussverkehrsmengen eingeholt. Die Umfrage richtete sich an Fachleute in der Schweiz und zeigt die Praxissicht auf. Sie wurde in deutscher und französischer Sprache über verschiedene fachrelevante Netzwerke (z.B. SVI-Mitglieder, Fachstellen Fussverkehr bei Kantonen und Gemeinden) verteilt.

Die Umfrage gliedert sich in die nachfolgenden Aspekte:

- Fragen, welche das Arbeitsfeld charakterisieren
- Fragen bezüglich dem Anwendungsfeld und Kontext
- Fragen zur aktuellen Datensituation und deren Beurteilung
- Fragen in Bezug auf die geeigneten Messgrößen
- Frage, welche resultierende Lösung interessiert
- Fragen zum bestehenden Datensatz des Kanton Zürich
- Anfrage nach Fussverkehrszählungen zu Validierungszwecken

Der Rücklauf der Online-Umfrage beläuft sich auf 147 vollständig ausgefüllte Fragebogen. Dies deutet auf ein vorhandenes Interesse an der Methodik bzw. am Thema hin. Eine Rücklaufquote kann nicht angegeben werden, da der Versand über die Netzwerke selbst abgewickelt wurde und aus Datenschutzgründen die Namen und die Anzahl nicht an die Forschungsstelle weitergegeben wurden.

Die Ergebnisse der Befragung sind in den nachfolgenden Kapiteln zusammengefasst. Die komplette Zusammenstellung der zugehörigen Diagramme ist im Anhang I.1.2 zu finden.

#### 3.1.1 Arbeitsfeld der Teilnehmenden

Der Rücklauf der Online-Befragung stellt sich hauptsächlich zusammen aus Vertretern und Vertreterinnen der strategischen Planung (43%) und aus Personen, welche sich hauptsächlich mit der Projektierung und Arealplanungen auseinandersetzen (42%). Daneben macht der Arbeitsbereich, welcher Fussverkehrsdaten bereitstellt (z.B. Modellierung, Zählungen, Monitoring), lediglich 15% aus.

Die Teilnehmenden sind primär in der Verwaltung tätig (54%) oder arbeiten in Ingenieur- und Planungsbüros (31%). Forschungseinrichtungen und Hochschulen machen 4% des Rücklaufs aus.

Ein geringer Prozentsatz der Beteiligten setzt sich im Alltagsgeschäft anteilmässig viel mit Fussverkehr auseinander. Mehrheitlich macht der Fussverkehr unter 40% der täglichen Arbeit aus (vgl. **Abb. 4**).

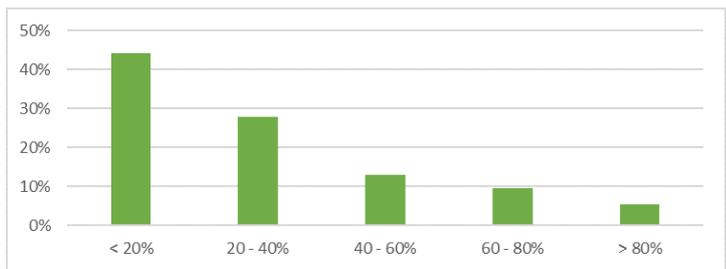


Abb. 4 Stellenwert des Fussverkehrs im Alltagsgeschäft

### 3.1.2 Anwendungszweck

#### Anwendungsfelder

Die erhobene Rangierung von Anwendungsfeldern ist in **Abb. 5** aufgezeigt. Die streckenbezogenen Fussverkehrsmengen sollen hauptsächlich als Planungsgrundlagen für konkrete Umgestaltungsprojekte oder zur Dimensionierung von Fussverkehrsanlagen eingesetzt werden können. 45% setzen dieses Anwendungsfeld an die erste oder zweite Stelle einer Rangierung. Auch das Identifizieren von wichtigen Fussverkehrsrouten wird als wichtiges Anwendungsfeld aufgeführt (von 31% als wichtigstes oder zweitwichtigstes Feld eingestuft). Es besteht ein Bedürfnis nach Datengrundlagen, welche im Planungs- sowie im Projektierungsprozess Verwendung finden sollen.

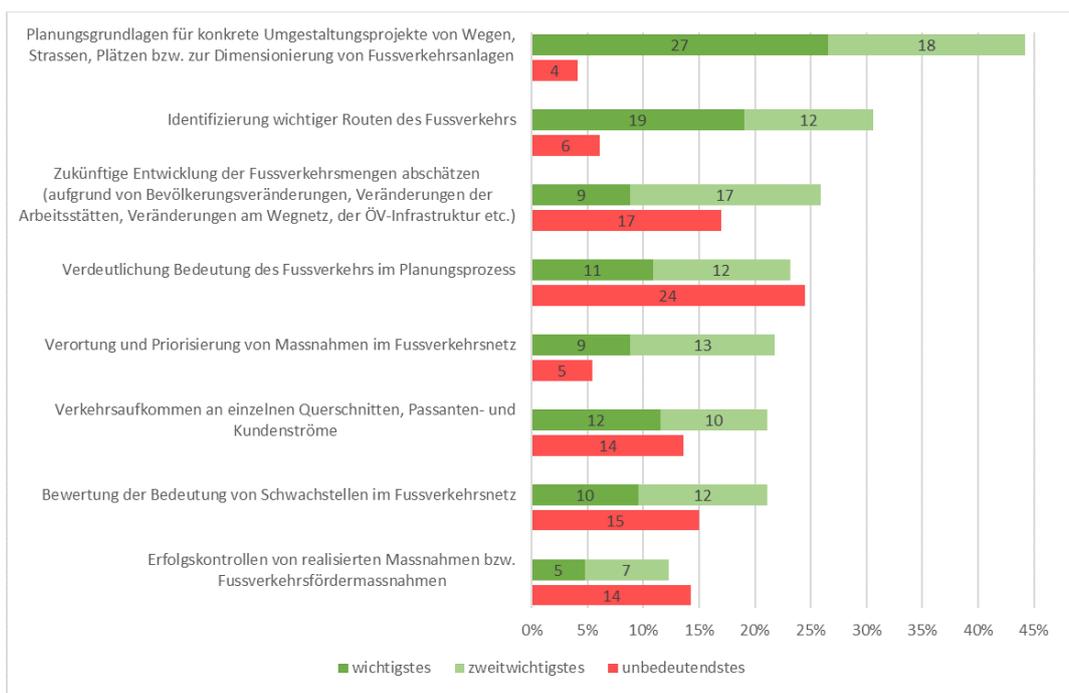


Abb. 5 Einordnung von Anwendungsfeldern für streckenbezogene Fussverkehrsmengen

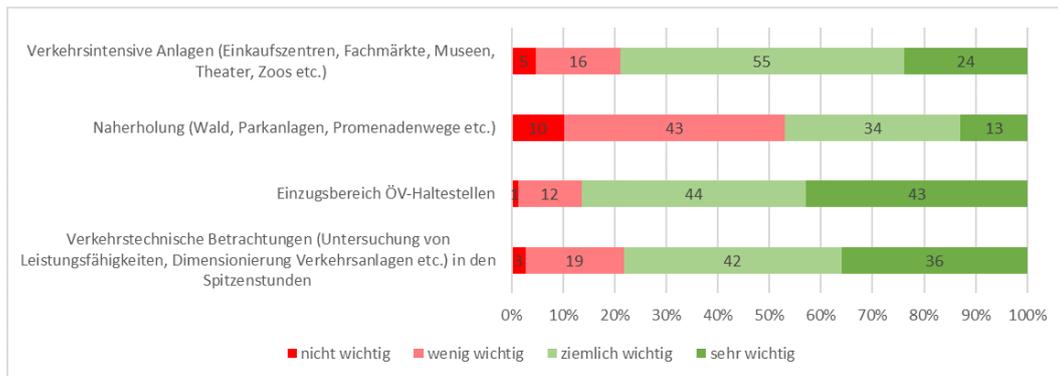
Es ist festzuhalten, dass sich die Antwortkategorien nicht immer eindeutig getrennt voneinander betrachten lassen. Es sind Abhängigkeiten und Überlappungen vorhanden. Dennoch lässt sich anhand der Resultate eine Tendenz ausmachen, welche sich, auch mithilfe der im Anschluss geführten Fachgespräche, einordnen lässt (vgl. Kapitel 3.2.2).

#### Kontext

**Abb. 6** zeigt die Bedeutung von unterschiedlichen Anwendungskontexten auf. Verkehrsin-tensive Anlagen, Einzugsbereiche von ÖV-Haltestellen und verkehrstechnische Betrachtungen in Spitzenstunden werden von 78 bis 86% der Teilnehmenden als sehr wichtigen oder ziemlich wichtigen Kontext eingestuft. Im Vergleich dazu erreicht die Naherholung nur 47%. Dennoch zeigt sich, dass es sich um einen Bereich handelt, wofür Nachfrage besteht.

Dass die Naherholung jedoch generell nicht als prioritärer Kontext angesehen wird, zeigt sich auch, wenn nur die als sehr wichtig eingestuften Kontexte betrachtet werden. Über ein Drittel der Befragten ordnen Einzugsbereiche von ÖV-Haltestellen (43%) und verkehrstechnische Betrachtungen in Spitzenstunden (36%) als sehr wichtig für streckenbezogene Fussverkehrsmengen ein, während die Naherholung lediglich auf 13% kommt.

Die Rangierung der Bedürfnisse sieht wie folgt aus: 1. Einzugsbereich von ÖV-Haltestellen, 2. Verkehrstechnische Betrachtungen in Spitzenstunden, 3. Verkehrsintensive Anlagen, 4. Naherholung.

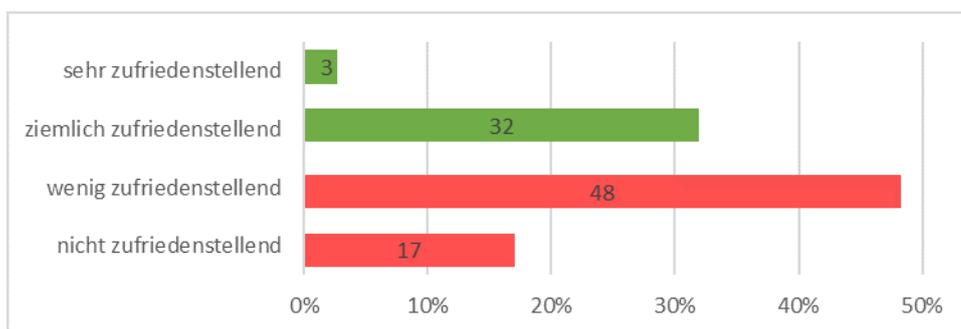


**Abb. 6** Beurteilung von Anwendungskontexten für streckenbezogene Fussverkehrsmengen

### 3.1.3 Aktuelle Datensituation und deren Beurteilung

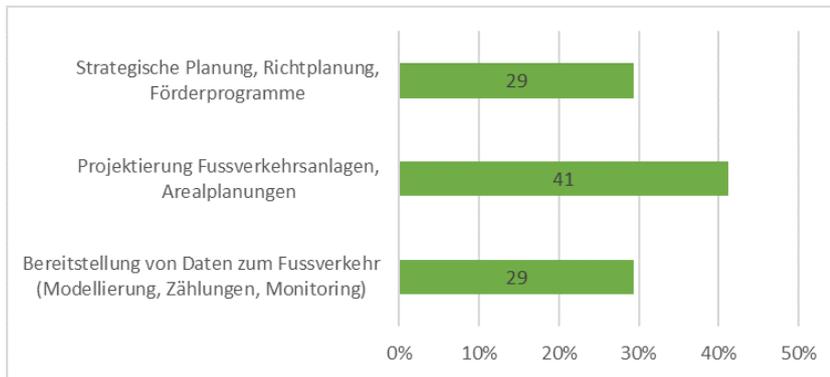
Rund zwei Drittel der Befragten benutzen derzeit hauptsächlich eigene Erhebungen, um die Verkehrsmenge im Fussverkehr abzuschätzen. Informationen aus Zählstellen (16%) und Verkehrsmodellldaten (14%) machen fast das gesamte restliche Drittel aus. Eigene Berechnungsmodelle (2%) und Mobilfunkdaten (3%) werden nur vereinzelt als hauptsächliche Datengrundlage genannt.

Die Beurteilung dieser Datengrundlage in Bezug auf die wichtigsten Anwendungsfelder ist in **Abb. 7** ersichtlich. Der Grossteil der Befragten ist mit der Datengrundlage nicht zufrieden, lediglich etwas mehr als ein Drittel ist ziemlich oder sehr zufrieden.

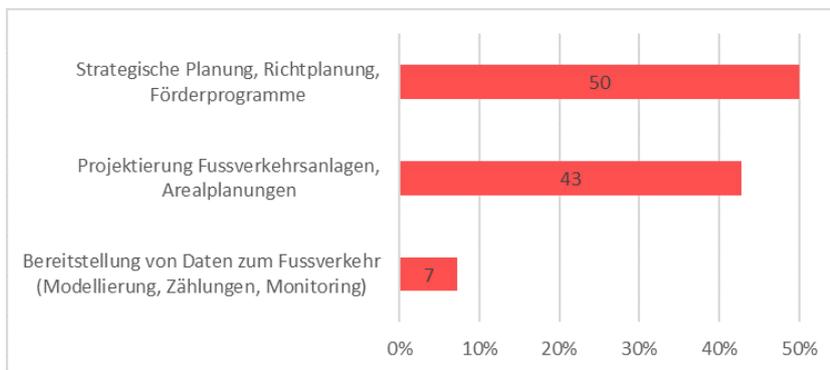


**Abb. 7** Beurteilung der Datengrundlage in Bezug auf die wichtigsten Anwendungsfelder

Die nachfolgenden Abbildungen (**Abb. 8** und **Abb. 9**) zeigen die Zusammensetzung der tendenziell zufriedenen und tendenziell unzufriedenen Befragten auf. Es zeigt sich, dass im Vergleich mehr Vertreterinnen und Vertreter aus der strategischen Planung die hauptsächlich verwendete Datengrundlage wenig bis nicht zufriedenstellend einstufen.



**Abb. 8** Zusammensetzung der «ziemlich» und «sehr» zufriedenen Befragten (51 Personen)



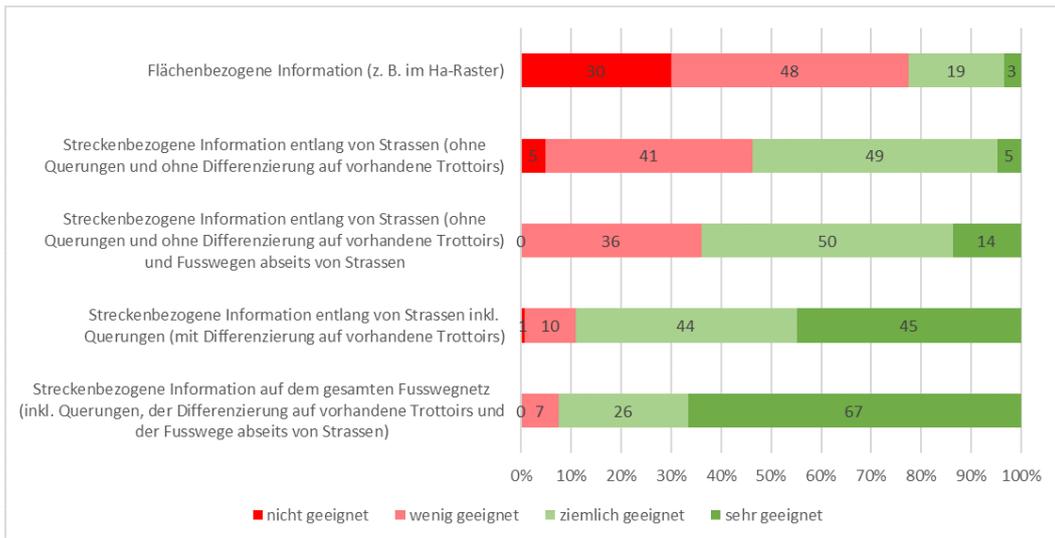
**Abb. 9** Zusammensetzung der «wenig» und «nicht» zufriedenen Befragten (96 Personen)

### 3.1.4 Messgrössen

#### *Räumliche Einheit*

**Abb. 10** zeigt auf, welche räumliche Auflösung als geeignet eingeschätzt wird. Je grösser die Auflösung bzw. je differenzierter die Fussverkehrsmengen im Raum verortet werden können, desto geeigneter werden diese für die Praxis eingestuft. Es lässt sich ein klares Bedürfnis an streckenbezogenen Daten (54 bis 93% «sehr» und «ziemlich geeignet») ausmachen. In flächenbezogenen Informationen sehen demgegenüber lediglich 21% («sehr» und «ziemlich geeignet») einen Mehrwert.

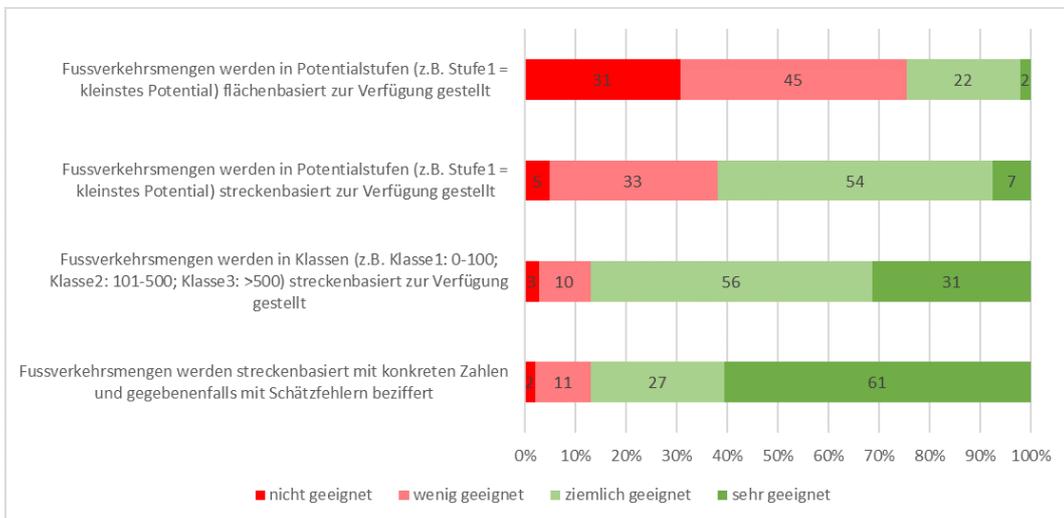
Die Abbildung von Querungen und die Differenzierung auf Trottoirs wird von 89% als «sehr» oder «ziemlich geeignet» eingestuft, auch wenn dies nur für die Streckenabschnitte entlang von Strassen aufgearbeitet würde. Dagegen wird die streckenbasierte Information entlang von Strassen und Fusswegen abseits von Strassen nur von 64% als «sehr» und «ziemlich geeignet» wahrgenommen. Der Mehrwert gegenüber einer Information, welche nur entlang von Strassen dargestellt wird, ist verhältnismässig klein (54% «sehr» und «ziemlich geeignet»).



**Abb. 10** Beurteilung der räumlichen Einheit

*Detailgrad*

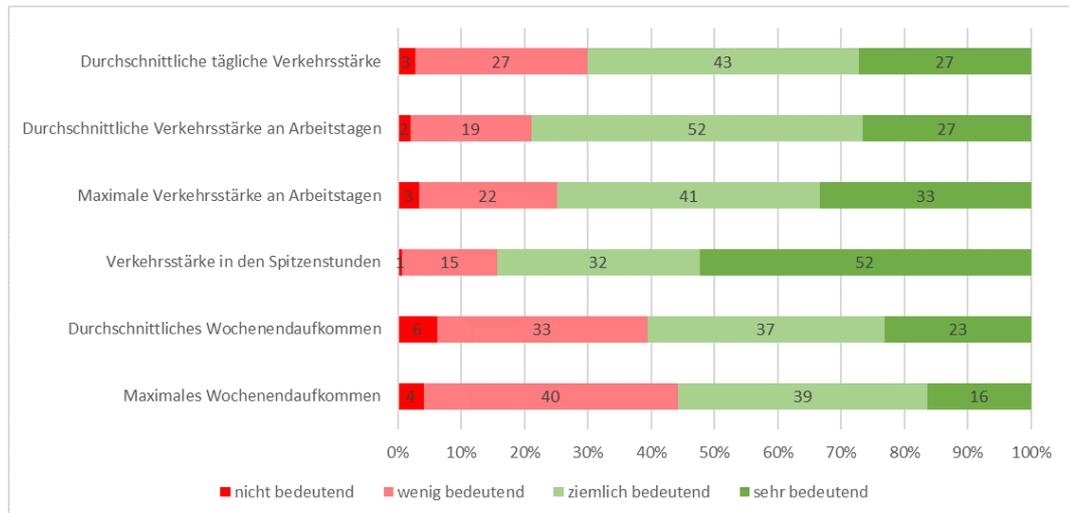
In **Abb. 11** ist ersichtlich, welchen Detailgrad die Fussverkehrsmengeninformation aufweisen soll. Mit zunehmendem Detailgrad steigt auch die Befürwortung der Darstellungsoption. Für die Praxis werden die flächenbasierten Potenzialstufen als nicht ausreichend eingestuft. Auch die streckenbasierten Potenzialstufen machen nur einen geringfügigen Mehrwert aus. Als Anforderung kann somit die Darstellung in Klassen oder mittels eines konkreten Zahlenwerts inkl. Schätzfehler definiert werden, wobei letzteres als geeignetster Detailgrad eingestuft wird.



**Abb. 11** Beurteilung des Detailgrades

*Zeitliche Einheit*

Die Ergebnisse aus **Abb. 12** zeigen ein erhöhtes Bedürfnis nach Informationen zu Spitzenstunden auf (über 50% schätzen diese Bezugseinheit als «sehr bedeutend» ein). Daneben wird hauptsächlich auch der DTV, die durchschnittliche und die maximale Verkehrsstärke an Arbeitstagen als bedeutend eingestuft. Im Vergleich dazu wird dem Wochenendaufkommen weniger Bedeutung zugesprochen.



**Abb. 12** Beurteilung der zeitlichen Einheit

### 3.1.5 Resultierende Lösung

Eine nachvollziehbare und erweiterbare Methodik wird von gut zwei Dritteln der Befragten als Ergebnis des Forschungsprojekts erwünscht. Damit wäre es möglich, vorhandene detailliertere Daten oder spezifische Ortskenntnisse in die Berechnung miteinzubeziehen. Direkt einen beziehbaren Datensatz für die gesamte Schweiz verfügbar zu haben, sagt einem Drittel der Teilnehmenden zu. Allenfalls könnte auch eine Kombination der beiden Alternativen ins Auge gefasst werden. Das heisst, ein schweizweit verfügbarer Datensatz mit nachvollziehbarer Dokumentation der Methodik. So könnten, neben der offiziellen Aktualisierung des Datensatzes, eigens berechnete aktuellere Fussverkehrsinformationen für eine spezifische Fragestellung erstellt werden.

## 3.2 Interviews mit ausgewählten Expertinnen und Experten

Um neben der Online-Befragung auch detailliertere Rückmeldungen zu erhalten, wurden neun Interviews mit ausgewählten Expertinnen und Experten geführt. Nachfolgende Fachpersonen teilten im Gespräch ihre Einschätzungen und Erwartungen zum Forschungsprojekt und ordneten die Resultate aus der Online-Umfrage ein:

- Ernst Bosina (SBB)
- Enea Corubolo (rombo, ZH)
- Alexander Erath (fhnw)
- Florian Fasching (Tiefbauamt Stadt Zürich)
- Cindy Freudenthaler (Büro für Mobilität AG, BE)
- Daniel Grob (grobplanung, BE)
- Stefan Keller (Institut für Software OST)
- Daniel Rüttimann (Fachstelle FV SG und analyGIS, SG)
- Daniel Sauter (Urban Mobility Research, ZH)

Die Grundlage der Fachgespräche bildete ein Gesprächsleitfaden. Dieser gliederte sich in fünf Teile und deckte nachfolgende Aspekte ab:

- Fragen nach bestehenden Erfahrungen und Kenntnissen
  - Eigene Projekte Aufträge und Erkenntnisse daraus
  - Bekannte laufende Projekte
  - Methoden und Literaturhinweise
- Fragen bezüglich der Einordnung der Online-Umfrageergebnisse
  - Persönliche Einschätzung und erörtern der Ansicht
  - Einordnung der Ergebnisse

- Fragen in Bezug auf das bestehende Forschungsprojekt
  - Grösste Herausforderungen und zu vertiefende Aspekte
  - Wünschenswerte Ergebnisse
- Fragen bezüglich der zukünftigen Entwicklung
  - Zukünftig wichtige Fussverkehrsdaten und deren Verfügbarkeit
  - Einordnung der möglichen Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt
- Abschluss mit ergänzenden Kommentaren bzw. Informationen

Die anschliessenden Kapitel zeigen die Synthese der geführten Gespräche auf.

### 3.2.1 Einordnung der Online-Umfrageergebnisse

Aus den Fachgesprächen ging hervor, dass die Zusammensetzung des Rücklaufs in etwa der Zusammenstellung der Personengruppe darstelle, die sich in der Verkehrsplanung mit dem Fussverkehr beschäftigen. Der geringe Rücklauf aus Forschungseinrichtungen und Hochschulen zeige auf, dass sich Forschungseinrichtungen und Hochschulen nur vereinzelt mit dem Thema Fussverkehr beschäftigen und das Thema Fussverkehr auch zu wenig in Hochschulausbildung gelehrt würde. Der Stellenwert, welcher der Fussverkehr im Alltagsgeschäft der Teilnehmenden der Online-Befragung einnimmt, wird als niedrig eingestuft und zeige, dass gerade in Verwaltungen der Fussverkehr kein Kerngeschäft darstelle und als ein Thema von vielen Themen behandelt würde.

#### *Anwendungsfelder*

##### Hoffnungen und Wunschdenken

Die ausgewählten Expertinnen und Experten stuften das Resultat der Anwendungsfelder als interessant ein. Sie bewerteten die Erwartungen und Hoffnungen, welche an die modellierten streckenbasierten Fussverkehrsmengen gestellt werden, als sehr hoch ein und befürchteten, dass die Anforderungen womöglich nicht mit dem übereinstimmen, was erreicht werden könne. Aus Sicht der Expertinnen und Experten handelt es sich um wunschgetriebene Vorstellungen.

In einem Teil der Fachgespräche wurde angemerkt, dass der Begriff «streckenbezogene Fussverkehrsmengen» zu viel versprache und besser durch den Begriff «Fussverkehrspotenzial» ersetzt werden sollte. Allerdings stelle sich dann die Frage, inwieweit das berechnete Potenzial mit dem realen Aufkommen übereinstimmt und inwiefern diese Ergebnisse als Planungsgrundlage für den Ist-Zustand verwendet werden können.

##### Einordnung der beiden meist genannten Anwendungen

In der Online-Umfrage wurden die Identifizierung von wichtigen Fussverkehrsrouten und die Planungsgrundlagen für konkrete Umgestaltungsprojekte als wichtige Felder genannt. Dies erstaunte die ausgewählten Expertinnen und Experten nicht, da es sich um die beiden wichtigsten Anwendungsfelder aus der strategischen Planung und der Projektierung handele. Sie merkten aber an, dass das Fussverkehrsaufkommen selten dimensionierungsrelevant sei und aus Sicht der Leistungsfähigkeit Reserven vorhanden seien. Als wesentliche Projektierungsgrundlage wurde in den Gesprächen der Begegnungsfall eingestuft und das Fussverkehrsaufkommen als weniger bedeutsam eingeordnet.

In den Gesprächen wiesen die Fachpersonen darauf hin, dass aktuell eine Datengrundlage für konkrete Planungsprojekte fehlen würde. Sie äusserten sich skeptisch, dass das Forschungsprojekt diese Grundlagen für die Projektierung liefern könne. Die resultierenden Daten aus dem Forschungsprojekt sollten aus ihrer Sicht als zusätzliche Datenquelle angesehen werden, welche eine grobe Situationsübersicht darstellen und in Kombination mit weiteren, präziseren, ortsspezifischen Datenquellen (z. B. eigene Erhebungen), als Ergänzung genutzt werden könnten. In den Gesprächen wurde deutlich, dass für die konkrete Planung von Fussverkehrsanlagen die streckenbezogenen Daten nicht ausreichen und weitere Informationen zur Querungssicherheit, zur Aufenthaltsqualität etc. benötigt werden würden. Im Unterschied zum Verkehrsaufkommen im motorisierten Verkehr MIV müsse das Aufkommen im Fussverkehr viel mehr in den räumlichen Kontext der örtlichen Situation gesetzt werden.

Als passendes Anwendungsfeld könnten sich die ausgewählten Expertinnen und Experten

das Identifizieren von wichtigen Routen vorstellen. Damit könnten mit den ermittelten streckenbezogenen Fussverkehrsmengen wichtige Achse für den Fussverkehr ausgemacht werden, die fussverkehrsgerecht gestaltet werden sollten. Dies setze aber voraus, dass das abgebildete Fusswegnetz vollständig ist und ein reales Aufkommen dargestellt wird. In den Gesprächen wurde als wichtig festgehalten, dass ein weniger hohes Fussverkehrsaufkommen nicht direkt mit einer weniger bedeutenden Strecke gleichgesetzt werden könne.

#### Zukünftige Entwicklung

Aus Sicht der ausgewählten Fachpersonen war es erstaunlich, dass das Abschätzen zukünftiger Entwicklungen in der Onlineumfrage nicht häufiger als wichtiger Anwendungsfall genannt wurde. In den Gesprächen wurden gerade für langfristige Entwicklungen und Szenarien das Abschätzen der Wirkungen von geplanten Änderungen am Fusswegnetz oder zukünftige Nutzungsveränderungen (z. B. ein neues Einkaufszentrum oder Schulhaus) als sehr interessant und als Mehrwert des Modellierungsansatzes eingestuft. Auch die Planung von grossen Infrastrukturprojekten oder Mobility Hubs könnte von der Abschätzung des zukünftigen Aufkommens profitieren.

#### Weiteres

Die Verdeutlichung des Fussverkehrs im Planungsprozess wurde als ein weiterer wichtiger Aspekt von den ausgewählten Fachpersonen angesehen. Gerade wenn auch zukünftige Verbindungen mitberücksichtigt werden können, würden die Modellierungsergebnisse eine wichtige Argumentationsgrundlage darstellen, insbesondere, wenn das Aufkommen nach Verkehrszweck differenziert werden würde.

Die aus dem Modell resultierenden streckenbezogenen Informationen könnten aus Sicht der ausgewählten Fachpersonen, gerade für Projektierungen, eine Ergänzung zu eigenen Erhebungen darstellen. Grundsätzlich würden mehr verfügbare Daten zum Fussverkehr die Planung und die Projektierung von Fussverkehrsinfrastrukturen verbessern, wenn die Plausibilität der Daten über Quervergleiche nachgewiesen werden könne. Aus den Fachgesprächen ging hervor, dass die Kombination von Zählraten und einer Datengrundlage, welche generellere Aussagen machen könne, ein interessanter Ansatz wäre, um einerseits Standorte für Zählungen zu identifizieren oder andererseits um als Berechnungsbasis zur Eruierung von typischen Ganglinien genutzt zu werden, damit Kurzzeitmessungen auf zuverlässige Tageswerte hochgerechnet werden können (vgl. Pestalozzi et. Al. 2022).

Die angestrebte Methodik wurde als eine wichtige Grundlage für die Gesamtbetrachtung des Fussverkehrsnetzes und die Netzplanung angesehen. Voraussetzung ist dafür ein vollständig erfasstes Fusswegnetz.

#### Anwendungskontext

Die Resultate der Online-Umfrage waren für die Expertinnen und Experten im allgemeinen nachvollziehbar und deckten sich zum Teil auch mit deren eigenen Einschätzungen.

Dass die Naherholung in der Onlineumfrage als weniger bedeutend eingestuft wird, wurde in den Fachgesprächen darauf zurückgeführt, dass sich einerseits nur wenige Teilnehmende der Onlineumfrage mit dieser Thematik detailliert beschäftigen und andererseits mit der Naherholung vergleichsweise weniger Fussverkehr generiert werden würde als in den anderen Auswahlmöglichkeiten. Eventuell zeige diese Einstufung auch die Skepsis, ob das angestrebte Modell den Fussverkehr ohne definiertes Ziel überhaupt abbilden kann. Ein Grossteil der Experten und Expertinnen beurteilte die Modellierung der Naherholung als schwierig, da sich der Naherholungsfussverkehr diffus im Raum verteile und zudem auch sehr alters- und wetterabhängig sowie saisonal geprägt sei. Es bestanden auch Zweifel, ob eine Modellierung das passende Instrument darstelle, das Naherholungsverhalten ausserhalb des Siedlungsgebietes abzubilden. Trotz dieser Zweifel wurde die Naherholung von einem Teil der Fachpersonen als ebenso wichtig eingestuft, wie die anderen Anwendungskontexte. Zukünftig würde die Naherholung, gerade im Zusammenhang mit der Verdichtung in Städten, an Bedeutung gewinnen. Im siedlungsnahen Gebiet wären Angaben zu Fussverkehrsmengen eine wichtige Argumentationsgrundlage und auch auf Wanderwegen würde sich immer wieder die Frage stellen, wie häufig diese benutzt werden.

Die Einstufung der Einzugsbereich von ÖV-Haltestellen als wichtigen Kontext wurde von den ausgewählten Fachpersonen geteilt. Im Einzugsbereich von ÖV-Haltestellen könnten streckenbasierte Informationen einen hilfreichen Hinweis liefern, wo Massnahmen zur Fussverkehrsförderung umgesetzt werden sollten (z. B. mittels einer Priorisierung bei den Lichtsignalanlagen).

Aus Sicht der ausgewählten Fachpersonen zeige der Kontext der verkehrstechnischen Betrachtungen ein Wunschdenken auf, da hierzu keine Datengrundlagen vorhanden seien. Es wurde angezweifelt, dass die Resultate der angestrebten Methodik dieses Bedürfnis abdecken könnten. Dazu bräuchte es zumindest ein weiteres qualifizierendes Attribut, welches auf Begegnungsfälle schliessen lassen könnte.

### *Messgrössen*

Um die geeigneten Messgrössen für die Publikation der Ergebnisse zu definieren, stellen sich nach Meinung der ausgewählten Fachpersonen zwei zentrale Fragen aus zwei unterschiedlichen Sichtweisen:

- Anwendersicht: Welcher Detaillierungsgrad ist ausreichend?
- Modellierungssicht: Welcher Detaillierungsgrad kann geleistet werden und passt zu den vorhandenen Datengrundlagen?

Wenn nur die Anwendersicht im Fokus steht, bestünde nach Einschätzung der ausgewählten Fachpersonen die Gefahr einer Genauigkeitserwartung, welche nicht geleistet werden könne. Realistischer und zielführender als ein hoher Detailgrad der Resultate sei aktuell eine robuste Methodik.

### *Räumliche Einheit*

In den Fachgesprächen wurde darauf hingewiesen, dass ganz allgemein eine geeignete räumliche Auflösung natürlich von der bearbeiteten Fragestellung abhängen würde. Gerade für Planungen auf Ebene Gesamtstadt reiche ein gröberes Modell aus. Für kleinräumige Planungen und die Projektierung wären dagegen hochaufgelöste Daten bedeutungsvoll. Wichtiger sei jedoch die Frage, welches Qualitätsniveau die Methodik leisten kann. Die räumliche Auflösung müsse entsprechend diesem Niveau ausgewählt werden.

Für konkrete kleinräumige Fragestellungen müssten sowieso zusätzliche Zählungen vor Ort durchgeführt werden. Das Modell wäre an dieser Stelle eher zur ersten Übersicht und zur Einordnung der eigenen Erhebungen zu verwenden. In einem pragmatischen Ansatz könnte die Trottoirdifferenzierung des Netzes in Abhängigkeit der Strassenhierarchie erarbeitet werden. Die Trottoirseite wird nach Meinung der ausgewählten Fachpersonen erst interessant, sobald ein merklicher Widerstand besteht, die Strasse zu queren.

Die ausgewählten Fachpersonen stellten klar, dass flächenbezogene Daten nicht dem Massstab des Fussverkehrs entsprechen und im Vergleich zur ständigen Wohnbevölkerung im Ha-Raster keinen Mehrwert bieten würden. Daher sollten als räumliche Auflösung mindestens streckenbezogenen Informationen definiert werden.

Da Menschen nicht nur entlang von Strassen zu Fuss gehen, werden fehlende Fusswege im Modell abseits von Strassen als kritischer Faktor hervorgehoben. Im Gegensatz zu den Resultaten der Online-Umfrage betrachteten die ausgewählten Fachpersonen ein unvollständiges Fusswegnetz als problematischer als die fehlende Differenzierung des Strassenkörpers.

Unabhängig von der räumlichen Auflösung müsse aus Sicht der ausgewählten Fachpersonen das Qualitätsniveau des Modells kommuniziert werden. Nur dann können die Resultate der späteren Anwendung richtig eingeordnet werden.

### *Detailgrad*

Beim Detailgrad stellte sich in den Gesprächen die Frage, in welcher Präzision die resultierende Methodik Aussagen machen könne. Die ausgewählten Expertinnen und Experten teilten nicht die Ansicht, dass detailliertere Daten geeigneter wären, da damit die Gefahr bestünde, eine Präzision zu suggerieren, welche nicht dem aktuell Möglichen entspräche. In den Gesprächen wurde Skepsis geäussert, ob, in Anbetracht der beschränkten Anzahl an Zähldaten zur Kalibrierung des Modells, konkrete Zahlen überhaupt modelliert werden

können. Je grösser die Schätzfehler, desto geringer wird der Mehrwert gegenüber der Darstellung in Klassen eingestuft.

Die ausgewählten Fachpersonen würden die Darstellung in Klassen bereits als grossen Schritt einordnen. Dabei würde sich die Frage nach den Klassengrössen stellen. Diese Grössen müssten so differenziert gewählt werden, dass sie einen Mehrwert gegenüber der persönlichen Einschätzung und Erfahrung bieten würden und sich bei Vergleichen auch interessante Unterschiede ausmachen liessen (z. B. zum Identifizieren von Hauptzugängen zu Bahnhöfen von unterschiedlicher Grösse). Aber auch bei der Darstellung in Klassen müsste der beschränkten Daten- und Kalibriergrundlage Rechnung getragen werden.

Die streckenbasierte Darstellung in Potenzialstufen würde nach Meinung der ausgewählten Fachpersonen in einigen Planungsfällen bereits einen Mehrwert liefern. Dennoch scheinen Zahlenwerte besser geeignet als das reine Potenzial in Abstufungen.

#### *Zeitliche Einheit*

Auch wenn die optimale zeitliche Einheit von der bearbeiteten Fragestellung und dem Betrachtungsperimeter abhängig sei, wurde von den ausgewählten Fachpersonen als eine der wichtigen zeitlichen Einheiten die durchschnittliche Verkehrsstärke an Arbeitstagen genannt. Dies einerseits, weil es sich um eine entscheidende Einheit der politischen Realität handelt und andererseits, weil so ein direkter Vergleich zu ergänzenden Datenquellen möglich wäre. Daneben sollte auch dem durchschnittlichen Wochenendaufkommen Bedeutung geschenkt werden, da bedeutende Unterschiede zum Werktagerverkehr auftreten können. Dazu müssten zwei Schätzmodelle, eines für den Arbeitstag und eines für das Wochenende, erarbeitet werden.

Die Notwendigkeit der Abbildung der Verkehrsstärke zu den Spitzenstunden oder der maximalen Verkehrsstärke an Arbeitstagen wurde in den Gesprächen unterschiedlich beurteilt. Auf der einen Seite wurden diese Einheiten für die Projektierung, insbesondere für die Dimensionierung, als relevant bezeichnet. Auf der anderen Seite wurde darauf hingewiesen, dass die Fussverkehrsbelastung auf einer Strecke kaum einen Einfluss auf die Dimensionierung hätte.

#### *Resultierende Lösung*

Die ausgewählten Expertinnen und Experten erhoffen sich eine nachvollziehbare und erweiterbare Methodik. Als Resultat der Forschungsarbeit wird kein beziehbarer Datensatz erwartet. Der Fussverkehr wird als sehr komplex und sehr stark von den lokalen Gegebenheiten abhängig eingeschätzt. Daher könne ein schweizweiter Datensatz nur erstellt werden, wenn genügend lokalen Informationen in die Erstellung einfließen würden, die aber zurzeit noch nicht vorliegen würden.

### **3.2.2 Anregungen und Gedanken zum bestehenden Forschungsprojekt**

#### *Grösste Herausforderungen und zu vertiefende Aspekte*

In den Fachgesprächen wurde das Forschungsprojekt als ein aufwändiges Unterfangen und in Anbetracht der begrenzten zeitlichen Möglichkeiten als eine grosse Herausforderung angesehen. Die Spezifikation des Modells wird als sehr zeitaufwändig eingeschätzt. Es bestünde ein Spannungsfeld zwischen dem Erarbeiten einer schweizweit anwendbaren Methodik, welche ausreichend auf die ortsspezifischen Gegebenheiten eingehen kann, und dem Erzeugen von möglichst detaillierten Resultaten, welche plausibel sind und eine sinnvolle Genauigkeit aufweisen.

#### *Modellieren des Fussverkehrs und Modellierungsparameter*

Die Teilnehmenden der Fachgespräche stuften die Modellierung des Fussverkehrs als eine sehr anspruchsvolle Arbeit ein, da das Ausmachen und Definieren von Modellierungsparametern für den Fussverkehr schwierig sei. Für robuste Ergebnisse, welche die Vielfältigkeit des Fussverkehrs wiedergeben können, sind noch viele Unbekannte vorhanden. Ins-

besondere das Modellieren der Naherholung, welche nicht mit einem klassischen Ortswechsel von A nach B gleichgesetzt werden kann, wird schwierig und aus Sicht der ausgewählten Expertinnen und Experten kaum erreicht werden können.

#### *Datengrundlage zur Modellierung*

Neben dem Definieren der Modellierungsparameter stellen die verfügbaren Datengrundlagen eine offene Frage dar. Dies reicht von der Datenverfügbarkeit bis zu einer einheitlichen Qualität über das gesamte Netz. Bereits die naheliegende Modellierungsgrundlage, das Fusswegnetz, ist nicht oder nur für beschränkte Perimeter als offizieller Datensatz in vollständiger Form vorliegend. OpenStreetMap Daten könnten hierbei eine flächendeckende Alternative bilden, wobei die Topologie für das erfolgreiche Routing wahrscheinlich überprüft werden müsste.

Der angestrebte Ansatz mit der Aufteilung der Methodik in ein Basismodell und in Zusatzmodelle wird von den ausgewählten Fachpersonen begrüsst.

#### *Datengrundlage zur Kalibrierung und Validierung*

Aufgrund der aktuellen wenig umfangreichen Datengrundlage zum gezählten Fussverkehr, könnte es von Nutzen sein, zusätzliche, nicht öffentliche Daten für die Kalibrierung des Modells hinzuzuziehen (z. B. 20min, watson).

Die aktuelle Datengrundlage wird von den ausgewählten Fachpersonen als unzureichend eingestuft, um das angestrebte schweizweite Modell zu validieren. Es wird eine grosse Herausforderung, die Güte der Methodik ausmachen zu können.

Für ein kleines Untersuchungsgebiet könne mit projektspezifischen, temporären Zählstellen die benötigte Validierungsgrundlage erreicht werden. Allenfalls wird es in Zukunft möglich sein, die Methodik anhand von Mobilfunkdaten überprüfen zu können.

#### *Dokumentation und Kommunikation der Resultate*

Es braucht zwingend eine angemessene Dokumentation der Resultate. Für die Datenanwendung muss klar sein, welche Erwartungen und Genauigkeitsansprüche an die Methodik gestellt werden können und welche Aussagen sich aus den Daten ableiten lassen. Das Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen der Methodik ist essenziell. Dazu gehört auch eine angemessene Kommunikation, dass in der eigenen Anwendung auf spezifische Ortsgegebenheiten, wie beispielsweise ein vollständiges Fusswegnetz, eingegangen werden soll. Zudem ist auch wichtig hervorzuheben, dass es sich bei den Resultaten um ein modelliertes Potenzial handelt und dieses nicht mit dem realen Aufkommen gleichgesetzt werden kann. Dieser Unterschied macht auch den Mehrwert der resultierenden Daten im Vergleich zu Zähl Dateninformationen aus.

Die Kommunikation der Resultate, im Sinne einer medialen Verbreitung, sollte auch in Erwägung gezogen werden. Dies macht den Fussverkehr sichtbar und kann dessen Bedeutung unterstreichen.

Eine transparente Dokumentation und Kommunikation weckt das Vertrauen bei den Anwenderinnen und Anwendern und ist, gerade in Fällen, in welchen die Resultate von den eigenen Ortskenntnissen abweichen könnten, unabdingbar. Ansonsten wird die Methodik schnell wieder verworfen. Zudem sind bei einem Quervergleich der Daten mit anderen Datenquellen zusätzliche Informationen zur Resultateinordnung wichtig. Als Interpretationshilfen wären auch qualitative Hinweise zu Art und Zweck des Verkehrs oder zu Begegnungsfällen interessant.

Zudem ist, gerade in Anbetracht der Online-Umfrageresultate, in der Kommunikation hervorzuheben, dass Fragen bezüglich des Fussverkehrsnetzes und der Sicherheit, zwingend unabhängig vom Fussverkehrsaufkommen zu beantworten sind.

### 3.2.3 Wünschenswerte Ergebnisse

Die wünschenswerten Ergebnisse lassen sich aus Sicht der ausgewählten Fachpersonen in zwei Aspekte gruppieren. Einerseits beziehen sich die Vorstellungen auf den resultierenden Datensatz, andererseits wird auch die Methodik und deren Einordnung als Resultat erwünscht. Für beides gilt: Die Resultate sollen öffentlich verfügbar sein.

Ein beziehbarer Datensatz und eine Kartendarstellung des Fussverkehrsaufkommens wäre ein sehr interessantes Ergebnis. Die Möglichkeit, streckenbasierte Informationen über ein gesamtes Netz aufzeigen zu können, ist erstrebenswert. Dabei wird von den ausgewählten Expertinnen und Experten die Darstellung in Klassen erwünscht, um eine Gröszenordnung der Fussverkehrsmengen zu erhalten. Je realistischer dabei auch die Naherholung abgebildet werden kann, desto besser.

Bereits die aufgearbeitete und in unterschiedlichen Räumen getestete Methodik und deren Dokumentation ist sehr wertvoll und wird teils als wesentlicher als die konkreten Resultate zu den Fussverkehrsmengen eingeschätzt. Ein Aufzeigen, was mit der Methodik funktioniert und möglich ist und wo die Grenzen der Methodik liegen, wurde in den Fachgesprächen als essenziell bezeichnet. Nur so könnte die Methodik in weiteren Arbeiten erweitert und gerade im Hinblick auf fehlende Datengrundlagen auch um spezifische Ortskenntnisse bereichert werden. Die resultierende Methodik sollte weit verbreitet angewendet werden können. Dies bedeutet, dass die Dokumentation, die Datengrundlagen und die verwendeten Werkzeuge für viele Anwenderinnen und Anwender handhabbar sein müsste.

### 3.2.4 Abschätzung der zukünftigen Entwicklung von Fussverkehrsdaten und deren Verfügbarkeit

Aktuell ist nach Einschätzung der ausgewählten Expertinnen und Experten das Bedürfnis nach Fussverkehrsdaten gross. Dies zeige sich auch klar in den Resultaten der Online-Umfrage. Nun ist endlich etwas Bewegung in die Zugänglichkeit von Fussverkehrsinformationen gekommen. Es wird aber vorerst ein Knackpunkt bleiben, an Fussverkehrsdaten gelangen zu können. Nach wie vor sollte nicht auf eine spezifische Technologie oder einen spezifischen Ansatz gesetzt werden, sondern eine möglichst breit aufgestellte Datengrundlage angestrebt werden.

#### *Mobilfunkdaten*

Zukünftig werden Mobilfunkdaten eine grössere Rolle spielen. Im Vergleich zu klassischen Querschnitterhebungen bieten Mobilfunkdaten Informationen zu Quelle und Ziel von Bewegungen. Gerade um die Routenwahl besser verstehen zu können, birgt das Smartphone basierte Tracking ein Potenzial. Auch könnten Fussverkehrsmodelle durch Mobilfunkdaten eingehend kalibriert und validiert werden.

Mobilfunkdaten bilden als Datengrundlage eine Chance. Es braucht aber klare Vorgaben, einerseits wie die Daten anonymisiert werden können, damit sie dem Datenschutz entsprechen. Andererseits braucht es auch einheitliche Regelungen, wie die Daten aggregiert werden sollen. Bisherige Mobilfunkdatenanwendungen treffen noch zu ungenaue Aussagen für den Fussverkehr, was sich in Zukunft aber verbessern wird. Neben dem Datenschutz ist aktuell der Preis der Mobilfunkdaten zu hoch, um in der Breite Anwendung zu finden.

#### *Zählstellen*

Bezüglich der Informationen aus Zählstellen sind sich die ausgewählten Expertinnen und Experten uneinig. Auf der einen Seite wird die Meinung vertreten, dass Zählungen auch weiterhin eine wichtige Datengrundlage bilden werden, andererseits wird darauf hingewiesen, dass Querschnitterhebungen gegenüber Mobilfunkdaten an Bedeutung verlieren könnten. Wichtig wäre es, alle projektspezifischen, nicht öffentlichen Zählungen öffentlich zugänglich zu machen. Auf einer offenen Datenplattform sollten diese gesammelt werden, so dass bereits öffentlich verfügbaren Zählstellen der öffentlichen Hand mit weiteren Zählungen verknüpft werden könnten.

## Modelle

Sobald Fussverkehr auch in Modellen abgebildet wird, ist dies eine sehr wichtige, zusätzliche Datenquelle, welche die bestehenden, bereits verfügbaren Daten ergänzen würde. Der Vorteil dieser Modelle ist, dass auch ein zukünftiger Zustand abgebildet werden kann.

### Teilnahmegruppen und Typologie von Fussverkehrsdaten

Im Gegensatz zum MIV reichen die reinen Mengenangaben zur Charakterisierung des Fussverkehrs nicht aus. Gerade bezüglich der Bedürfnisse setzt sich der Fussverkehr sehr heterogen zusammen. In Zukunft wird es wichtiger werden, sich mit Teilnahmegruppen auseinanderzusetzen, welche sich im öffentlichen Raum langsamer bewegen, mehr Platz einnehmen oder eine spezifische Infrastruktur benötigen (z.B. ältere Menschen). Dazu braucht es Datengrundlagen, welche auf das Profil der Verkehrsteilnehmenden eingehen. Aktuell ist dies noch eine Datenlücke, welche zukünftig gefüllt werden muss.

Daneben werden auch typische Ganglinien in Abhängigkeit von bestimmten räumlichen Situationen wichtig werden. Eine Typologie von Fussverkehrsdaten könnte die Vergleichbarkeit von bestehenden Zählinformationen auf ähnliche räumliche Gegebenheiten ermöglichen.

## 3.3 Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik

Die Erkenntnisse der Online-Befragung und aus den Fachgesprächen mit den ausgewählten Experten und Expertinnen lassen sich in untenstehender Tabelle zusammenfassen. Diese dient als Grundlage für die Herleitung der Anforderungen an die zu entwickelte Methodik.

| <b>Tab. 7 Zusammenstellung Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik</b> |  |  |
|--|--|--|
| <b>Aspekt</b>  | <b>Bedürfnis aus der Online-Befragung</b>  | <b>Bedürfnis und Einordnung aus den Fachgesprächen</b>   |
| Anwendungszweck:<br>Anwendungsfelder                                   | Die streckenbezogenen Fussverkehrsmengen sollen hauptsächlich als Planungsgrundlage für konkrete Umgestaltungsprojekte oder zur Dimensionierung von Fussverkehrsanlagen dienen können. Daneben sollen sie auch zur Identifizierung wichtiger Fussverkehrsrouten beigezogen werden können. Es besteht ein Bedürfnis nach Datengrundlagen, welche im Planungs- sowie im Projektierungsprozess Verwendung finden.   | Die Erwartungen an die modellierten Fussverkehrsmengen sind zu hoch. Im Projektierungsprozess werden die Resultate allenfalls eine ergänzende Datenquelle darstellen. Das Identifizieren von wichtigen Routen und Zugängen ist ein wesentliches Anwendungsfeld. Dies setzt ein vollständig abgebildetes Fusswegnetz voraus. Des Weiteren sind auch Aussagen über zukünftige Entwicklungen und Szenarien interessant und machen einen Mehrwert des Modellansatzes aus. Diese bilden wichtige Argumentationsgrundlagen.    |
| Anwendungszweck:<br>Kontext  | Gefragt sind insbesondere Datengrundlagen für den Einzugsbereich von ÖV-Haltestellen und für verkehrstechnische Betrachtungen in den Spitzenstunden. Daneben sind auch Informationen zu Fussverkehrsmengen im Kontext von verkehrsensitiven Anlagen erwünscht. Im Vergleich besteht für den Bereich der Naherholung ein deutlich weniger ausgeprägtes Bedürfnis. Mit knapp 50% befürwortenden Rückmeldungen stellt die Naherholung dennoch einen Bereich dar, wofür Nachfrage besteht.<br><br>Bedürfnisrangierung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzugsbereich von ÖV-Haltestellen</li> <li>• verkehrstechnische Betrachtungen in Spitzenstunden</li> <li>• verkehrssensitive Anlagen</li> <li>• Naherholung.</li> </ul> | Die Einzugsgebiete von ÖV-Haltestellen machen einen wichtigen Kontext aus; genauso wie die verkehrssensitiven Anlagen. Die Experten und Expertinnen schätzen die Naherholung wichtiger ein, als dies in der Online-Umfrage zur Geltung kommt. Es bestehen aber Zweifel, inwiefern dieser Kontext mit dem angestrebten Modell abgebildet werden kann. Demgegenüber besteht ein weniger großes Bedürfnis für eine Datengrundlage, welche für verkehrstechnische Betrachtungen in der Spitzenstunde Verwendung finden soll. |

| Aspekt                              | Bedürfnis aus der Online-Befragung   | Bedürfnis und Einordnung aus den Fachgesprächen  |
|-------------------------------------|--|--|
| Messgrössen:<br>Räumliche Einheiten | <p>Je höher die räumliche Auflösung bzw. je differenzierter die Fussverkehrsmengen im Raum verortet werden können, desto geeigneter werden diese Daten eingestuft.</p> <p>Es kann ein klares Bedürfnis nach streckenbezogenen Daten festgestellt werden.</p> <p>Die Abbildung von Querungen und die Differenzierung auf Trottoirs wird wichtiger eingeschätzt als eine nicht räumlich differenzierte Betrachtung auf dem gesamten Fusswegnetz.</p> | <p>Die gewählte Auflösung muss der zugrundeliegenden Methodik entsprechen. Eine Differenzierung auf Strecken muss aber mindestens erarbeitet werden.</p> <p>Im Gegensatz zu den Resultaten der Online-Umfrage wird ein unvollständiges Fusswegnetz als problematischer betrachtet als die fehlende Differenzierung des Strassenkörpers.</p>  |
| Messgrössen:<br>Detailgrade         | <p>Auch hier zeigt sich: je spezifischer die Information, desto geeigneter werden die Daten eingestuft.</p> <p>Als Anforderung kann die Darstellung in Klassen oder mittels eines konkreten Zahlenwerts inkl. Schätzfehler definiert werden, wobei letzteres als geeignetster Detailgrad eingestuft wird.</p>  | <p>Auch die Informationspräzision muss der Methodik entsprechen. Die Ansicht, dass detailliertere Daten geeigneter sind, wird nicht geteilt. Die Darstellung in Klassen wäre bereits ein grosser Schritt und wäre mehrheitlich ausreichend. Die Klassenstufungen müssten so differenziert gewählt werden, dass sich innerhalb des Netzes genügend Unterschiede ausmachen lassen.</p> |
| Messgrössen:<br>zeitliche Einheiten | <p>Die Ergebnisse zeigen ein erhöhtes Bedürfnis nach Informationen zu Spitzenstunden auf (über 50% schätzen diese Bezugseinheit als «sehr bedeutend» ein). Daneben wird hauptsächlich auch der DTV, die durchschnittliche und die maximale Verkehrsstärke an Arbeitstagen als bedeutend eingestuft. Im Vergleich dazu wird dem Wochenendaufkommen weniger Bedeutung zugesprochen.</p>  | <p>Bezüglich der Relevanz der durchschnittlichen Verkehrsstärke an Arbeitstagen und dem durchschnittlichen Wochenendaufkommen besteht bei den ausgewählten Experten und Expertinnen Einigkeit. Aber auch bei dieser Darstellungsgrösse muss darauf geachtet werden, dass die Wahl der zugrundeliegenden Methodik entspricht.</p>   |
| Lösung                              | <p>Eine nachvollziehbare und erweiterbare Methodik wird von gut zwei Dritteln der Befragten als Ergebnis des Forschungsprojekts erwünscht. Direkt einen beziehbaren Datensatz für die gesamte Schweiz verfügbar zu haben sagt einem Drittel der Teilnehmenden zu.</p>  | <p>Eine nachvollziehbare und erweiterbare Methodik ist aktuell für die ausgewählten Fachpersonen das wichtigere Resultat. Gerade in Anbetracht der verfügbaren Datenlage zur Modellierung, Kalibrierung und Validierung ist dies die realistischere Lösung.</p>  |

## 4 Anforderungen an die Methodik

Aus den Erkenntnissen aus Kapitel 2 und 3 werden in diesem Kapitel die Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik definiert. Die Herleitung der Definition stützt sich auf folgende Aspekte:

- Umsetzbarkeit der Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik aus der Online-Befragung und die Einschätzung aus den Interviews mit Expertinnen und Experten
- Technische Anforderungen
- Anforderungen und Restriktionen hinsichtlich Inputdaten
- Allgemein verfügbare Daten resp. Kennwerte des Fussverkehrs

### 4.1 Herleitung der Anforderungen

#### 4.1.1 Umsetzbarkeit der Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik

Die mittels Online-Befragung und Interview von Expertinnen und Experten erhaltenen Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik aus Kapitel 3.3 werden auf ihre Umsetzbarkeit hin beurteilt.

Die Umsetzbarkeit kategorisiert sich wie folgt (Spalte «Weiterverfolgen»):

- Muss:** Das Bedürfnis ist klar ausgewiesen und die Umsetzbarkeit mit der gewählten Methodik ist mit hoher Wahrscheinlichkeit gegeben.
- Soll:** Das Bedürfnis ist klar ausgewiesen, aber die Umsetzung mit der gewählten Methodik ist schwierig und nicht sichergestellt.
- Kann:** Die Umsetzbarkeit ist zwar gegeben, doch es besteht kein grosses Bedürfnis danach (geringe Priorität).
- Zurückgestellt:** Das Bedürfnis ist im Rahmen der Forschungsarbeit klar nicht umsetzbar (fehlende Datengrundlage, zu aufwändig, mit der gewählten Methodik nicht lösbar etc.).

**Tab. 8** Abschätzung Umsetzbarkeit

| Bedürfnis   | Abschätzung der Umsetzbarkeit   | Weiter verfolgen |
|---|---|------------------|
| <b>Anwendungszweck – Kontext</b>                      |   |                  |
| • Einzugsbereich ÖV-Haltestellen                      | Die Abbildung des Fussverkehrs im Einzugsbereich von ÖV-Haltestellen entspricht einem grossen Bedürfnis und dürfte grundsätzlich möglich sein. Vorbehalte ergeben sich bei sehr kleinräumigen Betrachtungen, die wegen fehlender Datengrundlagen zu Bahnhofszugängen ohne manuelle Korrekturen fehleranfällig bleiben dürften. Die gleiche Schwierigkeit dürfte sich bei Haltestellen ausserhalb des Siedlungsgebietes zeigen.  | Muss             |
| • Verkehrstechnische Betrachtung in der Spitzenstunde | Es gilt vorerst eine Methodik zu entwickeln, die zuverlässige Tageswerte liefert. Spitzenstundenwerte können eine Weiterentwicklung dazu darstellen; dies kann im Rahmen dieser Forschung jedoch nicht geleistet werden, da eine Umsetzung sehr komplex wäre und zu wenige oder zu ungenaue Daten vorliegen. Auch zeigt die Befragung und die Interviews mit den ausgewählten Fachpersonen, dass es sehr umstritten ist, ob es einerseits überhaupt möglich ist, mit der gewählten Methodik zuverlässige Spitzenstundenwerte zu berechnen und ob es andererseits fachlich Sinn macht, solche Werte im Projektierungsprozess zu verwenden. Für die Dimensionierung steht eher der Begegnungsfall im Fokus, nicht das Aufkommen, so dass Beobachtungen und Zählungen vor Ort wohl weiterhin vorzuziehen sind. Aus diesen Gründen wird eine verkehrstechnische Betrachtung nicht weiterverfolgt. | Zurückgestellt   |

| Bedürfnis   | Abschätzung der Umsetzbarkeit   | Weiter verfolgen                                   |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrsintensive Anlagen</li> </ul>   | Die Abbildung des Fussverkehrs im Umfeld von verkehrsintensiven Anlagen ist voraussichtlich umsetzbar, da Daten zu den Standorten und Erfahrungswerte zum Verhältnis von Besuchern zu Beschäftigten vorhanden sind.   | Muss   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Naherholung</li> </ul>   | Die Abbildung der Naherholung ist bei Teilen der Befragten erwünscht, gehört aber nicht zu den wichtigsten Anwendungskontexten. Die ausgewählten Fachpersonen würden die Naherholung wichtiger einschätzen, sind jedoch skeptisch, ob dies machbar ist. Da das Naherholungsverhalten äusserst komplex ist und grossen Schwankungen unterliegt (saisonal, wetterbedingt) und verschiedenste Datengrundlagen notwendig sind, um dieses Verhalten abbilden zu können, ist die Umsetzung fraglich. Die Naherholung kann ggf. mittels Zusatzmodul berücksichtigt werden.   | Soll   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Attraktivität für den Fussverkehr (Strassenraumgestaltung, Aufenthaltsqualität, städtebauliche Aspekte etc.)</li> </ul>  | Attraktive Räume sind für den Fussverkehr sehr bedeutend, jedoch äusserst schwierig quantitativ zu definieren. I.d.R. wird die Strassenraumqualität mittels qualitativer Fachmeinung und Beobachtung bewertet, nicht mittels Daten, zumal es an geeigneten Datengrundlagen mangelt. Im Rahmen des Forschungsprojekts kann deshalb nicht eine umfassende Attraktivität für den Fussverkehr entwickelt und modelliert werden. Mit der Berücksichtigung des Strassenverkehrslärms können aber indirekt Teilaspekte der Attraktivität wie Belastung durch den MIV, Trennwirkung, subjektive Sicherheit und natürlich Lärmbelastung näherungsweise miteinbezogen werden. Daher soll der Strassenverkehrslärm als Hinweis für die Qualität eines Streckenabschnitts verwendet werden. Die Modellierung von weiteren Aspekten der Attraktivität ist in diesem Rahmen nicht flächendeckend möglich. | Muss bzgl. Belastung MIV, ansonsten zurückgestellt |
| <b>Messgrössen – Räumliche Einheiten</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Streckenbezogene Information auf dem gesamten Fusswegnetz (inkl. Querungen, der Differenzierung auf vorhandene Trottoirs mit oder ohne Fusswege abseits von Strassen)</li> </ul> | Während die Befragten sich möglichst hoch aufgelöste und detaillierte Daten (inkl. Trottoirs und Querungen) wünschen, schätzen die ausgewählten Fachpersonen ein unvollständiges Fusswegnetz als problematischer ein als eine fehlende Differenzierung des Strassenkörpers.<br><br>Da für die Schweiz so oder so keine solche Datengrundlage flächendeckend vorhanden ist, ist die Umsetzbarkeit für das Basismodell für die ganze Schweiz nicht gegeben. Möglich ist ein Test im Rahmen eines Zusatzmoduls für ein begrenztes Gebiet.  | Muss   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Streckenbezogene Information entlang von Strassen (ohne Querungen und ohne Differenzierung auf vorhandene Trottoirs) mit oder ohne Fusswege abseits von Strassen</li> </ul>      | Diese vereinfachte streckenbezogene Information ist voraussichtlich umsetzbar. Der Datensatz swissTLM3D Strassen von swisstopo erfüllt diese Anforderungen in der Regel relativ gut.  | Muss   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenbezogene Informationen (z.B. im Hektarraster)</li> </ul>  | Flächenbezogene Informationen sind zwar umsetzbar aber nicht von grossem Nutzen. Die Befragten sehen keinen Mehrwert darin.   | Kann   |
| <b>Messgrössen – Detailgrade</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fussverkehrsmengen werden <u>streckenbasiert</u> mit <u>konkreten Zahlen</u> und gegebenenfalls mit <u>Schätzfehlern</u> beziffert</li> </ul>                                    | Die Angabe von konkreten Zahlen ist voraussichtlich umsetzbar. Wie genau der Schätzfehler angegeben werden kann (v.a. aufgrund fehlender Fussverkehrszählungen), ist offen und wird sich mit der Validierung der Ergebnisse zeigen. Falls der Schätzfehler zu gross ist, würden die ausgewählten Fachpersonen Belastungsklassen bevorzugen und in den meisten Fällen als ausreichend bewerten.  | Muss   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fussverkehrsmengen werden in <u>Klassen</u> (z.B. Klasse1: 0-100; Klasse2: 101-500; Klasse3: &gt;500) <u>streckenbasiert</u> zur Verfügung gestellt</li> </ul>                   | Die Angabe von Belastungsklassen ist voraussichtlich umsetzbar.   | Muss   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fussverkehrsmengen werden in <u>Potenzialstufen</u> (z.B. Stufe1 = kleinstes Potenzial) <u>streckenbasiert</u> zur Verfügung gestellt</li> </ul>                                 | Potenzialstufen im Unterschied zu tatsächlichen Werten sind voraussichtlich umsetzbar und werden von über der Hälfte der Befragten als ziemlich oder sehr geeignet angesehen.   | Muss   |

| Bedürfnis  | Abschätzung der Umsetzbarkeit   | Weiter verfolgen |
|--|---|------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fussverkehrsmengen werden in <u>Potenzialstufen</u> (z.B. Stufe1 = kleinstes Potenzial) <u>flächenbasiert</u> zur Verfügung gestellt</li> </ul>                                   | Potenzialstufen flächenbasiert sind umsetzbar, werden aber nicht als geeignet betrachtet.   | Kann             |
| <b>Messgrößen – zeitliche Einheiten</b>  |   |                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>DTV: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke</li> </ul>   | Der DTV wird von den Befragten gewünscht und ist umsetzbar. Die benötigten Kennwerte liegen für den DTV vor.  | Muss             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>DWV: Durchschnittliche Verkehrsstärke an Arbeitstagen</li> <li>Durchschnittliches Wochenendaufkommen</li> </ul>   | Der DWV ist sowohl für die Befragten wie auch für die ausgewählten Fachpersonen von grosser Bedeutung. Die benötigten Kennwerte liegen vor. Auch das durchschnittliche Wochenendaufkommen ist von den Verkehrskennwerten her möglich.   | Muss             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Maximale Verkehrsstärke an Arbeitstagen</li> <li>Verkehrsstärke in den Spitzenstunden</li> <li>Maximales Wochenendaufkommen</li> </ul>  | Der Nutzen von Spitzenstundenwerten oder maximalen Verkehrsstärken ist – wie bereits weiter oben dargelegt – umstritten. Die Befragten erachten diese als sehr wichtig. Für die ausgewählten Fachpersonen hingegen stehen diese nicht im Vordergrund, da das Fussverkehrsaufkommen selten dimensionierungsrelevant ist. Es spielen andere Faktoren eine bedeutendere Rolle, wie bspw. Art, Zweck und Richtung des Verkehrs. Weniger die Tagessumme oder die Spitzenstunde, sondern der Begegnungsfall macht die Projektierungsgrundlage aus.<br><br>Spitzenstunden oder maximale Verkehrsstärken können allenfalls zu einem späteren Zeitpunkt als Weiterentwicklung des DWV / DTV ermittelt werden. In einem ersten Schritt gilt es für den DTV und den DWV möglichst zuverlässige Werte zu ermitteln. | Zurückgestellt   |
| <b>Lösung</b>  |   |                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Nachvollziehbare und erweiterbare Methodik, um eigene Daten oder spezifische Ortskenntnisse in die Berechnung integrieren zu können (z.B. detaillierteres Fusswegnetz)</li> </ul> | Die Arbeitsschritte, Annahmen und hinterlegten Kennwerte werden so dokumentiert, dass damit eine eigene Lösung umgesetzt werden kann.   | Muss             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Beziehbarer Datensatz zu schweizweiten Fussverkehrsmengen (über die gesamte Schweiz angewendete Methodik)</li> </ul>  | Die Erstellung eines schweizweiten Datensatzes ist abhängig vom Rechenaufwand und ob die Forschungsstelle die metergenaue Daten von STATPOP und STATENT für die gesamte Schweiz erhält.   | Soll             |

#### 4.1.2 Technische Anforderungen

Gesucht ist eine Methodik zur Berechnung von streckengenauen Fussverkehrsmengen im gesamten Fusswegnetz, die realitätsnaher als graph-theoretische Ansätze, aber auch weniger aufwendig als klassische oder agentenbasierte Modellierungen sind. Es soll ein GIS-basierter Ansatz verfolgt werden.

Die Methodik soll software- und technikoffen formuliert werden, so dass die Berechnung nicht an proprietäre Formate gebunden und von teuren Software-Lizenzen abhängig ist. D.h. es sollen die Arbeitsschritte, Annahmen und hinterlegten Kennwerte dokumentiert werden, diese sollen aber grundsätzlich mit verschiedenen Softwarelösungen (auch OpenSource) umgesetzt werden können.

Umgesetzt wurde die Lösung mit Python-Scripts, die eine PostgreSQL/PostGIS-Datenbank für die Datenaufbereitung und -haltung sowie das Routing mittels pgRouting steuert.

### 4.1.3 Anforderungen hinsichtlich Inputdaten

Die zu entwickelnde Methodik soll datengestützt und mit möglichst wenig manueller Datenerfassung oder -nachbearbeitung funktionieren. Weiter soll die Methodik auf öffentlich verfügbare Daten, die langfristig für die ganze Schweiz vorliegen, aufgebaut werden. Nicht oder nur bedingt geeignet sind damit die folgenden Datenquellen:

- OpenStreetMap ist zwar langfristig verfügbar, doch variiert die Qualität der Daten räumlich (Vollständigkeit, Richtigkeit), so dass der Vergleich von Gebieten verfälscht werden kann. Daten von OpenStreetMap werden zwar nicht ausgeschlossen, sollen aber nur verwendet werden, wenn keine Alternative vorhanden ist.
- Mobilfunkdaten: Diese liegen in den Händen privater Unternehmen, sind kostenintensiv, i.d.R. schlecht dokumentiert (Geschäftsgeheimnis) und es besteht keine Gewähr, dass die Daten langfristig verfügbar bleiben. Solche Daten werden ausgeschlossen.
- Nicht öffentliche Daten im Allgemeinen (Google etc.) haben den Nachteil, dass diese oftmals schwer erhältlich resp. Sehr teuer sind und nie gewährleistet ist, dass die Daten weiterhin in derselben Form oder überhaupt bezogen werden können. Solche Daten werden ebenfalls ausgeschlossen.

### 4.1.4 Daten und Kennwerte zum Fussverkehr

Die Definition der Anforderungen an die Methodik muss vor dem Hintergrund der spezifischen Charakteristiken des Fussverkehrs erfolgen. Im Folgenden sind deshalb die für die weiteren Schritte relevanten Kennwerte des Fussverkehrs dargestellt.

Der Fussverkehr ist das grundlegendste Verkehrsmittel, sowohl als eigenständige Mobilitätsform wie auch in seiner Bedeutung als «Zubringer» zu weiteren Verkehrsmitteln. Von den 4.89 Etappen, die im Durchschnitt pro Person und Tag im Inland zurückgelegt werden, fällt mit 2.09 Etappen der grösste Anteil beim Fussverkehr an (BFS/ARE 2017).

#### Verkehrsmittelwahl 2015

Durchschnittswerte pro Person; im Inland

T3.3.1.1

|                          | Tagesdistanz,<br>in km | Tagesunter-<br>wegszeit <sup>1</sup> , in Min. | Anzahl<br>Etappen |
|--------------------------|------------------------|--|-------------------|
| <b>Total</b>             | <b>36,8</b>            | <b>82,2</b>                                    | <b>4,89</b>       |
| Langsamverkehr           | 2,8                    | 34,0   | 2,35              |
| zu Fuss                  | 1,9                    | 29,8   | 2,09              |
| Velo                     | 0,8                    | 4,0  | 0,24              |
| E-Bike                   | 0,1                    | 0,3  | 0,02              |
| motor. Individualverkehr | 24,4                   | 34,9   | 1,79              |
| Auto                     | 23,8                   | 33,9   | 1,74              |
| Motorrad                 | 0,4                    | 0,8  | 0,03              |
| Kleinmotorrad            | 0,1                    | 0,2  | 0,01              |
| Motorfahrrad             | 0,0                    | 0,1  | 0,01              |
| öffentlicher Verkehr     | 9,0                    | 11,5   | 0,70              |
| Eisenbahn                | 7,5                    | 6,7  | 0,26              |
| Postauto                 | 0,1                    | 0,3  | 0,02              |
| Tram                     | 0,4                    | 1,5  | 0,14              |
| Bus                      | 1,0                    | 3,1  | 0,27              |
| übrige <sup>2</sup>      | 0,7                    | 1,8  | 0,06              |

<sup>1</sup> Ohne Warte- und Umsteigezeiten.

<sup>2</sup> Taxi, Reiseocar, Lastwagen, Schiff, Flugzeug, Seilbahnen, Zahnradbahn, fahrzeugähnliche Geräte, Anderes.

Basis: 57 090 Zielpersonen

Quelle: BFS, ARE – Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)

© BFS 2017

**Abb. 13** Tagesdistanz, Tagesunterwegszeit und Anzahl Etappen nach Verkehrsmittel (BFS/ARE 2017)

Die Tagesdistanz zu Fuss beträgt im Durchschnitt 1.9km, die mittlere Etappenlänge 0.9km, wobei über 80% der Etappen kürzer als 1km, über 90% der Etappen kürzer als 2km sind.

### Mittlere Etappenlänge und -dauer nach Verkehrsmittel, 2015

im Inland

T 3.3.1.2

| Verkehrsmittel             | Etappenlänge, in km | Etappendauer, in Min. |
|----------------------------|---------------------|-----------------------|
| zu Fuss                    | 0,9                 | 14,3                  |
| Velo                       | 3,3                 | 16,5                  |
| E-Bike                     | 4,4                 | 15,5                  |
| Motorfahrrad               | 4,0                 | 11,5                  |
| Kleinmotorrad              | 4,8                 | 12,7                  |
| Motorrad                   | 13,8                | 23,8                  |
| Auto                       | 13,7                | 19,5                  |
| Postauto                   | 7,2                 | 16,2                  |
| Bus                        | 3,5                 | 11,2                  |
| Tram                       | 2,7                 | 10,5                  |
| Eisenbahn                  | 28,4                | 25,2                  |
| übrige Verkehrsmittel      | 12,1                | 31,8                  |
| <b>alle Verkehrsmittel</b> | <b>7,5</b>          | <b>16,8</b>           |

Basis: 271 824 Etappen im Inland

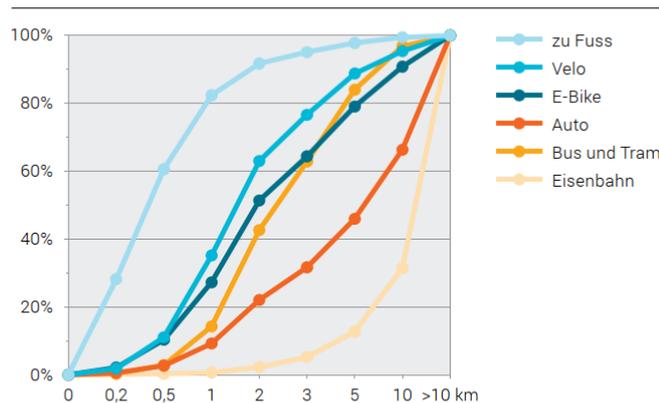
Quelle: BFS, ARE – Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)

© BFS 2017

### Summenhäufigkeit der Etappenlängen nach ausgewählten Verkehrsmitteln, 2015

im Inland

G 3.3.1.4



Lesebeispiel: 2015 waren von den zu Fuss zurückgelegten Etappen 28% maximal 0,2 km und 61% maximal 0,5 km lang.

Basis: 271 824 Etappen im Inland

Quelle: BFS, ARE – Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)

© BFS 2017

**Abb. 14** Mittlere Etappenlänge/-dauer sowie Summenhäufigkeit der Etappenlängen nach Verkehrsmittel (BFS/ARE 2017)

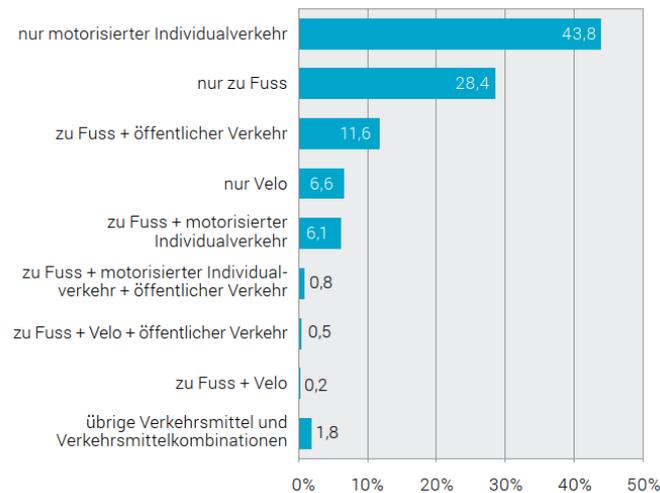
Die wichtigste Verkehrsmittelkombination des Fussverkehrs ist diejenige mit dem öffentlichen Verkehr, gefolgt von der Kombination mit dem motorisierten Individualverkehr. Die Kombination mit dem Veloverkehr spielt kaum eine Rolle, da der Zu- und Abgang vom/zum Veloabstellplatz wohl i.d.R. kürzer als die minimale Distanz von 25m ist, ab der im Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV, BFS/ARE 2017) eine Etappe erfasst wird.

Allerdings gibt es Hinweise darauf, dass die Anzahl Fussetappen insbesondere in Kombination mit weiteren Verkehrsmitteln unterschätzt wird, da die im Mikrozensus Mobilität und Verkehr befragten Personen z.B. Zugangsetappen zum Velo, zum Auto oder Umsteigetappen zwischen ÖV-Haltestellen vergessen (Schmutz 2015). Wenn dem so ist, dann hat die Kombination des Fussverkehrs mit MIV oder Velo eine grössere Bedeutung als angenommen und der Anteil der kurzen Fussetappen dürfte in Realität höher ausfallen.

### Anteile der Verkehrsmittel und Verkehrsmittelkombinationen an der Anzahl Wege, 2015

im Inland

G 3.3.1.5



Hinweis: Berücksichtigt sind nur Strecken ab einer Mindestlänge von 25 Metern.

Basis: 191 826 Wege im Inland

Quelle: BFS, ARE – Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)

© BFS 2017

#### Abb. 15 Verkehrsmittelkombinationen (BFS/ARE 2017)

Gemäss Forschungsbericht Potenzial des Fussverkehrs in Agglomerationen (SVI 2015/006) setzt sich der Fussverkehr somit wie folgt zusammen:

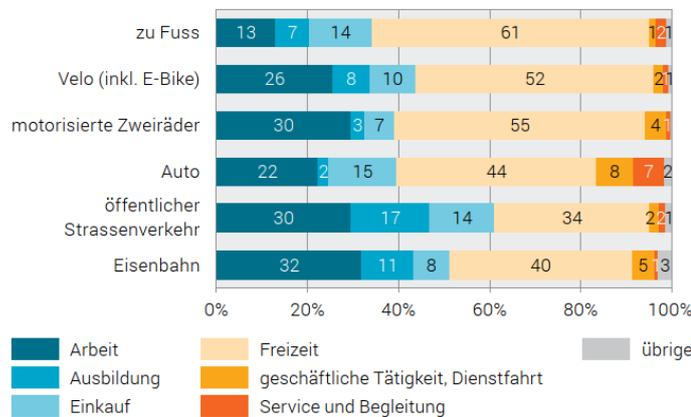
- 50% der Fussetappen sind reine Fusswege
- 50% der Fussetappen sind intermodale Wege
  - 73% davon in Kombination mit dem öffentlichen Verkehr
  - 26% davon in Kombination mit dem motorisierten Individualverkehr
  - 1% davon in Kombination mit dem Veloverkehr
- Rund 14% der Fusswege (nach Anzahl Wege) und 37% (nach Fussdistanz) sind Rundwege

Der Fussverkehr unterscheidet sich hinsichtlich Verkehrszwecken insbesondere bei Arbeits- und bei Freizeitwegen: Im Fussverkehr liegt der Anteil an den Distanzen, die für den Verkehrszweck Arbeit zurückgelegt werden, mit 13% deutlich unter dem Anteil Arbeit bei anderen Verkehrsmitteln. Höher ist der Anteil mit 61% beim Verkehrszweck Freizeit im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln.

## Verkehrszwecke nach Verkehrsmittel, 2015

Anteile an der Tagesdistanz im Inland

G 3.4.1.4



Basis: 57 090 Zielpersonen

Quelle: BFS, ARE – Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)

© BFS 2017

Abb. 16 Verkehrszwecke nach Verkehrsmittel (BFS/ARE 2017)

## 4.2 Definition der Anforderungen an das Basismodell

Das Basismodell deckt die zentralen Anforderungen an die Methodik ab, stützt sich auf einfach verfügbare Daten ab und liefert robuste Ergebnisse. Es bildet das geschätzte Potenzial und das geschätzte reale Aufkommen des Alltags-Fussverkehrs streckenbasiert ab.

### 4.2.1 Datengrundlagen

Das Basismodell berechnet die Fussverkehrsmengen auf Basis der folgenden Inputdaten:

- BFS STATPOP<sup>10</sup>: Daten zur Bevölkerung pro Gebäude (resp. Meterkoordinaten) Datenstand im Modell: 2019 (ständige Wohnbevölkerung)
- BFS STATENT<sup>11</sup>: Daten zu den Beschäftigten pro Gebäude (resp. Meterkoordinaten). Datenstand im Modell: 2018  
Neben der Ermittlung der Wege der Beschäftigten, dienen sie ebenfalls mittels NOGA-Code zur Bestimmung der Ziele (Point of Interest), die mit Arbeitsplätzen verknüpft sind.
- swisstopo swissTLM3D (TLM Strassen)<sup>12</sup>: Daten für das Wegnetz. Datenstand im Modell: 2021  
Zwar ist der Datensatz achsenzentriert und nicht für den Fussverkehr konzipiert, doch ist es der beste Datensatz, der für die ganze Schweiz und öffentlich in guter Qualität verfügbar ist. Das Wegnetz aus OpenStreetMap wären zwar eine mögliche Alternative, doch müssten diese einerseits topologisch korrigiert werden und mit den Höheninformationen angereichert werden, während beim TLM diese bereits vorhanden sind.
- swisstopo swissTLM3D (TLM Verkehrsbaute, TLM Gebäude und TLM Haltestellen): Daten zu den Bahnhofsperrons und Gebäuden in Bahnhofsnähe zur Herleitung des Bahnhofperimeters. Datenstand im Modell: 2021
- swisstopo swissTLM3D (TLM Nutzungsareal, Bodenbedeckung, Einzelobjekte): Daten zur Herleitung von Zielen der Naherholung, die nicht mit Beschäftigten verknüpft sind (Zusatzmodul Z2). Datenstand im Modell: 2021

<sup>10</sup> <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/erhebungen/statpop.html>

<sup>11</sup> <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/industrie-dienstleistungen/erhebungen/statent.html>

<sup>12</sup> <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/tlm3d.html>

- swisstopo swissALTI3D Höhenmodell<sup>13</sup>: Daten für die Steigungsberechnung des Wegnetzes, falls nicht das swissTLM3D-Strassennetz verwendet wird (Zusatzmodul Z2). Datenstand im Modell: Datenbezug 2021 (Datenstand Zürich 2019)
- ARE ÖV-Haltestellen<sup>14</sup>: Lage der Haltestellen des öffentlichen Verkehrs als wichtiger Zielort (Point of Interest) im Fussverkehr. Datenstand im Modell: 2021
- Geschäftsstelle SKI Fahrplan 2021 (HRDF)<sup>15</sup>: Fahrplandaten zur Herleitung des Angebots (Abfahrten und Anzahl Linien) an den Haltestellen. Datenstand im Modell: 2021
- BAFU Strassenverkehrslärm Tag<sup>16</sup>: Lärmdaten zur Modellierung der Attraktivität für den Fussverkehr als zusätzlichen Widerstand. Datenstand im Modell: 2015
- VM-UVEK Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM)<sup>17</sup>: Daten zum Besucheraufkommen von verkehrsintensiven Anlagen werden aus den Daten des NPVM hergeleitet. Datenstand im Modell: 2017
- OpenStreetMap (OSM)<sup>18</sup>: Auch wenn von der Nutzung von OSM-Daten aus Gründen der Datenqualität abgesehen wird, kommen die Points of Interest aufgrund mangelnder Alternativen im Zusatzmodul Z2 zur Anwendung. Datenstand im Modell: 2021

#### 4.2.2 Anwendungsfelder und Anwendungszweck

Folgende primäre Anwendungsfelder und Anwendungszwecke sollten mit der Methode abgedeckt werden können:

- Geschätzte Fussverkehrsmengen auf Strassenabschnitten als Planungsgrundlage
- Identifizierung wichtiger Routen des Fussverkehrs
- Fussverkehrsmengen im Kontext von verkehrsintensiven Anlagen und im Einzugsbereich von ÖV-Haltestellen

#### 4.2.3 Messgrößen

- Reine Wege zu Fuss (ohne Rundwege → Zusatzmodul Z3) sowie Etappen zu Fuss als Teil von Wegen mit dem öffentlichen Verkehr (ohne Fussetappen als Teil von MIV-Wegen → Zusatzmodul Z4). Reine Fusswege und Fussetappen als Teil von Wegen können separat ausgewiesen werden.
- Fussverkehr grundsätzlich aller Verkehrszwecke, jedoch ohne Rundwege und ohne Wege zu Fuss zu Naherholungszielen wie Wald, See etc.
- Streckenbezogene Information entlang von Strassen (ohne Querungen und ohne Differenzierung auf vorhandene Trottoirs) und Fusswege abseits von Strassen, soweit in swisstopo swissTLM3D Strasse vorhanden.
- Fussverkehrsmengen in Grössenklassen und wenn möglich mit konkreten Zahlen und Schätzfehlern.
- Modellierung des DTV, DWV und WE-Verkehrs.

#### 4.2.4 Lösung

Die angestrebte Lösung baut auf der Methodik des «Fussverkehrspotenzials Kanton Zürich» (Bubenhofen et al. 2019) auf. Dies bietet den Vorteil, dass die praktische Umsetzung eines Modells bereits durchgeführt wurde. So kann im Rahmen der Forschungsarbeit auf die korrekte Umsetzung der Eigenheiten des Fussverkehrs fokussiert werden.

<sup>13</sup> <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/height/alti3d.html>

<sup>14</sup> [https://data.geo.admin.ch/browser/index.html#/collections/ch.are.gueteklassen\\_oev](https://data.geo.admin.ch/browser/index.html#/collections/ch.are.gueteklassen_oev)

<sup>15</sup> <https://opentransportdata.swiss/de/group/timetables-hrdf>

<sup>16</sup> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/zustand/daten/geodaten/laerm--geodaten.html>

<sup>17</sup> <https://www.are.admin.ch/are/de/home/mobilitaet/grundlagen-und-daten/verkehrsmodellierung/datenzugang.html>

<sup>18</sup> <https://download.geofabrik.de/>

Der gewählte Modellierungsansatz lässt sich gemäss Kapitel 2.1.2 als aktivitätsbasierte Herangehensweise verstehen und den wegbasierten Modellen zurechnen. Grundidee des Modellierungsansatzes ist die Abschätzung des Fussverkehrsaufkommens aufgrund der räumlichen Verteilung der Einwohnerinnen und Einwohner sowie der Beschäftigten. Daraus lassen sich Quellen und Ziele ableiten.

- Grundprinzip Fussverkehrserzeugung: Abschätzung der Anzahl Fussstapfen von Bevölkerung und Beschäftigten in Abhängigkeit der auf dem Fusswegnetz erreichbaren Ziele resp. Attraktoren (Points of Interest).
- Grundprinzip Umlegung auf Fusswegnetz: Die erzeugten Fusswege zu den erreichbaren Zielen werden aggregiert auf das Wegnetz umgelegt, wobei das Netz mit Widerständen belegt werden kann (Steigung, Lärmbelastung etc.).
- Die berechneten Fussverkehrsmengen werden mittels Fussverkehrszählraten (wo vorhanden) validiert.
- Technische Umsetzung: GIS-basierte Methodik, die software- und technikoffen formuliert ist.
- Dokumentation der Arbeitsschritte, Annahmen und hinterlegten Kennwerte, damit die Methodik grundsätzlich mit verschiedenen Softwarelösungen (auch OpenSource) umgesetzt werden kann.
- Berechnung des Basismodells für die gesamte Schweiz, sofern die notwendigen Daten zur Verfügung gestellt werden und der Rechenaufwand vertretbar ist.

### 4.3 Definition der Anforderungen an die Zusatzmodule

Die Zusatzmodule vertiefen/erweitern das Basismodell thematisch, werden jedoch vom Basismodell abgekoppelt, da die Umsetzung schwierig oder die Inputdaten nicht flächendeckend vorhanden sind oder nur aufwändig beschafft werden können.

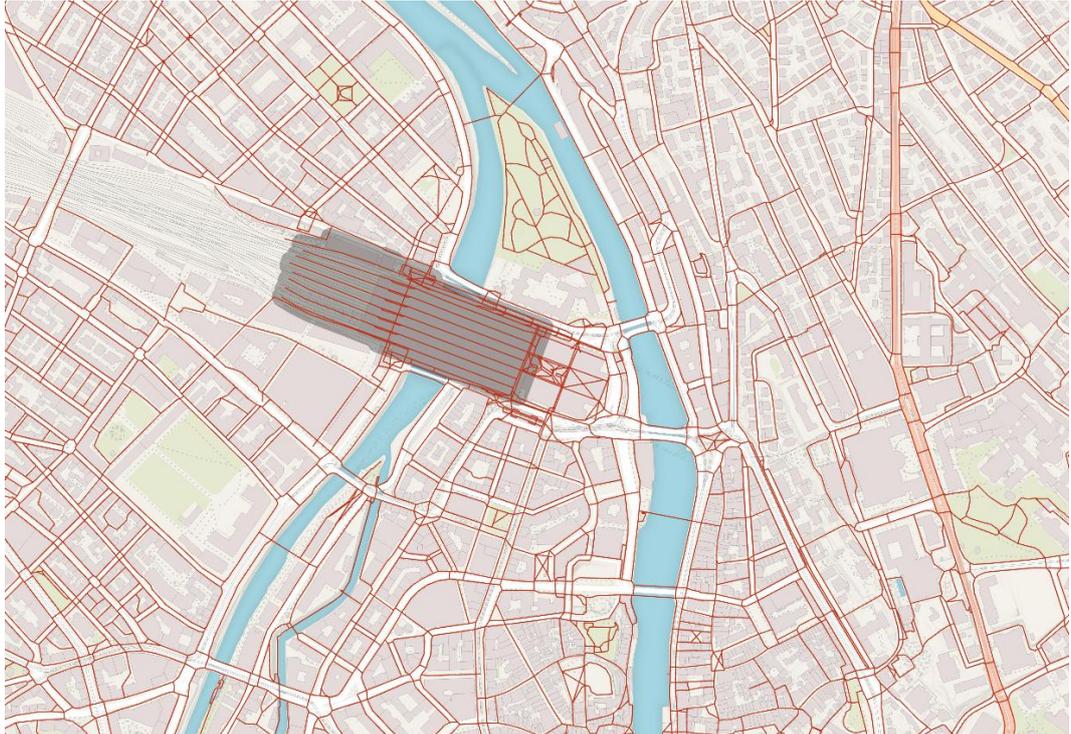
Folgende Zusatzmodule werden vertieft:

- Z1: Detailliertes Fusswegnetz
- Z2: Naherholung
- Z3: Rundwege
- Z4: Intermodale Fusswege mit MIV-Etappe

Im Rahmen der Forschungsarbeit wird die Zweckmässigkeit der Zusatzmodule hinsichtlich Aufwand und Nutzen (im Sinne der Verbesserung des Modells) geprüft. Bei Bedarf werden die Zusatzmodule entwickelt.

#### 4.3.1 Zusatzmodul Z1: Detailliertes Fusswegnetz

Die Daten des Fusswegnetzes der Stadt Zürich bilden das Netz detailliert, d.h. mit Trottoir genauer Lage, Querungen an Fussgängerstreifen, Querungen auf Platzsituationen etc. ab. Im Zusatzmodul Z1 wird dieses Fusswegnetz für das Modell aufbereitet. Mit dem Vergleich zum Basismodell kann damit der Nutzen eines detaillierten Netzes besser abgeschätzt werden.



**Abb. 17** Fusswegnetz Stadt Zürich (Open Data Stadt Zürich)

### 4.3.2 Zusatzmodul Z2: Naherholung

Im Basismodell werden nur Ziele mit Arbeitsplätzen oder Haltestellen berücksichtigt. Vor allem im Bereich der Naherholung (Aussichtspunkte, Seepromenaden, Wald, Pärke etc.) fehlen somit wichtige Ziele. In diesem Modul wird geprüft, ob auch Naherholungsziele in das Modell integriert werden können.

Grundidee: Berechnung eines Naherholungspotenzials, das pro Hektare die Qualität hinsichtlich Naherholung abschätzt. Hektaren mit einem sehr hohen Wert werden im Modell als Ziele für Freizeitwege zu Fuss verwendet. Im Fokus steht die Naherholung im Siedlungsgebiet oder in unmittelbarer Umgebung.

- Kriterien: Nähe zu See/Gewässer, Wald, Grünflächen/Parks; evtl. Aussicht, Points of Interest (z.B. Aussichtspunkte, Grillstellen, Wasserfälle, etc.)
- Mögliche Datengrundlagen: BFS Arealstatistik, swisstopo swissTLM3D, swisstopo swissALTI3D, OpenStreetMap

### 4.3.3 Zusatzmodul Z3: Rundwege

Rundwege machen ca. 14% der Anzahl Fusswege und 37% der Fusswegdistanz aus und sind deshalb insbesondere im Zusammenhang mit der Naherholung nicht zu vernachlässigen. In diesem Modul wird geprüft, ob auf Basis des Zusatzmoduls Z2 «Naherholung» die Rundwege integriert werden können.

Angedachte Methode:

- Suche nach 1-n der besten Naherholungsziele in Fussdistanz (Hektaren des Naherholungspotenzials mit höchstem Wert, siehe Kap. 4.3.2)
- Verbindung dieser 1-n Ziele nacheinander per Routing auf kürzestem Weg (Travelling salesperson problem)
- Belegung des Netzes mit einem Widerstand für Rundwege mit stärkerem Einfluss der Attraktivität oder anderer Faktoren
- Evtl. Berücksichtigung von Wanderwegen als Abschnitte mit geringem Widerstand

Startpunkte für Rundwege (14% der Fusswege):

- Wohnorte (Gebäude mit Einwohnerinnen und Einwohnern)
- Arbeitsorte (Gebäude mit Beschäftigten)
- Haltestellen des öffentlichen Verkehrs (evtl. Gewichtung notwendig)
- Evtl. Parkplätze (Abhängigkeit mit Zusatzmodul Z4, siehe Kap. 4.3.4)

#### **4.3.4 Zusatzmodul Z4: Intermodale Fusswege mit MIV-Etappe**

Rund 13% aller Fussetappen finden in Kombination mit einem Weg des motorisierten Individualverkehrs statt und ist damit nach der Kombination mit dem öffentlichen Verkehr die zweitwichtigste Kombination. Der grösste Teil davon betrifft Freizeitwege (oftmals mit anschliessenden Fussetappen über 1 km); weit weniger tritt die Kombination mit MIV im Zusammenhang mit Arbeit und Einkauf auf, wo oftmals keine (im MZMV erfasste) anschliessende Fussetappe bis zum Ziel erfolgt.

In diesem Modul sollen Fussetappen von und zum parkierten Auto berücksichtigt werden. Beispiel: MIV-Fahrt in ein Parkhaus in der Stadt mit anschliessender Fussetappe zum Einkauf).

Grundlagen:

- Öffentliche Parkieranlagen (Anzahl Parkplätze oder Fläche zur Abschätzung der Anzahl Parkplätze)



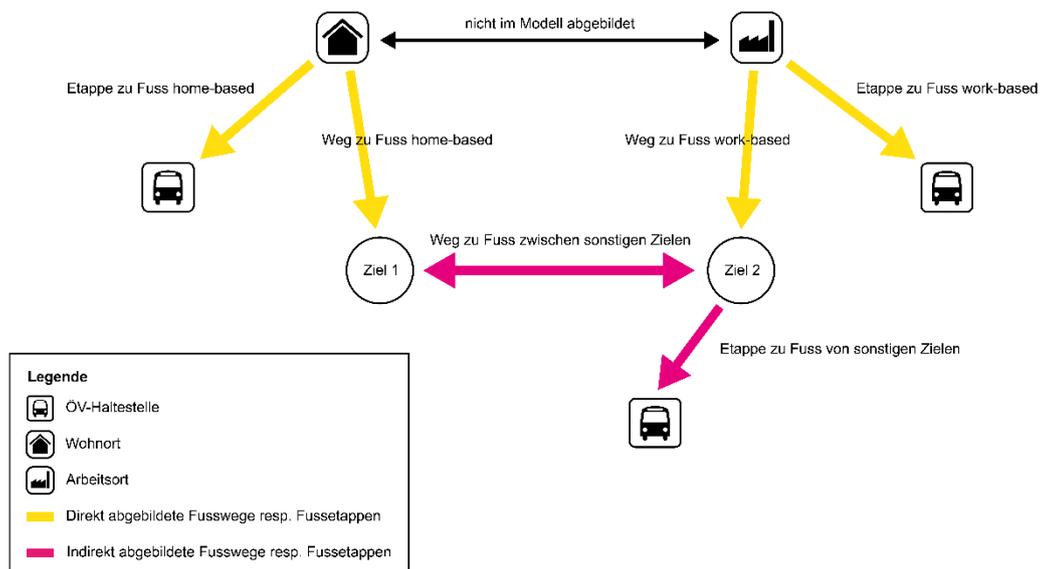
## 5 Basismodell

Das Basismodell soll die zentralen Anforderungen an die Methodik abdecken, sich auf einfach verfügbare Daten abstützen und robuste Ergebnisse liefern. Es soll das geschätzte Potenzial und das geschätzte reale Aufkommen des Alltags-Fussverkehrs streckenbasiert abbilden. In den folgenden Kapiteln ist die Umsetzung des Basismodells dokumentiert.

### 5.1 Modellierungsansatz

Der gewählte Modellierungsansatz lässt sich gemäss Kapitel 2.1.2 als aktivitätsbasierte Herangehensweise verstehen und den wegbasierten Modellen zurechnen.

Grundidee des Modellierungsansatzes ist die Abschätzung des Fussverkehrsaufkommens aufgrund der räumlichen Verteilung der Einwohnerinnen und Einwohner sowie der Beschäftigten. Daraus lassen sich Quellen (z.B. Einwohnerin) und Ziele (z.B. Detailhandelsgeschäft) ableiten. **Abb. 18** zeigt die direkt und indirekt modellierten Fusswege.



**Abb. 18** Modellierte Fusswege im Basismodell

Im Basismodell sind somit Wohnorte (metergenaue Bevölkerungsdaten STATPOP) Startpunkt für home-based-Wege sowie Arbeitsorte (metergenaue Beschäftigendaten STATENT) Startpunkt für work-based-Wege. Zielorte sind sowohl bei den home-based- als auch bei den work-based-Wegen ÖV-Haltestellen sowie Ziele, wie in Kapitel 5.3.2 beschrieben. Tab. 9 zeigt die im Basismodell direkt abgebildeten Fusswege resp. Fussetappen.

**Tab. 9** Direkt abgebildete Fusswege resp. Fussetappen

| Start        | Ziel                       | Erläuterung   |
|--------------|----------------------------|---|
| Wohnort      | ÖV-Haltestelle             | ÖV-Haltestelle (für Ziele weiter als in Fussdistanz vom Wohnort): Dies entspricht Fussetappen von ÖV-Wegen aller Verkehrszwecke (Arbeit, Ausbildung, Einkauf, Freizeit, geschäftliche Tätigkeit/Dienstfahrt sowie Service und Begleitung) |
| Wohnort      | Einkauf/<br>Dienstleistung | Einkauf und Dienstleistungen in Fussdistanz (reiner Fussweg mit Zweck Einkauf resp. Besorgungen und Inanspruchnahme von Dienstleistungen)   |
| Wohnort      | Freizeitnutzung            | Freizeitnutzung in Fussdistanz (reiner Fussweg mit Zweck Freizeit, aber nicht Rundwege oder Wanderungen, sondern nur Ziele, die durch Beschäftigte verortet werden können)  |
| Wohnort      | Ausbildung                 | Ausbildung in Fussdistanz (reiner Fussweg mit Zweck Ausbildung)   |
| Arbeitsplatz | ÖV-Haltestelle             | ÖV-Haltestelle in Fussdistanz (für Ziele weiter als in Fussdistanz vom Arbeitsplatz): Dies entspricht Fussetappen von ÖV-Wegen aller Verkehrszwecke, inkl. Nachhauseweg   |
| Arbeitsplatz | Einkauf/ Dienstleistung    | Einkauf und Dienstleistungen in Fussdistanz (reiner Fussweg mit Zweck Einkauf resp. Besorgungen und Inanspruchnahme von Dienstleistungen)   |
| Arbeitsplatz | Freizeitnutzung            | Freizeitnutzung in Fussdistanz (reiner Fussweg mit Zweck Freizeit, aber nicht Rundwege oder Wanderungen, sondern nur Ziele, die durch Beschäftigte verortet werden können)  |

Fusswege, die nicht vom Wohn- oder Arbeitsort starten (also z.B. von einem Detailhandelsgeschäft zu einem Restaurant) werden indirekt mittels eines Besucherfaktors modelliert (siehe Kapitel 5.3.3).

**Tab. 10** Indirekt abgebildete Fusswege resp. Fussetappen

| Start           | Ziel            | Erläuterung   |
|-----------------|-----------------|---|
| Einkauf         | Einkauf         | Fusswege von einer Einkaufsnutzung zu einer nächsten Einkaufsnutzung werden mittels Besucherfaktor auf die Anzahl Beschäftigten modelliert. |
| Freizeitnutzung | Freizeitnutzung | Dito  |
| Einkauf         | ÖV-Haltestelle  | Fusswege von einer Einkaufsnutzung zu einer ÖV-Haltestelle werden mittels Besucherfaktor auf die Anzahl Beschäftigten modelliert.           |
| Etc.            | Etc.            |   |

Fussetappen resp. Fusswege, die im Basismodell nicht abgebildet werden können, zeigt **Tab. 11**.

**Tab. 11** Nicht abgebildete Fusswege

| Start   | Ziel         | Erläuterung   |
|---------|--------------|---|
| Wohnort | Wohnort      | Reiner Fussweg als Rundweg (→ Zusatzmodul Z3) resp. Zu einem Ziel, das nicht mittels Arbeitsplätze verortet werden kann (z.B. Parkanlage oder Besuche). |
| Wohnort | Arbeitsplatz | Reine Fusswege vom Wohnort zum Arbeitsplatz in Fussdistanz werden nicht abgebildet.   |

Die reinen Fusswege als Rundwege machen dabei rund 14% der Fusswege aus. Im Basismodell werden diese Fusswege zwar erzeugt, aber nicht als Rundweg auf das Wegnetz umgelegt, sondern auf Freizeitziele und ÖV-Haltestellen verteilt. Im Zusatzmodul Z3 wird diese Problematik weiter vertieft (siehe Kapitel 6.3).

Reine Fusswege vom Wohnort zum Arbeitsplatz machen rund 6% der Fusswege aus. Diese Fusswege werden nicht berücksichtigt, weil diese schlecht verortet werden können,

resp. Sie müssten auf alle in Fussdistanz erreichbaren Arbeitsplätze verteilt werden. Diese Fusswege werden im Basismodell zwar ebenfalls erzeugt, aber auf andere Ziele umgelegt.

## 5.2 Modellierung

### 5.2.1 Grundsätze

#### Wegnetz

Vorgängig zur eigentlichen Modellierung werden für jedes Segment des Wegnetzes die Kosten zur Benutzung des jeweiligen Segments ermittelt. Die Kosten setzen sich zusammen aus der Länge des Wegsegments, aus der Höhendifferenz zwischen Start- und Endpunkt (siehe Kap. 5.3.6), sowie aus der Belastung durch Strassenverkehrslärm (Kap. 5.3.5). Die Kosten werden als Zuschläge bzw. Abzüge zur eigentlichen Länge des Segments berechnet und in Meter-Äquivalenten angegeben.

Entfernungen zwischen Start- und Zielpunkten werden im Modell immer in Meter-Äquivalenten entlang des Wegnetzes angegeben.

Sämtliche Start- und Zielpunkte werden am jeweils nächsten Punkt ans Wegnetz angebunden. Zu- und Abgangswege werden ignoriert.

#### Start-Ziel-Beziehungen

Für die Modellierung werden Start- und Zielpunkte definiert. Sowohl Start- wie auch Zielpunkte basieren auf der Statistik der Bevölkerung und Haushalte (STATPOP) sowie auf der Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT). Startpunkte sind sämtliche Meter-Koordinaten-Punkte von STATPOP (Wohnorte der Einwohnerinnen und Einwohner) und STATENT (Arbeitsort der Beschäftigten).

Die Zielpunkte werden aus den Meter-Koordinaten von STATENT abgeleitet (gem. Kap. 5.3.2) und durch die ÖV-Haltestellen ergänzt.

Die Modellierung der Fusswege erfolgt für jeden Startpunkt separat aufgrund der fussläufigen Erreichbarkeit. Dabei erfolgt die Routing-Berechnung in zwei Schritten. In einem ersten Schritt werden die reinen Fusswege modelliert (Fusswege von einem Start- zu einem Zielpunkt, ohne die ÖV-Haltestellen) und in einem zweiten Schritt die Fuss-Etappen als Teil der ÖV-Wege (Etappen von einem Startpunkt zu einer ÖV-Haltestelle).

Bei den modellierten Fusswegen wird nicht nach Richtung unterschieden (Startpunkt – Zielpunkt oder Zielpunkt – Startpunkt). Bei der Modellierung der Wege von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt werden deshalb immer auch die Wege in Gegenrichtung mitberücksichtigt.

### 5.2.2 Erzeugung reine Fusswege

Die Modellierung des Aufkommens der reinen Fusswege basiert auf der fussläufigen Erreichbarkeit von potenziellen Zielen. Dabei werden im Modell 11 Zielkategorien unterschieden. Ausgangspunkt der Modellierung bilden die Anzahl Wege, die pro Zielkategorie pro Tag zurückgelegt werden. Je mehr Ziele der jeweiligen Zielkategorie fussläufig erreichbar sind, desto höher ist der Anteil des Fussverkehrs am Modal Split.

Zur Modellierung des Fussverkehrsanteils des Modal Splits werden für jeden Startpunkt die folgenden Schritte durchgeführt:

- Finden sämtlicher Ziele, die innerhalb von maximal 1'500 Meter-Äquivalenten Routingdistanz vom Startort aus auf dem Fusswegnetz erreichbar sind.
- Einteilen der Ziele in die zugehörige Zielkategorie und Kategorisierung anhand ihrer Entfernung vom Startpunkt. Somit werden die Ziele in insgesamt 33 Kategorien eingeteilt (11 Zielkategorien mit je 3 Distanz-Kosten-Bändern: 0 – 500 m, 501 – 1'000 m, 1'001 – 1500 m).
- Gewichtung jedes erreichbaren Zielpunkts anhand seiner Zielkategorie und seiner Einteilung in ein Distanz-Kosten-Band.

- Bestimmen der gewichteten Anzahl erreichbarer Ziele pro Zielkategorie.
- Ermitteln des Fussverkehr-Anteils am Modal Split pro Zielkategorie anhand der gewichteten Anzahl erreichbarer Ziele pro Zielkategorie.

Die Gewichtung der Ziele und die Ermittlung des Modal Splits erfolgt anhand einer tabellarischen Zuweisung. Die entsprechenden Tabellen und die Erläuterung der Werte finden sich im Kap. 5.3.1.

Die Anzahl modellierter Wege je Zielkategorie ab einem Startpunkt ergibt sich aus dem Modal Split, der Anzahl Wege pro Person über alle Verkehrsmittel und aus der Anzahl Einwohnerinnen und Einwohner sowie Arbeitsplätze an dem Startpunkt. Die Anzahl modellierter Wege wird anhand der folgenden Formel berechnet:

$$W_{S,ZKat} = MS_{S,ZKat} * (W_{0,EW,ZKat} * EW_S + W_{0,AP,ZKat} * AP_S)$$

- $W_{S,ZKat}$  Fusswege der jeweiligen Zielkategorie, die an dem Startpunkt starten
- $MS_{S,Zka}$  Anteil Fussverkehr am Modal Split für die Zielkategorie und den Startpunkt
- $W_{0,EW/AP,ZKat}$  Wege der Zielkategorie, die pro Einwohner bzw. Arbeitsplatz pro Tag zurückgelegt werden.
- $EW_S$  Anzahl Einwohner an dem Startpunkt
- $AP_S$  Anzahl Arbeitsplätze an dem Startpunkt

### 5.2.3 Erzeugung Fussetappen als Teile von ÖV-Wegen

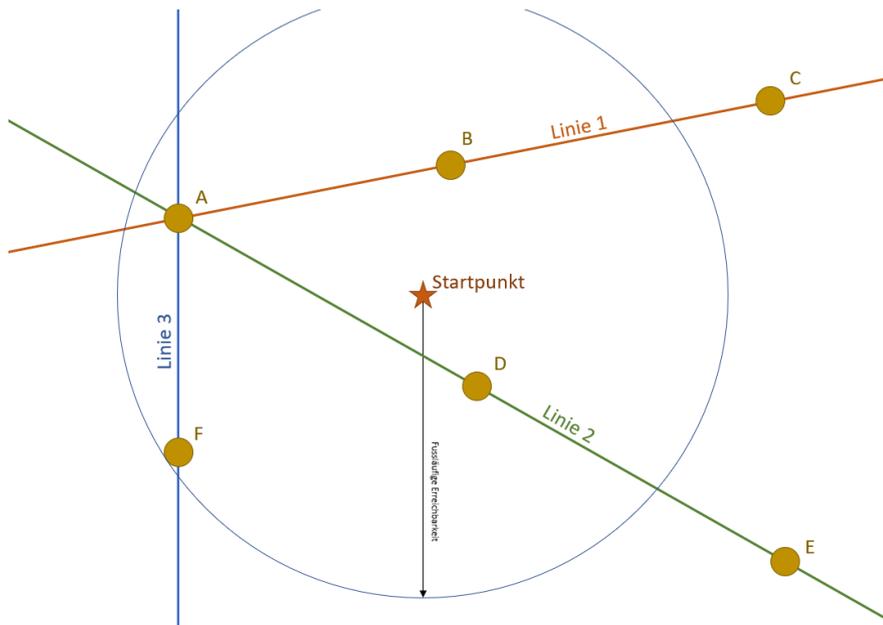
Im Unterschied zu den reinen Fusswegen erfolgt die Erzeugung von Fussetappen als Teil von ÖV-Wegen nicht aufgrund der Anzahl erreichbarer Ziele in Fussdistanz, sondern aufgrund des ÖV-Angebots in fussläufiger Distanz.

Die Anzahl Fussetappen zu einer ÖV-Haltestelle werden basierend auf der Gesamtzahl der zurückgelegten Wege mit Start oder Ziel zu Hause bzw. am Arbeitsplatz pro Person sowie basierend auf dem ÖV-Anteil am Modal Split modelliert. Der ÖV-Anteil am Modal Split wird aufgrund eines berechneten ÖV-Qualitätsindex für jeden Startpunkt abgeschätzt. Der ÖV-Qualitätsindex wiederum berechnet sich aus der Summe der gewichteten Anzahl an relevanten Abfahrten an den fussläufig erreichbaren ÖV-Haltestellen.

#### Relevanz der Haltestellenabfahrten

Die Beurteilung der Relevanz der Abfahrten an den erreichbaren ÖV-Haltestellen beruht auf den einzelnen ÖV-Linien. Es gilt der Grundsatz, dass jede ÖV-Linie nur einmal berücksichtigt wird, und zwar an der jeweils nächsten Haltestelle. Dieses Prinzip kann an einem einfachen Beispiel erläutert werden:

- Der blaue Kreis symbolisiert den Bereich, der vom Startpunkt aus fussläufig erreichbar ist. Die Haltestellen C und E liegen ausserhalb dieses Bereichs. Die Abfahrten an diesen Haltestellen sind somit für den betrachteten Startpunkt nicht relevant.
- Die Linien 1 und 2 sind über die Haltestellen B bzw. D auf dem kürzesten Weg erreichbar. Entsprechend sind an den Haltestellen B und D die Abfahrten der Linien 1 bzw. 2 relevant.
- Die Linie 3 ist über die Haltestelle A auf dem kürzesten Weg erreichbar. Die Linien 1 und 2 sind jedoch über die Haltestellen B und D besser erreichbar. Entsprechend zählen an der Haltestelle A nur die Abfahrten der Linie 3 zu den relevanten Abfahrten. Die Abfahrten der Linien 1 und 2 werden an der Haltestelle A nicht mitgezählt.
- Die Haltestelle F stellt für keine Linie die nächste Haltestelle dar. Entsprechend weist die Haltestelle F keine relevanten Abfahrten auf.



**Abb. 19** Skizze zur Erläuterung der relevanten Haltestellenabfahrten

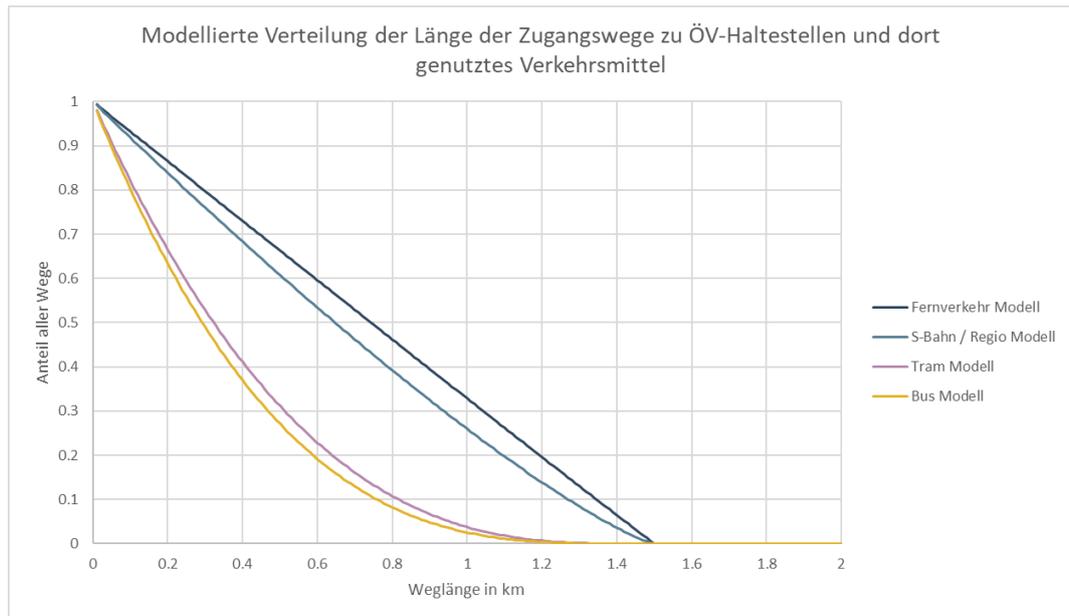
### Gewichtung der Abfahrten

Die Gewichtung der relevanten Abfahrten erfolgt aufgrund des Verkehrsmittels und aufgrund der Distanz der Haltestelle zum Startpunkt. Dabei werden die Abfahrten von schienegebundenen Verkehrsmitteln (Bahn, Tram) stärker gewichtet als die Abfahrten von Bussen wie auch von weiteren öffentlichen Verkehrsmitteln wie Schiffen oder Seilbahnen. Die stärkere Gewichtung erfolgt aufgrund des in der Regel hochwertigeren Angebots von schienegebundenen öffentlichen Verkehrsmitteln gegenüber strassengebundenen öffentlichen Verkehrsmitteln. Die Werte der Gewichtung finden sich in Kap. 5.3.4.

Die Gewichtung nach Distanz zur Haltestelle erfolgt basierend auf der Verteilung der Weglängen der Zugangswege zu den Haltestellen. **Abb. 24** zeigt die Längen der Zugangswege zu ÖV-Haltestellen in Abhängigkeit der dort genutzten Verkehrsmittel. **Abb. 20** zeigt die daraus abgeleitete Gewichtung der Haltestellenabfahrten in Abhängigkeit der Entfernung der Haltestelle. Es zeigt sich, dass die Gewichtung der Bahn-Haltestellen mit der Entfernung deutlich schwächer abnimmt als bei Bus und Tram. Das heisst, im Zugang zu Bahnhöfen werden entsprechend längere Zugangswege in Kauf genommen. Die Gewichtungskurven in **Abb. 20** berechnen sich mit der folgenden Formel:

$$G_{Abf} = \left( \frac{C_{max} - C_{Hst}}{C_{max}} \right)^{exp_{VM}} * G_{VM}$$

- $G_{Abf}$ : Gewicht der Linienabfahrt aufgrund der Entfernung zur Haltestelle und des Verkehrsmittels
- $C_{max}$ : Maximal modellierte Fusswegdistanz in Meter-Äquivalenten
- $C_{Hst}$ : Wegkosten (Distanz) zur Haltestelle in Meter-Äquivalenten
- $exp_{VM}$ : Exponent in Abhängigkeit vom Verkehrsmittel (gem. Kap. 5.3.4)
- $G_{VM}$ : Gewicht des Verkehrsmittels



**Abb. 20** Modellierte Gewichtung der Haltestellenabfahrten in Abhängigkeit der Entfernung der Haltestelle und des dortigen Verkehrsmittels.

### ÖV-Qualitätsindex

Der ÖV-Qualitätsindex berechnet sich aus der Summe der gewichteten Haltestellenabfahrten:

$$\ddot{O}VQ_{St} = \sum_{rel.Abf} G_{Abf}$$

- $\ddot{O}VQ_{St}$  ÖV-Qualitätsindex für einen Startpunkt
- $G_{Abf}$  Gewicht der Linienabfahrt aufgrund der Entfernung zur Haltestelle und des Verkehrsmittels
- rel. Abf Relevante Abfahrten für den Startpunkt

### Modal Split

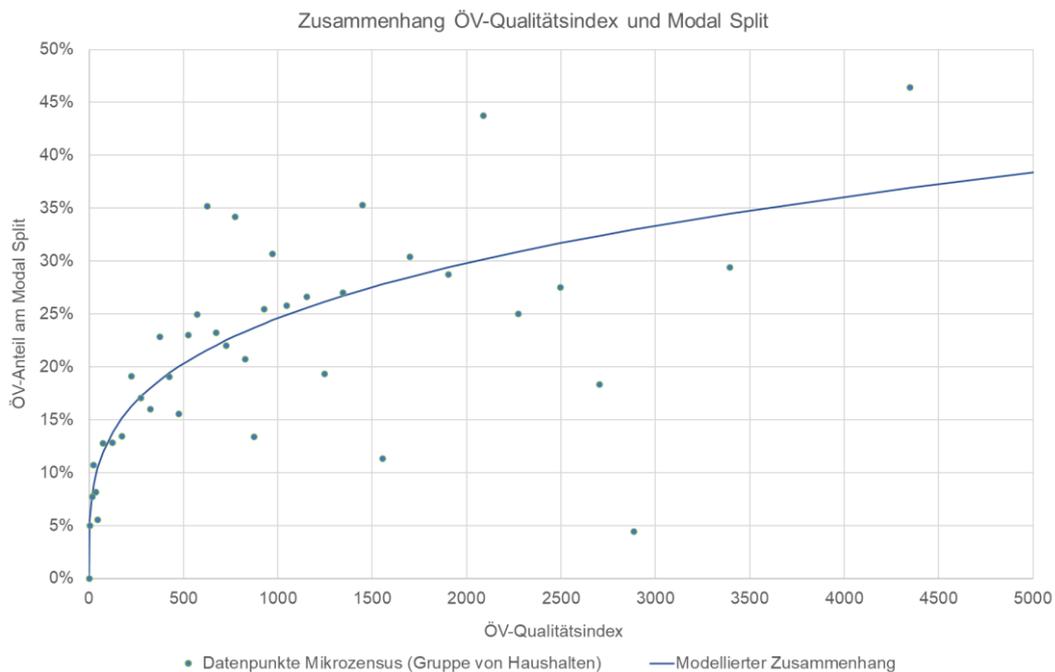
Der ÖV-Anteil am Modal Split wird aufgrund des ÖV-Qualitätsindex modelliert. Der Zusammenhang wird aufgrund des Mikrozensus Mobilität und Verkehr (2015) hergeleitet. Hierfür wurde der ÖV-Qualitätsindex für alle befragten Haushalte des Kantons Zürich berechnet und dem Modal Split gegenübergestellt. Da sich der ÖV-Qualitätsindex auf den Wohnort bezieht, wurden auch bei der Auswertung des Modal Splits nur Wege mit Start oder Ziel am Wohnort berücksichtigt. Der Zusammenhang ist in **Abb. 21** dargestellt. Zur besseren Darstellung wurden die rund 5'700 Haushalte für die Abbildung in ca. 40 Gruppen mit einem ähnlichen ÖV-Qualitätsindex zusammengefasst.

Für die Modellierung wird der Modal Split und die Anzahl modellierter Fuss-Etappen als Teil eines ÖV-Weges gemäss der folgenden Formel berechnet:

$$MS_{S,\ddot{O}V} = \min\left(\frac{(\ddot{O}VQ_S * f_{MS})^{exp_{MS}}}{100}, max_{MS}\right)$$

$$W_{S,\ddot{O}V} = MS_{S,\ddot{O}V} * (W_{0\ EW} * EW_S + W_{0\ AP} * AP_S)$$

- $MS_{S,ÖV}$ : ÖV-Anteil des Modal Splits für Wege ab dem Startpunkt
- $ÖVQ_S$ : ÖV-Qualitätsindex am Startpunkt
- $f_{MS}$ : Faktor zur Modellierung des ÖV-Anteil des Modal Splits. Für das Modell wird der Wert 105 verwendet.
- $exp_{MS}$ : Exponent zur Modellierung des ÖV-Anteils des Modal Splits. Für das Modell wird der Wert 0.277 verwendet.
- $max_{MS}$ : Maximaler ÖV-Anteil. Da der ÖV-Qualitätsindex bei einzelnen Haltestellen einen sehr hohen Wert annehmen kann, wird der maximale ÖV-Anteil im Modell auf 40% begrenzt.
- $W_{S,ÖV}$ : Anzahl Fussetappen als Teil eines ÖV-Weges, ab dem Startpunkt
- $W_{0EW/AP}$ : Wege, die pro Einwohner bzw. Arbeitsplatz pro Tag zurückgelegt werden, mit Start oder Ziel am Wohnort bzw. am Arbeitsplatz.
- $EW_S$ : Anzahl Einwohner an dem Startpunkt
- $AP_S$ : Anzahl Arbeitsplätze an dem Startpunkt



**Abb. 21** Zusammenhang zwischen dem ÖV-Qualitätsindex und dem ÖV-Anteil am Modal Split (Anteil Wege mit Hauptverkehrsmittel ÖV, deren erste oder letzte Etappe zu Fuss erfolgt an allen Wegen).

Für die Darstellung wurden die Haushalte in Gruppen mit ähnlichem ÖV-Qualitätsindex zusammengefasst.

## 5.2.4 Verteilung Fusswege

Das modellierte Potenzial pro Startpunkt, das gemäss dem beschriebenen Vorgehen der Kap. 5.2.2 bzw. 5.2.3 berechnet wird, wird in einem nächsten Schritt auf die verschiedenen Zielpunkte verteilt. Damit entstehen in diesem Modellierungsschritt Quell-Ziel-Beziehungen.

Die Verteilung des Potenzials eines jeden Startpunkts auf die Ziele erfolgt basierend auf der Gewichtung der Ziele für reine Fusswege bzw. auf dem Beitrag einer jeden Haltestelle zum ÖV-Qualitätsindex des Startpunkts. Dabei erfolgt die Modellierung einer Quell-Ziel-Beziehung für reine Fusswege anhand der folgenden Formel:

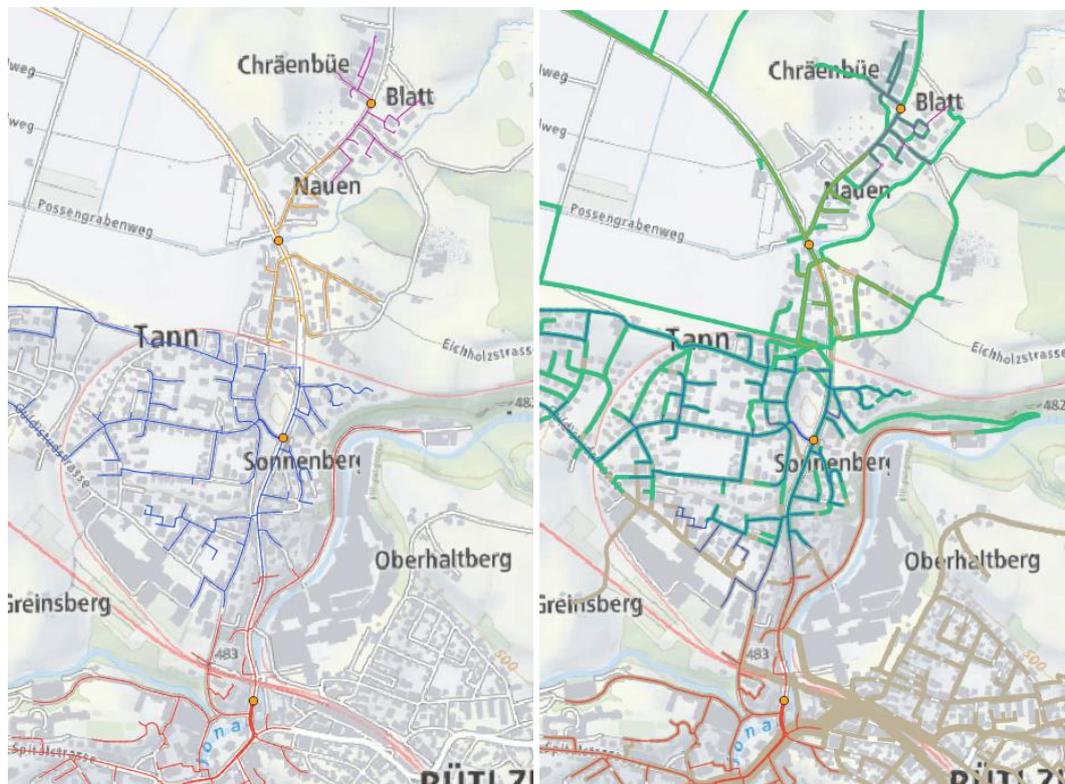
$$Q_{sz} = W_{s,zKat} * \frac{G_z}{\sum_{zKat} G_z}$$

Analog dazu erfolgt die Verteilung der Fussetappen als Teil der ÖV-Wege auf die unterschiedlichen Haltestellen anhand der folgenden Formel

$$Q_{SZ} = W_{s,\text{ÖV}} * \frac{G_{\text{Abf,HS}}}{\text{ÖV}Q_s}$$

- $Q_{SZ}$  Fusswege auf einer Start-Ziel-Relation.
- $W_{s,\text{Zkat}}$  Gesamtpotenzial der Fusswege der jeweiligen Zielkategorie, ab dem betrachteten Startpunkt.
- $G_z$  Gewichtung des Ziels
- $W_{s,\text{ÖV}}$  Gesamtpotenzial der Fussetappen als Teil eines ÖV-Wegs, ab dem betrachteten Startpunkt
- $G_{\text{Abf,HS}}$  Gewichtete Anzahl der relevanten Haltestellenabfahrten der Zielhaltestelle.
- $\text{ÖV}Q_s$  ÖV-Qualitätsindex des betrachteten Startpunkts

Die Verteilung der Ziele in Abhängigkeit des ÖV-Qualitätsindex und die linienscharfe Zuordnung der Abfahrten, ermöglicht eine differenzierte Zuordnung der Zugangswege zu den Haltestellen. Exemplarisch kann dies anhand eines Beispiels aufgezeigt werden. In **Abb. 22** sind die Zugangswege zu ÖV-Haltestellen dargestellt. Links sind ausschliesslich Zugangswege zu Bushaltestellen dargestellt (farblich differenziert nach den einzelnen Haltestellen). Es ist ersichtlich, dass die Zugangswege jeweils zur nächsten Haltestelle führen, da jede Haltestelle durch die gleiche Linie bedient wird. Rechts sind zusätzlich die Zugangswege zu den beiden Bahnhöfen Rüti und Tann-Dürnten eingeblendet. Es zeigt sich, dass die Einzugsgebiete der Bahnhöfe diejenigen der Bushaltestellen überlagern, da für den Zugang zum ÖV-Angebot der Bahnhöfe auch längere Zugangswege in Kauf genommen werden. Die Einzugsgebiete der beiden Bahnhöfe überlagern sich auch gegenseitig, da der Bahnhof Rüti von mehr Linien bedient wird als der Bahnhof Tann-Dürnten.



**Abb. 22** Links: Zugangswege zu den 4 Bushaltestellen in Tann-Dürnten, die von der gleichen Linie bedient werden. Rechts: Überlagerung durch die Zugangswege zu den Bahnhöfen Rüti und Tann-Dürnten

## 5.2.5 Routing

Das Routing und die Umlegung des Potenzials der Quell-Ziel-Relationen erfolgt jeweils auf der Route mit den geringsten Wegkosten (gem. Kap. 5.2.1). Diese wird mittels des Dijkstra-Algorithmus ermittelt.

## 5.3 Input-Werte und Annahmen

In den folgenden Unterkapiteln sind die verwendeten Input-Werte und Annahmen für das Basismodell dokumentiert. Diese werden, wenn immer möglich, auf Basis von Kennwerten (z.B. MZMV, NPVM sowie Literatur) hergeleitet. Wo dies nicht möglich war, wurden die Modellergebnisse in einem iterativen Prozess mit den Erhebungswerten verglichen und entsprechend Anpassungen an den Modellparametern vorgenommen.

### 5.3.1 Kennwerte Verkehrserzeugung

Für die Verkehrserzeugung werden Kennwerte zu folgenden Aspekten benötigt:

- Anzahl Wege (alle Verkehrsmittel) vom Wohnort (home-based) resp. Arbeitsort (work-based) pro Person und Tag (unterschieden nach DTV, DWV, WE)
- Abschätzung des Fussverkehrsanteils nach Distanzband (0-500m, 500-1000m, 1000-1500m) pro Verkehrszweck
- Gewichtung der Anzahl Ziele nach Distanzband (0-500m, 500-1000m, 1000-1500m) pro Verkehrszweck

#### Anzahl Wege pro Person und Tag

Für die Herleitung der Anzahl Wege pro Person und Tag wurde der BFS/ARE Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 ausgewertet. Da bei der Modellierung die Verkehrszwecke den vorhandenen Zielkategorien (5.3.2) zugeordnet werden, wird die Auswertung der Freizeitwege gemäss der Tätigkeit am Zielort weiter spezifiziert.

**Tab. 12** Wege pro Person und Tag nach Verkehrszweck

| Verkehrszweck                        | DTV           |                  | DWV           |                  | WE            |                  |
|--------------------------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
|                                      | Start Wohnort | Start Arbeitsort | Start Wohnort | Start Arbeitsort | Start Wohnort | Start Arbeitsort |
| Arbeiten                             | 0.611         | 0.830            | 0.798         | 1.087            | 0.150         | 0.206            |
| Ausbildung/Schule                    | 0.237         | 0.014            | 0.327         | 0.019            | 0.026         | 0.003            |
| Einkauf                              | 0.452         | 0.189            | 0.447         | 0.247            | 0.466         | 0.046            |
| Dienstleistungen                     | 0.168         | 0.065            | 0.210         | 0.088            | 0.069         | 0.008            |
| Freizeit: Kultur/Freizeitanlagen     | 0.190         | 0.018            | 0.129         | 0.016            | 0.338         | 0.037            |
| Freizeit: Religion                   | 0.060         | 0.004            | 0.033         | 0.003            | 0.127         | 0.009            |
| Freizeit: Aktiver Sport              | 0.532         | 0.063            | 0.529         | 0.077            | 0.534         | 0.030            |
| Freizeit: Gastronomie                | 0.351         | 0.186            | 0.299         | 0.238            | 0.476         | 0.039            |
| Freizeit: Gesundheit/Medizin/Fitness | 0.032         | 0.007            | 0.034         | 0.010            | 0.027         | 0.001            |
| <b>Total</b>                         | <b>2.635</b>  | <b>1.377</b>     | <b>2.805</b>  | <b>1.786</b>     | <b>2.212</b>  | <b>0.380</b>     |

Bemerkungen:

- Start Arbeitsort: Wege pro arbeitstätiger Person.
- Verkehrszwecke sind gemäss der Zuordnung zu den Zielen (Kap. 5.3.2) kategorisiert und aggregiert.
- Als vereinfachte Annahme wird die Anzahl Wege verdoppelt (Hin- und Rückweg).
- Arbeitswege beinhalten auch geschäftliche Tätigkeit und Dienstfahrten.
- Begleitwege sowie «andere» Wege sind im Verhältnis auf Wege mit Zweck Ausbildung, Einkauf, Dienstleistung und Freizeit verteilt.
- Freizeit «sonstiges» sind im Verhältnis der weiteren Freizeitwege auf diese Freizeitwege verteilt.

Für das Modell werden die Verkehrszwecke «Ausbildung/Schule» und «Einkauf» weiter differenziert, um diese besser auf die vorhandenen Ziele verteilen zu können. Dazu werden folgende Annahmen getroffen:

- Aufteilung der Wege «Ausbildung/Schule» auf «Ausbildung bis Sek I» und «Höhere Ausbildung» im Verhältnis 50% zu 50%.
- Aufteilung der Wege «Einkauf» auf «Detailhandel gross», «übriger Detailhandel täglicher Bedarf» und «übriger Detailhandel langfristiger Bedarf» im Verhältnis 65%, 25%, 10%.
- Freizeitwege, die nicht direkt einer Zielkategorie zugeordnet werden können (z.B. Naherholung), sind im Verhältnis der zuordbaren Freizeitwege auf dieselben verteilt.

Etappen als Teil eines ÖV-Weges führen von einem Startpunkt zu einer Haltestelle. Sie werden nicht nach Verkehrszweck unterschieden, sondern decken alle Verkehrszwecke ab. Entsprechend werden sie basierend auf der Gesamtzahl der Wege mit Start / Ziel zu Hause oder bei der Arbeit ermittelt. Grundlage bildet somit die Zeile «Total» in der obigen Tab. 12.

### A) Fussverkehrsanteil nach Distanzband

Für die Abschätzung des Fussverkehrsanteils nach Wegdistanz zum entsprechenden Ziel, wird wiederum der BFS/ARE Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 ausgewertet und basierend darauf die Kennwerte des Modells mittels Validierung angepasst. Zwecks Vergleichbarkeit mit dem Mikrozensus wird für die Validierung die effektive Weglänge aus dem Modell verwendet (und nicht die Wegkosten).

Vorgehen:

- Kategorisierung der Wege gemäss MZMV nach Distanzband (0-500m, 500-1000m, 1000-1500m)
- Berechnung Fussverkehrsanteil pro Verkehrszweck und Distanzband
- Diese Werte werden als Ausgangspunkt für die Validierung verwendet

**Tab. 13** Fussverkehrsanteil pro Verkehrszweck und Distanzband

| Verkehrszweck                   | Fussverkehrsanteil |                       |                        |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
|                                 | Weglänge<br>0-500m | Weglänge<br>500-1000m | Weglänge<br>1000-1500m |
| Ausbildung/Schule               | 0.81               | 0.78                  | 0.65                   |
| Einkauf                         | 0.72               | 0.61                  | 0.38                   |
| Dienstleistungen                | 0.64               | 0.52                  | 0.35                   |
| Kultur / Freizeitanlagen        | 0.60               | 0.62                  | 0.42                   |
| Religion                        | 0.75               | 0.57                  | 0.34                   |
| Aktiver Sport                   | 0.68               | 0.63                  | 0.48                   |
| Gastronomie                     | 0.74               | 0.64                  | 0.49                   |
| Gesundheit / Fitness / Wellness | 0.69               | 0.58                  | 0.42                   |

Bemerkungen:

- Verkehrszwecke sind gemäss der Zuordnung zu den Zielen (Kap. 5.3.2 kategorisiert und aggregiert).

### B) Gewichtung der Anzahl Ziele nach Distanzband

Die Gewichtung der Anzahl Ziele nach Distanzband erfolgt in einer ersten Annäherung «geometrisch» und aufgrund der Verteilung der Weglängen der reinen Fusswege (ohne Zugangswege zum ÖV).

Aufgrund der Flächen der Distanzbänder (idealtypische Annahme einer kreisförmigen Ausdehnung) und der Längenverteilung der Fusswege, basierend auf dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015, ist in der folgenden Tabelle das theoretische Gewicht der Ziele pro Distanzband hergeleitet.

**Tab. 14** Theoretisches Gewicht der Ziele pro Distanzband

|                 | Verteilung Fläche | Verteilung Fusswege | Theoretisches Gewicht |
|-----------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| 0 – 500 m       | 11%               | 50%                 | 1                     |
| 500 – 1'000 m   | 33%               | 30%                 | 0.2                   |
| 1'000 – 1'500 m | 56%               | 20%                 | 0.08                  |

Im Rahmen der Validierung wurden die erzeugten Wege mit dem Mikrozensus abgeglichen und die Gewichte entsprechend geringfügig korrigiert.

### Verwendete Kennwerte

Aus den obigen Punkten A bis C ergeben sich die zentralen Input-Werte für die Verkehrserzeugung im Basismodell:

- anz\_wege\_hb: Anzahl home-based Wege pro Person und Tag
- anz\_wege\_wb: Anzahl home-based Wege pro Beschäftigtem und Tag
- e1\_gewicht: Gewichtungsfaktor für ein Ziel im Distanzband von 0-500m
- e2\_gewicht: Gewichtungsfaktor für ein Ziel im Distanzband von 500-1000m
- e3\_gewicht: Gewichtungsfaktor für ein Ziel im Distanzband von 1000-1500m
- g1: Grenzwert der nach Distanzband gewichteten Anzahl Ziele für den minimalen Fussverkehrsanteil ms1
- g2: Grenzwert der nach Distanzband gewichteten Anzahl Ziele für den mittleren Fussverkehrsanteil ms2
- g3: Grenzwert der nach Distanzband gewichteten Anzahl Ziele für den höchsten Fussverkehrsanteil ms3
- ms1: Fussverkehrsanteil, wenn die minimale Anzahl gewichteter Ziele gemäss g1 überschritten wird
- ms2: Fussverkehrsanteil, wenn die Anzahl gewichteter Ziele gemäss g2 überschritten wird
- ms3: Fussverkehrsanteil, wenn die minimale Anzahl gewichteter Ziele gemäss g3 überschritten wird (höchster möglicher Fussverkehrsanteil)

Tab. 15 zeigt die Input-Werte zur Verkehrserzeugung für den DTV. Die Tabellen Tab. 16 und Tab. 17 zeigen die Werte für den DWV und das Wochenende. Diese unterscheiden sich nur in der Anzahl Wege (Spalten «anz\_wege\_hb» und «anz\_wege\_wb»), die restlichen Werte sind dieselben.

**Tab. 15** Verkehrserzeugung DTV

|  | kategorie_id | anz_wege_hb | anz_wege_wb | e1_gewicht | e2_gewicht | e3_gewicht | g1  | g2  | g3 | ms1 | ms2  | ms3  |
|--|--------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-----|-----|----|-----|------|------|
| <b>kategorie_name</b>                      |              |             |             |            |            |            |     |     |    |     |      |      |
| ausbildung_bis_sek_I                       | 1            | 0.119       | 0           | 1          | 0.2        | 0.1        | 0.2 | 1   | 2  | 0.8 | 0.9  | 0.95 |
| hoehere_ausbildung                         | 2            | 0.119       | 0.014       | 1          | 0.2        | 0.1        | 0.2 | 1   | 2  | 0.4 | 0.6  | 0.8  |
| detailhandel_gross                         | 3            | 0.294       | 0.123       | 1          | 0.2        | 0.08       | 0.2 | 1   | 3  | 0.4 | 0.55 | 0.7  |
| uebriger_detailhandel_taeaglicher_bedarf   | 4            | 0.113       | 0.047       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 10  | 20 | 0.4 | 0.55 | 0.7  |
| uebriger_detailhandel_langfristiger_bedarf | 5            | 0.045       | 0.019       | 1          | 0.2        | 0.08       | 0.2 | 2   | 3  | 0.3 | 0.4  | 0.5  |
| dienstleistungen                           | 6            | 0.168       | 0.065       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 20  | 30 | 0.3 | 0.5  | 0.6  |
| kultur_freizeitanlagen                     | 7            | 0.19        | 0.018       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 4   | 8  | 0.3 | 0.5  | 0.6  |
| religion                                   | 8            | 0.06        | 0.004       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 2   | 3  | 0.3 | 0.6  | 0.7  |
| aktiver_sport                              | 9            | 0.532       | 0.063       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 1.5 | 2  | 0.3 | 0.5  | 0.7  |
| gastronomie                                | 10           | 0.351       | 0.186       | 1          | 0.15       | 0.05       | 1   | 2   | 10 | 0.2 | 0.35 | 0.7  |
| gesundheit_fitness_welness                 | 11           | 0.032       | 0.007       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 3   | 7  | 0.4 | 0.6  | 0.7  |
| haltestelle                                | 12           | 2.635       | 1.377       | -          | -          | -          | -   | -   | -  | -   | -    | -    |

Lesehilfe:

Zum Zweck «Detailhandel gross» werden pro Person und Tag (DTV) 0.294 Wege von zuhause und 0.123 Wege vom Arbeitsplatz aus zurückgelegt.

Die Anzahl zu Fuss erreichbarer Ziele ergibt sich aus den Spalten e1\_gewicht bis e3\_gewicht. So zählt ein Geschäft im Distanzband 0-500m (e1) mit Faktor 1, im Distanzband 500-1000m (e2) jedoch nur noch 0.2, im Distanzband 1000-1500m (e3) nur noch 0.08. Die so gewichtete Anzahl Geschäfte nach Distanzband ergibt die gesamte Anzahl Geschäfte in Fussdistanz.

Ist die Anzahl Ziele grösser oder gleich wie der Grenzwert 0.2 (Spalte g1), so ergibt sich ein Fussverkehrsanteil von 40% (Spalte ms1). Ist die Anzahl Ziele grösser gleich 1, beträgt der Fussverkehrsanteil 55% (Spalte ms2), ist er grösser gleich 3, wird der maximale Fussverkehrsanteil von 70% erreicht.

**Tab. 16** Verkehrserzeugung DWV

| <b>kategorie_name</b>                      | <b>kategorie_id</b> | <b>anz_wege_hb</b> | <b>anz_wege_wb</b> | <b>e1_gewicht</b> | <b>e2_gewicht</b> | <b>e3_gewicht</b> | <b>g1</b> | <b>g2</b> | <b>g3</b> | <b>ms1</b> | <b>ms2</b> | <b>ms3</b> |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| ausbildung_bis_sek_I                       | 1                   | 0.164              | 0                  | 1                 | 0.2               | 0.1               | 0.2       | 1         | 2         | 0.8        | 0.9        | 0.95       |
| hoehere_ausbildung                         | 2                   | 0.164              | 0.019              | 1                 | 0.2               | 0.1               | 0.2       | 1         | 2         | 0.4        | 0.6        | 0.8        |
| detailhandel_gross                         | 3                   | 0.291              | 0.161              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 0.2       | 1         | 3         | 0.4        | 0.55       | 0.7        |
| uebriger_detailhandel_taegliches_bedarf    | 4                   | 0.112              | 0.062              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 10        | 20        | 0.4        | 0.55       | 0.7        |
| uebriger_detailhandel_langfristiger_bedarf | 5                   | 0.045              | 0.025              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 0.2       | 2         | 3         | 0.3        | 0.4        | 0.5        |
| dienstleistungen                           | 6                   | 0.21               | 0.088              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 20        | 30        | 0.3        | 0.5        | 0.6        |
| kultur_freizeitanlagen                     | 7                   | 0.129              | 0.016              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 4         | 8         | 0.3        | 0.5        | 0.6        |
| religion                                   | 8                   | 0.033              | 0.003              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 2         | 3         | 0.3        | 0.6        | 0.7        |
| aktiver_sport                              | 9                   | 0.529              | 0.077              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 1.5       | 2         | 0.3        | 0.5        | 0.7        |
| gastronomie                                | 10                  | 0.299              | 0.238              | 1                 | 0.15              | 0.05              | 1         | 2         | 10        | 0.2        | 0.35       | 0.7        |
| gesundheit_fitness_wellness                | 11                  | 0.034              | 0.01               | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 3         | 7         | 0.4        | 0.6        | 0.7        |
| haltestelle                                | 12                  | 2.805              | 1.786              | -                 | -                 | -                 | -         | -         | -         | -          | -          | -          |

**Tab. 17** Verkehrserzeugung WE

| <b>kategorie_name</b>                      | <b>kategorie_id</b> | <b>anz_wege_hb</b> | <b>anz_wege_wb</b> | <b>e1_gewicht</b> | <b>e2_gewicht</b> | <b>e3_gewicht</b> | <b>g1</b> | <b>g2</b> | <b>g3</b> | <b>ms1</b> | <b>ms2</b> | <b>ms3</b> |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| ausbildung_bis_sek_I                       | 1                   | 0.013              | 0                  | 1                 | 0.2               | 0.1               | 0.2       | 1         | 2         | 0.8        | 0.9        | 0.95       |
| hoehere_ausbildung                         | 2                   | 0.013              | 0.003              | 1                 | 0.2               | 0.1               | 0.2       | 1         | 2         | 0.4        | 0.6        | 0.8        |
| detailhandel_gross                         | 3                   | 0.303              | 0.03               | 1                 | 0.2               | 0.08              | 0.2       | 1         | 3         | 0.4        | 0.55       | 0.7        |
| uebriger_detailhandel_taegliches_bedarf    | 4                   | 0.117              | 0.012              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 10        | 20        | 0.4        | 0.55       | 0.7        |
| uebriger_detailhandel_langfristiger_bedarf | 5                   | 0.047              | 0.005              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 0.2       | 2         | 3         | 0.3        | 0.4        | 0.5        |
| dienstleistungen                           | 6                   | 0.069              | 0.008              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 20        | 30        | 0.3        | 0.5        | 0.6        |
| kultur_freizeitanlagen                     | 7                   | 0.338              | 0.037              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 4         | 8         | 0.3        | 0.5        | 0.6        |
| religion                                   | 8                   | 0.127              | 0.009              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 2         | 3         | 0.3        | 0.6        | 0.7        |
| aktiver_sport                              | 9                   | 0.534              | 0.03               | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 1.5       | 2         | 0.3        | 0.5        | 0.7        |
| gastronomie                                | 10                  | 0.476              | 0.039              | 1                 | 0.15              | 0.05              | 1         | 2         | 10        | 0.2        | 0.35       | 0.7        |
| gesundheit_fitness_wellness                | 11                  | 0.027              | 0.001              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 3         | 7         | 0.4        | 0.6        | 0.7        |
| haltestelle                                | 12                  | 2.212              | 0.38               | -                 | -                 | -                 | -         | -         | -         | -          | -          | -          |

### 5.3.2 Auswahl Ziele / Attraktoren

Die Bestimmung der Ziele erfolgt auf Basis der 11 Zielkategorien. Ziele werden aufgrund der Branche der Beschäftigten festgelegt. So wird für alle Punkte der Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT) geprüft, ob aufgrund der Branche ein Ziel für den Fussverkehr vorliegt. Die Zuordnung der Branchen zu den Zielen erfolgt aufgrund des NOGA-Codes.

**Tab. 18** Definition Zielkategorien aufgrund der Branchen

| Noga-Code | Branchenbezeichnung  | Ziel-kategorie | Name Zielkategorie                        |
|-----------|--|----------------|---|
| 851000    | Kindergärten und Vorschulen  | 1              | Ausbildung bis Sek 1                      |
| 852001    | Primarschulen  | 1              | Ausbildung bis Sek 1                      |
| 852003    | Obligatorische Schulen a. n. g.  | 1              | Ausbildung bis Sek 1                      |
| 853101    | Bezirks-, Sekundar-, Realschulen, Oberstufe der Primarschulen  | 1              | Ausbildung bis Sek 1                      |
| 854201    | Universitäre Hochschulen   | 2              | Höhere Ausbildung                         |
| 854202    | Fachhochschulen  | 2              | Höhere Ausbildung                         |
| 854203    | Andere Ausbildungsstätten der höheren Berufsbildung  | 2              | Höhere Ausbildung                         |
| 853102    | Maturitätsschulen  | 2              | Höhere Ausbildung                         |
| 853103    | Fachmittelschulen FMS  | 2              | Höhere Ausbildung                         |
| 853200    | Berufsbildende weiterführende Schulen  | 2              | Höhere Ausbildung                         |
| 471101    | Verbrauchermarkt (> 2500 m <sup>2</sup> )  | 3              | Detailhandel gross                        |
| 471102    | Grosse Supermärkte (1000 – 2499 m <sup>2</sup> )   | 3              | Detailhandel gross                        |
| 471103    | Kleine Supermärkte (400 – 999 m <sup>2</sup> )   | 3              | Detailhandel gross                        |
| 471*      | Detailhandel mit Waren verschiedener Art (in Verkaufsräumen)   | 4              | Übriger Detailhandel täglicher Bedarf     |
| 472*      | Detailhandel mit Nahrungs- und Genussmitteln, Getränken und Tabakwaren (in Verkaufsräumen)                     | 4              | Übriger Detailhandel täglicher Bedarf     |
| 473*      | Detailhandel mit Motorenkraftstoffen (Tankstellen)   | 4              | Übriger Detailhandel täglicher Bedarf     |
| 474*      | Detailhandel mit Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik (in Verkaufsräumen)                       | 5              | Übriger Detailhandel langfristiger Bedarf |
| 475*      | Detailhandel mit sonstigen Haushaltsgeräten, Textilien, Heimwerker- und Einrichtungsbedarf (in Verkaufsräumen) | 5              | Übriger Detailhandel langfristiger Bedarf |
| 476*      | Detailhandel mit Verlagsprodukten, Sportausrüstungen und Spielwaren (in Verkaufsräumen)                        | 5              | Übriger Detailhandel langfristiger Bedarf |
| 477*      | Detailhandel mit sonstigen Gütern (in Verkaufsräumen)  | 5              | Übriger Detailhandel langfristiger Bedarf |
| 4781*     | Detailhandel mit Nahrungs- und Genussmitteln, Getränken und Tabakwaren an Verkaufsständen und auf Märkten      | 4              | Übriger Detailhandel langfristiger Bedarf |
| 4782*     | Detailhandel mit Textilien, Bekleidung und Schuhen an Verkaufsständen und auf Märkten                          | 5              | Übriger Detailhandel langfristiger Bedarf |
| 531000    | Postdienste von Universaldienstleistungsanbietern  | 6              | Dienstleistungen                          |
| 641902    | Kantonalbanken   | 6              | Dienstleistungen                          |
| 641903    | Grossbanken  | 6              | Dienstleistungen                          |
| 641904    | Regionalbanken und Sparkassen  | 6              | Dienstleistungen                          |
| 641905    | Raiffeisenbanken   | 6              | Dienstleistungen                          |
| 641911    | Andere Banken  | 6              | Dienstleistungen                          |
| 641912    | Sonstige Kreditinstitute (ohne Spezialkreditinstitute) a. n. g.  | 6              | Dienstleistungen                          |
| 862100    | Arztpraxen für Allgemeinmedizin  | 6              | Dienstleistungen                          |
| 862300    | Zahnarztpraxen   | 6              | Dienstleistungen                          |
| 960201    | Coiffeursalon  | 6              | Dienstleistungen                          |
| 8610*     | Krankenhäuser  | 6              | Dienstleistungen                          |
| 8891*     | Tagesbetreuung von Kindern   | 6              | Dienstleistungen                          |
| 791100    | Reisebüros   | 6              | Dienstleistungen                          |
| 821902    | Copy Shops   | 6              | Dienstleistungen                          |
| 960102    | Textilreinigung  | 6              | Dienstleistungen                          |

| Noga-Code | Branchenbezeichnung  | Ziel-kategorie | Name Zielkategorie              |
|-----------|--|----------------|---------------------------------|
| 910100    | Bibliotheken und Archive   | 7              | Kultur / Freizeitanlagen        |
| 591400    | Kinos  | 7              | Kultur / Freizeitanlagen        |
| 900400    | Betrieb von Kultur- und Unterhaltungseinrichtungen                       | 7              | Kultur / Freizeitanlagen        |
| 910200    | Museen   | 7              | Kultur / Freizeitanlagen        |
| 910300    | Betrieb von historischen Stätten und Gebäuden und ähnlichen Attraktionen | 7              | Kultur / Freizeitanlagen        |
| 910400    | Botanische und zoologische Gärten sowie Naturparks                       | 7              | Kultur / Freizeitanlagen        |
| 9321*     | Vergnügungs- und Themenparks   | 7              | Kultur / Freizeitanlagen        |
| 855200    | Kulturunterricht   | 7              | Kultur / Freizeitanlagen        |
| 855100    | Sport- und Freizeitunterricht  | 7              | Kultur / Freizeitanlagen        |
| 949101    | Kirchgemeinden und religiöse Vereinigungen                               | 8              | Religion                        |
| 960300    | Bestattungswesen   | 8              | Religion                        |
| 931100    | Betrieb von Sportanlagen   | 9              | Aktiver Sport                   |
| 931200    | Sportvereine   | 9              | Aktiver Sport                   |
| 561001    | Restaurants, Imbissstuben, Tea-Rooms und Gelaterias                      | 10             | Gastronomie                     |
| 561002    | Restaurants mit Beherbergungsangebot                                     | 10             | Gastronomie                     |
| 563001    | Bars   | 10             | Gastronomie                     |
| 563002    | Diskotheiken, Dancings, Night Clubs                                      | 10             | Gastronomie                     |
| 931300    | Gymnastik- und Fitnesszentren  | 11             | Gesundheit / Fitness / Wellness |
| 9604*     | Saunas, Solarien, Bäder u. Ä.  | 11             | Gesundheit / Fitness / Wellness |

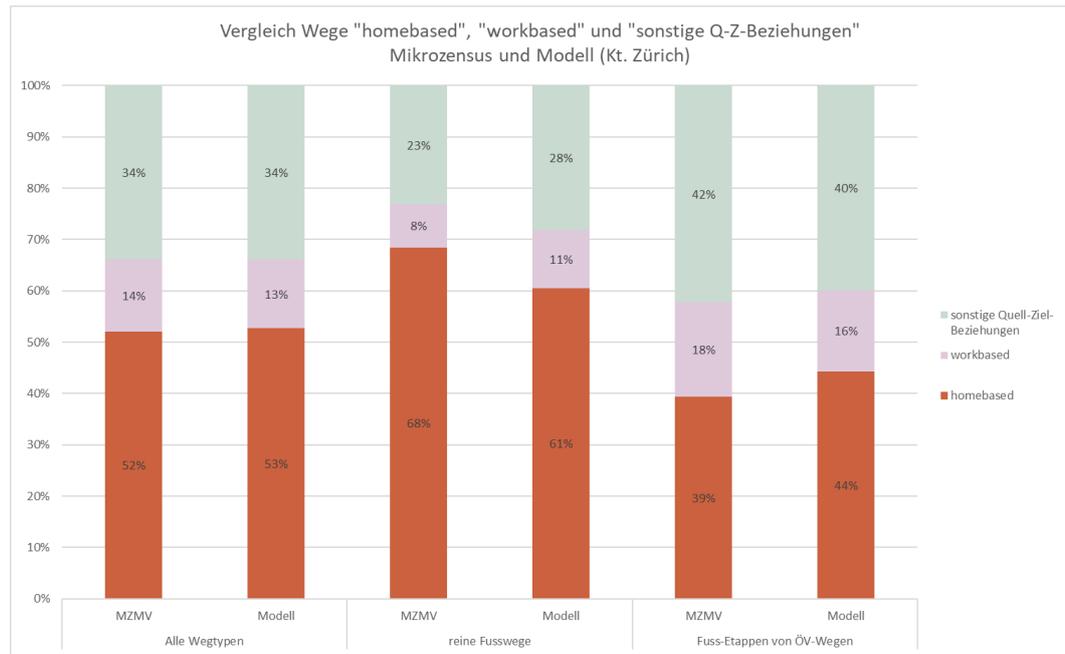
### 5.3.3 Besucherfaktoren

#### Faktoren generell

Das Modell kennt Wege, die von zu Hause oder vom Arbeitsort starten. Wege, die weder zum Wohnort noch zum Arbeitsort einen direkten Bezug haben, werden mittels Besucherfaktoren simuliert. Dies geschieht mittels eines Faktors auf die Arbeitsplätze (Vollzeitäquivalente). Die Besucher werden damit über diese zusätzlichen Arbeitsplätze simuliert (gem. Kap. 5.1).

Die Besucherfaktoren lassen sich nicht direkt über die Anzahl Besucher herleiten, da mittels der Besucherfaktoren nur die Wege abgebildet werden müssen, die Start oder Ziel nicht zu Hause oder beim Arbeitsplatz haben. Dennoch erfolgte die Herleitung in einem ersten Schritt aufgrund einer groben Abschätzung des Verhältnisses zwischen Arbeitsplätzen und Besuchern. In einem zweiten Schritt wurden die Besucherfaktoren im Rahmen der Validierung überprüft und entsprechend angepasst.

In der untenstehenden **Abb. 23** sind die Anteile der verschiedenen Wegekategorien dargestellt. Durch die iterative Anpassung der Besucherfaktoren konnten die Besucherfaktoren so festgelegt werden, dass die Verhältnisse weitgehend stimmig sind.



**Abb. 23** Vergleich der Anteile der Wege «homebased», «workbased» und sonstiger Quell-Ziel-Beziehungen

**Tab. 19** Besucherfaktoren nach Branchen

| Noga-Code | Branchenbezeichnung                                 | Besuchersfaktor |
|-----------|---|-----------------|
| 854201    | Universitäre Hochschulen                            | 20              |
| 854202    | Fachhochschulen                                     | 20              |
| 854203    | Andere Ausbildungsstätten der höheren Berufsbildung | 20              |
| 853102    | Maturitätsschulen                                   | 20              |
| 853103    | FMS   | 20              |
| 853200    | Berufsbildende Schulen                              | 20              |
| 47*       | Detailhandel  | 5               |
| 531000    | Poststellen   | 5               |
| 862100    | Arztpraxen für Allgemeinmedizin                     | 5               |
| 862300    | Zahnarztpraxen                                      | 5               |
| 960201    | Coiffeursalons                                      | 5               |
| 8610*     | Krankenhäuser                                       | 1.5             |
| 8891*     | Tagesbetreuung von Kindern                          | 3               |
| 791100    | Reisebüros  | 5               |
| 821902    | Copy Shops  | 5               |
| 960102    | Textilreinigungen                                   | 5               |
| 55*       | Beherbergung <sup>19</sup>                          | 9               |
| 561001    | Restaurants, Imbiss etc.                            | 23              |
| 561002    | Restaurants mit Beherbergungsangebot                | 23              |
| 563001    | Bars  | 23              |
| 563002    | Diskotheken, Dancings, Night Clubs                  | 23              |
| 931100    | Betrieb von Sportanlagen                            | 10              |
| 931200    | Sportvereine  | 10              |
| 931300    | Fitnesszentren                                      | 6               |
| 9604*     | Saunas, Solarien, Bäder u. Ä.                       | 6               |
| 59*       | Kinos   | 12              |
| 910100    | Bibliotheken  | 12              |

<sup>19</sup> Ohne 551003, 552003, 553003: Verwaltung von Hotels, Gasthöfen, Pensionen, Ferien- und Kollektivunterkünften sowie Campingplätzen

| <b>Noga-Code</b> | <b>Branchenbezeichnung</b>   | <b>Besucherfaktor</b> |
|------------------|--|-----------------------|
| 900400           | Betrieb von Kultur- und Unterhaltungseinrichtungen                       | 5                     |
| 910200           | Museen   | 5                     |
| 910300           | Betrieb von historischen Stätten und Gebäuden und ähnlichen Attraktionen | 5                     |
| 910400           | Botanische und zoologische Gärten sowie Naturparks                       | 5                     |
| 855200           | Kulturunterricht   | 5                     |
| 855100           | Sport- und Freizeitunterricht  | 5                     |
| 949101           | Kirchgemeinden und religiöse Vereinigungen                               | 5                     |
| 960300           | Bestattungswesen   | 5                     |

### **Einkaufsgebiete**

In Einkaufsgebieten ergeben sich sehr viele Besucherwege, insbesondere zwischen den verschiedenen Einkaufsmöglichkeiten. Die Anzahl an Besucherwegen ist insbesondere dann hoch, wenn sich viele Einkaufsmöglichkeiten in grosser räumlicher Nähe befinden. Aus diesem Grund wird der Besucherfaktor für Einkaufsmöglichkeiten zusätzlich differenziert, wenn sich ein Einkaufsgeschäft in einem Einkaufsgebiet befindet.

Als Einkaufsgebiet wird ein Gebiet definiert, das mindestens 200 Arbeitsplätze (Vollzeit-äquivalente) im Umkreis von maximal 300 Metern (Luftlinie) aufweist. Einkaufsgeschäfte in Einkaufsgebieten werden mit einem Besucherfaktor von 20 versehen.

### **Singuläre Verkehrserzeuger**

Es gibt Ziele, die ein hohes Besucheraufkommen aufweisen, das sich nicht ausreichend mit Besucherfaktoren abbilden lässt. Hierzu gehören beispielsweise Freizeiteinrichtungen (Zoo, Alpbahnen), grosse Museen (z.B. Technorama), Sportstadien oder Einkaufszentren. Die Berücksichtigung des Besucheraufkommens dieser singulären Verkehrserzeuger erfolgt auf Basis des nationalen Personenverkehrsmodells.

Im nationalen Personenverkehrsmodell sind einzelne Verkehrszonen als singuläre Verkehrserzeuger ausgewiesen. Diesen Verkehrszonen sind Besucherzahlen zugewiesen, die auf relevante Startpunkte verteilt werden. Schweizweit werden im nationalen Personenverkehrsmodell 49 singuläre Verkehrserzeuger ausgewiesen.

Die Zuweisung der relevanten Startpunkte zu den Besucherzahlen der Verkehrszonen erfolgt einerseits räumlich (Punkte, die sich innerhalb der Verkehrszone befinden) und andererseits aufgrund der Branche der Arbeitsplätze am Startpunkt. Die Verteilung der Besucherzahlen erfolgt proportional zu den Arbeitsplätzen (Vollzeitäquivalente) der relevanten Startpunkte.

Wenn Besucherzahlen aufgrund der singulären Verkehrserzeuger zugewiesen werden, entfallen die Faktoren für diese Startpunkte.

**Tab. 20** Zuordnung der Besucher kategorien der singulären Verkehrserzeuger des nationalen Personenverkehrsmodells zu den relevanten Branchen der Startpunkte

| Besucherkategorie<br>nationales Personenverkehrsmodell | Zugehörige Branchen (Noga-Code) | Zugehörige Branchen (Bezeichnung)   |
|--|---------------------------------|---|
| visitors_naturereserve                                 | 910400                          | Botanische und zoologische Gärten sowie Naturparks  |
| visitors_cinema  | 591400                          | Kinos   |
| visitors_library                                       | 910100                          | Bibliotheken und Archive  |
| visitors_museum  | 910200                          | Museen  |
| visitors_histbuilding                                  | 910300                          | Betrieb von historischen Stätten und Gebäuden und ähnlichen Attraktionen                    |
| visitors_sports  | 931100                          | Betrieb von Sportanlagen  |
| visitors_gastronomy                                    | 5610*                           | Restaurants, Gaststätten, Imbissstuben, Cafés, Eissalons u. Ä.                              |
| Visitors_bar_disco                                     | 5630*                           | Ausschank von Getränken (Bars, Diskotheken, Dancings, Night Clubs)                          |
| visitors_hospital                                      | 8610*                           | Krankenhäuser   |
| visitors_sales_st                                      | 471*, 472*, 473*, 4781*         | Einkauf der Zielkategorien «Detailhandel gross» und «Übriger Detailhandel täglicher Bedarf» |
| visitors_sales_lt                                      | 474*, 475*, 476*, 477*, 4782*   | Einkauf der Zielkategorien «Übriger Detailhandel langfristiger Bedarf»                      |

### 5.3.4 Öffentlicher Verkehr

Zur Modellierung der Zugangswege zum öffentlichen Verkehr werden einerseits Input-Werte zur Berechnung des ÖV-Qualitätsindex benötigt. Andererseits müssen die Parameter zur Modellierung des Modal Splits aufgrund des ÖV-Qualitätsindex gesetzt werden.

Das Vorgehen und die verwendeten Parameter zur Modellierung des Modal Splits aufgrund des ÖV-Qualitätsindex sind im Kap. 5.2.3 beschrieben.

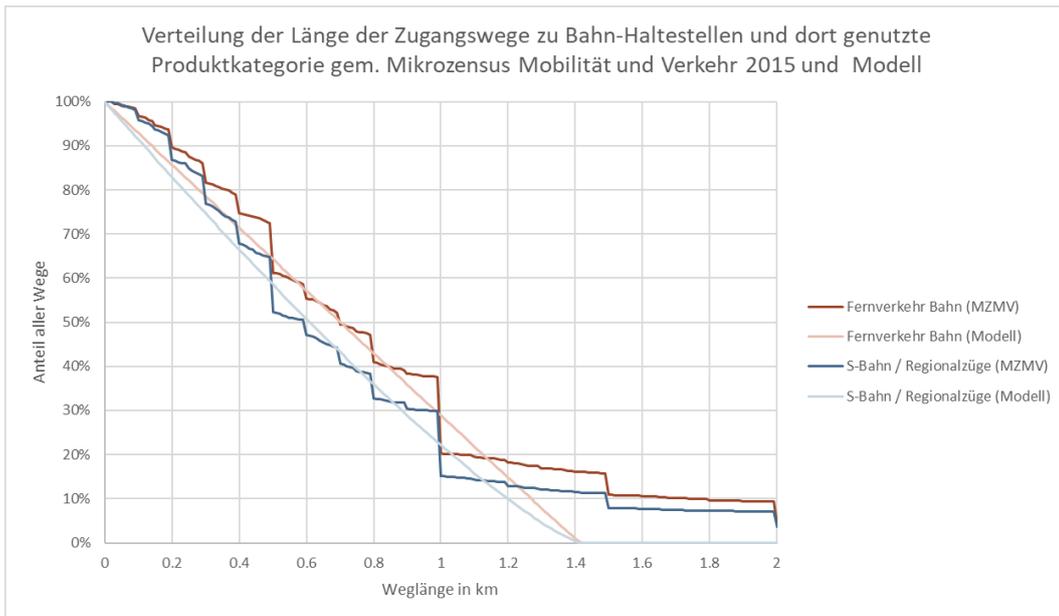
Zur Berechnung des ÖV-Qualitätsindex sind verkehrsmittelabhängige Parameter zur Gewichtung der Abfahrten (GVM) sowie zum Einfluss der Entfernung des Startpunktes zur Haltestelle ( $\text{exp}_{\text{VM}}$ ) erforderlich (gem. Kap. 5.2.3). Die verwendeten Werte sind in Tab. 21 aufgeführt.

Die verkehrsmittelabhängigen Parameter richten sich nach den Produktklassen der HAFAS-Fahrplandaten (gem. Kap. 5.4.4). Bei der Gewichtung der Haltestellenabfahrten werden schienengebundene Verkehrsmittel (Bahn, Tram, Metro) stärker gewichtet als strassengebundene Verkehrsmittel (Bus). Die Erreichbarkeit eines schienengebundenen Verkehrsmittels hat somit einen stärkeren Einfluss auf die Nutzung des ÖV als die Erreichbarkeit eines Busses.

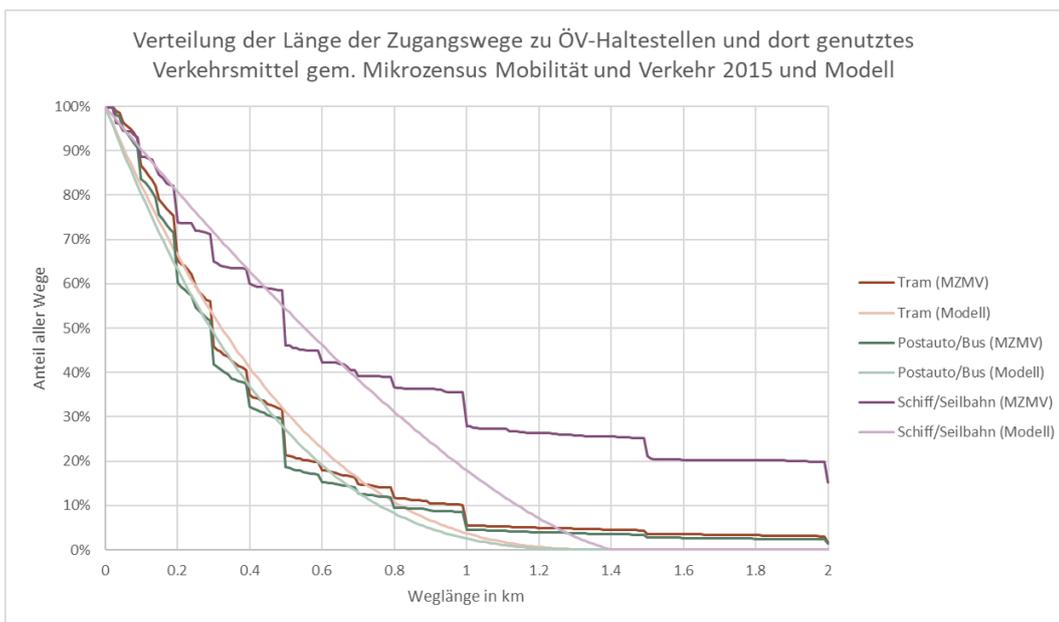
Die Funktionsweise des Exponenten zur Gewichtung der Zugangswege ist, dass die Gewichtung einer Haltestellenabfahrt abnimmt, je weiter die Haltestelle vom Startpunkt entfernt ist. Dabei gilt, dass je grösser der Exponent ist, desto stärker fallen längere Zugangswege ins Gewicht. Damit wird abgebildet, dass zum Erreichen einer Bahnhaltestelle längere Zugangswege in Kauf genommen werden als zum Erreichen einer Tram- oder Bushaltestelle.

Die stark touristisch genutzten Produktklassen der Schiffe und Seilbahnen bilden einen Spezialfall. Einerseits ist ihr Einfluss für die Alltagsmobilität in der Regel eher gering. Deshalb werden die Abfahrten mit einem geringen Gewichtungsfaktor versehen. Andererseits bilden Schiffe und Seilbahnen auch touristische Attraktionen, zu denen längere Zugangswege in Kauf genommen werden. Der Exponent dieser Produktkategorien widerspiegelt dies.

Die Werte zur Gewichtung der Haltestellenabfahrten wurde im Rahmen der Validierung iterativ festgelegt, sodass die Modellierung des Modal Splits möglichst gut passt. Die Werte des Exponenten zur Gewichtung der Zugangswege wurde aus dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr hergeleitet, indem die Verteilung der Längen der Zugangswege zu ÖV-Haltestellen in Abhängigkeit des an der Haltestelle genutzten Verkehrsmittels ausgewertet wurde. Die Auswertung ist in der untenstehenden **Abb. 24** und **Abb. 25** dargestellt.



**Abb. 24** Länge der Zugangswege zu Bahn-Haltestellen nach unterschiedlichen Produktkategorien gemäss Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 und Modell.



**Abb. 25** Länge der Zugangswege zu ÖV-Haltestellen (ohne Bahn) nach unterschiedlichen Verkehrsmitteln gemäss Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 und Modell.

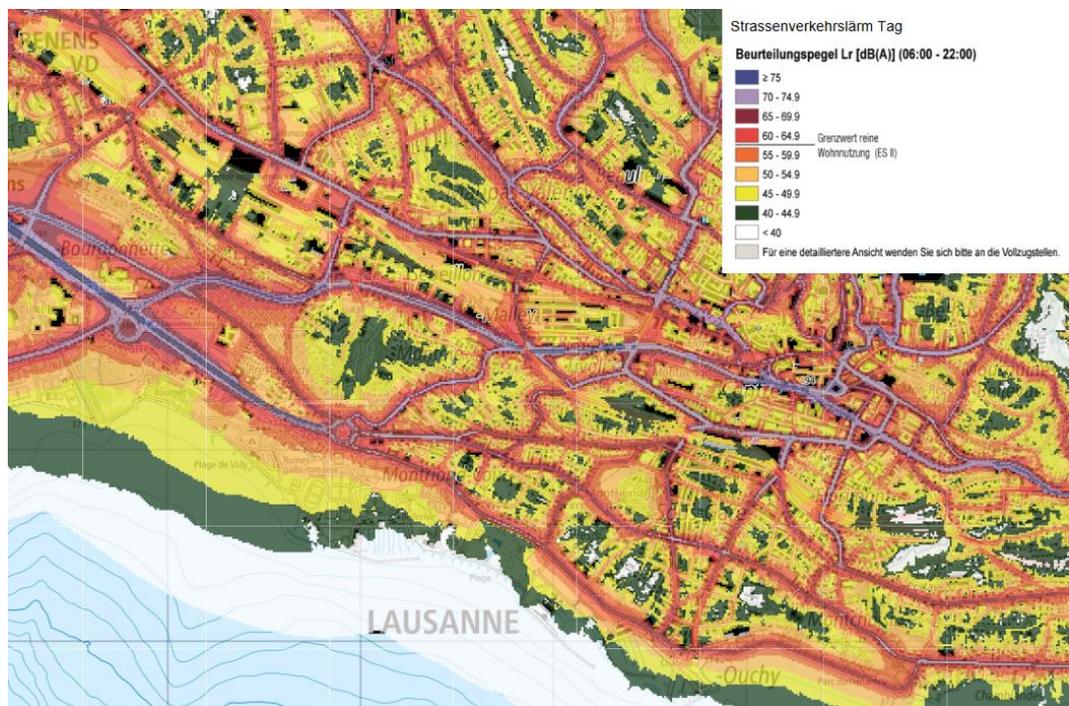
**Tab. 21** Parameter zur Berechnung des ÖV-Qualitätsindex

| Produktklasse                                    | Gewichtung der Haltestellenabfahrt (G <sub>vm</sub> ) | Exponent zur Gewichtung der Zugangswege (exp <sub>vm</sub> ) |
|--|---|--|
| ICE/EN/CNL/CIS/ES/MET/NZ/PEN/TGV/THA/X2          | 2   | 1  |
| EuroCity/InterCity/ICN/InterCityNight/SuperCity  | 2   | 1  |
| InterRegio                                       | 2   | 1  |
| Schnellzug/RegioExpress                          | 2   | 1  |
| S-Bahn/StadtExpress/Eilzug/Regionalzug           | 2   | 1.2  |
| Metro/Autoreisezug/Extrazug/UrlaubsExpress       | 2   | 2.7  |
| Tram   | 2   | 2.7  |
| Bus/Kutsche/Taxi                                 | 1   | 3  |
| Schiff/Fähre/Dampfschiff                         | 0.5   | 1.4  |
| Luftseilbahn/Standseilbahn/Gondelbahn/Sesselbahn | 0.5   | 1.4  |

### 5.3.5 Attraktivität (Indikator Lärmbelastung)

Wie bereits in Kapitel 4.1.1 erläutert, sind attraktive Räume für den Fussverkehr sehr bedeutend, jedoch äusserst schwierig quantitativ zu definieren. I.d.R. wird die Strassenraumqualität mittels qualitativer Fachmeinung und Beobachtung bewertet, nicht mittels Daten, zumal es an geeigneten Datengrundlagen mangelt. Deshalb wird für die Modellierung nicht eine umfassende Attraktivität für den Fussverkehr entwickelt, sondern eine vereinfachte Betrachtungsweise mittels der Strassenlärmbelastung als Indikator.

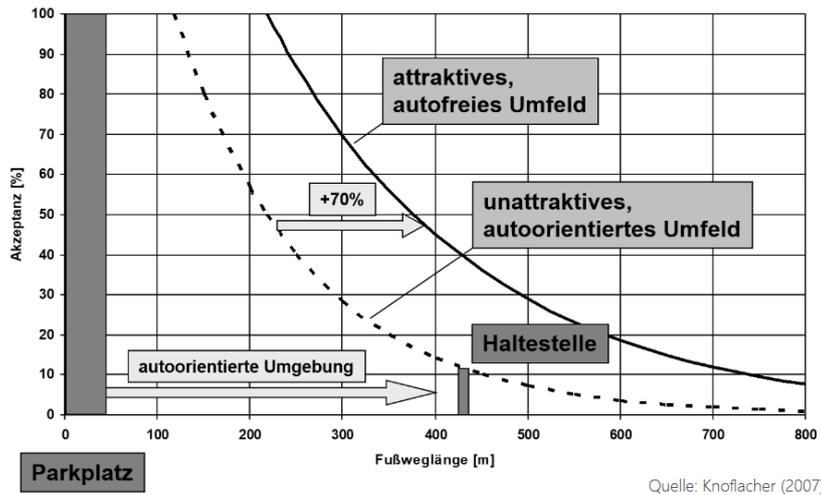
Mit dem Indikator des Strassenverkehrslärms, der als Modellberechnungen (sonBASE, BAFU) flächendeckenden für die Schweiz verfügbar ist, können indirekt Teilaspekte der Attraktivität wie Belastung durch den MIV, Trennwirkung, subjektive Sicherheit und natürlich Lärmbelastung näherungsweise miteinbezogen werden. Daher wird der Strassenverkehrslärm als Hinweis für die Qualität eines Streckenabschnitts verwendet.



**Abb. 26** Lärmbelastung durch Strassenverkehr (Lr\_Tag)  
(Bundesamt für Umwelt BAFU; Abbildung von map.geo.admin.ch)

Es bestehen kaum Studien mit quantitativen Angaben zur Akzeptanz von Fussweglängen nach Attraktivität des Umfelds. Knoflacher stützt sich auf eine Arbeit von Peperna (1982) zu Einzugsbereichen von Haltestellen öffentlicher Nahverkehrsmittel im Strassenbahn-

und Busverkehr, die eine Erhöhung der akzeptierten Weglänge von rund 70% zwischen einem unattraktiven und einem attraktiven Umfeld postuliert (Knoflacher 2007, S. 303).



**Abb. 27** Akzeptanz der Fussweglänge nach Attraktivität des Umfelds

Für die Modellierung wurde deshalb zuerst (vor der Validierung) auf diesen Wert von 70% abgestützt. D.h. diese Varianz von 70% wird auf ein Lärmspektrum angewandt. Zur Festlegung des Lärmspektrums auf spezifische dB-Werte werden Angaben zur Geräuschempfindung der Lautstärken benötigt (siehe **Tab. 22**).

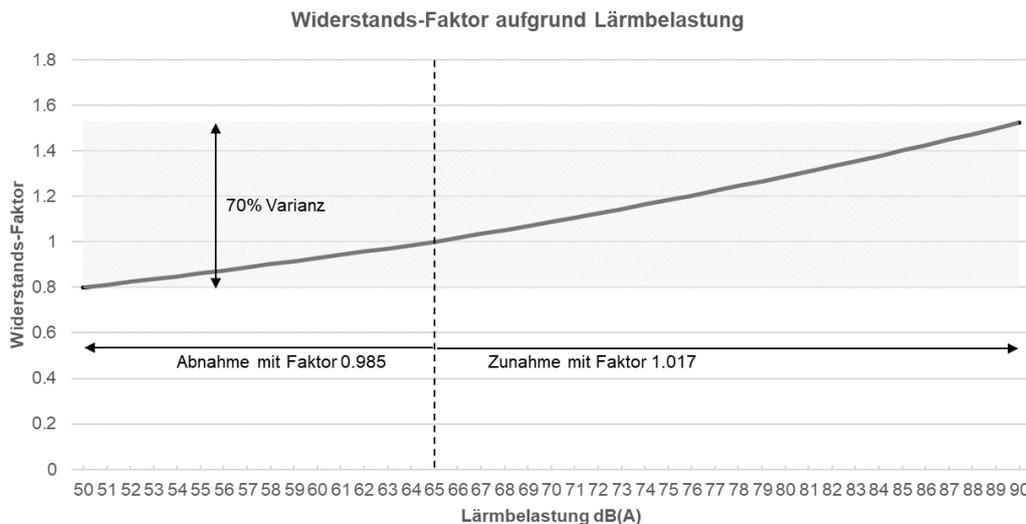
**Tab. 22** Lautstärke und die zugehörige Geräuschempfindung  
(Quelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg)

| Lärmstufe   | Geräuschart   | Lautstärke | Geräuschempfinden            |
|---|---|------------|------------------------------|
| I 30 – 65 dB(A)<br>Psychische<br>Reaktion         | Ticken einer leisen Uhr, feiner Landregen, Flüstern | 30 dB(A)   | sehr leise                   |
|   | nahes Flüstern, ruhige Wohnstrasse                  | 40 dB(A)   | ziemlich leise               |
|   | Unterhaltungssprache                                | 50 dB(A)   | normal                       |
|   | Unterhaltungssprache in 1 m Abstand, Bürolärm       | 60 dB(A)   | normal bis laut              |
| II 65 – 90 dB(A)<br>Physiologische<br>Reaktion    | laute Unterhaltung, Rufen, Pkw in 10 m Abstand      | 70 dB(A)   | laut bis sehr laut           |
|   | Strassenlärm bei starkem Verkehr                    | 80 dB(A)   | sehr laut                    |
| III 90 – 120 dB(A)<br>Gehörschaden,<br>Ohrschmerz | laute Fabrikhalle                                   | 90 dB(A)   | sehr laut                    |
|   | Autohupen in 7 m Abstand                            | 100 dB(A)  | sehr laut bis unerträglich   |
|   | Kettensäge in 1 m Abstand                           | 110 dB(A)  | sehr laut bis unerträglich   |
|   | Flugzeugtriebwerk (100m Entfernung)                 | 120 dB(A)  | unerträglich bis schmerzhaft |
|   |   | 130 dB(A)  | Schmerzschwelle              |

Vorgehen:

- Jedem Abschnitt des Wegnetzes wurde die Lärmbelastung zugewiesen (siehe 5.4.2).
- Aufgrund der Lärmbelastung (dB) erhöht oder verringert sich der Widerstand im Netz (längere oder kürzere Distanz).
- Faktor 1, d.h. keine Veränderung des Widerstands im Netz aufgrund der Lärmbelastung wurde bei 65dB(A) festgesetzt (lautes Geräusch).
- Als untere Grenze wurden 50dB(A) («normal»), als obere Grenze 90dB(A) («sehr laut») angenommen.
- Als maximale Wegverkürzung aufgrund des Lärms wurde Faktor 0.8 gewählt; mit dem Spektrum von 70% ergibt sich daraus eine maximale Wegverlängerung Faktor 1.5. D.h. es wird angenommen, dass der negative Effekt der Lärmbelastung auf die Akzeptanz der Weglänge einen etwas grösseren Effekt hat als der positive Effekt der Ruhe (Verhältnis 2:5).

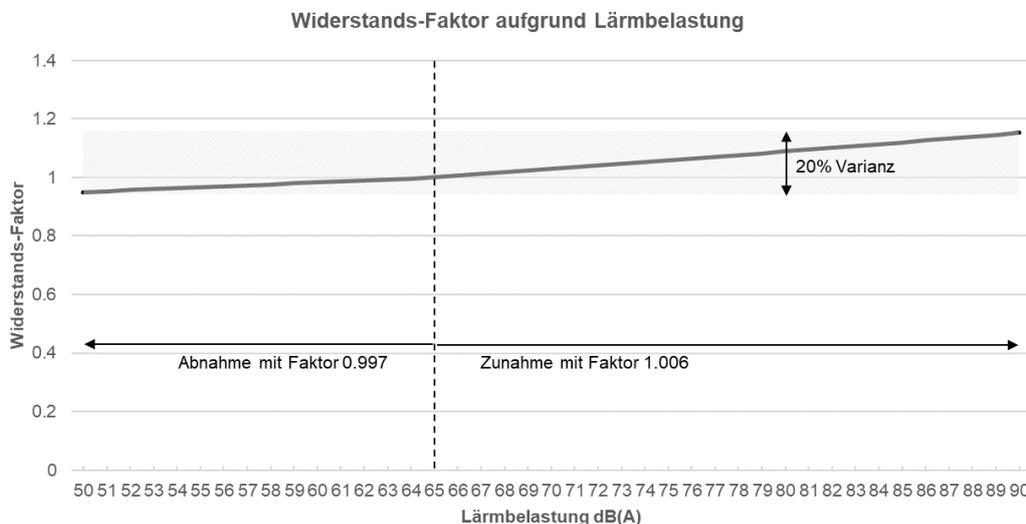
- Diese erste Lärmwiderstandsvariante wurde in der Folge mittels Validierung hinsichtlich Varianz und Schwellenwert (Faktor 1 bei 65dB oder bei 70dB) variiert.



**Abb. 28** Widerstands-Faktor aufgrund Lärmbelastung mit Varianz 70%

Die Validierung zeigte, dass der Effekt mit einer Varianz von 70% zu stark ist. Insbesondere scheint die starke Verkürzung der Wege (Faktor 0.7 oder 0.8) unrealistische Routen zu ergeben und letztlich grössere Abweichungen zu den Zählstellenwerten zu generieren.

Die besten Ergebnisse (kleinste Abweichungen zu den Zählstellenwerten) ergibt eine Varianz von 20% bei einem Schwellenwert von 65dB.



**Abb. 29** Widerstands-Faktor aufgrund Lärmbelastung mit Varianz 20%

### 5.3.6 Berücksichtigung Topografie

Die Topografie wird in der Ermittlung der Wegkosten berücksichtigt. Die Höhenmeter werden somit in Meter-Äquivalente umgerechnet. Dabei fließen die Höhenmeter mit dem Faktor 4 in die Wegkosten der Wegsegmente ein (1 Höhenmeter entspricht 4 Meter Horizontaldistanz). Dieser Wert entstammt dem Handbuch Fusswegnetzplanung des ASTRA und von Fussverkehr Schweiz (ASTRA 2015).

## 5.4 Datenaufbereitung

Für das Basismodell werden Strukturdaten, ein Wegnetz, Daten des Nationalen Personenverkehrsmodells NPVM sowie Fahrplandaten benötigt. In den folgenden Unterkapiteln ist die Datenaufbereitung dokumentiert.

### 5.4.1 Strukturdaten

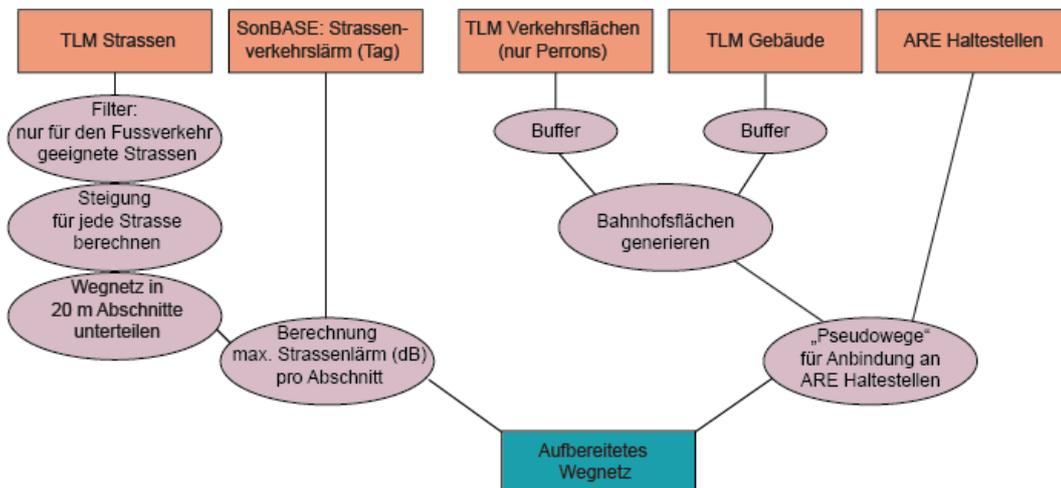
Als Strukturdaten werden folgende Daten benötigt (siehe auch Kapitel 4.2.1):

- BFS STATPOP: Daten zur Bevölkerung pro Gebäude (resp. Meterkoordinaten)
- BFS STATENT: Daten zu den Beschäftigten pro Gebäude (resp. Meterkoordinaten) inkl. 6-stelligem NOGA-Code

Die STATPOP- und STATENT-Daten benötigen keine weitere Aufbereitung.

### 5.4.2 Aufbereitung Wegnetz

Die Grundlage für das Wegnetz bildet der Strassendatensatz aus dem topographischen Landschaftsmodell (TLM) der Swisstopo. Dieses musste nach den folgenden Schritten aufbereitet werden, um den Anforderungen für die Berechnung des Fussverkehrspotenzials zu genügen.



**Abb. 30** Flussdiagramm der Aufbereitung des Wegnetzes

- *Vorbereitung des TLM Strassennetzes:* Die für den Fussverkehr ungeeigneten Strassen werden aus dem Datensatz entfernt. Ausgeschlossen werden folgende Kategorien: Autobahn, Autostrasse, Ausfahrt, Autozug, Dienstzufahrt, Einfahrt, Fähre, Klettersteig und Raststätte.
- *Berechnung der durchschnittlichen Steigung:* Da die Strassen des TLM aus 3D-Features besteht, kann jeweils die Höhe des Start- und Endpunktes ausgelesen, und zusammen mit der Länge die durchschnittliche Steigung berechnet werden. In einem nächsten Schritt wird das Strassennetz in 20m Segmente unterteilt. Die Länge von 20m wird gewählt, damit genügend Knotenpunkte zur Anbindung der Gebäude vorhanden sind. Diese Abschnitte stellen die Grundeinheit für die Berechnung der Fussverkehrsmengen pro Netzabschnitt dar.
- *Strassenlärm:* Als Teil der Aufbereitung wird für jedes Segment der maximale Strassenverkehrslärm (Tag, in dB) gemäss Daten des BAFU berechnet.



**Abb. 31** Bahnhofflächen und Pseudowege am Beispiel des Winterthurer Bahnhofs

- **Bahnhofsanbindung über Pseudowege:** Die Bahnhöfe werden über den Punktdatensatz des ARE angebunden (siehe Kap. 4.2.1). Aufgrund des kleinen Betrachtungsmaßstabes (20m-Segmente beim Strassennetz) genügt die Repräsentation eines Bahnhofs als Punkt den Anforderungen allerdings nicht und die Bahnhöfe müssen als Fläche betrachtet werden. Da schweizweit kein offen zugänglicher Datensatz der Bahnhofsareale zur Verfügung steht, wurde eine eigene Methodik für deren Repräsentation entwickelt:
  - Aus dem Datensatz swisstopo TLM Nutzungsareale (siehe Kap. 4.2.1) werden die einzelnen Perons extrahiert, und es wird ein Buffer um sie gezogen. Danach werden die Flächen zu jeweils einer Geometrie pro Bahnhof zusammengefügt.
  - Dieser Datensatz wird anschliessend mit den Gebäuden aus dem TLM überlagert, um die Gebäude, welche den neu generierten Perron-Buffer schneiden, zu ermitteln.
  - Die Gebäude werden mit den Perrons zu einem Datensatz zusammengefügt und nochmals ein Buffer um die neue Geometrie gelegt. Dieser soll eine gewisse Unschärfe repräsentieren, da es keine binäre (ja/nein) Logik gibt, wann eine Person sich am Bahnhof befindet. Entsprechend lässt sich dies auch nicht exakt in einem GIS-Datensatz verorten. Diese Herangehensweise bringt immer noch einen gewissen Fehlerbereich, was sich angesichts der fehlenden Daten und der semantischen Unschärfe nicht umgehen lässt.
  - Über die neu generierten Bahnhofsareale werden sogenannte «Pseudowege» erstellt, welche jeweils das Strassennetz mit den Bahnhofspunkten verbinden. Für das Routing werden sie als Pseudowege gekennzeichnet, um zu vermeiden, dass sie mit real existierenden Wegen (z.B. Unterführungen) verwechselt werden. Zudem sind sie nur einseitig, von der Strasse hin zum Bahnhofspunkt, begehbar und haben keinen Widerstand. Das bedeutet für den Fussverkehr, dass der Bahnhof beim Rand des Bahnhofareals erreicht ist und bahnhofsinterne Wege nicht berücksichtigt werden.
- **Zusammenfügen des Wegnetzes mit den Pseudowegen:** In einem letzten Schritt werden die Pseudowege dem zuvor erstellten Fusswegnetz zugefügt. Dabei wird sichergestellt, dass die Pseudowege mittels eines binären (0/1 – «ja»/«nein») Identifikators von den regulären Strassen und Wegen unterscheidbar bleiben.

### 5.4.3 Nationales Personenverkehrsmodell NPVM

Aus dem Datensatz des nationalen Personenverkehrsmodells (siehe Kap. 4.2.1) werden die Verkehrszonen verwendet und mit den Strukturdaten des nationalen Personenverkehrsmodell verknüpft.

Für das Modell werden nur Verkehrszonen verwendet, die einen singulären Verkehrserzeuger enthalten. Die Verkehrszonen werden mit den innerhalb der Zone liegenden Punktdaten (STATENT) verknüpft. Die Verknüpfung erfolgt anhand der Branche der Arbeitsplätze gemäss dem Beschrieb in Kap. 5.3.3.

### 5.4.4 Fahrplandaten

Zur Berechnung des ÖV-Qualitätsindex müssen die Anzahl Abfahrten pro Linie und Haltestelle bekannt sein. Die Aufbereitung der Linienabfahrten pro Haltestelle erfolgt auf Basis des HAFAS-Datensatzes (siehe Kap. 4.2.1). Der Datensatz wird im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr durch die SBB AG zur Verfügung gestellt.

Bei der Aufbereitung werden für jede ÖV-Haltestelle die Anzahl Abfahrten pro Linie gezählt. Die Abfahrten werden für einen bestimmten Stichtag ausgewertet (2.6.2020).



## 6 Zusatzmodule

Die Zusatzmodule vertiefen/erweitern das Basismodell thematisch, werden jedoch vom Basismodell abgekoppelt, da die Umsetzung teilweise schwierig oder die Inputdaten nicht flächendeckend vorhanden sind oder nur aufwändig erhoben werden könnten.

In den folgenden Unterkapiteln werden die durchgeführten Vertiefungen dokumentiert und/oder es wird erläutert, warum diese verworfen werden. Folgende Zusatzmodule werden vertieft:

- Z1: Detailliertes Fusswegnetz (Kap. 6.1)
- Z2: Naherholung (Kap. 6.2)
- Z3: Rundwege (Kap. 6.3)
- Z4: Intermodale Fusswege mit MIV-Etappe (Kap. 6.4)

### 6.1 Z1: Detailliertes Wegnetz der Stadt Zürich

Das im Basismodell verwendete TLM-Strassennetz ist primär strassenachsenbasiert und damit nicht auf den Fussverkehr ausgerichtet. Die Daten des Fusswegnetzes der Stadt Zürich bilden das Netz detailliert, d.h. mit Trottoir genauer Lage, Querungen an Fussgängerstreifen, Querungen auf Platzsituationen etc. ab. Im Zusatzmodul Z1 wurde dieses Fusswegnetz für das Modell aufbereitet. Mit dem Vergleich zum Basismodell kann damit der Nutzen eines detaillierten Netzes besser abgeschätzt werden.

Das Zusatzmodul Z1 unterscheidet sich vom Basismodell nur durch ein anderes Wegnetz für die Umliegung. Kapitel 6.1.1 erläutert das Vorgehen zur Aufbereitung des detaillierten Wegnetzes der Stadt Zürich.

#### 6.1.1 Aufbereitung Wegnetz

Die Aufbereitung des detaillierten Wegnetzes funktioniert im Grunde gleich wie die Aufbereitung des Netzes für das Basismodell. Der einzige Unterschied besteht bei der Berechnung der Steigung. Da das detaillierte Wegnetz der Stadt Zürich keine Höhen enthält, muss diese aus dem digitalen Höhenmodell (swissALTI3D) von Swisstopo ermittelt werden. Dazu wird das Wegnetz, genau wie beim Basismodell, in 20m-Segmente unterteilt und deren Start- und Endpunkt ermittelt. Danach werden von diesen Punkten die Höhen aus dem digitalen Höhenmodell ausgelesen, und gemeinsam mit der Länge die durchschnittliche Steigung berechnet. Die Betrachtungsweise der einzelnen Segmente erlaubt eine im Vergleich zum Basisnetz detailliertere Repräsentation der Topografie. Der Preis auf der anderen Seite ist, dass Unterführungen und Brücken unter Umständen falsch behandelt werden, d.h. bei Unterführungen die Steigungen unterschlagen werden oder bei Brücken zusätzliche Steigungen entstehen.

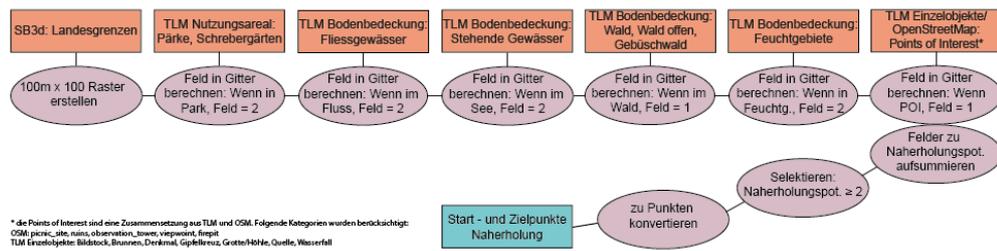
### 6.2 Z2: Naherholung

Im Basismodell werden nur Ziele mit Arbeitsplätzen oder Haltestellen berücksichtigt. Vor allem im Bereich der Naherholung (Aussichtspunkte, Seepromenaden, Wald, Pärke etc.) fehlen somit wichtige Ziele. In Zusatzmodul Z2 wurde geprüft, ob auch Naherholungsziele in das Modell integriert werden können.

Um Naherholungsziele datengestützt herleiten zu können, wird ein Naherholungsqualitätsindex entwickelt, mittels welchem Zielorte der Naherholung bestimmt werden können (Kapitel 6.2.1).

Da im Basismodell die Anzahl Wege pro Person und Tag zur Naherholung auf andere Freizeitziele (die mit Arbeitsplätzen verortet werden können) verteilt werden, muss zudem die Verkehrserzeugung im Z2 angepasst werden (Kapitel 6.2.2).

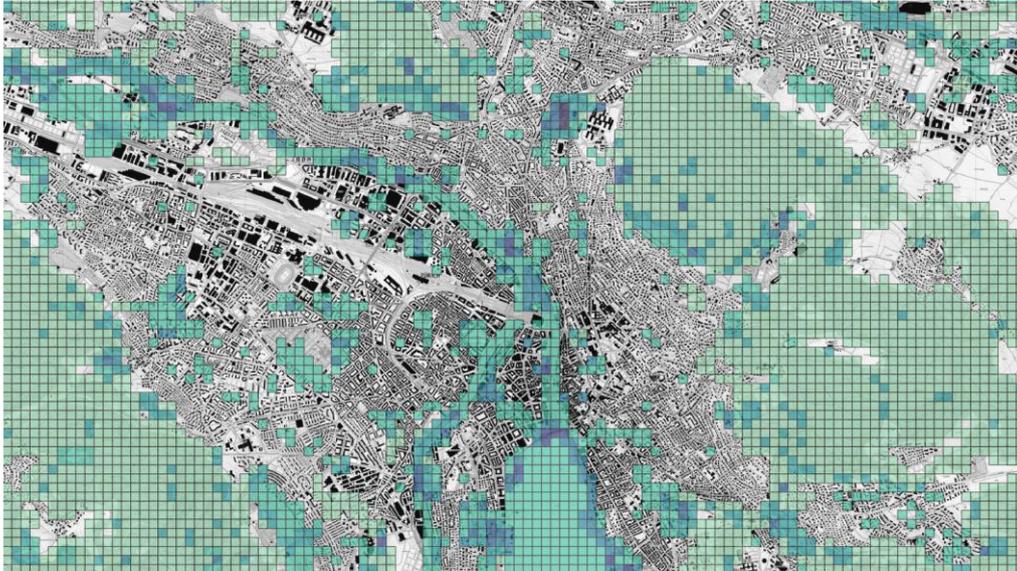
## 6.2.1 Naherholungspotenzial



**Abb. 32** Die Berechnung des Naherholungspotenzials als Flussdiagramm

Die Berechnung des Naherholungspotenzials lehnt sich an die Studie «Naherholung räumlich erfassen» an, welche von der eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) durchgeführt wurde (Buchecker et al., 2013). Gemäss der Studie haben Gewässer (d.h. Seeufer, Flüsse oder Bäche), Feuchtgebiete, Einzelobjekte (wie z.B. Brunnen, Aussichtspunkte, Wasserfälle etc.), sowie Wald einen positiven Einfluss auf die Naherholungsqualität. Zusätzlich ist laut Buchecker et al. (2013) die Nähe zum Wohnort ein wichtiger Faktor. Daher wird für das Naherholungspotenzial ebenfalls Schrebergärten und Parks berücksichtigt, welche oft nahe von urbanen Wohngebieten liegen.

- Als Ausgangspunkt für die Anwendung dient ein 100m x 100m Raster sowie das topografische Landschaftsmodell (TLM) von swisstopo und die Points of Interest (POIS) aus den OpenStreetMap-Daten.
- Für jede Zelle im Raster wird anschliessend überprüft, ob die oben genannten Merkmale vorkommen. Falls die Merkmale vorkommen, wird dies entsprechend vermerkt und die einzelnen Faktoren werden anschliessend aufsummiert.
- Somit ergibt sich ein Score, welcher die Qualität des Naherholungspotenzials abschätzt, wobei höhere Werte ein grösseres Naherholungspotenzial bedeuten. Dabei werden die Faktoren Gewässer und Einzelobjekte sowie Parks und Schrebergärten doppelt (also mit einem Wert von 2) gewichtet, weil sie gemäss Buchecker et al., (2013) einen sehr grossen Einfluss haben.
- Anschliessend werden die Werte der einzelnen Felder zum Naherholungspotenzial aufsummiert. Danach wurden alle Zellen mit einem Naherholungspotenzial von 2 oder grösser extrahiert. Diese können als Start- und Zielpunkte für die Verkehrserzeugung verwendet werden.



**Abb. 33** Naherholungspotenzial am Beispiel Zürichs. Je dunkler eine Zelle, desto höher das Naherholungspotenzial. Der flächendeckend dargestellte See stellt dabei kein Problem dar, weil die Ziele aufgrund fehlender Wege nicht erreicht werden.

## 6.2.2 Verkehrserzeugung Naherholung

Im Basismodell sind diejenigen Freizeitwege, die nicht einer Zielkategorie zugeordnet werden können, da sie nicht mit Arbeitsplätzen oder ÖV-Haltestellen verortet werden können, auf die anderen Freizeitwege resp. Ziele verteilt. Das bedeutet, dass insbesondere die Freizeitwege zu Zielen der Gastronomie und des aktiven Sports überschätzt werden.

Im Zusatzmodul Z2 können Naherholungsziele verortet werden, so dass die Naherholungswege separat abgebildet werden können. Dazu wird analog zum Vorgehen, wie in Kapitel 5.3.1 beschrieben, die Verkehrserzeugung (**Tab. 15** bis **Tab. 17**) angepasst. D.h. die Anzahl Wege innerhalb der Freizeitwege werden umverteilt. **Tab. 23** bis **Tab. 25** zeigen die Input-Werte für die Verkehrserzeugung DTV, DWV und WE des Zusatzmoduls Z2 nach der Validierung (für Erläuterung der Spaltenüberschriften siehe Kap. 5.3.1).

**Tab. 23** Verkehrserzeugung Z2 DTV (Differenzen zu DTV Basismodell grau markiert)

| <b>kategorie_name</b>                       | <b>kategorie_id</b> | <b>anz_wege_hb</b> | <b>anz_wege_wb</b> | <b>e1_gewicht</b> | <b>e2_gewicht</b> | <b>e3_gewicht</b> | <b>g1</b> | <b>g2</b> | <b>g3</b> | <b>ms1</b> | <b>ms2</b> | <b>ms3</b> |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| ausbildung_bis_sek_l                        | 1                   | 0.119              | 0                  | 1                 | 0.2               | 0.1               | 0.2       | 1         | 2         | 0.8        | 0.9        | 0.95       |
| hoehere_ausbildung                          | 2                   | 0.119              | 0.014              | 1                 | 0.2               | 0.1               | 0.2       | 1         | 2         | 0.4        | 0.6        | 0.8        |
| detaillhandel_gross                         | 3                   | 0.294              | 0.123              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 0.2       | 1         | 3         | 0.4        | 0.55       | 0.7        |
| uebriger_detaillhandel_taegliches_bedarf    | 4                   | 0.113              | 0.047              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 10        | 20        | 0.4        | 0.55       | 0.7        |
| uebriger_detaillhandel_langfristiger_bedarf | 5                   | 0.045              | 0.019              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 0.2       | 2         | 3         | 0.3        | 0.4        | 0.5        |
| dienstleistungen                            | 6                   | 0.168              | 0.065              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 20        | 30        | 0.3        | 0.5        | 0.6        |
| kultur_freizeitanlagen                      | 7                   | 0.116              | 0.015              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 15        | 30        | 0.3        | 0.5        | 0.6        |
| religion                                    | 8                   | 0.036              | 0.003              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 2         | 3         | 0.3        | 0.6        | 0.7        |
| aktiver_sport                               | 9                   | 0.275              | 0.05               | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 1.5       | 2         | 0.3        | 0.5        | 0.7        |
| gastronomie                                 | 10                  | 0.213              | 0.155              | 1                 | 0.15              | 0.05              | 1         | 20        | 30        | 0.2        | 0.35       | 0.7        |
| gesundheit_fitness_wellness                 | 11                  | 0.02               | 0.006              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 3         | 7         | 0.4        | 0.6        | 0.7        |
| naherholung                                 | 12                  | 0.506              | 0.048              | 1                 | 0.9               | 0.8               | 1         | 15        | 30        | 0.3        | 0.35       | 0.4        |
| haltestelle                                 | 13                  | 2.635              | 1.377              | -                 | -                 | -                 | -         | -         | -         | -          | -          | -          |

**Tab. 24** Verkehrserzeugung Z2 DWV (Differenzen zu DWV Basismodell grau markiert)

| <b>kategorie_name</b>                      | <b>kategorie_id</b> | <b>anz_wege_hb</b> | <b>anz_wege_wb</b> | <b>e1_gewicht</b> | <b>e2_gewicht</b> | <b>e3_gewicht</b> | <b>g1</b> | <b>g2</b> | <b>g3</b> | <b>ms1</b> | <b>ms2</b> | <b>ms3</b> |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| ausbildung_bis_sek_I                       | 1                   | 0.164              | 0                  | 1                 | 0.2               | 0.1               | 0.2       | 1         | 2         | 0.8        | 0.9        | 0.95       |
| hoehere_ausbildung                         | 2                   | 0.164              | 0.019              | 1                 | 0.2               | 0.1               | 0.2       | 1         | 2         | 0.4        | 0.6        | 0.8        |
| detailhandel_gross                         | 3                   | 0.291              | 0.161              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 0.2       | 1         | 3         | 0.4        | 0.55       | 0.7        |
| uebriger_detailhandel_taeglicher_bedarf    | 4                   | 0.112              | 0.062              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 10        | 20        | 0.4        | 0.55       | 0.7        |
| uebriger_detailhandel_langfristiger_bedarf | 5                   | 0.045              | 0.025              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 0.2       | 2         | 3         | 0.3        | 0.4        | 0.5        |
| dienstleistungen                           | 6                   | 0.21               | 0.088              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 20        | 30        | 0.3        | 0.5        | 0.6        |
| kultur_freizeitanlagen                     | 7                   | 0.079              | 0.014              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 15        | 30        | 0.3        | 0.5        | 0.6        |
| religion                                   | 8                   | 0.02               | 0.003              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 2         | 3         | 0.3        | 0.6        | 0.7        |
| aktiver_sport                              | 9                   | 0.284              | 0.064              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 1.5       | 2         | 0.3        | 0.5        | 0.7        |
| gastronomie                                | 10                  | 0.182              | 0.207              | 1                 | 0.15              | 0.05              | 1         | 20        | 30        | 0.2        | 0.35       | 0.7        |
| gesundheit_fitness_wellness                | 11                  | 0.021              | 0.008              | 1                 | 0.2               | 0.08              | 1         | 3         | 7         | 0.4        | 0.6        | 0.7        |
| naherholung                                | 12                  | 0.439              | 0.048              | 1                 | 0.9               | 0.8               | 1         | 15        | 30        | 0.3        | 0.35       | 0.4        |
| haltestelle                                | 13                  | 2.805              | 1.786              | -                 | -                 | -                 | -         | -         | -         | -          | -          | -          |

**Tab. 25** Verkehrserzeugung Z2 WE (Differenzen zu WE Basismodell grau markiert)

| kategorie_name                             | kategorie_id | anz_wege_hb | anz_wege_wb | e1_gewicht | e2_gewicht | e3_gewicht | g1  | g2  | g3 | ms1 | ms2  | ms3  |
|--|--------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-----|-----|----|-----|------|------|
| ausbildung_bis_sek_I                       | 1            | 0.013       | 0           | 1          | 0.2        | 0.1        | 0.2 | 1   | 2  | 0.8 | 0.9  | 0.95 |
| hoehere_ausbildung                         | 2            | 0.013       | 0.003       | 1          | 0.2        | 0.1        | 0.2 | 1   | 2  | 0.4 | 0.6  | 0.8  |
| detailhandel_gross                         | 3            | 0.303       | 0.03        | 1          | 0.2        | 0.08       | 0.2 | 1   | 3  | 0.4 | 0.55 | 0.7  |
| uebriger_detailhandel_taeglich_bedarf      | 4            | 0.117       | 0.012       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 10  | 20 | 0.4 | 0.55 | 0.7  |
| uebriger_detailhandel_langfristiger_bedarf | 5            | 0.047       | 0.005       | 1          | 0.2        | 0.08       | 0.2 | 2   | 3  | 0.3 | 0.4  | 0.5  |
| dienstleistungen                           | 6            | 0.069       | 0.008       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 20  | 30 | 0.3 | 0.5  | 0.6  |
| kultur_freizeitanlagen                     | 7            | 0.204       | 0.037       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 15  | 30 | 0.3 | 0.5  | 0.6  |
| religion                                   | 8            | 0.077       | 0.009       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 2   | 3  | 0.3 | 0.6  | 0.7  |
| aktiver_sport                              | 9            | 0.252       | 0.03        | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 1.5 | 2  | 0.3 | 0.5  | 0.7  |
| gastronomie                                | 10           | 0.288       | 0.039       | 1          | 0.15       | 0.05       | 1   | 20  | 30 | 0.2 | 0.35 | 0.7  |
| gesundheit_fitness_wellness                | 11           | 0.017       | 0.001       | 1          | 0.2        | 0.08       | 1   | 3   | 7  | 0.4 | 0.6  | 0.7  |
| naherholung                                | 12           | 0.664       | 0           | 1          | 0.9        | 0.8        | 1   | 15  | 30 | 0.3 | 0.35 | 0.4  |
| haltestelle                                | 13           | 2.212       | 0.38        | -          | -          | -          | -   | -   | -  | -   | -    | -    |

Für die Simulation der Wege zwischen den Naherholungszielpunkten wird analog zum Basismodell ein Besucherfaktor verwendet (siehe Kap. 5.3.3). Der Faktorwert für Naherholung im Zusatzmodul Z2 beträgt 200.

### 6.3 Z3: Rundwege

Rundwege machen ca. 14% der Anzahl Fusswege und 37% der Fusswegdistanz aus und sind deshalb insbesondere im Zusammenhang mit der Naherholung nicht zu vernachlässigen. In diesem Modul wurde geprüft, ob auf Basis des Zusatzmoduls Z2 «Naherholung» die Rundwege integriert werden können.

Die Umsetzung eines Zusatzmoduls zur Abbildung von Rundwegen musste verworfen werden. Mehrere Gründe führten zu dieser Entscheidung:

- Bei den Rundwegen handelt es sich um zu Fuss zurückgelegte Wege, die tendenziell über eine grosse Distanz führen. Damit steigt die Komplexität der möglichen Ziele und der Routenführung für eine Modellierung enorm.
- Das Zusatzmodul Z2 zur Naherholung hat gezeigt, dass es schwierig ist, datengestützt wichtige Naherholungsziele herzuleiten. Gelingt es trotzdem, die wichtigen Naherholungsziele zu verorten, bleibt die Frage der Routenführung. Im Siedlungsgebiet kann der Ansatz der Attraktivität mittels des Indikators der Lärmbelastung (Kap. 5.3.5) eine Lösungsmöglichkeit sein. Doch ist dies eine Negativ-Betrachtung im Sinne von Lärmbelastung. Welche Routen aber für die Naherholung attraktiv sind, lässt sich insbesondere ausserhalb des Siedlungsgebiets nicht mittels Lärmbelastung abschätzen.
- Mit dem Zusatzmodul Z2 wurde ein Ansatz entwickelt, mit dem Naherholungswege analog zur Methodik des Basismodells abgebildet werden können und für Gebiete im oder am Rand des Siedlungsgebiets auch befriedigende Ergebnisse liefert. D.h. Rundwege werden indirekt durch Wege zwischen Naherholungszielen simuliert. Die Integration einer anderen Methodik (travel salesperson problem) würde Fragen der Abgrenzung zwischen den von den zwei verschiedenen Ansätzen generierten Wegen aufwerfen.
- Der Fokus des Interesses liegt klar auf dem Fussverkehr im Siedlungsgebiet und auf Alltagswegen. Die Modellierung von z.B. Wanderungen abseits des Siedlungsgebiets ist weniger von Interesse. Damit – und mit Zusatzmodul Z2 – stellt sich keine grosse Dinglichkeit zur Modellierung der Rundwege.
- Weiter stellt sich die Frage, mit welchen Daten eine Modellierung validiert werden könnte. Die vorhandenen Zählstellen sind grossmehrheitlich im Siedlungsgebiet, wo der Effekt der Rundwege auf das Gesamtergebnis gering sein dürfte.
- Schliesslich würde sich die Rechenzeit für solch komplexe Routing-Abfragen mit langer Distanz stark erhöhen.

### 6.4 Z4: Intermodale Fusswege mit MIV-Etappe

Rund 13% aller Fussetappen finden in Kombination mit einem Weg des motorisierten Individualverkehrs statt und ist damit nach der Kombination mit dem öffentlichen Verkehr die zweitwichtigste Kombination. In diesem Modul wurde untersucht, wie Fussetappen von und zum parkierten Auto berücksichtigt werden können.

Auch dieses Zusatzmodul musste nach Sichtung möglicher Datengrundlagen verworfen werden. Das grösste Problem hinsichtlich der intermodalen Fusswege mit dem MIV ist die dünne Datenlage zur Parkierung. Im folgenden Abschnitt werden die verfügbaren Datenquellen aufgezeigt und hinsichtlich ihrer Eignung für die Anwendung beurteilt:

- TLM Verkehrsareal: Im Datensatz «Verkehrsareal» sind die beiden Objektarten «öffentliches Parkplatzareal» sowie «privates Parkplatzareal» vorhanden. Dies beinhaltet oberirdische öffentliche und private Parkfelder, jedoch weder Parkhäuser noch einzelne Parkplätze der blauen Zone. Gerade Parkhäuser machen in städtischen Gebieten einen nicht unwesentlichen Teil des Parkplatzangebotes aus (in Zürich z.B. befinden sich ca. 30% der öffentlichen Parkplätze in einem Parkhaus) und wären aufgrund ihres konzentrierten Angebots interessant für die Berechnung des Fussverkehrspotenzials. Deshalb ist der Datensatz aus dem TLM aus Sicht des Projektteams nicht geeignet.
- OpenStreetMap: In OSM sind ebenfalls Parkplätze erfasst. Die Daten beinhalten Parkhäuser, öffentliche Parkfelder und einzelne Strassenparkplätze. Die Daten scheinen allerdings nicht vollständig zu sein (in der Zürcher Innenstadt sind beispielsweise nur die Parkhäuser Opéra und Hohe Promenade erfasst, der Rest fehlt). Weiter fehlen bei den vorhandenen Parkfeldern und -häusern die Informationen zur Anzahl Parkplätze. Dies

ist insbesondere bei mehrstöckigen Strukturen ein Problem, weil die Anzahl Parkfelder nicht über die Fläche im Datensatz hergeleitet werden kann. Aufgrund dieser zwei Mängel ist der OSM-Datensatz nicht geeignet für die Verwendung im vorliegenden Forschungsprojekt.

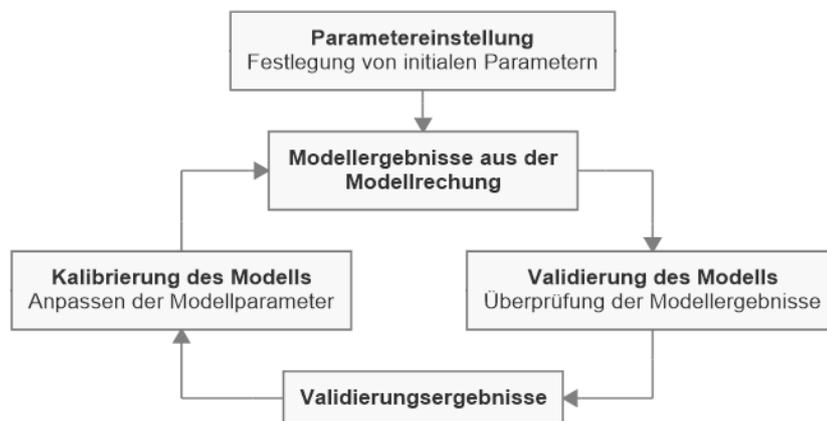
- Lokale Ebene, Stadt Zürich: Auf lokaler Ebene verfügt beispielsweise die Stadt Zürich über zwei interessante Datensätze. Einer enthält die Parkhäuser mit detaillierten Angaben zur Anzahl Parkplätze, Behindertenparkplätze, etc. Andererseits sind die Strassenparkplätze als Punktdatensatz verfügbar. Dabei wird nach Art des Parkplatzes (blaue Zone, weiss/gelber Parkplatz) und Gebühren (gebührenpflichtig/gratis) unterschieden. Diese Daten sind ein Beispiel für einen Datensatz, welcher vermutlich für die Berechnung des Fussverkehrsaufkommens verwendet werden könnte.

Die Recherche zeigte, dass auf gesamtschweizerischer Ebene kein Datensatz existiert, der für die Berechnung des Fussverkehrsaufkommens sinnvoll genutzt werden könnte. Vereinzelt gibt es lokale Datensätze, welche wohl im Sinne eines Zusatzmodules für die Berechnung des Fussverkehrsaufkommens verwendet werden könnten. Solange jedoch kein schweizweit einheitlicher Datensatz vorhanden ist, ist der Entwicklungsaufwand im Vergleich zum eher geringen Nutzen relativ hoch.

## 7 Validierung

Um die Modellvalidität aufzuzeigen, werden die Abweichungen zwischen den Modellwerten und den Erhebungswerten quantifiziert und bewertet. Dieser Wertevergleich wird einerseits auf einer aggregierten Ebene ausgeführt, indem die Gesamtheit der Modellwerte dem Mikrozensus Verkehr gegenübergestellt werden (Kapitel 7.1). Andererseits wird der Vergleich anhand von Einzelwerten auch streckenbezogen durchgeführt (Kapitel 7.2). Die Grundlage hierzu bilden Zählstellendaten. Der Vergleich mit einem alternativen Modell, wie bspw. Dem GVM Basel, wird an dieser Stelle verworfen<sup>20</sup>.

Für die Validierung und die Kalibrierung des Modells wird in Anlehnung an den Qualitätssicherungsprozess von Pestel et al. (Pestel et al. 2016) ein iterativer Ansatz gewählt. Die Modellergebnisse werden in einem iterativen Prozess mit den Erhebungswerten verglichen und entsprechend Anpassungen an den Modellparametern vorgenommen. Aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl Fussverkehrszählstellen, wird jedoch auf eine abschliessende Validierung, mittels eines bis dahin ungenutzten Datensatzes, verzichtet.



**Abb. 34** Validierungsprozess (in Anlehnung an (Pestel et al. 2016))

### 7.1 Validierung auf aggregierter Ebene

Die Validierung auf einer aggregierten Ebene erfolgte, indem die Gesamtheit der Modellwerte für den Kanton Zürich dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr gegenübergestellt wurde. Die Beschränkung auf den Kanton Zürich war notwendig, weil die iterative Berechnung für die gesamte Schweiz zu aufwändig gewesen wäre. Dies bringt jedoch den Nachteil mit sich, dass die Parameter für den Kanton Zürich von der ganzen Schweiz abweichen können.

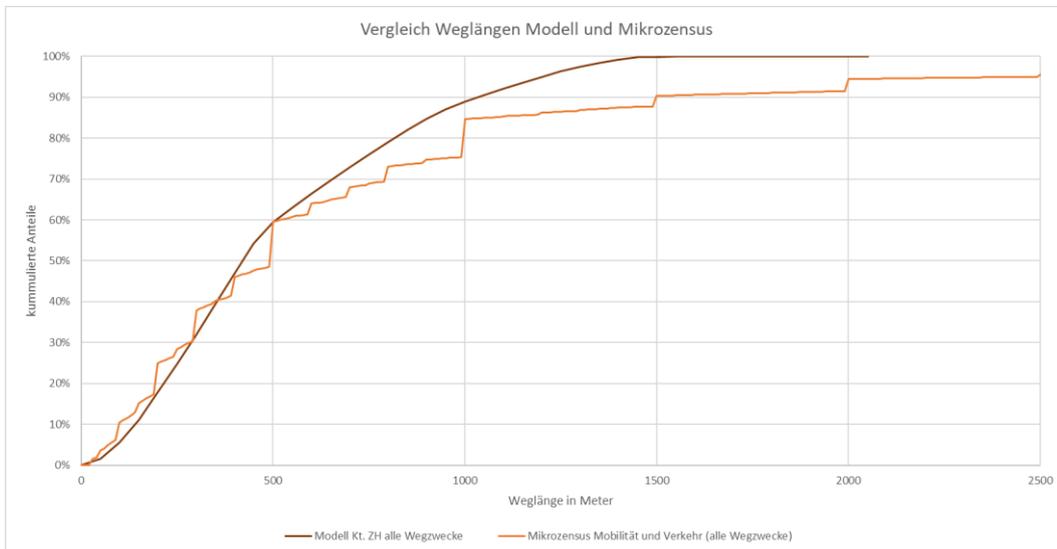
#### 7.1.1 Längenverteilung der Fusswege

Die Verteilung der Länge der modellierten Wege im Basismodell (Kt. ZH, DTV) wird mit den Weglängen der Fusswege des Mikrozensus verglichen. Dabei zeigt sich, dass

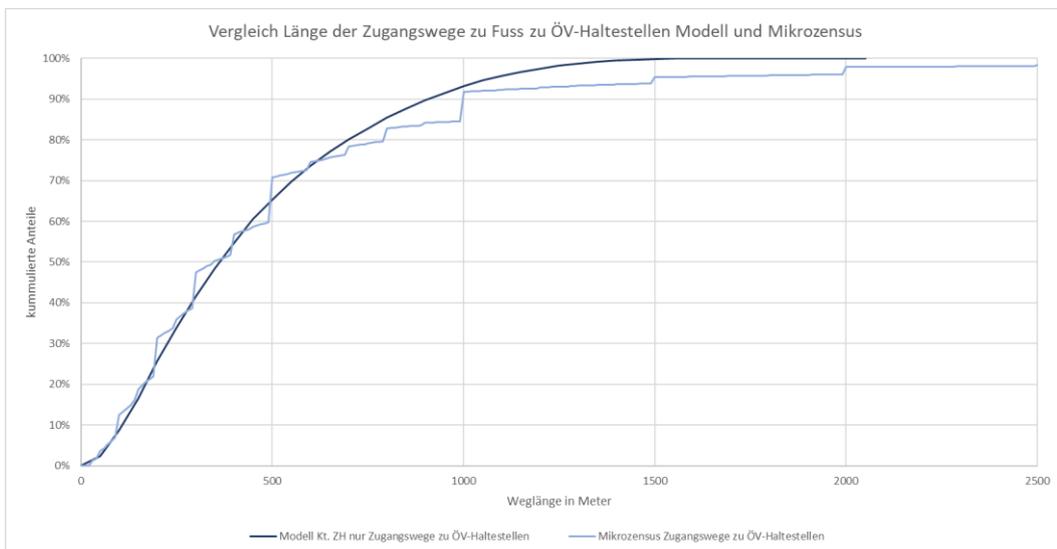
- die Verteilung der modellierten Wege grundsätzlich relativ gut mit den Längen der Wege aus dem Mikrozensus übereinstimmt;
- insbesondere die Längenverteilung der Zugangswege zu ÖV-Haltestellen gut modelliert wird;

<sup>20</sup> Im GVM Basel sind die Fussverkehrsbelastungen weder kalibriert noch validiert und demnach mit grösseren Unsicherheiten behaftet. Des Weiteren sind lediglich die Fusswege als Zubringer zum ÖV abgebildet. Da das GVM Basel auch über die Schweizer Landesgrenze hinaus appliziert wird, liegt dem Modell nicht TLM Strassen zugrunde, sondern ein Tom-Tom-Strassennetz.

- die langen Fusswege (> 1'500 m), die einen Anteil von rund 10% ausmachen, im Modell nicht abgebildet werden können<sup>21</sup>;
- im Modell weniger längere Fusswege (> 1'000 m) modelliert werden, als im Mikrozensus Mobilität und Verkehr vorkommen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass im Mikrozensus auch Wanderungen und Spaziergänge enthalten sind, die im Basismodell nicht modelliert werden. Daher ist es plausibel, dass im Modell der Anteil an Wegen über 1'000 m kleiner ist als im Mikrozensus.

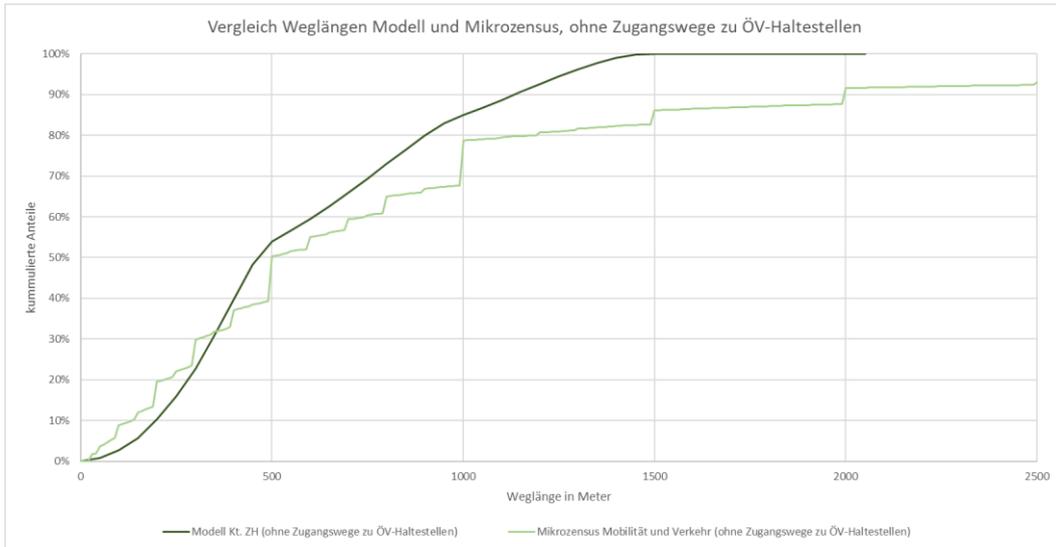


**Abb. 35** Vergleich Weglängen zu Fuss für alle Wegzwecke zwischen dem Modell und dem BFS/ARE Mikrozensus Mobilität und Verkehr



**Abb. 36** Vergleich Weglängen der Zugangswege zu Fuss zu ÖV-Haltestellen aus dem Modell und aus dem BFS/ARE Mikrozensus Mobilität und Verkehr

<sup>21</sup> Von den Fusswegen über 1.5 km Distanz sind gemäss MZMV 2015 rund 72% den Freizeitwegen zuzurechnen, gefolgt von Einkaufswegen (9%) und Arbeitswegen (7%). Bei den Freizeitwegen handelt es sich vor allem um "Nicht-sportliche Aussenaktivität (z.B. Spazieren mit dem Hund)" (64% der Freizeitwege) sowie um "Aktiver Sport (Fussball, Jogging etc.)" (12%). Dies zeigt, dass eine Erweiterung des Betrachtungsradius von 1.5km bei der Berechnung im Modell keine Vorteile bringt, weil das Modell diese Wegzwecke nur schlecht abbilden kann.

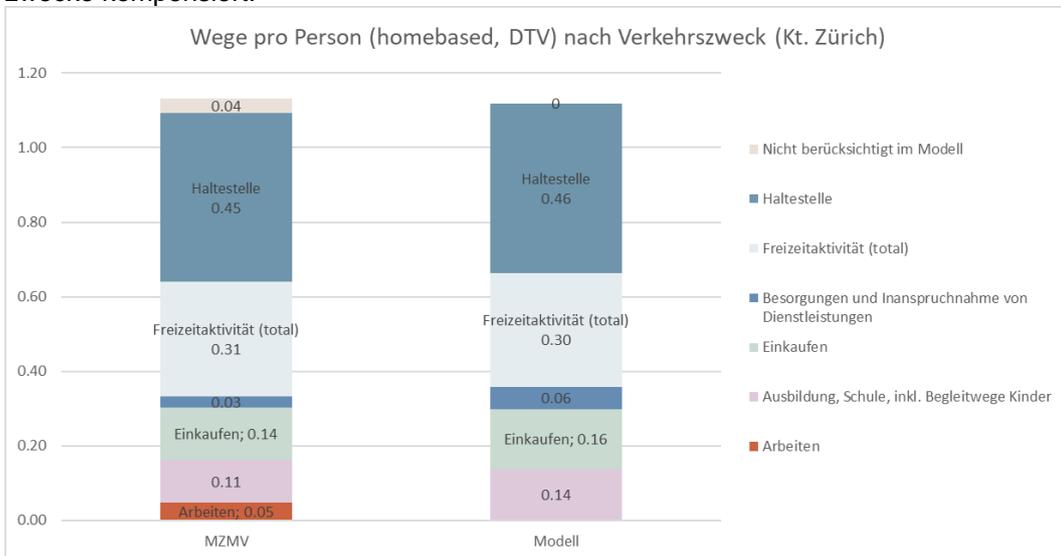


**Abb. 37** Vergleich Weglängen der Fusswege (ohne Zugangswege zu ÖV-Haltestellen) aus dem Modell und aus dem BFS/ARE Mikrozensus Mobilität und Verkehr

### 7.1.2 Anzahl erzeugter Wege pro Person (homebased)

Die Anzahl modellierter Fusswege pro Person und Tag (Kt. ZH, DTV) wird mit dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr verglichen. Es zeigt sich, dass die Anzahl Wege pro Person für den Kanton Zürich gut mit dem Mikrozensus übereinstimmt.

Die nicht modellierten Verkehrszwecke Arbeiten, sowie Geschäftswege und Dienstfahrten (insgesamt ca. 0.1 Wege pro Tag) werden über eine leichte Übervertretung anderer Wegzwecke kompensiert.

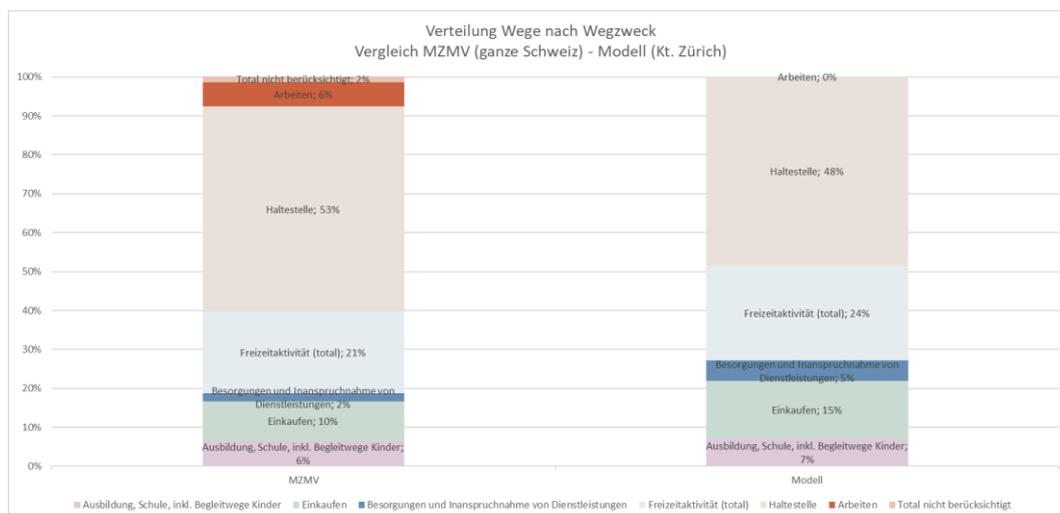


**Abb. 38** Vergleich Anzahl Wege (DTV) pro Person nach Verkehrszweck (nur homebased Wege)

### 7.1.3 Verhältnis der Wegzwecke

Die Verteilung der Wegzwecke der modellierten Fusswege und im Mikrozensus ist in der untenstehenden Abbildung dargestellt. Dabei sind alle Wegtypen (homebased, workbased, sonstige Startorte) berücksichtigt.

Die Wegzwecke, die im Modell nicht abgebildet werden (insbesondere «Arbeiten», «Geschäftliche Tätigkeit», «Begleitwege», «Dienstfahrten»), werden durch andere Verkehrszwecke kompensiert.



**Abb. 39** Vergleich der Verteilung der Anzahl Wege pro Wegzweck im Modell und im Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015

### 7.1.4 Fussverkehrspotenzial nach Raumtyp

Der Vergleich der Anzahl generierter Wege im Modell mit dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr nach unterschiedlichen Raumtypen zeigt folgendes:

- Das Modell überschätzt in den Städten Zürich und Winterthur das Fussverkehrspotenzial um 0.08 bzw. 0.17 Wege pro Person und Tag (DTV, nur «homebased»-Wege).
- In der Stadt Zürich ist dieser Effekt geringer. Dies liegt daran, dass in der Stadt Zürich eine Überschätzung der reinen Fusswege mit einer Unterschätzung der Zugangswege zu ÖV-Haltestellen einhergeht.
- Bei den städtischen Gebieten ausserhalb von Zürich und Winterthur handelt es sich mehrheitlich um Agglomerationsgebiete. In diesen Gebieten stimmt die Anzahl erzeugter Wege gut.
- In ländlichen Gebieten wird das Fussverkehrsaufkommen tendenziell unterschätzt.

**Tab. 26** Vergleich für den Kanton Zürich zwischen Mikrozensus und Modell: Erzeugte Fusswege pro Person mit Start oder Ziel zu Hause («homebased») unterschieden nach Gemeindetypologie (gem. Gemeindetypologie BFS 2012)

|  | Stichproben-<br>grösse<br>(Anzahl Haus-<br>halte Mikro-<br>zensus) | Fusswege<br>pro Person und Tag<br>(DTV, «homebased») |      | Differenz Modell<br>- MZMV absolut | Differenz Modell<br>- MZMV relativ |
|--|--|--|------|------------------------------------|------------------------------------|
|  |  | Modell   | MZMV |                                    |                                    |
| Stadt Zürich                                       | 1'305  | 1.60   | 1.52 | 0.08                               | 6%                                 |
| Stadt Winterthur                                   | 665  | 1.24   | 1.07 | 0.17                               | 16%                                |
| Städtische Gebiete<br>(ohne Zürich und Winterthur) | 2'737  | 0.99   | 1.03 | -0.04                              | -4%                                |
| Intermediäre und ländliche<br>Gebiete              | 1'695  | 0.71   | 0.87 | -0.16                              | -18%                               |

## 7.2 Validierung mit Zählstellen

### 7.2.1 Datengrundlage

#### Zählstellen

Als Grundlage für die Validierung werden Erhebungsdaten von Zählstellen aus den Kantonen Basel-Stadt, Bern, Luzern, St. Gallen und Zürich verwendet. Insgesamt fliessen Informationen aus 67 Zählstellen in den Validierungsprozess mit ein. Da davon ausgegangen wird, dass sich das Fussverkehrsverhalten während der Pandemiejahre 2020/21 massgeblich verändert hat, werden hauptsächlich Zählwerte aus dem Jahr 2019 verwendet und nur wenn dafür keine Werte vorliegen, auf andere Datenstände zurückgegriffen.

**Tab. 27** zeigt eine Übersicht über die Art und die Verwendung der Zählstellen im Validierungsprozess. Nicht alle Validierungsstellen weisen die gleiche Qualität und Repräsentativität auf. Das Erhebungsjahr, der Erhebungszeitraum und die Datenqualität sind nicht über alle Zählstellen identisch (bei den meisten liegen kalibrierte Zählwerte vor, bei einigen nur die Rohdaten). Für jede Zählstelle wird abgeschätzt, ob sie von der Naherholung dominiert wird und dementsprechend nur für die Validierung des Zusatzmoduls Naherholung (Z2) geeignet ist. Dies betrifft die Fussverkehrszählstellen aus dem Wildnispark Zürich sowie fünf Zählstellen aus der Stadt Zürich (vgl. Anhang II.1). Alle weiteren Zählstellen werden für die Validierung des Basismodells und, im Falle der Stadt Zürcher Daten, auch für das Zusatzmodul «detailliertes Wegnetz» (Z1) verwendet. Das Naherholungsmodul (Z2) wird anhand der Zählwerte aus den Kantonen Basel-Stadt und Zürich validiert.

**Tab. 27** Übersicht der Validierungsstellen

| Bezugsstelle       | Anzahl Zählstellen | Erhebungsjahr            | Erhebungszeitraum                      | Qualität               | Validierung                        | Messgrösse   |
|--------------------|--------------------|--------------------------|--|------------------------|------------------------------------|--------------|
| Basel-Stadt        | 17                 | 2019 (2 Ausnahmen: 2015) | Dauerzählstellen                       | Kalibriert             | Basismodell, Z2                    | DTV, DWV, WE |
| Stadt Bern         | 2                  | 2019                     | Dauerzählstellen                       | Kalibriert             | Basismodell                        | DTV          |
| Stadt Biel         | 7                  | 2019                     | Dauerzählstellen                       | Rohdaten <sup>22</sup> | Basismodell                        | DTV, DWV, WE |
| Stadt Luzern       | 4                  | 2017 (1 Ausnahme: 2021)  | Temporär (1 Ausnahme: Dauerzählstelle) | Kalibriert             | Basismodell                        | DTV          |
| Stadt St. Gallen   | 7                  | 2019 (2 Ausnahmen: 2020) | temporär                               | Kalibriert             | Basismodell                        | DTV, DWV, WE |
| Stadt Zürich       | 17                 | 2019 (1 Ausnahme: 2018)  | Dauerzählstellen                       | Kalibriert             | Basismodell <sup>23</sup> , Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Wildnispark Zürich | 13                 | 2019                     | Dauerzählstellen                       | Kalibriert             | Z2                                 | DTV, DWV, WE |

Falls die Zählstellen die Strassenseiten differenzieren, werden die entsprechenden Zählwerte aggregiert, damit sie der auf TLM Strassen bezogenen Fussverkehrsbelastung gegenübergestellt werden können. Eine detailliertere Übersicht der Validierungsstellen, in welcher auf die einzelnen Zählstellen eingegangen wird, ist im Anhang II.1 aufgeführt.

#### Modellinputdaten

Neben der Zählwertrepräsentativität ist an dieser Stelle auch auf die Datenstände der Modellinputdaten zu verweisen. Die nachfolgende Tabelle zeigt, dass die Daten für das Fussverkehrsmodell mehrheitlich aus dem Jahr 2021 stammen. Die statistischen Daten zu Einwohnenden und Arbeitsplätzen, die Verkehrsdaten und das Höhenmodell basieren auf Datensätzen aus 2015 bis 2019, da für diese zum gegebenen Zeitpunkt noch keine aktuelleren Datenstände verfügbar sind.

<sup>22</sup> Die Stadt Biel geht davon aus, dass der Fussverkehr in den Rohdaten zu ca. 15% unterschätzt wird.

<sup>23</sup> Es eignen sich lediglich 12 Zählstellen der Stadt Zürich zur Validierung des Basismodells. Für die weiteren fünf Zählstellen wird davon ausgegangen, dass sie von der Naherholung dominiert werden (vergl. Anhang II.1).

**Tab. 28** Stand der Modelldaten

| Datensatz   | Stand                  |
|---|------------------------|
| BFS STATPOP   | 2019                   |
| BFS STATENT   | 2018                   |
| swisstopo swissTLM3D (TLM Strassen, TLM Verkehrsbaute, TLM Gebäude Footprint, TLM Haltestelle, TLM Nutzungsareal, TLM Bodenbedeckung, TLM Einzelobjekt) | 2021                   |
| ARE ÖV-Haltestellen   | 2021                   |
| Geschäftsstelle SKI Fahrplan 2021 (HRDF)  | 2021                   |
| BAFU Strassenverkehrslärm Tag   | 2015                   |
| VM-UVEK Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM)  | 2017                   |
| Fussverkehrsnetz Stadt Zürich   | 2021                   |
| swisstopo swissALTI3D Höhenmodell   | Datenstand Zürich 2019 |
| OpenStreetMap (OSM)   | 2021                   |

## 7.2.2 Hinweise zur Auswertung der Validierung

Für jede Validierungsstelle werden DTV, DWV und WE der Zählwerte mit den Modellergebnissen verglichen. Das Suffix «\_laerm» deutet darauf hin, dass der Modellwert unter Berücksichtigung der Lärmbelastung erfolgt. Pro Validierungsstelle wird die Abweichung einerseits als absolute Differenz (Zählwert – Modellwert) und andererseits auch prozentual quantifiziert. Den Vorzeichen der Differenzen sind folgende Bedeutungen zuzuweisen:

- Negative Abweichungen: Das Modell überschätzt die Zählwerte.
- Positive Abweichungen: Das Modell unterschätzt die Zählwerte.

Um einen Überblick der Abweichungen aller Validierungsstellen aufzuzeigen, wird einerseits die Darstellung im Box-Plot Diagramm gewählt. So werden Streuungs- und Lage-masse grafisch präsentiert und damit die Verteilung der Werte aufgeführt. Andererseits wird die Häufigkeitsverteilung der absoluten<sup>24</sup> prozentualen Abweichung grafisch in sechs Klassen dargestellt (0-10%, 10-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%, über 100%).

## 7.2.3 Validierung Basismodell

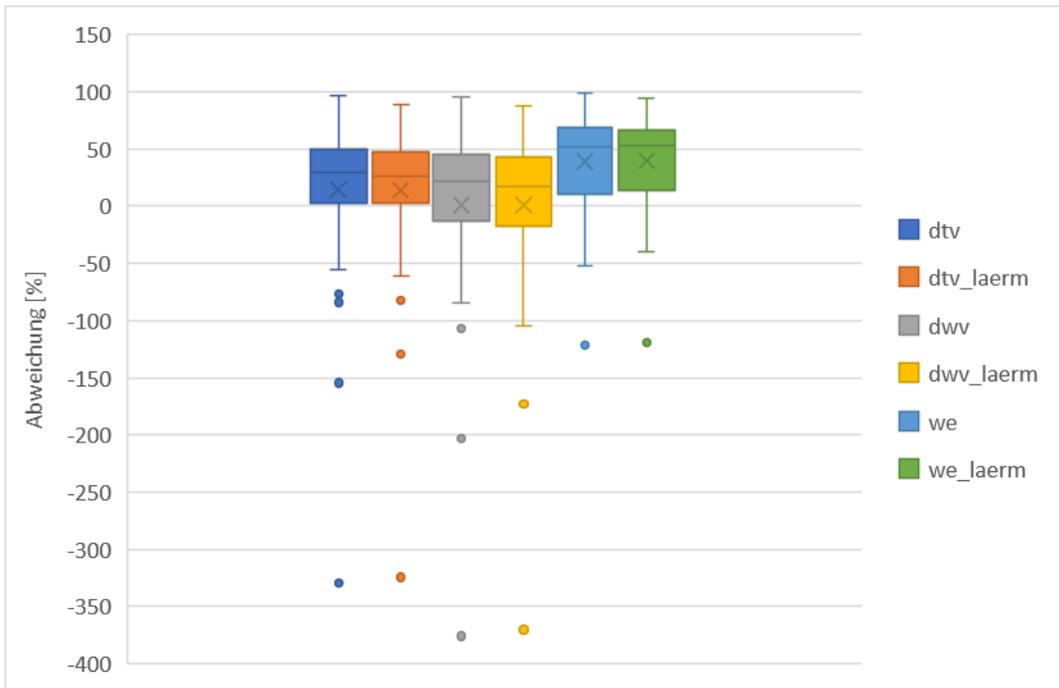
### *Abweichungen in Prozent*

Die nachfolgende Grafik (**Abb. 40**) zeigt für die Validierungsstellen des Basismodells die Verteilung der prozentualen Abweichungen zwischen Zählwert und Modellwert auf. Es ist ersichtlich, dass die sechs verschiedenen Modelle tendenziell den Fussverkehr an den Zählstellen unterschätzen (positive Abweichungen). WE mit und ohne Lärm unterschätzen den Fussverkehr noch deutlicher als DTV und DWV. Auch die Häufigkeitsverteilungen, dargestellt in **Abb. 41** und **Abb. 42**, zeigen, dass die Modelle für DTV, DWV jeweils mit und ohne Lärm bessere Resultate liefern als diejenigen für das Wochenende.

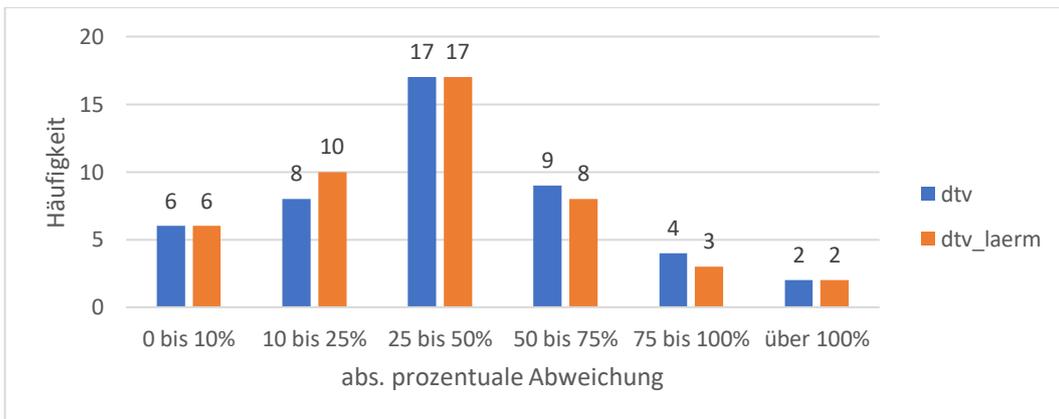
Beim Vergleich der beiden DTV-Modelle mit den beiden DWV-Modellen anhand der Häufigkeitsverteilung und des Medians sowie des arithmetischen Mittelwerts der Verteilungen, schneiden die beiden DWV-Modelle besser ab als die DTV-Ergebnisse mit und ohne Lärm. Dafür ist jedoch die Streuung der prozentualen Abweichungen breiter.

Der Einbezug von Lärm verbessert die DTV- und DWV-Modelle. Mehr Validierungsstellen liegen mit den Abweichungen im Bereich von 0-25% und die Anzahl der grösseren Abweichungen reduzieren sich. Auch der Median der Verteilung liegt mit Einbezug von Lärm näher an 0. Unter Berücksichtigung der Lärmbelastung ist im Modell jedoch mit einer grösseren Streuung der prozentualen Abweichungen zu rechnen.

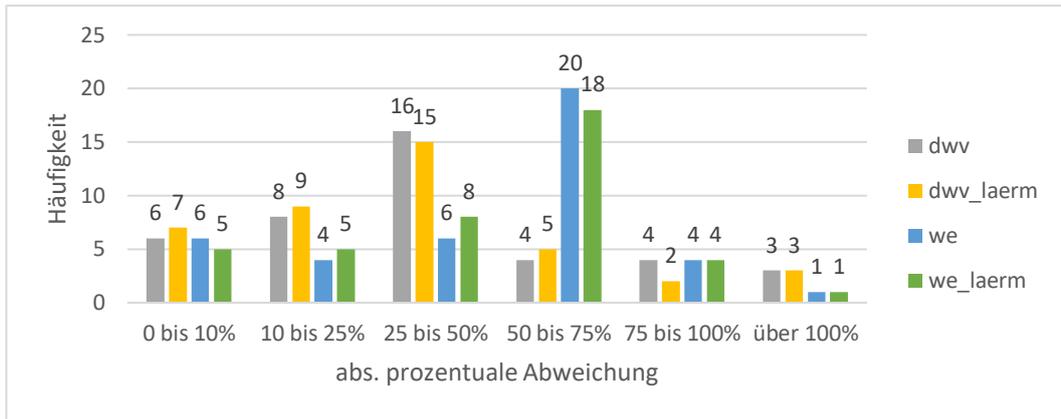
<sup>24</sup> Im Sinne eines Werts ohne Vorzeichen



**Abb. 40** Verteilung der prozentualen Abweichungen für das Basismodell (der Median ist als Teilungsstrich der Box gekennzeichnet, der Mittelwert ist als Kreuz und die Ausreisser sind als Punkte dargestellt)



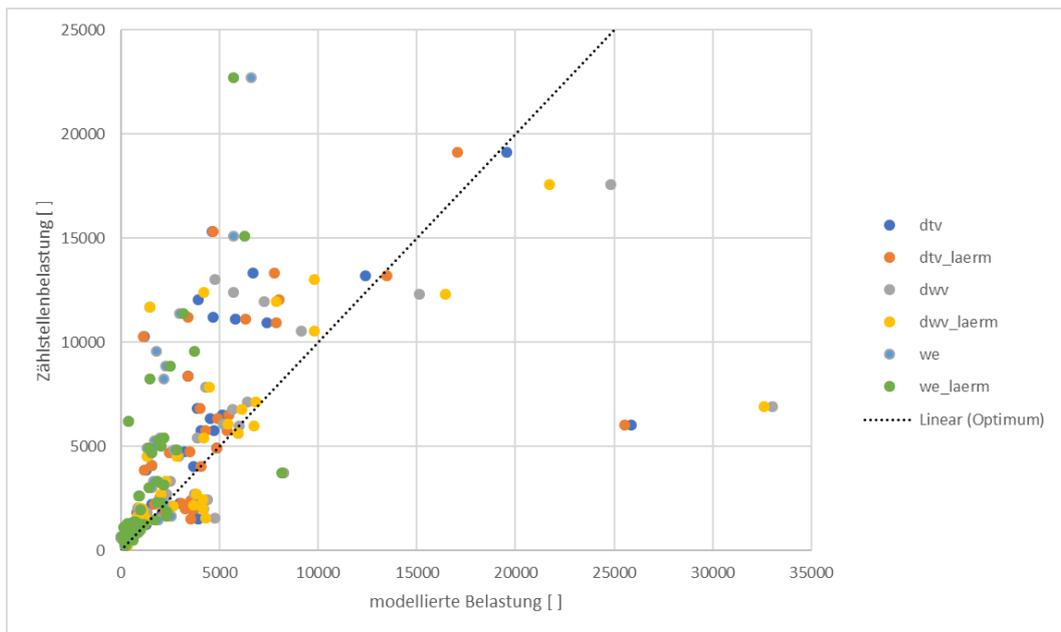
**Abb. 41** Häufigkeit der absoluten (im Sinne eines Werts ohne Vorzeichen) prozentualen Abweichung nach Kategorie für das Basismodell (DTV) (N=46)



**Abb. 42** Häufigkeit der absoluten (im Sinne eines Werts ohne Vorzeichen) prozentualen Abweichung nach Kategorie für das Basismodell (DWV und WE) (N=41)

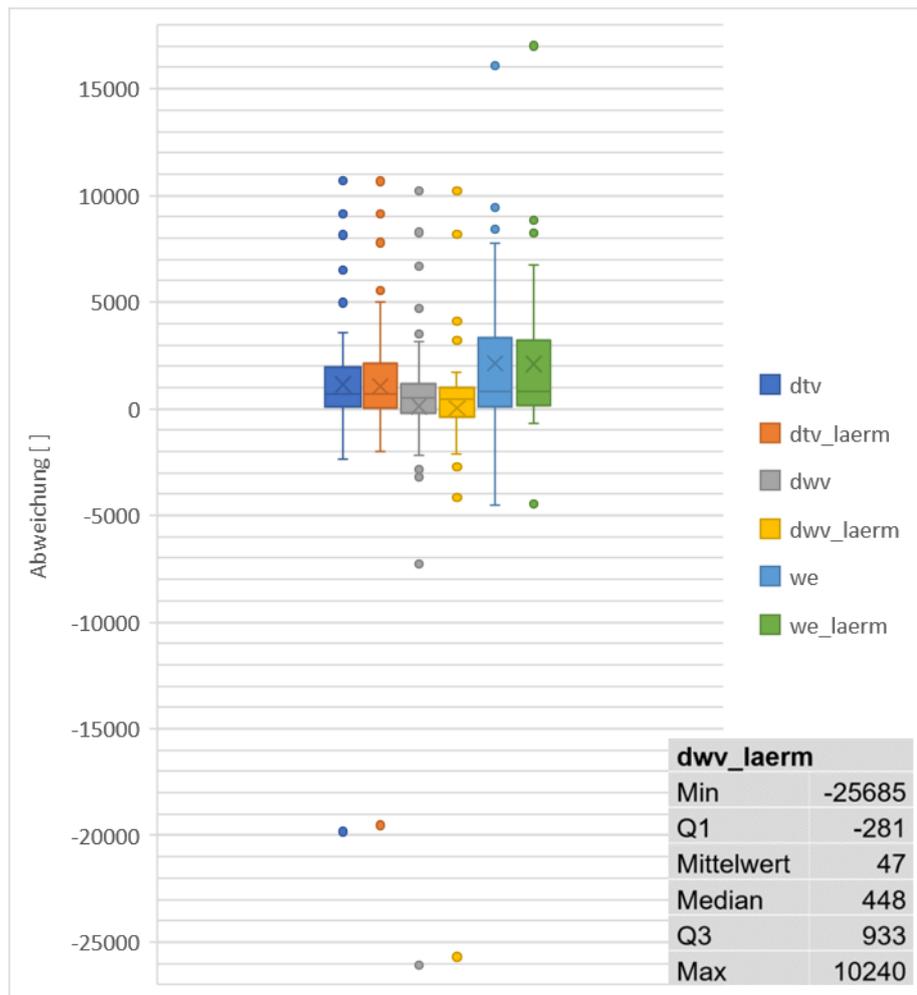
*Abweichungen in absoluten Werten (Personen pro Tag)*

Werden für alle Validierungsstellen des Basismodells die Zählwerte den Modellergebnissen direkt gegenübergestellt, wird deutlich, dass alle sechs untersuchten Modelle den Fussverkehr an den Zählstellen mehrheitlich unterschätzen (**Abb. 43**). Die Grösse der Abweichung verhält sich nicht proportional zum Zählwert.



**Abb. 43** Belastungsvergleich pro Validierungsstelle und Modell für das Basismodell

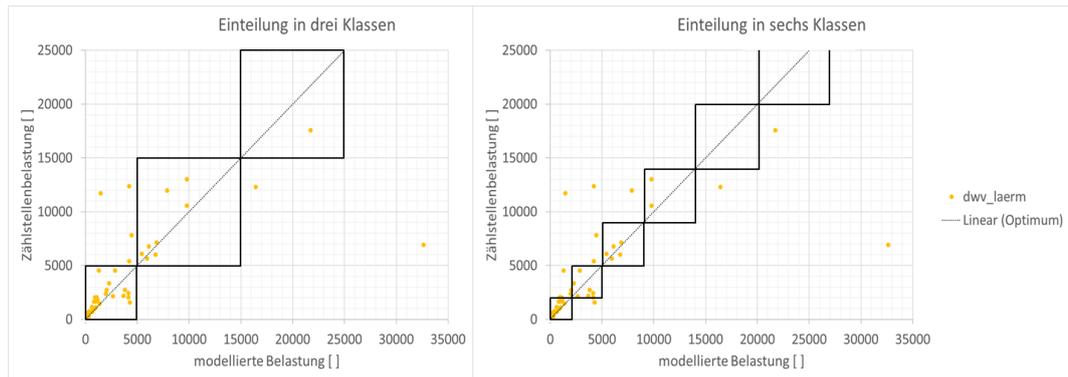
Wird die Verteilung der absoluten Abweichungen in einem Box-Plot Diagramm betrachtet (**Abb. 44**), zeigt sich, welches Ausmass die Streuung der Modellergebnisse annimmt. Gerade für WE mit und ohne Lärm streuen die Abweichungen stark, wobei die Fussverkehrsbelastung hauptsächlich unterschätzt wird. Für dwv\_laerm, welches vergleichsweise die geringste Streuung aufweist, sind in **Abb. 44** die wichtigsten Lagemerkmale aufgeführt. 50% der Validierungsstellen (Q1 bis Q3) erreichen Abweichungen, welche zwischen -281 und 933 Personen zu Fuss und Tag ausmachen. Min (Minimum) und Max (Maximum) zeigen auf, dass extreme Ausreisser vorhanden sind.



**Abb. 44** Verteilung der Abweichungen in absoluten Werten für das Basismodell (der Median ist als Teilungsstrich der Box gekennzeichnet, der Mittelwert ist als Kreuz und die Ausreisser sind als Punkte dargestellt); zur Veranschaulichung sind die wichtigsten Lage-merkmale für *dwv\_laerm* in einer Tabelle aufgeführt

#### Exemplarische Klasseneinteilungen

Die nachfolgende Abbildung stellt zwei beispielhafte Klasseneinteilungen von *dwv\_laerm* dar. Die modellierte und die gezählte Belastung stehen sich im direkten Vergleich gegenüber. Die aufgeführte Klassierung in drei Kategorien (**Abb. 45** links) zeigt, dass sich die Validierungsstellen mehrheitlich korrekt in den drei Klassen abbilden lassen. Nur sechs der Validierungsstellen reissen aus den Klassen aus, wobei einzelne davon eine relativ kleine Abweichung zur Klassengrenze besitzen. Auch die feinere beispielhafte Klasseneinteilung zeigt, dass mit der Darstellung in Klassen gute Resultate erzielt werden (**Abb. 45** rechts) können.



**Abb. 45** Zwei exemplarische Klasseneinteilungen von *dvw\_laerm*: links, drei Klassen (0 – 5'000, 5'000 – 15'000, 15'000 – 25'000); rechts, sechs Klassen (0 – 2'000, 2'000 – 5'000, 5'000 – 9'000, 9'000 – 14'000, 14'000 – 20'000, 20'000 – 27'000)

### Räumliche Differenzierung

Als Mass für den Vergleich zwischen den Kantonen wird der Mittelwert der absoluten prozentualen Abweichung gewählt. Der Mittelwert wird aus den absoluten prozentualen Werten berechnet, damit sich die Überschätzung und die Unterschätzung des Fussverkehrs nicht ausgleichen können. In **Tab. 29** ist der so berechnete Mittelwert für die verschiedenen Kantone und Modelle aufgeführt. Es zeigen sich kantonale Unterschiede. Obwohl Basel-Stadt und Zürich kalibrierte Dauerzählstellen aufweisen, unterscheidet sich der berechnete Mittelwert deutlich. In Basel-Stadt wird für DTV, DWV jeweils mit und ohne Lärm ein Abweichungsmittelwert von ca. 30% erreicht, für die beiden Wochenendmodelle ein Durchschnittswert von etwas über 40% Abweichung. Im Vergleich zu Basel-Stadt sind die Abweichungen in der Stadt Zürich grösser. Die berechneten Mittelwerte für die Stadt Zürich erzielen aber für WE mit und ohne Lärm die besseren Ergebnisse (55-57% Abweichungen) als für DTV, DWV mit und ohne Lärm (83-95% Abweichungen).

**Tab. 29** Mittelwert der abs. prozentualen Abweichungen pro Kanton im Basismodell

| Kanton               | N <sup>25</sup> | DTV | DTV mit Lärm | DWV | DWV mit Lärm | WE  | WE mit Lärm |
|----------------------|-----------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------------|
| Bern                 | 9               | 42% | 35%          | 47% | 39%          | 56% | 52%         |
| Basel-Stadt          | 17              | 32% | 31%          | 32% | 31%          | 43% | 44%         |
| Luzern               | 4               | 45% | 45%          | -   | -            | -   | -           |
| St. Gallen           | 6               | 39% | 37%          | 33% | 35%          | 54% | 52%         |
| Zürich <sup>26</sup> | 10              | 85% | 83%          | 95% | 92%          | 57% | 55%         |

Im Weiteren wird beispielhaft im Detail auf die Ergebnisse aus Basel-Stadt und der Stadt Zürich eingegangen. Für die Betrachtung aller weiteren Städte sei auf Anhang II.1.2 verwiesen.

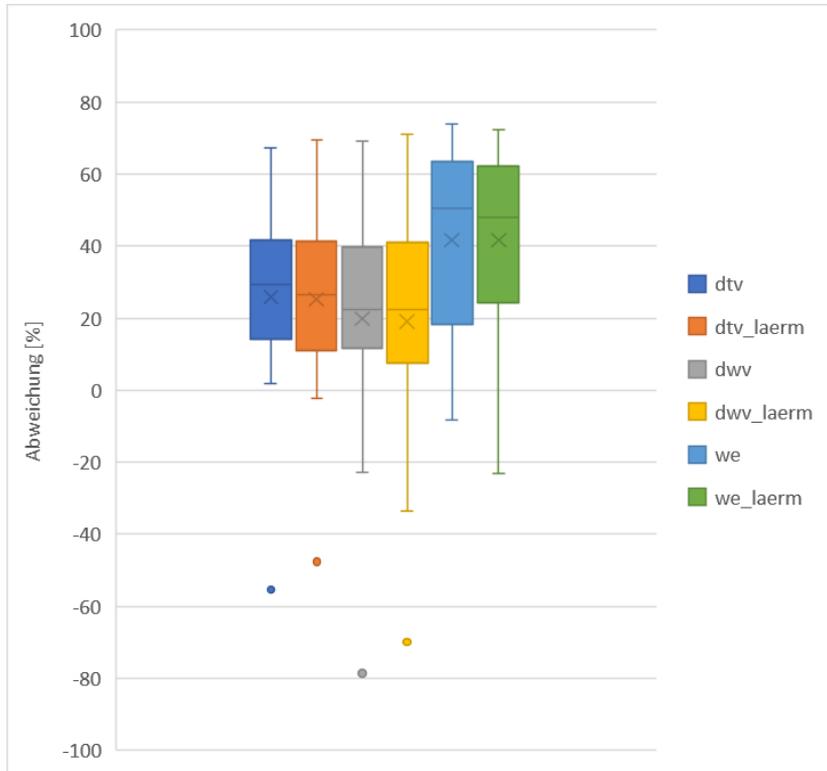
**Abb. 46** und **Abb. 47** zeigen die Streuung und die Verteilung der prozentualen Abweichungen für Basel-Stadt auf. Das Box-Plot Diagramm zeigt ein ähnliches Bild wie für alle Validierungsstellen des Basismodells (**Abb. 40**). Die Abweichungen streuen für Basel-Stadt jedoch weniger stark als die Gesamtheit der Validierungsstellen. Eine Überschätzung des Fussverkehrs kommt an den Validierungsstellen aus Basel-Stadt kaum vor. Bis auf WE mit und ohne Lärm ist eine Anhäufung der Abweichungen bei den Kategorien bis max. 50% auszumachen.

Für die Stadt Zürich zeigt sich mit **Abb. 48** und **Abb. 49** ein anderes Bild. Die prozentualen Abweichungen weisen eine starke Streuung auf. Bereits das erste Quartil (Q1) liegt für

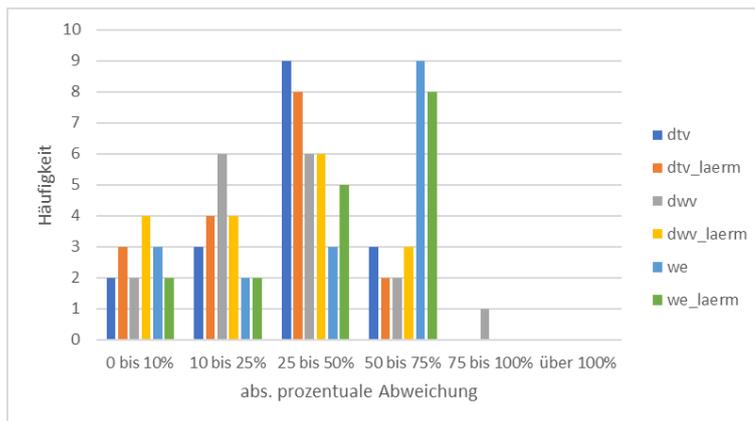
<sup>25</sup> Anzahl Validierungsstellen

<sup>26</sup> Für die Validierung des Basismodells fliessen aus dem Kanton Zürich nur Zählstellen aus der Stadt Zürich ein.

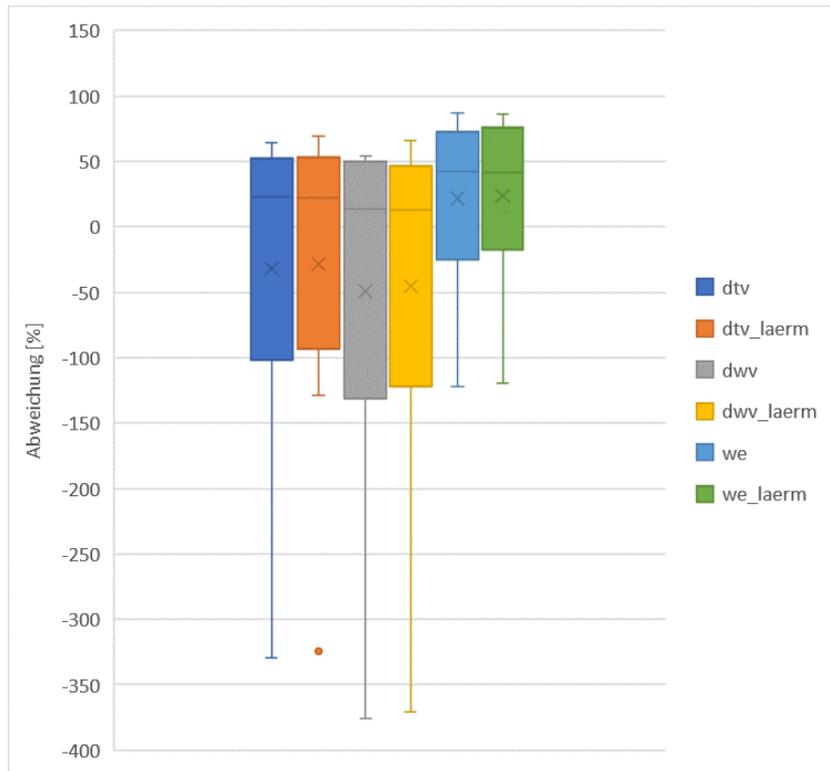
DTV, DWV mit und ohne Lärm bei um die 100%. Die beiden DTV-Modelle sowie die beiden Modelle DWV überschätzen den Fussverkehr an den Validierungsstellen tendenziell. Die beiden Wochenendmodelle unterschätzen die Belastung, wie dies auch in Basel-Stadt der Fall ist. Die Häufigkeitsverteilung zeigt eine Anhäufung der Abweichungen in den Klassen über 25%. Es kann keine Abflachung der Häufigkeit bei den höheren Abweichungen festgestellt werden.



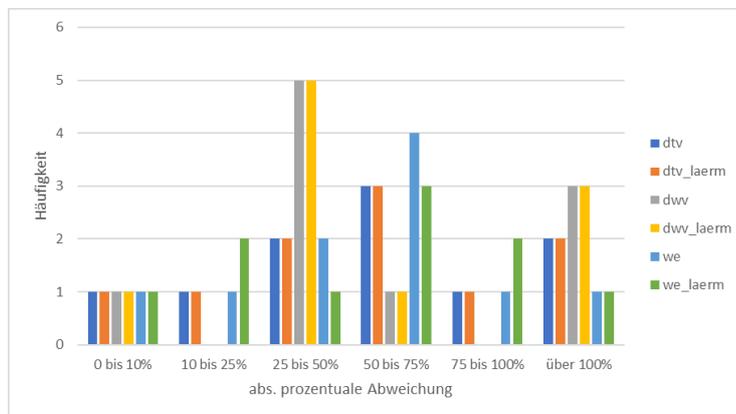
**Abb. 46** Basel-Stadt: Verteilung der prozentualen Abweichungen für das Basismodell (der Median ist als Teilungsstrich der Box gekennzeichnet, der Mittelwert ist als Kreuz und die Ausreisser sind als Punkte dargestellt)



**Abb. 47** Basel-Stadt: Häufigkeit der absoluten (im Sinne eines Werts ohne Vorzeichen) prozentualen Abweichungen nach Kategorie für das Basismodell



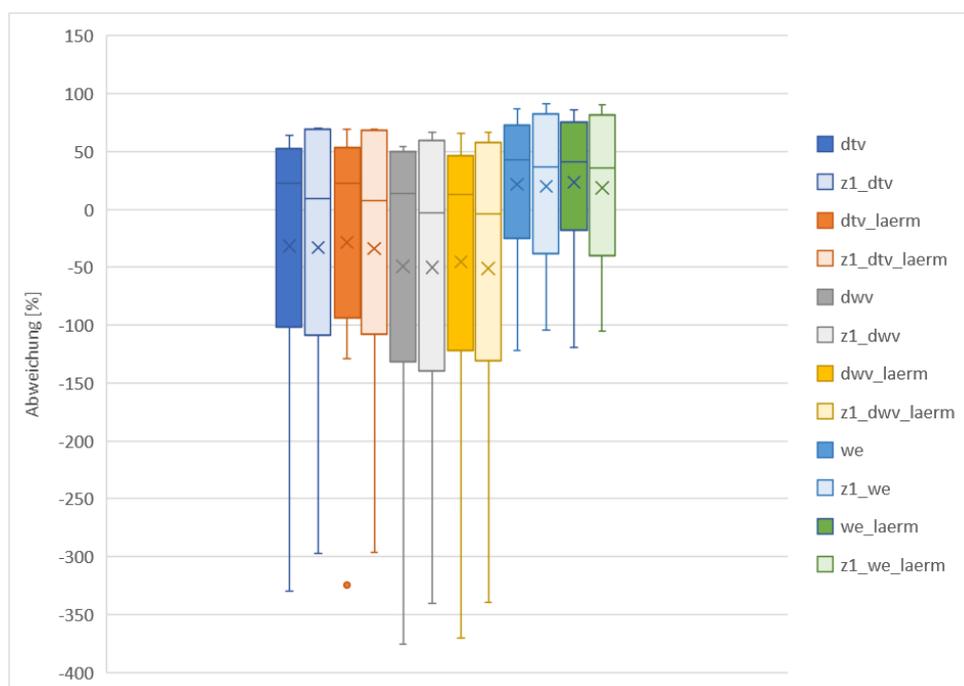
**Abb. 48** Stadt Zürich: Verteilung der prozentualen Abweichungen für das Basismodell (der Median ist als Teilungsstrich der Box gekennzeichnet, der Mittelwert ist als Kreuz und die Ausreisser sind als Punkte dargestellt)



**Abb. 49** Stadt Zürich: Häufigkeit der absoluten (im Sinne eines Werts ohne Vorzeichen) prozentualen Abweichungen nach Kategorie für das Basismodell

## 7.2.4 Validierung Zusatzmodul Z1 detailliertes Wegnetz

**Abb. 50** stellt im Box-Plot Diagramm die prozentualen Abweichungen aus dem Basismodell denjenigen aus dem Zusatzmodul Z1 für die Stadt Zürich gegenüber. Der Median der Abweichungen liegt dank dem detaillierten Fusswegnetz näher an 0. Die bereits grosse Streuung, welches das Basismodell aufweist, wird durch das detaillierte Fusswegnetz noch weiter vergrößert. Auch der Mittelwert der absoluten prozentualen Abweichung erhöht sich im Vergleich zum Basismodell und erreicht Werte über 100% bei DWV mit und ohne Lärm (**Tab. 30**).



**Abb. 50** Stadt Zürich: Verteilung der prozentualen Abweichungen für das Basismodell und Z1 (Präfix «z1\_») (der Median ist als Teilungsstrich der Box gekennzeichnet, der Mittelwert ist als Kreuz und die Ausreisser sind als Punkte dargestellt)

**Tab. 30** Mittelwert der abs. prozentualen Abweichungen für die Stadt Zürich

| Kanton      | N <sup>27</sup> | DTV | DTV mit Lärm | DWV  | DWV mit Lärm | WE  | WE mit Lärm |
|-------------|-----------------|-----|--------------|------|--------------|-----|-------------|
| Basismodell | 10              | 85% | 83%          | 95%  | 92%          | 57% | 55%         |
| Z1          | 10              | 93% | 93%          | 103% | 102%         | 61% | 60%         |

## 7.2.5 Validierung Zusatzmodul Z2 Naherholung

### Basel-Stadt

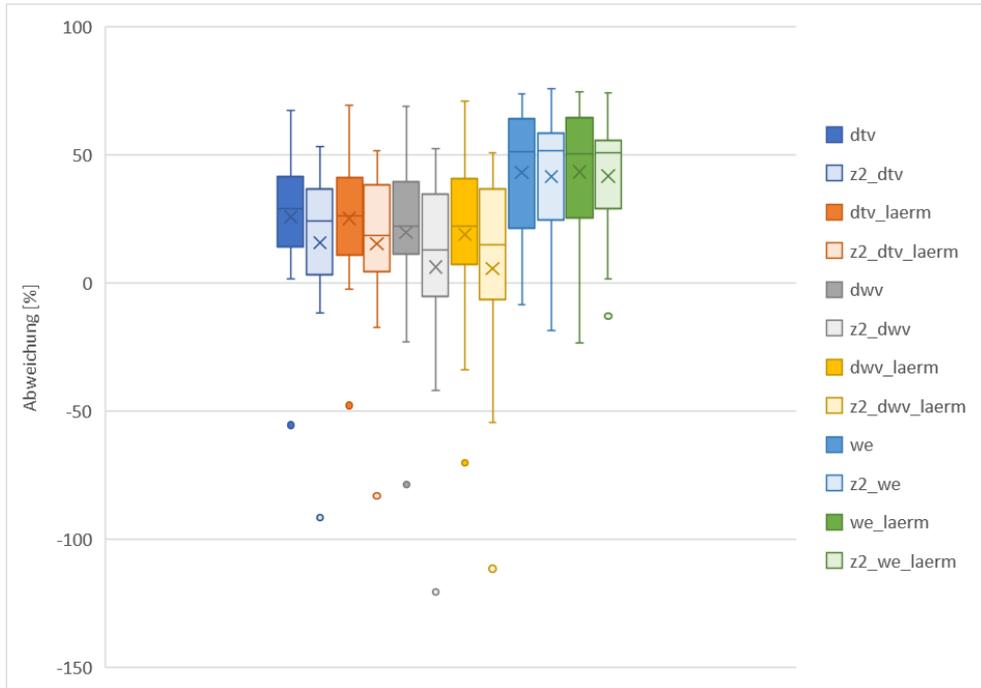
Unter Berücksichtigung der Naherholung im Z2 werden für DTV, DWV mit und ohne Lärm tendenziell bessere Resultate erzielt als im Basismodell (**Tab. 31** und **Abb. 51**). Der Interquartilsabstand (Q1 bis Q3) verschiebt sich näher gegen 0. Auch der Median weist einen kleineren Wert auf. In den beiden Wochenendmodellen ist der Interquartilsabstand im Z2 kürzer als im Basismodell. **Abb. 52** zeigt, dass sich für dwv\_laerm gerade bei Fussverkehrsbelastungen bis ca. 3'000 Personen/Tag das Naherholungsmodul mehrheitlich positiv auf die Modellergebnisse auswirkt und die Abweichung zum Zählwert geringer ausfällt.

**Tab. 31** Mittelwert der abs. prozentualen Abweichungen für Basel-Stadt

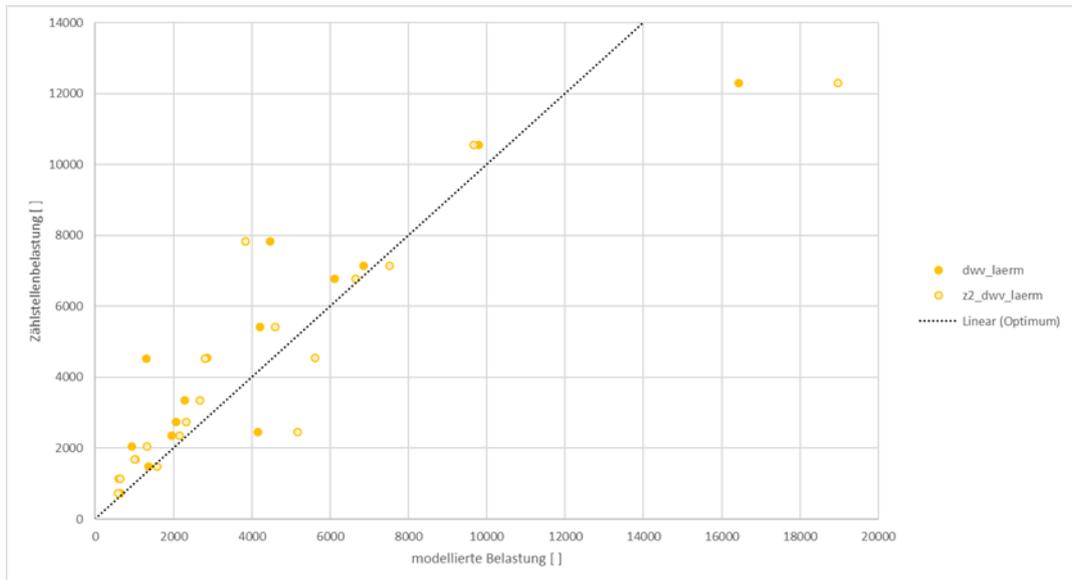
| Kanton      | N <sup>28</sup> | DTV | DTV mit Lärm | DWV | DWV mit Lärm | WE  | WE mit Lärm |
|-------------|-----------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------------|
| Basismodell | 17              | 32% | 31%          | 32% | 31%          | 43% | 44%         |
| Z2          | 17              | 29% | 28%          | 30% | 29%          | 44% | 43%         |

<sup>27</sup> Anzahl Validierungsstellen

<sup>28</sup> Anzahl Validierungsstellen



**Abb. 51** Basel-Stadt: Verteilung der prozentualen Abweichungen für das Basismodell und Z2 (Präfix «z2\_») (der Median ist als Teilungsstrich der Box gekennzeichnet, der Mittelwert ist als Kreuz und die Ausreisser sind als Punkte dargestellt)

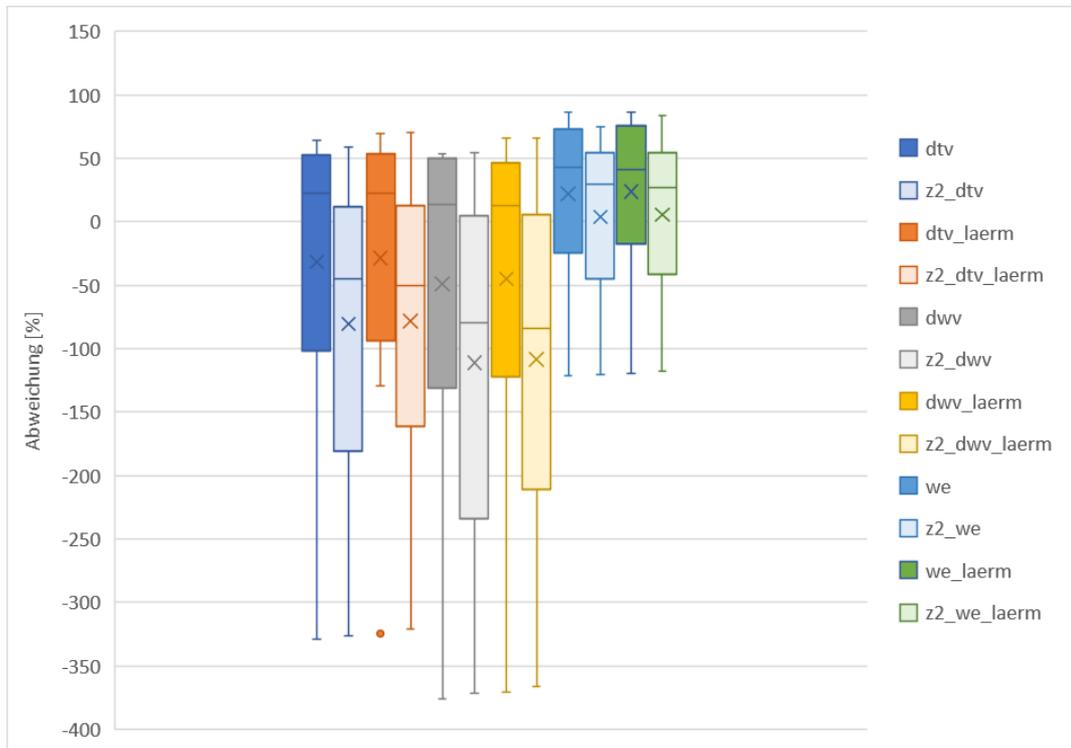


**Abb. 52** Basel-Stadt: Belastungsvergleich dwv\_laerm pro Validierungsstelle für das Basismodell und Z2 (Präfix «z2\_»)

**Stadt Zürich**

Um den Einfluss des Zusatzmoduls in der Stadt Zürich aufzuzeigen, werden im Validierungsprozess für Z2 dieselben zehn Validierungsstellen verwendet, wie sie für das Basismodell angewendet wurden. Für die Stadt Zürich liegen weitere fünf Validierungsstellen vor, welche von der Naherholung dominiert werden und dementsprechend nicht für die Validierung des Basismodells herangezogen worden sind. Die Gesamtübersicht aller Validierungsstellen ist in Anhang II.1.3 aufgeführt. Die Verteilung der prozentualen Abweichungen aus Z2 ist in **Abb. 53** derjenigen aus dem Basismodell gegenübergestellt. Im Vergleich zu den Abweichungen aus dem Basismodell zeigt sich unter Berücksichtigung des Naherholungsmoduls eine auffällige Streuung in den negativen Bereich. Das Z2-Modell überschätzt den Fussverkehr noch deutlicher an den Validierungsstellen als das Basismodell.

Für DTV, DWV mit und ohne Lärm liegt beispielsweise das erste Quartil (Q1) bei unter -150%. Für WE mit und ohne Lärm zeigen die Abweichungen aus Z2 im Vergleich eine kleinere Streuung. Auch der Median und der Mittelwert liegen dank der Berücksichtigung der Naherholung näher an 0. Diese Unterschiede in den Verteilungen wirken sich entsprechend auf den Mittelwert der absoluten prozentualen Abweichungen aus (Tab. 32). Für die Wochenendwerte unterschieden sich die berechneten Mittelwerte kaum. Im Gegensatz dazu erhöht sich der Mittelwert für DTV, DWV mit und ohne Lärm im Vergleich zu den Ergebnissen aus dem Basismodell.



**Abb. 53** Stadt Zürich: Verteilung der prozentualen Abweichungen für das Basismodell und Z2 (Präfix «z2\_») (der Median ist als Teilungsstrich der Box gekennzeichnet, der Mittelwert ist als Kreuz und die Ausreisser sind als Punkte dargestellt)

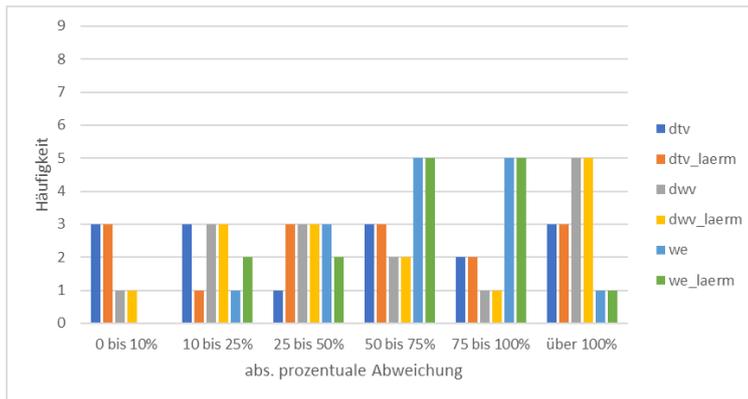
**Tab. 32** Mittelwert der abs. prozentualen Abweichungen für die Stadt Zürich

| Kanton      | N <sup>29</sup> | DTV  | DTV mit Lärm | DWV  | DWV mit Lärm | WE  | WE mit Lärm |
|-------------|-----------------|------|--------------|------|--------------|-----|-------------|
| Basismodell | 10              | 85%  | 83%          | 95%  | 92%          | 57% | 55%         |
| Z2          | 10              | 100% | 99%          | 125% | 125%         | 56% | 55%         |

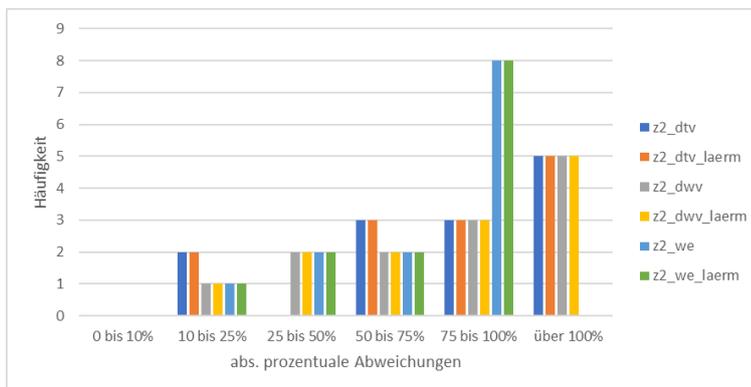
#### Kanton Zürich

Für den Kanton Zürich liegen insgesamt 28 Validierungsstellen mit Informationen aus Dauerzählstellen vor. 15 davon liegen in der Stadt Zürich und somit im Siedlungsgebiet. Die restlichen 13 Validierungsstellen stammen vom Wildnispark Zürich. Diese 13 Validierungsstellen liegen knapp ausserhalb des Siedlungsgebiets und die Wege, an denen die Zählstellen liegen, werden hauptsächlich zur Naherholung aufgesucht. Die nachfolgenden Häufigkeitsdiagramme zeigen eine Anhäufung in den Klassen mit den höheren Prozentwerten. Gerade für den Wildnispark (Abb. 55) zeigt sich dies deutlicher als für die Stadt Zürich (Abb. 54). In der Stadt erzielen einzelne Validierungsstellen in den DTV- und DWV-Modellen sehr gute Ergebnisse (Klasse 0-10%).

<sup>29</sup> Anzahl Validierungsstellen



**Abb. 54** Stadt Zürich: Häufigkeit der absoluten (im Sinne eines Werts ohne Vorzeichen) prozentualen Abweichungen nach Kategorie für Z2 (N=15)



**Abb. 55** Wildnispark Zürich: Häufigkeit der absoluten (im Sinne eines Werts ohne Vorzeichen) prozentualen Abweichungen nach Kategorie für Z2 (N=13)

## 7.3 Erkenntnisse

Die Validierung auf aggregierter Ebene zeigt, dass die modellierte Längenverteilung grundsätzlich relativ gut mit dem Mikrozensus übereinstimmt. Insbesondere diejenige der Zugangswege zu ÖV-Haltestellen wird gut modelliert. Da die langen Fusswege (> 1'500 m), Wanderungen und Spaziergänge im Modell nicht oder nicht direkt abgebildet werden können, ist der Anteil an Wegen über 1'000 m kleiner als im Mikrozensus.

Die Anzahl erzeugter Wege pro Person und Tag (DTV) und das Verhältnis der Wegzwecke stimmen für den Kanton Zürich relativ gut mit dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr überein. Nicht modellierte Verkehrszwecke (Arbeiten, Geschäftswege, Dienstfahrten) werden durch andere Wegzwecke kompensiert.

Auf aggregierter Ebene überschätzt das Modell im Kanton Zürich das Fussverkehrspotenzial von den Städten Zürich und Winterthur um 0.08 bzw. 0.17 Wege pro Person und Tag (DTV, nur «homebased»-Wege). In den Agglomerationsgebieten des Kantons Zürich stimmt die Anzahl erzeugter Wege gut. Im ländlichen Gebiet wird das Fussverkehrspotenzial tendenziell unterschätzt.

Die Validierung anhand von Zählstellen zeigt, dass aktuell eine geringe Anzahl Zählstellen verfügbar sind. Für den Validierungsprozess sind Daten von zusätzlichen Zählstellen notwendig, einerseits für die repräsentative Betrachtung von Teilmengen, andererseits auch für den Fall, dass eine abschliessende Validierung mit bisher ungenutzten Zählstellen durchgeführt werden soll (vgl. Pestel et al. 2016).

Werden alle Validierungsstellen als Gesamtheit betrachtet, erzielen im Basismodell das DTV- und DWV-Modell bessere Resultate als das WE-Modell. Der Einbezug von Lärm verbessert die Modellergebnisse. Tendenziell unterschätzen die Modelle den Fussverkehr an den Zählstellen. Es zeigen sich städtische Unterschiede in den Modellergebnissen. DWV mit Lärm erreicht pro Stadt einen Mittelwert der absoluten prozentualen Abweichungen von 31 – 39%. Die Ausnahme bildet die Stadt Zürich mit einem Mittelwert von 92% Abweichung.

Für die Stadt Zürich wirkt sich die Verwendung eines detaillierten Wegnetz (Z1) negativ auf die Modellresultate aus. Die vergleichsweise hohen Abweichungen aus dem Basismodell werden grösser. Unklar ist, wie Ergebnisse, welche bereits im Basismodell geringe Abweichungen aufweisen, von einem Fusswegnetz beeinflusst werden. Gerade für Basel-Stadt wäre diese Untersuchung interessant, da hier relativ viele Dauerzählstellen vorhanden sind und die Basismodellresultate auf einem höheren Niveau liegen.

Die Berücksichtigung der Naherholung (Z2) wirkt sich positiv auf die Ergebnisse des Kantons Basel-Stadt aus. Für die Stadt Zürich vergrössern sich jedoch die Abweichungen. Einzelne Validierungsstellen der Stadt Zürich lassen sich dagegen gut mit dem Zusatzmodul Z2 abbilden. Der Exkurs mit dem Wildnispark Zürich zeigt auf, dass sich das Zusatzmodul Z2 nicht erfolgreich auf Naherholungsgebiete ausserhalb des Siedlungsgebiets anwenden lässt.

Eine Darstellung der Modellergebnisse in Klassen kann zuverlässige Ergebnisse erzielen, wie die exemplarischen Klasseneinteilungen zeigen. Welche Klassengrösse, in welchen Anwendungsfällen nötig ist und ob sich diese genügend zuverlässig abbilden lassen, muss in einem weiteren Schritt geklärt werden.



## 8 Empfehlungen zur Anwendung

Dieses Kapitel zeigt ausgewählte Belastungspläne und leistet Hilfestellung zur Interpretation der Modellergebnisse sowie zu möglichen Anwendungen:

- In welchen Bereichen hat das Modell seine Stärken?
- Welche Schwächen des Modells müssen berücksichtigt werden?
- Für welche Anwendungsfälle und Fragestellungen kann das Modell Grundlage sein?
- Was ist bei der Interpretation der Belastungspläne zu beachten?

### 8.1 Belastungspläne

Auf den folgenden Seiten sind beispielhaft einige Belastungspläne dargestellt:

- Ausschnitt aus der Stadt Basel in drei Varianten: DTV (**Abb. 56**), DTV mit Berücksichtigung der Lärmbelastung (**Abb. 57**) sowie DTV mit Berücksichtigung der Naherholung (Z2) und der Lärmbelastung (**Abb. 58**).
- Ausschnitt aus der Stadt Zürich in zwei Varianten: DTV mit Berücksichtigung der Lärmbelastung (**Abb. 59**) sowie DTV mit Berücksichtigung der Naherholung (Z2) und der Lärmbelastung (**Abb. 60**).
- Drei Ausschnitte aus Agglomerationsgemeinden: DTV mit Berücksichtigung der Naherholung (Z2) und der Lärmbelastung für Rüti ZH (**Abb. 61**), Wetzikon (**Abb. 62**) und Affoltern am Albis (**Abb. 63**).

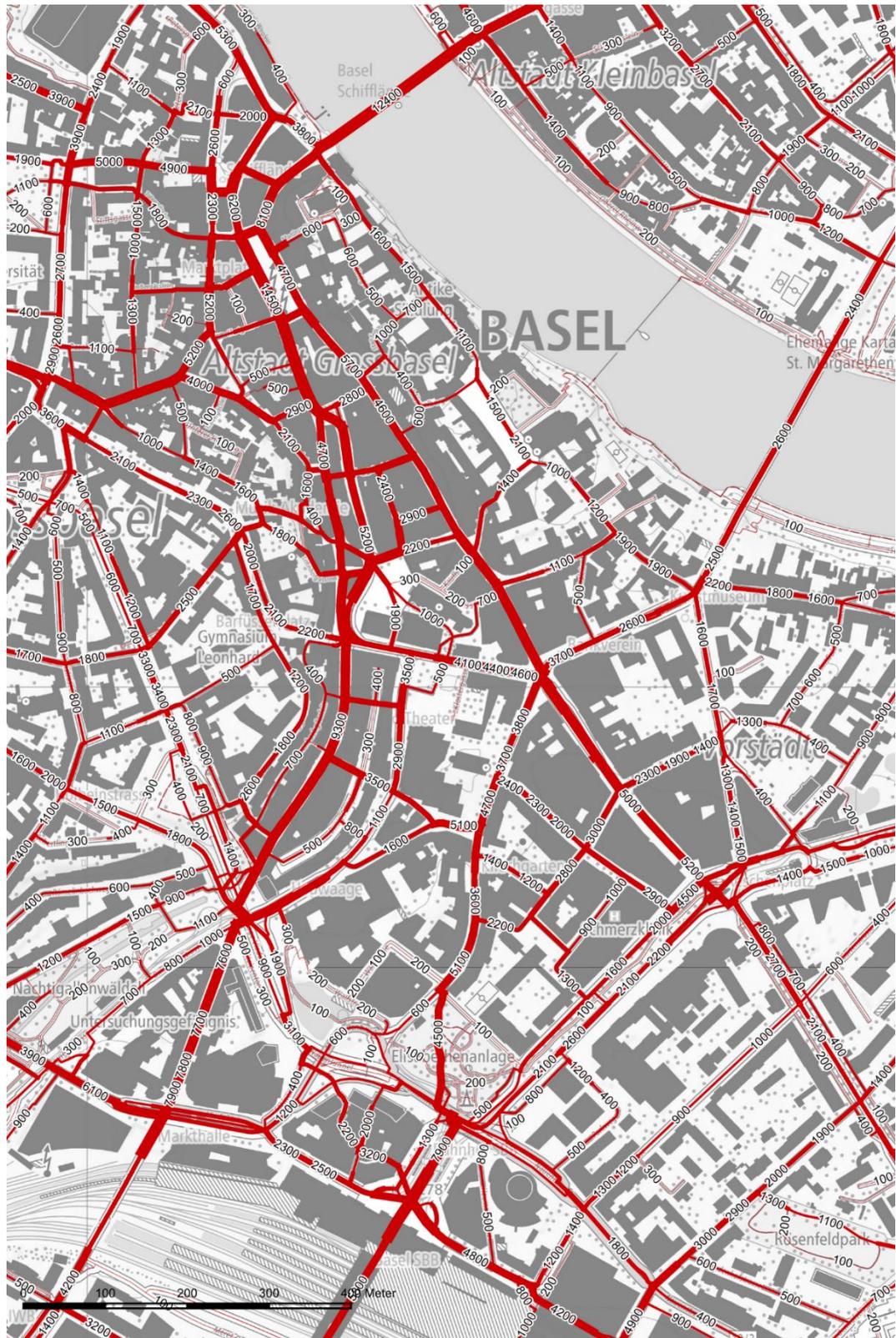
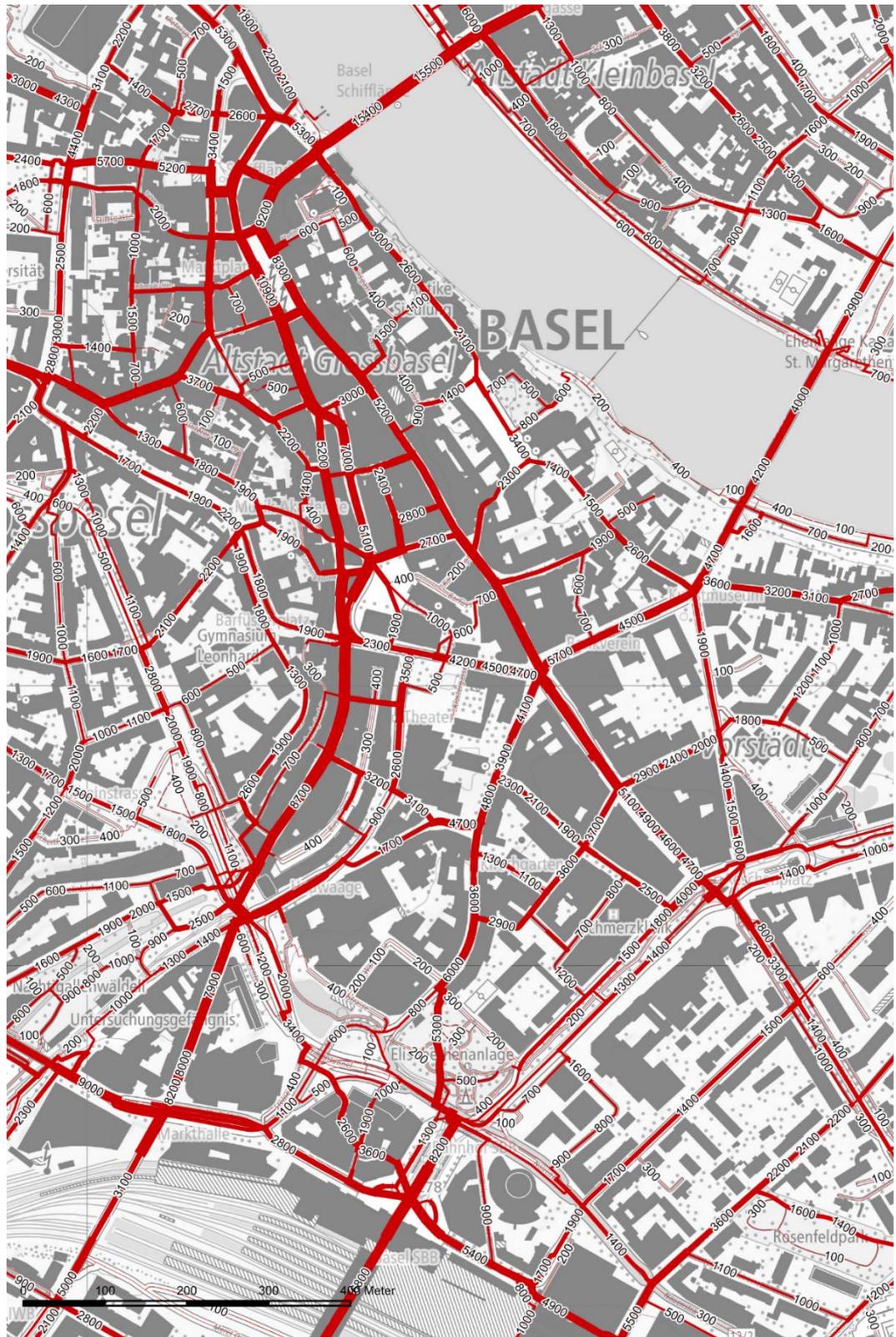


Abb. 56 Belastungsplan Basel, DTV





**Abb. 58** Belastungsplan Basel, DTV mit Berücksichtigung der Naherholung (Z2) und der Lärmbelastung

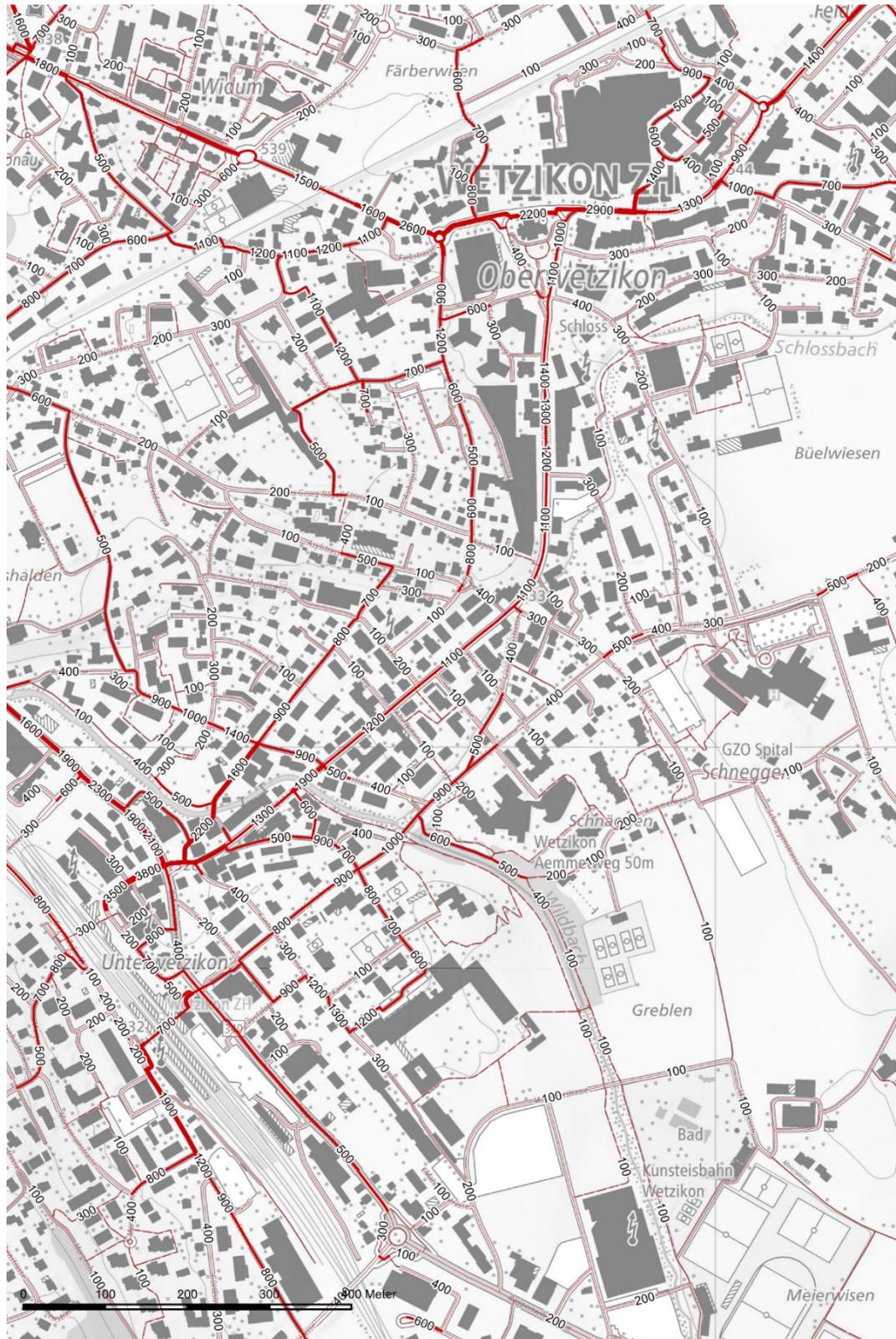




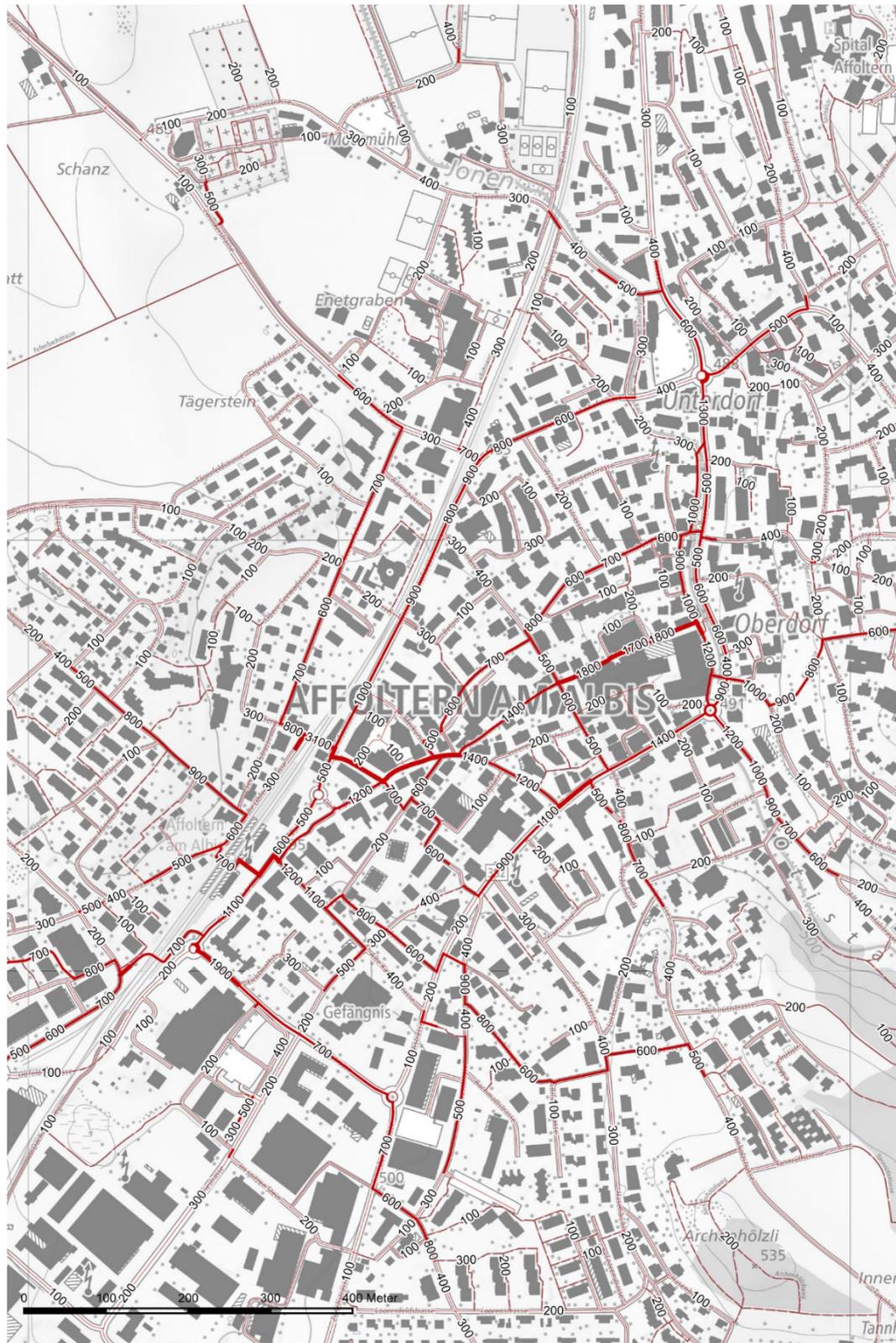
**Abb. 60** Belastungsplan Zürich, DTV mit Berücksichtigung der Naherholung (Z2) und der Lärmbelastung



**Abb. 61** Belastungsplan Rütli (ZH), DTV mit Berücksichtigung der Naherholung (Z2) und der Lärmbelastung



**Abb. 62** Belastungsplan Wetzikon (ZH), DTV mit Berücksichtigung der Naherholung (Z2) und der Lärmbelastung



**Abb. 63** Belastungsplan Affoltern am Albis, DTV mit Berücksichtigung der Naherholung (Z2) und der Lärmbelastung

## 8.2 Möglichkeiten und Grenzen des Modells

Trotz der Komplexität des Fussverkehrs bringt das Basismodell Fortschritte für die flächen-deckende Abbildung streckenbasierter Fussverkehrsmengen, insbesondere in folgenden Aspekten:

- **Alltagsfussverkehr**  
Der Alltagsfussverkehr innerhalb des Siedlungsgebiets kann mehrheitlich innerhalb einer akzeptablen Fehlertoleranz (mittlere Abweichung bis 50% bei DTV und DWV im Vergleich zu den Werten der Zählstellen) in der Regel gut abgebildet werden. Damit liegen zum ersten Mal für das Siedlungsgebiet der gesamten Schweiz Belastungspläne des Fussverkehrs vor.
- **Fussverkehrsgerechter Massstab**  
Durch die Berücksichtigung von punktgenauen Start- und Zielpunkten erfolgt die Modellierung ausreichend kleinräumig, so dass sie den Eigenheiten des Fussverkehrs gerecht wird.
- **Einfachheit und Verfügbarkeit Grundlagen**  
Das Basismodell beruht auf öffentlich verfügbaren Grundlagen und kann somit für jedes Gebiet der Schweiz angewendet werden. Da es sich auf Daten des Bundes abstützt, ist auch eine langfristige Verfügbarkeit dieser Datengrundlagen zu erwarten. Aufgrund des GIS-basierten Ansatzes kann somit mit relativ wenig Aufwand ein beliebiges Gebiet der Schweiz modelliert werden.
- **Ergänzende Auswertungen**  
Aus der Modellierung können ergänzende Auswertungen erstellt werden wie Einzugsgebiete von Zielen (z.B. Haltestellen), Spinnenanalysen oder Umwegfaktoren auf dem Fusswegnetz.
- **Einzugsgebiete ÖV-Haltestellen**  
Die Einzugsgebiete von ÖV-Haltestellen können in der Regel gut modelliert werden.

Die Validierung sowie die Interpretation der Ergebnisse geben Hinweise auf Modellunschärfen, die bei der Anwendung berücksichtigt werden müssen:

- **Fussverkehrsmengen am Wochenende**  
Die berechneten Belastungen am WE weisen in der Regel eine höhere Abweichung zu den tatsächlichen Zählwerten aus, als dies beim DTV und DWV der Fall ist. Mit dem jetzigen Stand sind die WE-Werte eher unbefriedigend. Wie die Validierung gezeigt hat, werden beim DTV und DWV i.d.R. Abweichungen bis 50% eingehalten. Beim WE-Verkehr fallen die Abweichung im Schnitt nochmals höher aus und sind damit zu wenig valid.
- **Gebiete mit Naherholung**  
Im Basismodell sind Gebiete, die von Naherholung geprägt sind, nicht zufriedenstellend dargestellt: Der Fussverkehr wird stark unterschätzt – oder gar nicht dargestellt. Als Ausgleich wird im dichten Siedlungsgebiet der Fussverkehr im Zusammenhang mit Gastronomie oder aktivem Sport dagegen überschätzt. Mit dem Zusatzmodul Z2 Naherholung verbessern sich die Ergebnisse bei siedlungsinternen oder siedlungsnahen Naherholungsgebieten stark (siehe **Abb. 64**). Die Höhe der berechneten Belastung muss aber trotzdem mit Vorsicht interpretiert werden: Wegen der maximalen Fussweglänge im Modell von 1.5km kann ein Teil der Belastung nur generiert werden, wenn in Fussdistanz auch genügend Startpunkte mit Einwohnern und Beschäftigten vorhanden sind.
- **Verkehrsintensive Einrichtungen**  
Die Verkehrserzeugung von verkehrsintensiven Einrichtungen wie Universitäten, Zoos, Einkaufszentren etc. basiert auf den Besucherzahlen des Nationalen Personenverkehrsmodells. Darin sind jedoch nur knapp 50 singuläre Verkehrserzeuger verzeichnet. Für die weiteren verkehrsintensiven Einrichtungen werden die Besucherzahlen aufgrund der Beschäftigten sowie mit Besucherfaktoren abgeschätzt, was eine verallgemeinerte Abschätzung darstellt. Sind weitere Informationen (wie z.B. Besucherzahlen) erhältlich, lohnt sich eine Gegenüberstellung mit solchen Grundlagen.
- **Abschätzung ÖV-Anteil am Modal Split**  
Der ÖV-Anteil am Modal Split lässt sich mit dem ÖV-Angebot nur teilweise erklären. So ist der ÖV-Anteil gemäss Mikrozensus in der Stadt Zürich deutlich höher, als dies im



Des Weiteren sind auch Aussagen über zukünftige Entwicklungen und Szenarien interessant und machen einen Mehrwert des Modellansatzes aus (z.B. Entwicklungsgebiete, Varianten der ÖV-Erschließung, Netzergänzungen etc.). Das Modell kann mit entsprechenden Input-Daten genutzt werden, um verschiedene Szenarien hinsichtlich der Auswirkungen auf den Fussverkehr berechnen und vergleichen zu können. Diese Szenarien können wichtige Argumentationsgrundlagen liefern.

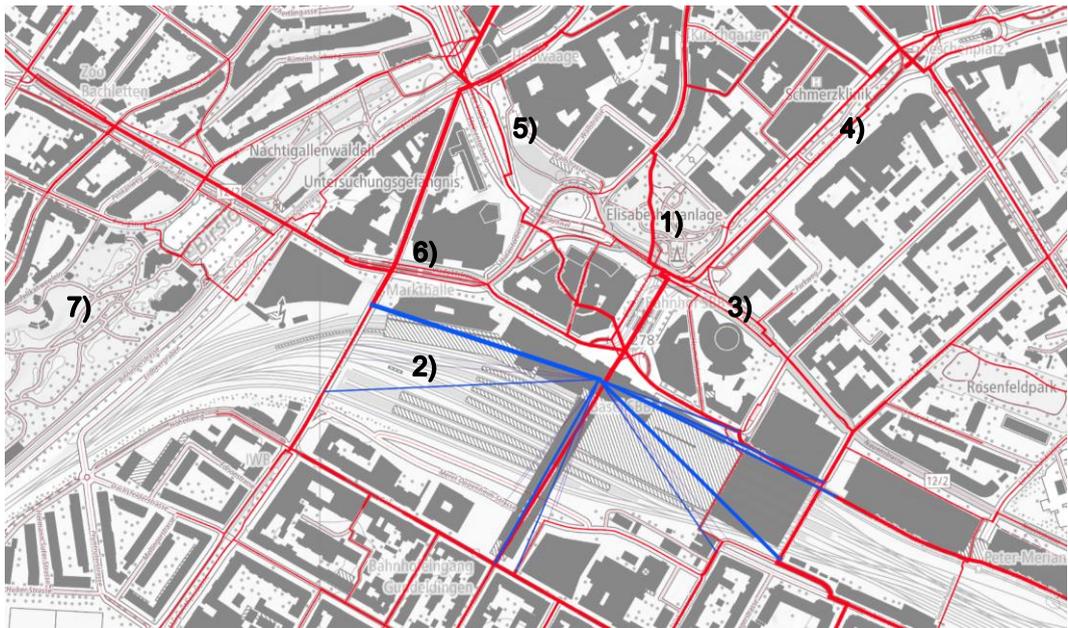
Auf Basis dieser drei Hauptanwendungsfälle können die Modellberechnungen als Grundlage für z.B. folgende Fragestellungen dienen:

- In welchen Gebieten kann von einem hohen Fussverkehrsaufkommen ausgegangen werden?
- Welche zentralen Räume und Abschnitte im Fusswegnetz sind für den Fussverkehr von besonderer Bedeutung?
- In welchen Räumen und Fusswegabschnitten muss den Ansprüchen des Fussverkehrs hinsichtlich der Platzverhältnisse und städtebaulichen Qualitäten besondere Beachtung geschenkt werden?
- Welche Routen sind für kommunale Richtpläne und Fusswegnetzplanungen relevant?
- Welche Gebiete einer Gemeinde sollen bei einer etappierten Schwachstellenerhebung im Fussverkehr oder bei der Umsetzung von Massnahmen prioritär behandelt werden?
- Wo bestehen Netzlücken im Fusswegnetz, so dass Umwege in Kauf genommen werden müssen?
- Wie verändert sich das Fussverkehrspotenzial eines Entwicklungsgebiets aufgrund von vorgesehenen Nutzungen oder im Zusammenhang mit einer verbesserten ÖV-Erschliessung?

Bei allen Anwendungen ist zu beachten, dass die berechneten Fussverkehrsmengen immer hinsichtlich der aufgeführten Punkte unter 8.4 interpretiert und wenn möglich mit Ortskenntnissen und/oder Begehungen gespiegelt werden sollten.

## 8.4 Allgemeine Hinweise zur Interpretation der Ergebnisse

Das Modell bildet die wichtigen Achsen für den Fussverkehr i.d.R. gut ab. Zum Beispiel tritt auf der **Abb. 65** die wichtige Fussverkehrsachse von der Passerelle beim Bahnhof über den Centralbahnplatz durch die Elisabethenanlage Richtung Innenstadt (Nr. 1 auf der Abbildung) klar hervor.

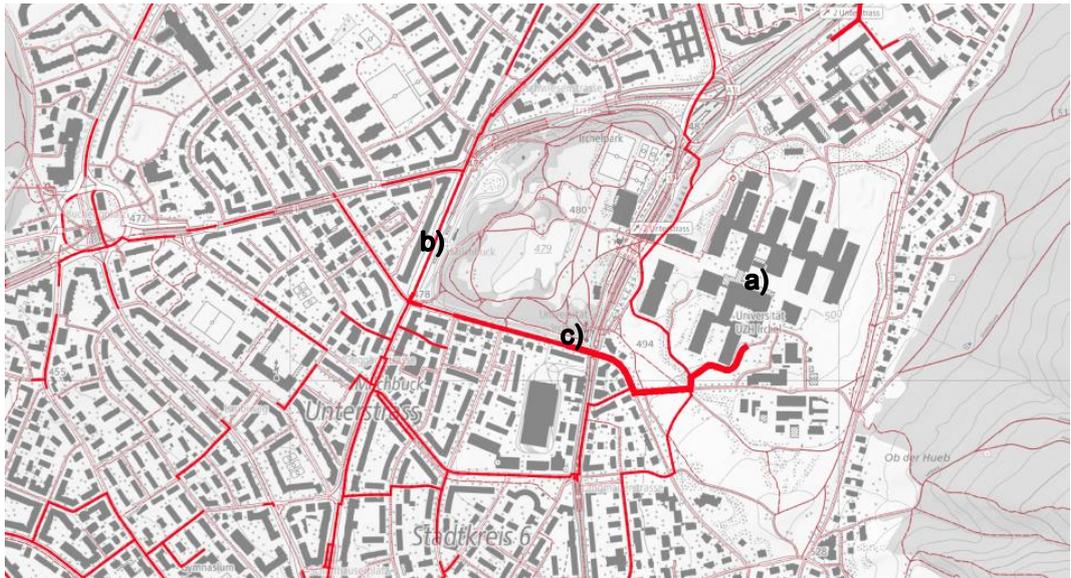


**Abb. 65** Beispielabbildung Belastungsplan DTV Basel

Allerdings bilden die Belastungspläne des Fussverkehrs nicht exakt die tatsächlichen Fussverkehrsrouten ab. Dies liegt am strassenachsenbasierten Netz, das dem Fusswegnetz zugrunde liegt. Es ist deshalb wichtig, die Belastungswerte stets anhand der Ortskenntnisse zu interpretieren. Anhand der **Abb. 65** werden die wichtigsten Punkte erläutert.

- 2) Pseudowege (hier in blau) stellen die Anbindung von Bahnhöfen an das Fusswegnetz sicher. Diese übernehmen den Fussverkehr am Rande des Bahnhofperimeters und führen ihn ohne Widerstand zum Bahnhofspunkt (Lage Haltestellenpunkt gemäss ARE). Diese Pseudowege können nur als Zugang zum Bahnhof genutzt werden und werden automatisch generiert, d.h. sie sind zum Teil fehlerhaft (einzelne Zugänge sind auch auf dieser Abbildung falsch). Bei kleinräumigen Betrachtungen um den Bahnhof herum ist es deshalb wichtig, möglicherweise falsche Anbindungen richtig zu interpretieren, da diese oftmals eine hohe Belastung aufweisen.
- 3) Grosse auf den MIV ausgerichtete Verkehrsinfrastrukturen müssen entsprechend interpretiert werden. In der Nauenstrasse existieren in Realität drei parallele Wegführungen: In Strassenmitte die Rampe und die Unterführung für den MIV unter dem Centralbahnplatz (für Fussverkehr nicht zugänglich), links und rechts davon die oberirdischen Strassenanlagen. Hier macht es Sinn, alle drei Wegführungen als eine zu interpretieren.
- 4) Im Aeschengraben verteilt sich der Fussverkehr auf die drei Achsen. Die mittlere Achse zwischen den Baumreihen ist möglicherweise aber gegenüber den zwei anderen Achsen unterschätzt. Die schlangelinienförmige Führung des Fussweges führt dazu, dass die geraden Seitenachsen auf jeden Fall kürzer sind und im Modell deshalb favorisiert werden. Lokale Kenntnisse der Verkehrsbeziehungen tragen dazu bei, die Modellresultate einzuordnen.
- 5) Beim Steinentorberg sind die Fahrspuren für den Fussverkehr nicht zugänglich. Da die Fusswege rechts davon von der Distanz her länger sind, erfolgt die Umlegung über die MIV-Fahrspur. D.h. einerseits, dass diese Belastung als Fussverkehr auf dem Fussweg interpretiert werden muss. Andererseits ist es ein Hinweis, dass die Fusswegführung mit Umwegen behaftet ist.
- 6) Diese Situation bei der Haltestelle Markthalle mit der Aufteilung auf drei Achsen kommt im städtischen Bereich sehr häufig vor. Die strassenachsenbasierte Darstellung des Strassennetzes unterscheidet hier die Tramachse in Mittellage sowie die zwei Fahrrichtungen des MIV. Diese Einzelwerte müssen i.d.R. als Summe interpretiert werden.
- 7) Die Wege im Zoo gehören nicht zum öffentlichen Wegnetz. Da diese Wege aber topologisch nicht abgetrennt sind, erscheinen sie u.U. trotzdem mit einer Belastung. Dies kann auch in sonstigen abgetrennten Arealen vorkommen, wie z.B. Flughafen, private Unternehmensareale etc. Es handelt sich aber nicht um eine korrekte Modellierung des arealinternen Fussverkehrs.

Weiter ist es im Umfeld von verkehrsintensiven Einrichtungen wichtig zu prüfen, ob die Anbindungen dieser Einrichtungen korrekt sind. Die automatische Anbindung stützt sich einerseits auf die Verortung der Arbeitsplätze gemäss BFS STATENT und andererseits auf die kürzeste Distanz zum Wegnetz. Dies funktioniert grundsätzlich zufriedenstellend. **Abb. 66** zeigt das Beispiel einer falschen Anbindung: Die meisten Gebäudezugänge befinden sich in der Realität auf der mittleren Achse mitten im Campus (a), wo aber im TLM-Netz gar kein Weg besteht, wodurch die Fusswege von der Haltestelle Milchbuck (b) durch den Irchelpark und von der Haltestelle Irchel (c) zur Mitte des Campus massiv unterschätzt werden.



**Abb. 66** Beispielabbildung Belastungsplan Campus Irchel der Universität Zürich

## 8.5 Datenbezug

Die Belastungspläne ausgewählter Berechnungsvarianten können auf [map.metron.ch](http://map.metron.ch) eingesehen werden. Die Pläne sind in der Navigationsleiste links unter «Geokategorien» unter dem Eintrag «Fussverkehrsmengen» zu finden.

## 9 Erkenntnisse der Forschungsarbeit

Abschliessend sind in diesem Kapitel die mit dem Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse dargelegt. Diese gliedern sich in allgemeine Erkenntnisse zur entwickelten Methodik, in die Beurteilung der Zielerreichung hinsichtlich der Bedürfnisse an die Methodik sowie in den Forschungsbedarf resp. Bedarf an Datengrundlagen.

### 9.1 Allgemeine Erkenntnisse

Der Fussverkehr ist ein enorm vielschichtiges menschliches Verhalten, das entsprechend schwierig zu modellieren ist. Gewisse Wege zu Fuss sind sehr funktional, wiederkehrend und wenig sensitiv auf Einflussfaktoren. Andere Wege folgen nicht dem Prinzip der kürzesten Distanz, sondern der Attraktivität, der Witterung, den Interessen oder einfach einer ganz persönlichen Logik. Diese Unterschiede lassen sich auch nur teilweise vom Verkehrszweck oder allenfalls von sozialen Merkmalen ableiten. Eine Modellierung des Fussverkehrs dürfte deshalb unabhängig vom gewählten Modellierungsansatz immer höchst anspruchsvoll bleiben.

Der hier gewählte Modellierungsansatz bringt Lösungen für verschiedene Problemstellungen:

- Mit der Methodik ist es möglich, für das gesamte Siedlungsgebiet der Schweiz flächendeckende Belastungspläne für den Fussverkehr zu erstellen. Die berechnete Fussverkehrsbelastung lässt sich nach DTV, DWV und WE-Verkehr unterscheiden und umfasst grundsätzlich alle Verkehrszwecke (auch Freizeit).
- Die räumliche Auflösung des Modells ist sehr hoch (gebäudescharf) und umgeht damit das Problem klassischer Verkehrsmodelle, deren Verkehrszonengrößen für den Fussverkehr oftmals zu grob sind. Dadurch entsteht kein Zonen-Binnenverkehr, der nicht auf ein Netz umgelegt werden kann. Auch die Frage der korrekten Anbindung einer Zone an das Fusswegnetz stellt sich beim gewählten Modell nicht.
- Der Modellierungsansatz löst das Problem des grossen Anteils intermodaler Wegketten beim Fussverkehr recht einfach (wenn auch aufgrund fehlender Daten zur Parkierung vorerst nur für den öffentlichen Verkehr): Nebst reinen Fusswegen wird nur die Fussetappe eines intermodalen Fuss-/ÖV-Weges von oder zur Haltestelle modelliert, nicht aber der gesamte Weg.
- Das Modell benötigt relativ wenig Input-Daten und kaum manuelle Korrekturen. Auch die Rechenzeit hält sich mit 4 bis 8 Stunden beispielsweise für den Kanton Zürich (je nach Variante) in Grenzen.

Der gewählte Modellierungsansatz bringt auf der anderen Seite auch Nachteile, bzw. zeigt hinsichtlich der Validität Schwächen:

- Die Validierung hat gezeigt, dass je nach Region bei vielen Messstellen ein mittlerer Schätzfehler von  $\pm 50\%$  erreicht wird. Natürlich wäre ein kleinerer Schätzfehler wünschenswert, doch scheint dies mit den globalen Input-Parametern nicht möglich. Denn die Input-Parameter für das Modell funktionieren nicht für alle Räume gleich gut. Z.B. überschätzt das Modell das Fussverkehrsaufkommen in der Stadt tendenziell, während es dasjenige auf dem Land unterschätzt. Die Siedlungsstruktur (räumliche Verteilung der Bevölkerung und von Arbeitsplätzen / Attraktoren, ÖV-Angebot etc.) kann offensichtlich nicht allein das Fussverkehrsaufkommen erklären. Dieselbe räumliche Situation führt in unterschiedlichen Gebieten in der Schweiz zu einem unterschiedlichen Fussverkehrsaufkommen.
- Weitere Input-Daten wie Sozialstruktur (Alter, Geschlecht, Einkommen), Fahrzeug- und Abonnementsbesitz, die vielleicht solche Unterschiede erklären könnten, werden im Modell nicht verwendet. Eventuell würde die Verwendung z.B. der synthetischen Bevölkerung des Bundesamts für Raumentwicklung hier Verbesserungen bringen.
- Die gewählte Methodik bringt den Nachteil, dass bei intermodalen Wegketten nur beim Startpunkt die räumliche Situation in die Verkehrsmittelwahl einfließt, nicht aber die

Situation beim Zielort sowie das Angebot zwischen Start und Ziel. Dies bringt eine gewisse Ungenauigkeit beim ÖV-Anteil resp. Bei der Kombination von Fussverkehr mit ÖV.

- Das Modell ist auf den Alltagsfussverkehr innerhalb des Siedlungsgebiets ausgelegt. Zwar deckt dies den Grossteil des Fussverkehrs ab, doch werden damit lange Wege zu Fuss (> 1.5km), z.B. Wanderungen oder lange Rundwege, nicht abgebildet. Das Modell taugt nicht für die Abschätzung des Fussverkehrs ausserhalb des Siedlungsgebietes.
- Wege zu Fuss zum Zweck Arbeit in flussläufiger Distanz werden im Modell nicht dargestellt, sondern auf die anderen Verkehrszwecke verteilt. Berücksichtigt sind Arbeitswege im Sinne von Etappen zu Fuss zu einer ÖV-Haltestelle, was den Grossteil der Arbeitswege beinhaltet.
- Besucherinnen resp. Kunden von Büros oder Geschäften werden nur indirekt als zusätzliche Arbeitsplätze modelliert. Das Verhalten von Besuchern kann jedoch vom Verhalten von Beschäftigten abweichen.

Eine Entscheidung, ob der gewählte Modellierungsansatz gerade auch im Vergleich mit anderen Modellierungsansätzen, wie z.B. der agentenbasierten Modellierung, zielführend ist und weiterverfolgt werden soll, lässt sich mit der momentanen Datenlage der Fussverkehrszählstellen kaum aufgrund der Validität treffen. Dazu müssen zuerst deutlich mehr Zählstellen zur Verfügung stehen und die Berechnungen verschiedener Methoden verglichen werden. Diese Forschungsarbeit zeigt aber unter Berücksichtigung der Datenlage in der Schweiz eine verhältnismässig einfache Methodik auf, mit der erstmals streckenbasierte Fussverkehrsmengen flächendeckend berechnet werden können. Die Genauigkeit innerhalb des Siedlungsgebiets ist dabei i.d.R. zufriedenstellend, womit der gewählte Ansatz eine gute Lösung für die analytische Ermittlung streckenbezogener Fussverkehrsmengen darstellt.

## 9.2 Zielerreichung hinsichtlich der Bedürfnisse an die Methodik

Aus den mittels Online-Befragung und Interview von Expertinnen und Experten erhaltenen Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik wurden in Kapitel 4.1.1 Anforderungen an das zu entwickelnde Modell abgeleitet. In diesem Kapitel wird die Zielerreichung dieser Anforderungen beurteilt.

**Tab. 33** Zielerreichung hinsichtlich Bedürfnisse

| Bedürfnis  | Beurteilung Zielerreichung   | Zielerreichung     |
|--|--|--------------------|
| <b>Anwendungszweck – Kontext</b>   |  |                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzugsbereich ÖV-Haltestellen</li> <li>• Muss-Anforderung</li> </ul> | <p>Im Basismodell wurde eine Methodik entwickelt, um bei Bahnhöfen einen Perimeter auszuscheiden und die Weganbindung an diesen Perimeter möglichst korrekt abzubilden. Dies stellt einen Kompromiss dar: Die Anbindungen müssen nicht realen Bahnhofszugängen entsprechen. Die Anbindungen können jedoch bei der Wegaufbereitung mit entsprechendem Aufwand auch manuell korrekt gesetzt werden, falls exaktere Resultate gewünscht sind. Bei kleineren Haltestellen, insbesondere von Bus und Tram, sind keine Fehler zu erwarten.</p> <p>Aussagen zur Validität sind wegen fehlender Zählstellen schwierig (ein Vergleich mit den Passagierzahlen ist bei Bahnhöfen mit Umsteigefunktion nicht direkt möglich).</p> | Erreicht           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsintensive Anlagen</li> <li>• Muss-Anforderung</li> </ul>      | <p>Verkehrsintensive Anlagen werden – soweit diese im NPVM vorhanden sind – berücksichtigt.</p> <p>Die Anbindung an das Fusswegnetz erfolgt wie in den übrigen Gebieten über die verorteten Arbeitsplätze, was nicht unbedingt der Realität entsprechen muss (z.B. im Sinne eines Zoo-Eingangs).</p>   | Erreicht           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Naherholung</li> <li>• Soll-Anforderung</li> </ul>                    | <p>Im Zusatzmodul Z2 wurde ein Ansatz entwickelt, um auch Naherholungswege zu Fuss abzubilden. Im und in unmittelbarer Nähe des Siedlungsgebiets werden damit im Vergleich zum Basismodell bessere Resultate erzielt. Eine korrekte Abbildung des Fussverkehrs in Naherholungsgebieten ausserhalb des Siedlungsgebiets wurde aber nicht erreicht.</p>  | Teilweise erreicht |

| Bedürfnis   | Beurteilung Zielerreichung   | Zielerreichung  |
|---|--|-----------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Attraktivität für den Fussverkehr (Strassenraumgestaltung, Aufenthaltsqualität, städtebauliche Aspekte etc.)</li> <li>Muss-Anforderung bzgl. Belastung MIV</li> </ul>                                      | Mit der Berücksichtigung des Strassenverkehrslärms können indirekt Teilaspekte der Attraktivität wie Belastung durch den MIV, Trennwirkung, subjektive Sicherheit und natürlich Lärmbelastung näherungsweise miteinbezogen werden. Die Validierung zeigt allerdings, dass mit Berücksichtigung des Lärms i.d.R. nur minimale Verbesserungen der Validität erreicht werden. Einerseits bleibt die Attraktivität eine nur schwer zu quantifizierende Grösse. Andererseits reagiert der Fussverkehr auch nicht eindimensional auf Lärmbelastung: Stark lärmbelastete Orte können trotzdem sehr attraktiv für den Fussverkehr sein. Auch haben Hauptachsen hinsichtlich der Orientierung oftmals Vorteile, die die geringere Attraktivität überwiegen. | Erreicht        |
| <b>Messgrössen – Räumliche Einheiten</b>  |  |                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Streckenbezogene Information auf dem gesamten Fusswegnetz (inkl. Querungen, der Differenzierung auf vorhandene Trottoirs mit oder ohne Fusswege abseits von Strassen)</li> <li>Soll-Anforderung</li> </ul> | Da für die Schweiz keine solche Datengrundlage flächendeckend vorhanden ist, war die Umsetzbarkeit für das Basismodell für die ganze Schweiz nicht gegeben. Im Zusatzmodul Z1 zeigt sich anhand des detaillierten Fusswegnetzes der Stadt Zürich, dass ein solches Netz Vorteile bringt. Es enthält keine falschen Netzelemente, ist einfacher zu interpretieren und ermöglicht auch die Abschätzung der Belastung bei Querungen. Die Genauigkeit der Resultate bewegt sich in sehr ähnlichem Rahmen wie mit dem strassenachsenbasierten Netz.   | Erreicht        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Streckenbezogene Information entlang von Strassen (ohne Querungen und ohne Differenzierung auf vorhandene Trottoirs) mit oder ohne Fusswegen abseits von Strassen</li> <li>Muss-Anforderung</li> </ul>     | Die Darstellung der Belastungen als streckenbezogene Informationen entlang von Strassen und Fusswegen abseits von Strassen ist möglich. Allerdings bestehen weiterhin Fehler, z.B. bei Strassen ohne Gehbereich, die aber nicht aufgrund des Strassentyps ausgeschlossen werden können (z.B. auch Tunnels). Diese Fehler können mit manueller Korrektur des Netzes aber behoben werden.  | Erreicht        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenbezogene Informationen (z.B. im Hektarraster)</li> <li>Kann-Anforderung</li> </ul>  | Diese Kann-Anforderung wurde nicht umgesetzt, ist auf Basis der Berechnungen aber möglich.   | Nicht umgesetzt |
| <b>Messgrössen – Detailgrade</b>  |  |                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fussverkehrsmengen werden <u>streckenbasiert</u> mit <u>konkreten Zahlen</u> und gegebenenfalls mit <u>Schätzfehlern</u> beziffert</li> <li>Soll-Anforderung</li> </ul>                                    | Für alle Wegabschnitte stehen konkrete Belastungszahlen zur Verfügung. Der Schätzfehler ist teilweise jedoch – soweit sich dies aufgrund der wenigen Zählstellen abschätzen lässt – sehr gross. Bei einer Grosszahl der Zählstellen wird beim DTV und DWV ein Schätzfehler von bis zu $\pm 50\%$ erreicht. Einzelne Zählstellen erreichen jedoch auch Schätzfehler, die weit darüber hinaus gehen. Für die Festlegung eines belastbaren Schätzfehlers stehen zudem zu wenige Zählstellen zur Verfügung. Es ist deshalb wohl zielführender, die Fussverkehrsmengen in Belastungsklassen anzugeben.  | Erreicht        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fussverkehrsmengen werden in <u>Klassen</u> (z.B. Klasse1: 0-100; Klasse2: 101-500; Klasse3: &gt;500) <u>streckenbasiert</u> zur Verfügung gestellt</li> <li>Muss-Anforderung</li> </ul>                   | Für alle Wegabschnitte stehen konkrete Belastungszahlen zur Verfügung und damit auch Belastungsklassen. Wie bereits oben erläutert, ist der Schätzfehler aber oftmals sehr gross.  | Erreicht        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fussverkehrsmengen werden in <u>Potenzialstufen</u> (z.B. Stufe1 = kleinstes Potenzial) <u>streckenbasiert</u> zur Verfügung gestellt</li> <li>Muss-Anforderung</li> </ul>                                 | Für alle Wegabschnitte stehen konkrete Belastungszahlen zur Verfügung. Damit können auch Potenzialstufen gebildet werden.  | Erreicht        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fussverkehrsmengen werden in <u>Potenzialstufen</u> (z.B. Stufe1 = kleinstes Potenzial) <u>flächenbasiert</u> zur Verfügung gestellt</li> <li>Kann-Anforderung</li> </ul>                                  | Diese Kann-Anforderung wurde nicht umgesetzt, ist auf Basis der Berechnungen aber möglich.   | Nicht umgesetzt |
| <b>Messgrössen – zeitliche Einheiten</b>  |  |                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>DTV: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke</li> <li>Muss-Anforderung</li> </ul>  | Der DTV wurde umgesetzt und liefert i.d.R. auch die genauesten Schätzungen.  | Erreicht        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>DWV: Durchschnittliche Verkehrsstärke an Arbeitstagen</li> <li>Durchschnittliches Wochenendaufkommen</li> <li>Muss-Anforderung</li> </ul>  | Sowohl der DWV als auch das durchschnittliche Wochenendaufkommen steht zur Verfügung. Allerdings sind diese Werte i.d.R. ungenauer als der DTV, insbesondere das Wochenendaufkommen.   | Erreicht        |

| Bedürfnis  | Beurteilung Zielerreichung   | Zielerreichung |
|--|--|----------------|
| <b>Lösung</b>  |  |                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Nachvollziehbare und erweiterbare Methodik, um eigene Daten oder spezifische Ortskenntnisse in die Berechnung integrieren zu können (z.B. detailliertes Fusswegnetz)</li> <li>Muss-Anforderung</li> </ul> | Die Arbeitsschritte, Annahmen und hinterlegten Kennwerte sind im Forschungsbericht dokumentiert. | Erreicht       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Beziehbarer Datensatz zu schweizweiten Fussverkehrsmengen (über die gesamte Schweiz angewendete Methodik)</li> <li>Soll-Anforderung</li> </ul>  | Die Berechnung für die gesamte Schweiz wird bis Projektende durchgeführt.                        | Folgt          |

Wie oben erläutert, wurde die Abbildung von Naherholungswegen nur innerhalb des Siedlungsgebiets erreicht, ausserhalb jedoch nicht. Deshalb beschränkt sich die Berechnung der Fussverkehrsmengen auf das Siedlungsgebiet. Die Abbildung der Naherholung ist bei Teilen der Befragten erwünscht, gehört aber nicht zu den wichtigsten Anwendungskontexten. Damit die Naherholung in Zukunft besser abgebildet werden kann, ist das Thema aber als weiterer Forschungsbedarf aufzunehmen. Die nicht umgesetzten Anforderungen wurden von den Befragten als nicht notwendig beurteilt und deshalb zugunsten von anderen Themen zurückgestellt. Bei diesen besteht kein weiterer Handlungsbedarf.

### 9.3 Weiterer Forschungsbedarf

Für eine Verbesserung der Fussverkehrsmodellierung ist weitere Forschung in folgenden Bereichen notwendig:

- Verfeinerung der Modellierung**  
 Eine Erkenntnis des Forschungsprojekts ist, dass die Siedlungsstruktur (räumliche Verteilung der Bevölkerung und von Arbeitsplätzen / Attraktoren, ÖV-Angebot etc.) nicht allein das Fussverkehrsaufkommen erklären kann. Es ist weiter zu prüfen, ob die Integration sozioökonomischer Merkmale wie Alter, Geschlecht, Haushaltseinkommen oder die Verfügbarkeit von Mobilitätswerkzeugen (Auto, ÖV-Abonnemente, Velo etc.) die Ergebnisse der Modellierung stark verbessern würden, aber damit das Modell trotzdem noch einfacher als eine agentenbasierte Modellierung bleibt. Als einfachere Alternative könnte auch versucht werden, eine räumliche Differenzierung der Input-Werte zu entwickeln (z.B. für die Verkehrserzeugung räumlich differenzierte Fussverkehrsanteile resp. Räumlich differenzierte Gewichtung der Anzahl zu Fuss erreichbarer Ziele verwenden). Auch weitere methodische Varianten hinsichtlich Verkehrsmittel- oder Routenwahl könnten Verbesserungen für die Validität der modellierten Fussverkehrsmengen leisten.
- Vergleich unterschiedlicher Modellierungsansätze**  
 Der in dieser Forschungsarbeit gewählte Modellierungsansatz lässt sich als aktivitätsbasierte Herangehensweise verstehen und den wegbasierten Modellen zurechnen. Aus einer Gegenüberstellung verschiedener Modellierungsmethoden für einige ausgewählte modellierte Gebiete, für die auch Zählraten zur Verfügung stehen, liessen sich Hinweise zur Validität und zum Modellierungsaufwand der verschiedenen Methoden gewinnen. So könnten die Vor- und Nachteile sowie die «Leistung» von Methoden wie z.B. den direkten Nachfragemodellen, Netzwerkanalysenmodellen wie Space-Syntax-Ansätze oder Mikrosimulationsmodellen wie agentenbasierte Modellierungen verglichen werden.  
 Es ist zu prüfen, ob für solche Modellvergleiche das Gütemass SQV (Scalable Quality Value) gemäss der Forschungsarbeit SVI 2015/001 «Qualitätssicherung von Verkehrsmodellberechnungen» (Rieser et al. 2018) angewendet werden soll und welche Werte anzustreben sind. Der SQV entspricht einem einheitslosen Gütemass mit Werten zwischen 0 und 1, welches selbstskalierend und achsensymmetrisch zum Messwert ist.
- Weiterentwicklung Naherholungspotenzial**  
 Die Identifizierung von wichtigen Naherholungsräumen resp. -orten ist ein schwieriges

Unterfangen. Aufbauend auf den Arbeiten des WSL wurde in diesem Forschungsprojekt eine erste Methodik zur Abschätzung des Naherholungspotenzials für die Bedürfnisse der Fussverkehrsmodellierung entwickelt und eingesetzt. Es besteht aber weiterer Forschungsbedarf zur konkreten Umsetzung (verwendete Daten, Gewichtung der verschiedenen Faktoren oder Elemente wie Gewässer, Wald, Park, Points of Interest etc.) und zum Zusammenspiel mit der Verkehrserzeugung: Welche Faktoren resp. In welcher Kombination erzeugen wie viel Verkehr?

- **Datengestützte Modellierung der Attraktivität für den Fussverkehr**  
Attraktive Räume sind für den Fussverkehr sehr bedeutend, jedoch äusserst schwierig quantitativ zu definieren. I.d.R. wird die Strassenraumqualität mittels qualitativer Fachmeinung und Beobachtung bewertet, nicht mittels Daten, zumal es an geeigneten Datengrundlagen mangelt. Im Rahmen des Forschungsprojekts konnten mit Hilfe des Strassenverkehrslärms indirekt Teilaspekte der Attraktivität wie Belastung durch den MIV, Trennwirkung, subjektive Sicherheit und natürlich Lärmbelastung näherungsweise miteinbezogen werden. Um auch den erholungsorientierten Fussverkehr besser abbilden zu können, ist eine Modellierung der Attraktivität notwendig, die auch Grünraum, Erdgeschossnutzung, Bebauungsstruktur etc. miteinbezieht. Damit könnten auch je nach Verkehrszweck unterschiedliche Netzwiderstände verwendet werden (z.B. Freizeitverkehr zum Zweck Naherholung, der stärker auf die Attraktivität reagiert als Arbeitsverkehr).

## 9.4 Bedarf an Datengrundlagen

Das Forschungsprojekt zeigt, dass auch bezüglich Datengrundlagen ein grosser Bedarf besteht. Dies betrifft insbesondere Messdaten des Fussverkehrs, aber auch weitere Bereiche:

- **Messdaten des Fussverkehrs**  
Wie auch Gasser (2017) resümierte, ist es schwierig, ohne zuverlässige Messdaten zum Fussverkehrsaufkommen bedeutende Fortschritte in der Modellierung zu erreichen. Auch die Validierung des Modells in diesem Forschungsprojekt gestaltete sich aufgrund der Anzahl und Qualität der verfügbaren Zählstellen als sehr schwierig. Eine massive Erhöhung der Anzahl Dauerzählstellen des Fussverkehrs, deren Informationen als Open Government Data inkl. Datenbeschreibung angeboten werden, wäre deshalb voranzutreiben. Damit könnte auch besser untersucht werden, welche Klassengrößen resp. -einteilung der Belastungswerte in welchen Anwendungsfällen nötig und sinnvoll sind.
- **Detaillierte Fusswegnetze**  
Fusswegnetze, die das Netz lagegenau inkl. Querungen etc. abbilden, sind für die Modellierung nicht zwingend, aber sie bringen Vorteile mit sich. Erstens lassen sich damit Fehler im Fusswegnetz vermeiden: Bei strassenachsenbasierten Netzen können für den Fussverkehr nicht zugängliche Netzelemente oftmals nicht gänzlich korrekt (automatisiert) herausgefiltert werden. Auch ergeben sich Fehler durch die Abbildung paralleler abgetrennter Fahrspuren oder bei Knoten, die zu grossen Umwegen für den Fussverkehr führen, die in Wirklichkeit so nicht vorkommen. Solche Fehler können nur manuell korrigiert werden. Zweitens erleichtern detaillierte Netze die Interpretation der Ergebnisse vielerorts, weil die Lage der modellierten Belastungswerte besser mit der tatsächlichen Lage der Fusswege übereinstimmt. Auch lassen sich nur mit einem detaillierten Fusswegnetz überhaupt die Belastung von Querungen beurteilen. Für die eigentliche Modellierung würde sich ein massiver Mehrwert erst ergeben, wenn dieses Netz auch mit Widerständen, wie z.B. Wartezeiten bei LSA, angereichert wäre.
- **Parkierungsanlagen mit Anzahl Parkplätzen**  
Beim Zusatzmodul Z4 zu den intermodalen Fusswegen im Zusammenhang mit dem MIV hat sich gezeigt, dass die Datenlage zu öffentlichen Parkplätzen in der Schweiz unbefriedigend ist. Für die Modellierung des Fussverkehrs ist diese Datengrundlage zwar nicht zentral, doch würde diese davon profitieren. Das Fehlen einer Übersicht zu öffentlichen Parkplätzen (insbesondere von grossen Anlagen) ist umso erstaunlicher, als dass es sich hier um eine zentrale Datengrundlage für die Verkehrsplanung handelt.



## Anhänge

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>I</b>  | <b>Einschätzungen und Erwartungen .....</b>                | <b>151</b> |
| I.1       | Online-Befragung .....                                     | 151        |
| I.1.1     | Deutsche Fassung der Fragen und Antwortmöglichkeiten.....  | 151        |
| I.1.2     | Ergänzende grafische Zusammenstellung der Resultate .....  | 154        |
| I.2       | Interviews mit ausgewählten Expertinnen und Experten ..... | 155        |
| I.2.1     | Gesprächsleitfaden .....                                   | 155        |
| <b>II</b> | <b>Validierung II .....</b>                                | <b>156</b> |
| II.1      | Validierung mit Zählstellen .....                          | 156        |
| II.1.1    | Zählstellenübersicht .....                                 | 156        |
| II.1.2    | Basismodell: ergänzende Grafiken pro Stadt .....           | 161        |
| II.1.3    | Validierungsergebnisse pro Validierungsstelle.....         | 163        |



# I Einschätzungen und Erwartungen

## I.1 Online-Befragung

### I.1.1 Deutsche Fassung der Fragen und Antwortmöglichkeiten

#### Daten zu Fussverkehrsmengen: Bedürfnisse und Anforderungen

Für das Forschungsprojekt SVI 2019/007 "Methoden zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen" führt das Projektteam, zusammengestellt aus Mitarbeitenden der Metron Verkehrsplanung AG und der OST – Ostschweizer Fachhochschule, eine Befragung zu den Bedürfnissen nach und Anforderungen an Daten zu Fussverkehrsmengen durch. Zu klären ist, für welche Fragestellungen und Anwendungen quantitative Grundlagen zum Fussverkehr benötigt werden und welche Erwartungen an solche Daten gestellt werden.

Danke, dass Sie sich Zeit nehmen diese Umfrage auszufüllen. Der Zeitaufwand dafür beträgt 10-15 min und die Teilnahme ist anonym.

##### Arbeitsfeld

Welchen Stellenwert nimmt der Fussverkehr prozentual in Ihrem Alltagsgeschäft ein?

##### Antwortkategorien

< 20% / 20 - 40% / 40 - 60% / 60 - 80% / > 80%

Mit welchem Bereich (bezogen auf den Fussverkehr) setzen Sie sich hauptsächlich auseinander?

##### Antwortkategorien

- Strategische Planung, Richtplanung, Förderprogramme
- Projektierung Fussverkehrsanlagen, Arealplanungen
- Bereitstellung von Daten zum Fussverkehr (Modellierung, Zählungen, Monitoring)

Welcher Kategorie gehört Ihre Institution bzw. Organisation an?

##### Antwortkategorien

- Verwaltung (eidgenössisch, kantonal, kommunal)
- Ingenieur- / Planungsbüro
- Forschungseinrichtung bzw. Hochschule (ETH, Universität, Fachhochschule)
- andere

Bitte füllen Sie den Rest der Umfrage aus der hier festgehaltenen Perspektive aus.

##### Anwendungszweck

Welches sind aus Ihrer Sicht die **zwei** wichtigsten Anwendungsfelder für Daten zu streckenbezogenen Fussverkehrsmengen? Bitte rangieren Sie Ihre Auswahl (1. Position = wichtigstes Anwendungsfeld)

Welches ist aus Ihrer Sicht das **unbedeutendste Anwendungsfeld** für Daten zu streckenbezogenen Fussverkehrsmengen?

##### Antwortkategorien

- Bewertung der Bedeutung von Schwachstellen im Fussverkehrsnetz
- Verortung und Priorisierung von Massnahmen im Fussverkehrsnetz
- Erfolgskontrollen von realisierten Massnahmen bzw. Fussverkehrsfördermassnahmen
- Identifizierung wichtiger Routen des Fussverkehrs
- Planungsgrundlagen für konkrete Umgestaltungsprojekte von Wegen, Strassen, Plätzen bzw. zur Dimensionierung von Fussverkehrsanlagen
- Verdeutlichung Bedeutung des Fussverkehrs im Planungsprozess
- Verkehrsaufkommen an einzelnen Querschnitten, Passanten- und Kundenströme
- Zukünftige Entwicklung der Fussverkehrsmengen abschätzen (aufgrund von Bevölkerungsveränderungen, Veränderungen der Arbeitsstätten, Veränderungen am Wegnetz, der ÖV-Infrastruktur etc.)

*Kommentarfeld*

Beurteilen Sie die Notwendigkeit Daten zu streckenbezogenen Fussverkehrsmengen in folgenden Kontexten verfügbar zu haben:

- Verkehrstechnische Betrachtungen (Untersuchung von Leistungsfähigkeiten, Dimensionierung Verkehrsanlagen etc.) in den Spitzenstunden
- Einzugsbereich ÖV-Haltestellen
- Naherholung (Wald, Parkanlagen, Promenadenwege etc.)
- Verkehrsintensive Anlagen (Einkaufszentren, Fachmärkte, Museen, Theater, Zoos etc.)

**Antwortkategorien**

Nicht wichtig / Wenig wichtig / Ziemlich wichtig / Sehr wichtig

Welche Datengrundlagen verwenden Sie derzeit hauptsächlich um den Fussverkehr abzuschätzen?

**Antwortkategorien**

- Eigene Erhebungen
- Informationen aus Zählstellen
- Mobilfunkdaten
- Daten aus Verkehrsmodellen
- Eigene Berechnungsmodelle
  - Dürfen wir Sie für Rückfragen kontaktieren?
    - Bitte geben Sie Ihre E-Mailadresse an, damit wir Sie kontaktieren können.

Wie zufriedenstellend ist diese Datengrundlage in Bezug auf ihre wichtigsten Anwendungsfelder?

**Antwortkategorien**

Nicht zufriedenstellend / Wenig zufriedenstellend / Ziemlich zufriedenstellend / Sehr zufriedenstellend

**Messgrößen**

Wie beurteilen Sie nachfolgende räumliche Einheiten um Daten zu Fussverkehrsmengen zur Verfügung zu stellen?

- Flächenbezogene Information (z. B. im Ha-Raster)
- Streckenbezogene Information entlang von Strassen (ohne Querungen und ohne Differenzierung auf vorhandene Trottoirs)
- Streckenbezogene Information entlang von Strassen (ohne Querungen und ohne Differenzierung auf vorhandene Trottoirs) und Fusswegen abseits von Strassen
- Streckenbezogene Information entlang von Strassen inkl. Querungen (mit Differenzierung auf vorhandene Trottoirs)
- Streckenbezogene Information auf dem gesamten Fusswegnetz (inkl. Querungen, der Differenzierung auf vorhandene Trottoirs und der Fusswege abseits von Strassen)

**Antwortkategorien**

Nicht geeignet / Wenig geeignet / Ziemlich geeignet / Sehr geeignet

Wie beurteilen Sie folgende Detailgrade und deren Nutzen für Ihre wichtigsten Anwendungsfelder?

- Fussverkehrsmengen werden in Potentialstufen (z.B. Stufe1 = kleinstes Potential) flächenbasiert zur Verfügung gestellt
- Fussverkehrsmengen werden in Potentialstufen (z.B. Stufe1 = kleinstes Potential) streckenbasiert zur Verfügung gestellt
- Fussverkehrsmengen werden in Klassen (z.B. Klasse1: 0-100; Klasse2: 101-500; Klasse3: >500) streckenbasiert zur Verfügung gestellt
- Fussverkehrsmengen werden streckenbasiert mit konkreten Zahlen und gegebenenfalls mit Schätzfehlern beziffert

**Antwortkategorien**

Nicht bedeutend / Wenig bedeutend / Ziemlich bedeutend / Sehr bedeutend

Fussnote: Das Potential beschreibt die mögliche Nachfrage des Fussverkehrs.

Wie beurteilen Sie die Bedeutung Daten für streckenbezogene Fussverkehrsmengen für folgende zeitliche Einheiten verfügbar zu haben?

- Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
- Durchschnittliche Verkehrsstärke an Arbeitstagen
- Maximale Verkehrsstärke an Arbeitstagen
- Verkehrsstärke in den Spitzenstunden
- Durchschnittliches Wochenendaufkommen
- Maximales Wochenendaufkommen

**Antwortkategorien**

Nicht bedeutend / Wenig bedeutend / Ziemlich bedeutend / Sehr bedeutend

**Endergebnis**

An welcher Lösung sind Sie hauptsächlich interessiert?

**Antwortkategorien**

- Beziehbarer Datensatz zu schweizweiten Fussverkehrsmengen (über die gesamte Schweiz angewendete Methodik)
- Nachvollziehbare und erweiterbare Methodik, um eigene Daten oder spezifische Ortskenntnisse in die Berechnung integrieren zu können (z.B. detaillierteres Fusswegnetz)
- Sonstiges und zwar

**Fussverkehrspotential und Relevanz von Netzabschnitten Kanton ZH**

Ist Ihnen der Datensatz zum Fussverkehrspotential im Kanton ZH bekannt? (Link zum kantonalen GISBrowser: <https://maps.zh.ch/s/mwghxasd>)

Haben Sie diese Daten bereits genutzt?

Wozu haben Sie diese Daten verwendet?

Haben Sie Anmerkungen oder Anregungen zu diesem Datensatz, welche Sie festhalten möchten?

**Daten**

Sind projektspezifische Fussverkehrszählungen an Ihrer Institution vorhanden, welche für die Validierung während des vorliegenden Forschungsprojekts verwendet werden könnten?

**Antwortkategorien**

- Ja
- Ja, aber ich möchte / darf die Daten nicht teilen
- Nein
- Weiss nicht
- Werde ich abklären

*Möglichkeit eine zip-Datei hochzuladen oder Kontaktdaten festzuhalten*

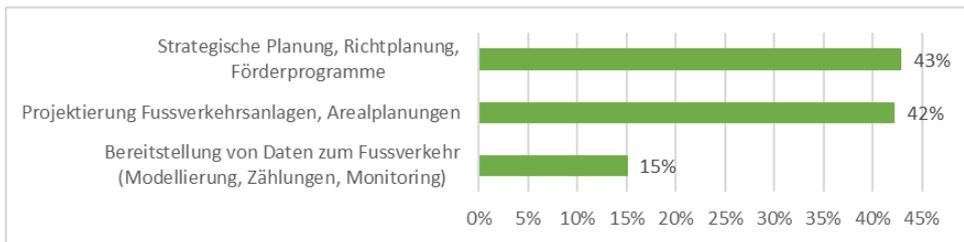
**Weiteres**

Anmerkungen, welche bisher keinen Platz gefunden haben

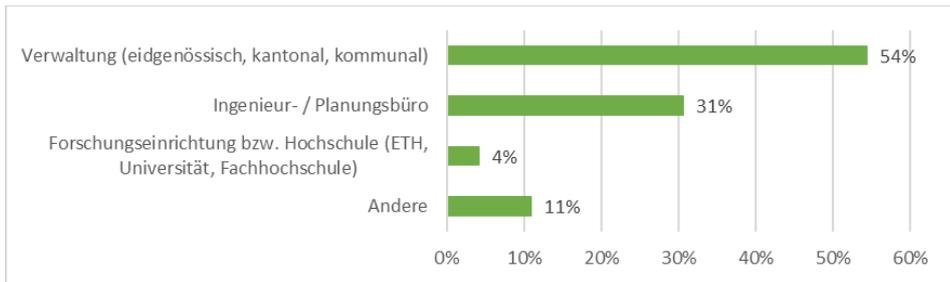
Gibt es weitere Anmerkungen oder Anregungen, welche Sie festhalten möchten?

Vielen Dank, dass Sie Ihre Bedürfnisse und Erwartungen mit uns geteilt haben. Merci!

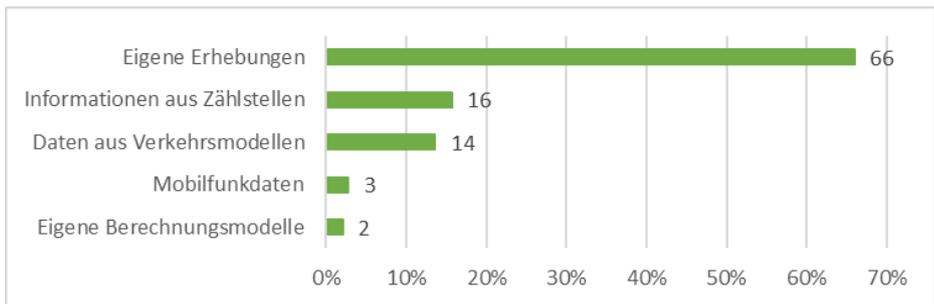
### I.1.2 Ergänzende grafische Zusammenstellung der Resultate



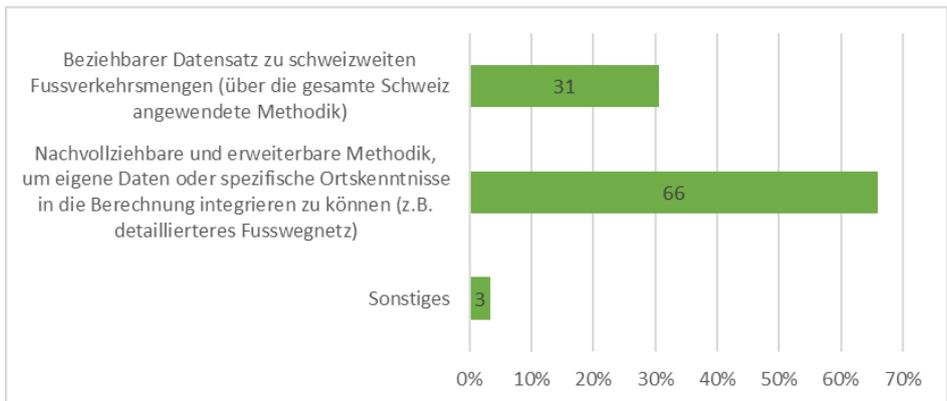
**Abb. 1** Frage zum Arbeitsfeld: Mit welchem Bereich (bezogen auf den Fussverkehr) setzen Sie sich hauptsächlich auseinander?



**Abb. 2** Frage zum Arbeitsfeld: Welcher Kategorie gehört Ihre Institution bzw. Organisation an?



**Abb. 3** Frage zum Anwendungszweck: Welche Datengrundlagen verwenden Sie derzeit hauptsächlich um den Fussverkehr abzuschätzen?



**Abb. 4** Frage zum Endergebnis: An welcher Lösung sind Sie hauptsächlich interessiert?

## I.2 Interviews mit ausgewählten Expertinnen und Experten

### I.2.1 Gesprächsleitfaden

#### SVI 2019/007: Methoden zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen

Befragung von Expertinnen und Experten

#### Gesprächsleitfaden

Nachfolgende Fragen sind relevant und werden allen Teilnehmenden gestellt. Je nach Expertenwissen, wird dieser Fragekatalog mit spezifischen Fragen ergänzt.

1. Fragen nach bestehenden Erfahrungen bzw. Kenntnissen
  - Werden/wurden zum Thema "analytische Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen" eigene Projekte/Aufträge durchgeführt?
    - Welche konkreten Erkenntnisse bzw. Ergebnisse lassen sich daraus ableiten?
  - Sind Ihnen andere laufende Projekte dazu bekannt? (Schweiz oder Ausland)
  - Sind Ihnen spezifische Methoden oder relevante Literaturhinweise bekannt, die Sie teilen können? (Schweiz und Ausland)
2. Fragen bezüglich der Einordnung der Online-Umfrageergebnisse
  - a) Anwendungsfelder / Fragestellungen
    - Welches sind die wichtigsten Anwendungsfelder für streckenbezogene Fussverkehrsmengen? Welche Bedürfnisse nehmen Sie als Fachperson wahr?
    - Wie ordnen Sie die dazu die Ergebnisse der Online-Umfrage ein?
  - b) Anwendungszweck
    - Decken sich ihre fachlichen Einschätzungen mit dem Resultat der Online-Umfrage?
    - Wie schätzen Sie das Bedürfnis nach streckenbezogenen Fussverkehrsmengen im Bereich der Naherholung ein?
  - c) Messgrößen
    - Für welche räumliche Einheit besteht aus ihrer Sicht das grösste Bedürfnis nach Daten zu Fussverkehrsmengen? Wie deckt sich dies mit den Umfrageergebnissen?
    - Wie schätzen Sie das Bedürfnis nach einem bestimmten Detaillierungsgrad der Daten ein?
    - Wie beurteilen Sie das Bedürfnis nach bestimmten zeitlichen Bezugseinheiten?
3. Fragen in Bezug auf das bestehende Forschungsprojekt
  - Welches sind die grössten Herausforderungen, welche Sie für das vorliegende Forschungsprojekt sehen?
  - Welcher Aspekt ist Ihrer Meinung nach zu vertiefen?
  - Welche Ergebnisse des Forschungsprojekts sind aus Ihrer Sicht wünschenswert?
4. Fragen bezüglich der zukünftigen Entwicklung
  - Welche Fussverkehrsdaten werden zukünftig eine Rolle spielen?
  - Wie schätzen Sie die Entwicklung der verfügbaren Informationen über den Fussverkehr ein?
  - Wie ordnen Sie dabei die möglichen Ergebnisse aus dem vorliegenden Forschungsprojekt ein?
5. Abschluss mit ergänzenden Kommentaren bzw. Informationen

## II Validierung II

### II.1 Validierung mit Zählstellen

#### II.1.1 Zählstellenübersicht

Im Folgenden werden die Zählstellen aufgeführt, welche in den Validierungsprozess eingeflossen sind. Da das Basismodell und das Zusatzmodul Z2 keine Strassenseitenunterscheidung vornehmen, müssen die Zählstelleninformationen teils aggregiert werden. So werden die Informationen aus den Zählstellen Ohmstrasse Ost und West der Stadt Zürich zusammengeführt und auch die Postgasse 17 und 18 der Stadt St. Gallen.

TLM Strassen weist auf der Zürcher Langstrasse im Bereich der Unterführung drei parallele Strecken auf (vgl. **Abb. 1**). Für den Fussverkehr sind jedoch nur die beiden äusseren Strecken zugänglich. Auf diesen liegen die beiden Zählstellen der Langstrasse (Unterführung Nord und Süd). Im Validierungsprozess wird die modellierte Belastung der zentralen mittleren Strecke zu gleichen Teilen auf die beiden äusseren Strecken verteilt.



**Abb. 1** Situation Zürcher Langstrasse (Die Zählstellen sind rot, TLM Strassen in blau und TLM Eisenbahn in grau)

Da die Menschen zu Fuss auf der Mittelstrasse der Stadt Bern nur auf einer Strassenseite gezählt werden und davon ausgegangen wird, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Strassenseiten auftritt, werden die Zählraten der Mittelstrasse in einem pragmatischen Ansatz verdoppelt.

**Tab. 1** Übersicht der Zählstellen

| Kanton      | Name                                       | Erhebungsjahr      | Erhebungszeitraum | Qualität   | Validierung     | Messgrösse   |
|-------------|--|--------------------|-------------------|------------|-----------------|--------------|
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 802 Klybeckstrasse 113/Kirche | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 803 Johanniterbrücke          | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 805 Rebgasse 11/28            | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 806 Gerbergasse               | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 807 Güterstrasse 180/183      | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 809 Allschwilerstrasse 77/86  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 810 Neubadstrasse 124/137     | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 811 Mülhauserstrasse 110/121  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 812 Wettsteinbrücke           | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 813 Hardstrasse 66/77         | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 814 Elisabethenstrasse 46     | 2015 <sup>30</sup> | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 815 Mittlere Rheinbrücke      | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 816 Schmiedgasse 4 (Riehen)   | 2015               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 817 Elisabethenanlage         | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 916 Stückisteg                | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 808 Wolfschlucht-Promenade    | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Basel-Stadt | Basel Stadt: 804 Rosentalstrasse 56/vis56  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Bern        | Bern: Kornhausbrücke                       | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell     | DTV          |
| Bern        | Bern: Mittelstrasse <sup>31</sup>          | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell     | DTV          |
| Bern        | Biel: F5, Bönzigenstrasse                  | 2019               | Dauerzählstelle   | Rohdaten   | Basismodell     | DTV, DWV, WE |
| Bern        | Biel: F6, Zentralstrasse                   | 2019               | Dauerzählstelle   | Rohdaten   | Basismodell     | DTV, DWV, WE |
| Bern        | Biel: F1, Seevorstadt                      | 2019               | Dauerzählstelle   | Rohdaten   | Basismodell     | DTV, DWV, WE |

<sup>30</sup> Nach 2015 wird nur noch auf einer Strassenseite gezählt<sup>31</sup> Zählung nur auf einer Strassenseite

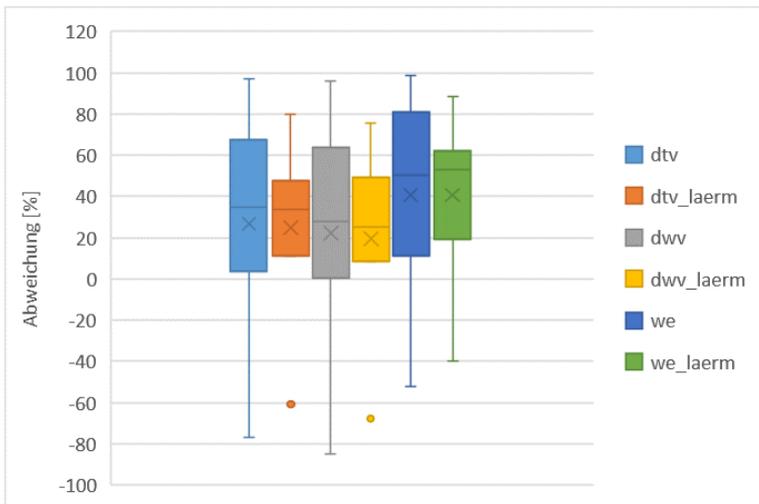
| Kanton     | Name                                      | Erhebungsjahr | Erhebungszeitraum    | Qualität   | Validierung         | Messgrösse   |
|------------|---|---------------|----------------------|------------|---------------------|--------------|
| Bern       | Biel: F4, Orpundstrasse                   | 2019          | Dauerzählstelle      | Rohdaten   | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| Bern       | Biel: F3, Zentralstrasse                  | 2019          | Dauerzählstelle      | Rohdaten   | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| Bern       | Biel: F2, Dufoursrasse                    | 2019          | Dauerzählstelle      | Rohdaten   | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| Bern       | Biel: F7, Bahnhofstrasse                  | 2019          | Dauerzählstelle      | Rohdaten   | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| Luzern     | Luzern: Seebrücke                         | 2021          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| Luzern     | Luzern: Spreuerbrücke                     | 2017          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV          |
| Luzern     | Luzern: Reussbrücke                       | 2017          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV          |
| Luzern     | Luzern: Rathaussteg                       | 2017          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV          |
| St. Gallen | St. Gallen: Kantiweg Burggraben           | 2020          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| St. Gallen | St. Gallen: Kantiweg Hst Theater          | 2020          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| St. Gallen | St. Gallen: Gutenbergstrasse Bahnhofplatz | 2019          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| St. Gallen | St. Gallen: Poststrasse 17                | 2019          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| St. Gallen | St. Gallen: Poststrasse 18                | 2019          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| St. Gallen | St. Gallen: Marktgasse 20                 | 2019          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| St. Gallen | St. Gallen: Neugasse 34                   | 2019          | temporäre Zählstelle | Kalibriert | Basismodell         | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Altstetterstrasse Ost             | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Altstetterstrasse West            | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Arboretum                         | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Cassiopeiasteg                    | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Chorherrenweg                     | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Hardeggesteg                      | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Katzenbach                        | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Kloster-Fahr-Weg (Europabrücke)   | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Langstrasse (Unterführung Nord)   | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Langstrasse (Unterführung Süd)    | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Letten / Dynamo                   | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Lettenviadukt (Limmatstr.)        | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich     | Zürich: Militärbrücke                     | 2019          | Dauerzählstelle      | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |

| Kanton | Name                                | Erhebungsjahr      | Erhebungszeitraum | Qualität   | Validierung         | Messgrösse   |
|--------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|------------|---------------------|--------------|
| Zürich | Zürich: Mythenquai Unterführung     | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Zürich: Ohmstrasse Ost              | 2018 <sup>32</sup> | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Zürich: Ohmstrasse West             | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Zürich: Weinbergfussweg             | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Basismodell, Z1, Z2 | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 208 Sihlwald        | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 301 Sihlwald        | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 302 Sihlwald        | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 401 Langenberg West | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 402 Langenberg West | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 403 Langenberg Ost  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 404 Langenberg Ost  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 405 Langenberg Ost  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 406 Langenberg Ost  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 407 Langenberg Ost  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 408 Langenberg Ost  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 410 Langenberg Ost  | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |
| Zürich | Wildnispark ZH: 502 Sihlwald        | 2019               | Dauerzählstelle   | Kalibriert | Z2                  | DTV, DWV, WE |

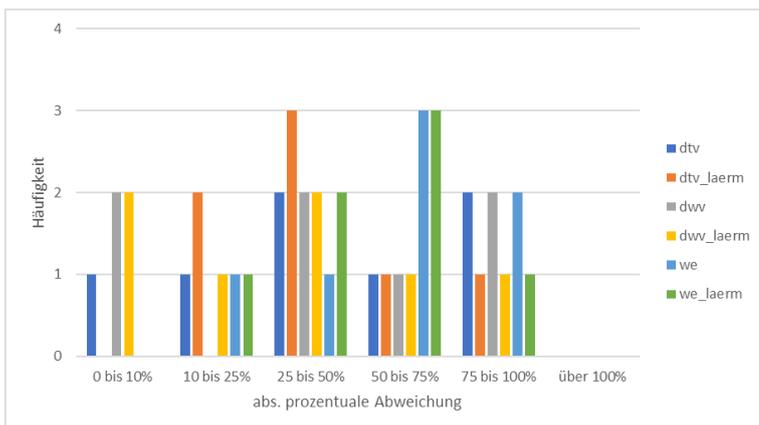
<sup>32</sup> Im Jahr 2019 ist die Zählstelle über mehrere Monate ausgefallen.



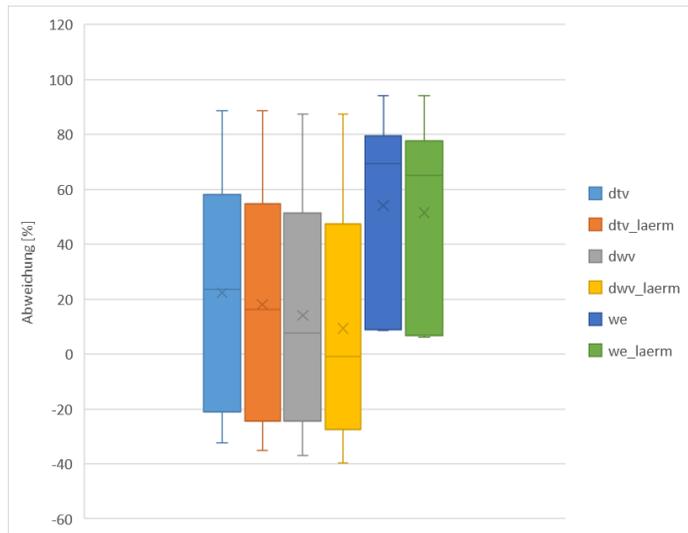
## II.1.2 Basismodell: ergänzende Grafiken pro Stadt



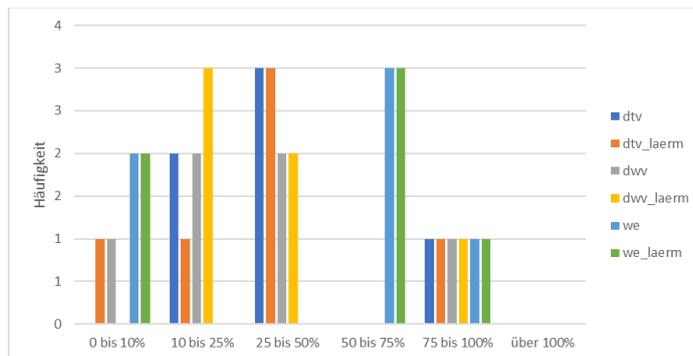
**Abb. 2** Ziel: Verteilung der prozentualen Abweichungen für das Basismodell (der Median ist als Teilungsstrich der Box gekennzeichnet, der Mittelwert ist als Kreuz und die Ausreisser sind als Punkte dargestellt) (N=7)



**Abb. 3** Ziel: Häufigkeit der absoluten (im Sinne eines Werts ohne Vorzeichen) prozentualen Abweichungen nach Kategorie für das Basismodell (N=7)



**Abb. 4** Stadt St. Gallen: Verteilung der prozentualen Abweichungen für das Basismodell (der Median ist als Teilungsstrich der Box gekennzeichnet, der Mittelwert ist als Kreuz und die Ausreisser sind als Punkte dargestellt) (N=6)



**Abb. 5** Stadt St. Gallen: Häufigkeit der absoluten (im Sinne eines Werts ohne Vorzeichen) prozentualen Abweichungen nach Kategorie für das Basismodell (N=6)

Für die Städte Bern und Luzern stehen lediglich zwei bzw. vier Validierungsstellen zur Verfügung. Die Resultate werden nicht in einer Grafik visualisiert, können jedoch der Tabelle in **Abb. 6** II.1.3 entnommen werden.

### II.1.3 Validierungsergebnisse pro Validierungsstelle

| Basismodell                                |             | Zählstelleninformation |       |       |           | dtv           |               |           |               | dtv_laerm     |           |               |               | dvw       |               |               |           | dvw_laerm     |               |           |               | we            |           |               |               | we_laerm  |               |               |  |
|--|-------------|------------------------|-------|-------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|--|
| Name                                       | Validierung | DTV                    | DWV   | WE    | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] |  |
| Biel: F5, Bönzigenstrasse                  | BM          | 913                    | 983   | 737   | 882       | 31            | 3             | 812       | 101           | 11            | 977       | 6             | 1             | 898       | 85            | 9             | 654       | 83            | 11            | 597       | 140           | 19            |           |               |               |           |               |               |  |
| Biel: F6, Zentralstrasse                   | BM          | 1696                   | 1846  | 1314  | 1106      | 589           | 35            | 963       | 733           | 43            | 1329      | 517           | 28            | 1155      | 691           | 37            | 564       | 749           | 57            | 495       | 818           | 62            |           |               |               |           |               |               |  |
| Biel: F1, Seevorstadt                      | BM          | 619                    | 595   | 681   | 20        | 600           | 97            | 116       | 494           | 80            | 24        | 571           | 96            | 146       | 448           | 75            | 9         | 672           | 99            | 77        | 604           | 89            |           |               |               |           |               |               |  |
| Biel: F4, Orpundstrasse                    | BM          | 1510                   | 1644  | 1175  | 820       | 690           | 46            | 789       | 721           | 48            | 866       | 778           | 47            | 832       | 812           | 49            | 715       | 460           | 39            | 689       | 486           | 41            |           |               |               |           |               |               |  |
| Biel: F3, Zentralstrasse                   | BM          | 2033                   | 2181  | 1663  | 3592      | -1559         | -77           | 3268      | -1234         | -61           | 4035      | -1854         | -85           | 3662      | -1481         | -68           | 2531      | -868          | -52           | 2327      | -664          | -40           |           |               |               |           |               |               |  |
| Biel: F2, Dufourstrasse                    | BM          | 1017                   | 1091  | 830   | 851       | 166           | 16            | 822       | 195           | 19            | 1029      | 62            | 6             | 999       | 93            | 8             | 413       | 417           | 50            | 391       | 439           | 53            |           |               |               |           |               |               |  |
| Biel: F7, Bahnhofstrasse                   | BM          | 12050                  | 13028 | 9567  | 3895      | 8155          | 68            | 8018      | 4032          | 33            | 4753      | 8275          | 64            | 9786      | 3243          | 25            | 1796      | 7772          | 81            | 3710      | 5857          | 61            |           |               |               |           |               |               |  |
| Bern: Kornhausbrücke                       | BM          | 4055                   |       |       | 3691      | 364           | 9             | 4065      | -10           | 0             | 4310      |               |               | 4742      |               |               |           |               |               | 2181      |               | 2414          |           |               |               |           |               |               |  |
| Bern: Mittelstrasse                        | BM          | 4079                   |       |       | 1555      | 969           | 24            | 1564      | 951           | 23            | 1766      |               |               | 1771      |               |               |           |               |               | 1049      |               | 1065          |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 802 Klybeckstrasse 113/Kirche | BM, Z2      | 3251                   | 3356  | 3008  | 2239      | 1013          | 31            | 2034      | 1218          | 37            | 2512      | 844           | 25            | 2288      | 1068          | 32            | 1566      | 1442          | 48            | 1407      | 1601          | 53            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 803 Johannerbrücke            | BM, Z2      | 2402                   | 2446  | 2290  | 3731      | -1328         | -55           | 3547      | -1144         | -48           | 4367      | -1921         | -79           | 4156      | -1710         | -70           | 2184      | 106           | 5             | 2063      | 226           | 10            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 805 Rebgrasse 11/28           | BM, Z2      | 4772                   | 5415  | 3331  | 3210      | 1562          | 33            | 3506      | 1266          | 27            | 3859      | 1556          | 29            | 4205      | 1210          | 22            | 1644      | 1686          | 51            | 1820      | 1510          | 45            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 806 Gerbergasse               | BM, Z2      | 10952                  | 10558 | 11399 | 7381      | 3572          | 33            | 7883      | 3070          | 28            | 9164      | 1394          | 13            | 9788      | 770           | 7             | 2968      | 8430          | 74            | 3165      | 8233          | 72            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 807 Güterstrasse 180/183      | BM, Z2      | 6848                   | 7837  | 4851  | 3846      | 3002          | 44            | 3989      | 2859          | 42            | 4308      | 3528          | 45            | 4461      | 3375          | 43            | 2701      | 2150          | 44            | 2821      | 2030          | 42            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 809 Allschwilerstrasse 77/86  | BM, Z2      | 1553                   | 1686  | 1289  | 1103      | 450           | 29            | 977       | 575           | 37            | 1160      | 526           | 31            | 1032      | 654           | 39            | 967       | 322           | 25            | 847       | 443           | 34            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 810 Neubadstrasse 124/137     | BM, Z2      | 1017                   | 1131  | 792   | 616       | 401           | 39            | 600       | 418           | 41            | 630       | 501           | 44            | 610       | 520           | 46            | 590       | 202           | 26            | 580       | 212           | 27            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 811 Mülhuserstrasse 110/121   | BM, Z2      | 2600                   | 2729  | 2338  | 2234      | 366           | 14            | 1985      | 615           | 24            | 2308      | 422           | 15            | 2055      | 674           | 25            | 2072      | 265           | 11            | 1833      | 505           | 22            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 812 Wettsteinbrücke           | BM, Z2      | 4707                   | 4546  | 4724  | 2536      | 2171          | 46            | 2469      | 2238          | 48            | 2945      | 1600          | 35            | 2856      | 1690          | 37            | 1580      | 3144          | 67            | 1566      | 3158          | 67            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 813 Hardstrasse 66/77         | BM, Z2      | 1278                   | 1472  | 883   | 1255      | 23            | 2             | 1202      | 76            | 6             | 1414      | 58            | 4             | 1357      | 115           | 8             | 875       | 9             | 1             | 831       | 52            | 6             |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 814 Elisabethenstrasse 4E     | BM, Z2      | 6513                   | 7136  | 5397  | 5144      | 1369          | 21            | 5484      | 1029          | 16            | 6431      | 705           | 10            | 6851      | 285           | 4             | 2002      | 3395          | 63            | 2153      | 3244          | 60            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 815 Mittlere Rheinbrücke      | BM, Z2      | 13188                  | 12298 | 15107 | 12373     | 815           | 6             | 13481     | -293          | -2            | 15118     | -2820         | -23           | 16439     | -4141         | -34           | 5686      | 9421          | 62            | 6274      | 8833          | 58            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 816 Schmiedgasse 4 (Riehen)   | BM, Z2      | 3865                   | 4519  | 2643  | 1263      | 2602          | 67            | 1179      | 2686          | 70            | 1391      | 3128          | 69            | 1302      | 3217          | 71            | 959       | 1684          | 64            | 885       | 1758          | 67            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 817 Elisabethenanlage         | BM, Z2      | 6356                   | 6776  | 5273  | 4515      | 1840          | 29            | 4891      | 1465          | 23            | 5661      | 1115          | 16            | 6122      | 654           | 10            | 1724      | 3550          | 67            | 1896      | 3378          | 64            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 816 Stücklisteg               | BM, Z2      | 1825                   | 2055  | 1364  | 787       | 1038          | 57            | 834       | 991           | 54            | 878       | 1178          | 57            | 929       | 1126          | 55            | 569       | 796           | 58            | 606       | 758           | 56            |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 808 Wolfsschlucht-Promenade   | BM, Z2      | 649                    | 725   | 491   | 555       | 94            | 14            | 627       | 22            | 3             | 566       | 159           | 22            | 638       | 88            | 12            | 531       | -40           | -8            | 605       | -114          | -23           |           |               |               |           |               |               |  |
| Basel Stadt: 804 Rosentalstrasse 56/vis56  | BM, Z2      | 2218                   | 2353  | 1949  | 1570      | 648           | 29            | 1684      | 534           | 24            | 1828      | 524           | 22            | 1959      | 393           | 17            | 936       | 1012          | 52            | 1011      | 938           | 48            |           |               |               |           |               |               |  |
| Luzern: Seebrücke                          | BM          | 19145                  | 17570 | 22721 | 19546     | -401          | -2            | 17073     | 2072          | 11            | 24849     | -7279         | -41           | 21732     | -4162         | -24           | 6611      | 16110         | 71            | 5706      | 17014         | 75            |           |               |               |           |               |               |  |
| Luzern: Spreuerbrücke                      | BM          | 8397                   |       |       | 3415      | 4982          | 59            | 3391      | 5006          | 60            | 4209      |               |               | 4179      |               |               |           |               |               | 1497      |               | 1487          |           |               |               |           |               |               |  |
| Luzern: Reussbrücke                        | BM          | 15334                  |       |       | 4621      | 10713         | 70            | 4672      | 10662         | 70            | 5666      |               |               | 5723      |               |               |           |               |               | 2088      |               | 2123          |           |               |               |           |               |               |  |
| Luzern: Rathaussteg                        | BM          | 13320                  |       |       | 6694      | 6626          | 50            | 7785      | 5535          | 42            | 8476      |               |               | 9869      |               |               |           |               |               | 2323      |               | 2674          |           |               |               |           |               |               |  |

**Abb. 6** Validierungsergebnisse für das Basismodell (Biel, Stad Bern, Basel-Stadt, Stad Luzern)

| Basismodell                             |             | Zählstelleninformation |       |      |           | dtv           |               |           |               | dtv_laerm     |           |               |               | dvw       |               |               |           | dvw_laerm     |               |           |               | we            |           |               |               | we_laerm  |               |               |           |               |               |  |
|---|-------------|------------------------|-------|------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|--|
| Name                                    | Validierung | DTV                    | DWV   | WE   | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] |  |
| St. Gallen: Kantiweg Burggraben         | BM          | 2255                   | 2727  | 1253 | 2984      | -729          | -32           | 3046      | -791          | -35           | 3737      | -1011         | -37           | 3811      | -1085         | -40           | 1146      | 106           | 8             | 1167      | 86            | 7             |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| St. Gallen: Kantiweg Hst Theater        | BM          | 1786                   | 2151  | 1012 | 2098      | -312          | -17           | 2157      | -372          | -21           | 2586      | -435          | -20           | 2655      | -504          | -23           | 921       | 91            | 9             | 950       | 62            | 6             |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| St. Gallen: Gutenbergrasse Bahnhofplatz | BM          | 10283                  | 11714 | 6229 | 1161      | 9122          | 89            | 1156      | 9127          | 89            | 1482      | 10232         | 87            | 1474      | 10240         | 87            | 366       | 5864          | 94            | 370       | 5859          | 94            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| St. Gallen: Poststrasse                 | BM          | 5773                   | 6078  | 4908 | 4066      | 1707          | 30            | 4282      | 1491          | 26            | 5176      | 902           | 15            | 5443      | 635           | 10            | 1347      | 3561          | 73            | 1437      | 3472          | 71            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| St. Gallen: Marktgasse 20               | BM          | 11123                  | 11966 | 8874 | 5802      | 5321          | 48            | 6312      | 4811          | 43            | 7249      | 4717          | 39            | 7874      | 4092          | 34            | 2257      | 6617          | 75            | 2484      | 6390          | 72            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| St. Gallen: Neuengasse 34               | BM          | 5759                   | 6006  | 5020 | 4732      | 1027          | 18            | 5374      | 386           | 7             | 5970      | 36            | 1             | 6744      | -739          | -12           | 1705      | 3316          | 66            | 2022      | 2398          | 60            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Altstetterstrasse               | BM, Z1, Z2  | 4945                   | 5653  | 3169 | 4864      | 82            | 2             | 4847      | 99            | 2             | 5948      | -296          | -5            | 5934      | -281          | -5            | 2194      | 975           | 31            | 2179      | 991           | 31            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Arboretum                       | Z2          | 3805                   | 3555  | 4454 | 199       | 3606          | 95            | 368       | 3437          | 90            | 254       | 3301          | 93            | 462       | 3093          | 87            | 62        | 4393          | 99            | 134       | 4321          | 97            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Cassiopeasteg                   | Z2          | 683                    | 575   | 954  | 3         | 679           | 100           | 6         | 676           | 99            | 4         | 571           | 99            | 8         | 568           | 99            | 2         | 952           | 100           | 4         | 950           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Chorherrenweg                   | BM, Z1, Z2  | 236                    | 238   | 230  | 280       | -44           | -18           | 291       | -55           | -23           | 307       | -69           | -29           | 320       | -82           | -34           | 214       | 16            | 7             | 223       | 8             | 3             |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Hardeggsteg                     | BM, Z1, Z2  | 1851                   | 2031  | 1414 | 913       | 938           | 51            | 978       | 872           | 47            | 1024      | 1007          | 50            | 1098      | 933           | 46            | 643       | 771           | 55            | 690       | 724           | 51            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Katzenbach                      | Z2          | 142                    | 138   | 154  | 15        | 128           | 90            | 16        | 127           | 89            | 17        | 121           | 88            | 18        | 120           | 87            | 9         | 144           | 94            | 10        | 143           | 93            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Kloster-Fahr-Weg (Europabrücke) | Z2          | 790                    | 731   | 936  | 76        | 714           | 90            | 95        | 694           | 88            | 81        | 650           | 89            | 102       | 629           | 86            | 64        | 872           | 93            | 78        | 858           | 92            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Langstrasse (Unterführung Nord) | BM, Z1, Z2  | 1988                   | 2028  | 1888 | 3658      | -1670         | -84           | 3618      | -1630         | -82           | 4202      | -2174         | -107          | 4154      | -2126         | -105          | 2337      | -449          | -24           | 2312      | -424          | -22           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Langstrasse (Unterführung Süd)  | BM, Z1, Z2  | 1540                   | 1571  | 1462 | 3918      | -2378         | -154          | 3527      | -1987         | -129          | 4766      | -3195         | -203          | 4293      | -2722         | -173          | 1883      | -421          | -29           | 1695      | -233          | -16           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Letten / Dynamo                 | Z2          | 1397                   | 1160  | 1976 | 119       | 1278          | 91            | 140       | 1257          | 90            | 146       | 1014          | 87            | 173       | 988           | 85            | 53        | 1923          | 97            | 63        | 1913          | 97            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Lettenviadukt (Limmatstr.)      | BM, Z1, Z2  | 438                    | 423   | 476  | 245       | 193           | 44            | 253       | 185           | 42            | 284       | 139           | 33            | 293       | 130           | 31            | 155       | 321           | 67            | 162       | 315           | 66            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Militärbrücke                   | BM, Z1, Z2  | 1747                   | 1927  | 1291 | 884       | 863           | 49            | 864       | 883           | 51            | 1104      | 823           | 43            | 1080      | 848           | 44            | 348       | 944           | 73            | 341       | 951           | 74            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Mythenquai Unterführung         | BM, Z1, Z2  | 861                    | 752   | 1137 | 311       | 550           | 64            | 319       | 543           | 63            | 377       | 375           | 50            | 386       | 366           | 49            | 150       | 987           | 87            | 155       | 981           | 86            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Ohmstrasse                      | BM, Z1, Z2  | 11199                  | 12383 | 8226 | 4692      | 6507          | 58            | 3408      | 7791          | 70            | 5706      | 6677          | 54            | 4197      | 8186          | 66            | 2191      | 6035          | 73            | 1461      | 6765          | 82            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Zürich: Weinbergfussweg                 | BM, Z1, Z2  | 6018                   | 6935  | 3716 | 25846     | -19828        | -330          | 25545     | -19528        | -325          | 33004     | -26069        | -376          | 32620     | -25685        | -370          | 8241      | -4525         | -122          | 8152      | -4436         | -119          |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 208 Sihlwald            | Z2          | 83                     | 60    | 139  | 0         | 83            | 100           | 0         | 83            | 100           | 0         | 60            | 100           | 0         | 60            | 100           | 0         | 139           | 100           | 0         | 139           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 301 Sihlwald            | Z2          | 328                    | 222   | 594  | 0         | 328           | 100           | 0         | 328           | 100           | 0         | 222           | 100           | 0         | 222           | 100           | 0         | 594           | 100           | 0         | 594           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 302 Sihlwald            | Z2          | 229                    | 141   | 450  | 0         | 229           | 100           | 0         | 229           | 100           | 0         | 141           | 100           | 0         | 141           | 100           | 0         | 450           | 100           | 0         | 450           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 401 Langenberg West     | Z2          | 385                    | 264   | 688  | 0         | 385           | 100           | 0         | 385           | 100           | 0         | 264           | 100           | 0         | 264           | 100           | 0         | 688           | 100           | 0         | 688           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 402 Langenberg West     | Z2          | 287                    | 211   | 478  | 2         | 285           | 99            | 2         | 285           | 99            | 3         | 209           | 99            | 3         | 208           | 98            | 1         | 477           | 100           | 1         | 477           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 403 Langenberg Ost      | Z2          | 427                    | 258   | 849  | 0         | 427           | 100           | 0         | 427           | 100           | 0         | 258           | 100           | 0         | 258           | 100           | 0         | 849           | 100           | 0         | 849           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 404 Langenberg Ost      | Z2          | 1312                   | 988   | 2123 | 25        | 1287          | 98            | 30        | 1282          | 98            | 31        | 957           | 97            | 37        | 951           | 96            | 11        | 2112          | 99            | 12        | 2111          | 99            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 405 Langenberg Ost      | Z2          | 161                    | 133   | 234  | 0         | 161           | 100           | 0         | 161           | 100           | 0         | 133           | 100           | 0         | 133           | 100           | 0         | 234           | 100           | 0         | 234           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 406 Langenberg Ost      | Z2          | 128                    | 105   | 187  | 0         | 128           | 100           | 0         | 128           | 100           | 0         | 105           | 100           | 0         | 105           | 100           | 0         | 186           | 100           | 1         | 186           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 407 Langenberg Ost      | Z2          | 106                    | 92    | 141  | 3         | 103           | 97            | 6         | 100           | 94            | 3         | 88            | 96            | 7         | 85            | 92            | 3         | 138           | 98            | 4         | 137           | 97            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 408 Langenberg Ost      | Z2          | 73                     | 65    | 95   | 0         | 73            | 100           | 0         | 73            | 100           | 0         | 65            | 100           | 0         | 65            | 100           | 0         | 95            | 100           | 0         | 95            | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 410 Langenberg Ost      | Z2          | 61                     | 56    | 76   | 0         | 61            | 99            | 0         | 61            | 99            | 0         | 55            | 99            | 0         | 55            | 99            | 1         | 75            | 99            | 1         | 75            | 99            |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 502 Sihlwald            | Z2          | 104                    | 101   | 110  | 0         | 104           | 100           | 0         | 104           | 100           | 0         | 101           | 100           | 0         | 101           | 100           | 0         | 110           | 100           | 0         | 110           | 100           |           |               |               |           |               |               |           |               |               |  |

**Abb. 7** Validierungsergebnisse für das Basismodell (Stadt St. Gallen, Stadt Zürich, Wildnispark Zürich)

| Name                                    | Validierung | Zählstelleninformation |       |      | dtv       |               |               | dtv_laerm |               |               | dvw       |               |               | dvw_laerm |               |               | we        |               |               | we_laerm  |               |               |
|---|-------------|------------------------|-------|------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|
|   |             | DTV                    | DWV   | WE   | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] |
| Zürich: Altstettensstrasse West         | BM, Z1, Z2  | 4945                   | 5653  | 3169 | 1873      | -809          | -76           | 1946      | -882          | -83           | 2210      | -989          | -81           | 2298      | -1077         | -88           | 1044      | -374          | -56           | 1080      | -410          | -61           |
| Zürich: Arboretum                       | Z2          | 3805                   | 3555  | 4454 | 147       | 3658          | 96            | 278       | 3527          | 93            | 189       | 3366          | 95            | 355       | 3200          | 90            | 38        | 4417          | 99            | 83        | 4371          | 98            |
| Zürich: Cassiopeiasteg                  | Z2          | 683                    | 575   | 954  | 3         | 680           | 100           | 36        | 647           | 95            | 4         | 572           | 99            | 44        | 532           | 92            | 1         | 953           | 100           | 16        | 938           | 98            |
| Zürich: Chorherrenweg                   | BM, Z1, Z2  | 236                    | 238   | 230  | 445       | -209          | -88           | 492       | -256          | -108          | 485       | -246          | -103          | 536       | -298          | -125          | 349       | -119          | -52           | 386       | -156          | -68           |
| Zürich: Hardeggsteg                     | BM, Z1, Z2  | 1851                   | 2031  | 1414 | 840       | 1011          | 55            | 893       | 958           | 52            | 950       | 1081          | 53            | 1009      | 1022          | 50            | 574       | 840           | 59            | 615       | 799           | 57            |
| Zürich: Katzenbach                      | Z2          | 142                    | 138   | 154  | 32        | 111           | 78            | 34        | 109           | 76            | 37        | 101           | 73            | 39        | 98            | 71            | 18        | 136           | 88            | 20        | 134           | 87            |
| Zürich: Kloster-Fahr-Weg (Europabrücke) | Z2          | 790                    | 731   | 936  | 57        | 732           | 93            | 69        | 720           | 91            | 61        | 670           | 92            | 73        | 658           | 90            | 49        | 887           | 95            | 61        | 875           | 93            |
| Zürich: Langstrasse (Unterführung Nord) | BM, Z1, Z2  | 1988                   | 2028  | 1888 | 4072      | -2084         | -105          | 3948      | -1960         | -99           | 4709      | -2681         | -132          | 4560      | -2532         | -125          | 2528      | -641          | -34           | 2470      | -582          | -31           |
| Zürich: Langstrasse (Unterführung Süd)  | BM, Z1, Z2  | 1540                   | 1571  | 1462 | 3400      | -1860         | -121          | 3208      | -1668         | -108          | 4131      | -2560         | -163          | 3898      | -2327         | -148          | 1638      | -176          | -12           | 1549      | -87           | -6            |
| Zürich: Letten / Dynamo                 | Z2          | 1397                   | 1160  | 1976 | 41        | 1357          | 97            | 95        | 1302          | 93            | 49        | 1112          | 96            | 117       | 1043          | 90            | 22        | 1954          | 99            | 44        | 1932          | 98            |
| Zürich: Lettenviadukt (Limmatstr.)      | BM, Z1, Z2  | 438                    | 423   | 476  | 270       | 169           | 38            | 282       | 156           | 36            | 328       | 95            | 23            | 340       | 83            | 20            | 127       | 350           | 73            | 141       | 335           | 70            |
| Zürich: Militärbücke                    | BM, Z1, Z2  | 1747                   | 1927  | 1291 | 550       | 1197          | 69            | 554       | 1193          | 68            | 687       | 1241          | 64            | 691       | 1237          | 64            | 217       | 1074          | 83            | 226       | 1065          | 82            |
| Zürich: Mythenquai Unterführung         | BM, Z1, Z2  | 861                    | 752   | 1137 | 256       | 605           | 70            | 269       | 592           | 69            | 318       | 434           | 58            | 333       | 419           | 56            | 103       | 1034          | 91            | 114       | 1023          | 90            |
| Zürich: Ohmstrasse Ost                  | BM, Z1, Z2  | 11199                  | 12383 | 8226 | 1338      | 2422          | 64            | 1339      | 2421          | 64            | 1636      | 2439          | 60            | 1639      | 2436          | 60            | 603       | 2364          | 80            | 598       | 2368          | 80            |
| Zürich: Weinbergfussweg                 | BM, Z1, Z2  | 6018                   | 6935  | 3716 | 23902     | -17884        | -297          | 23850     | -17832        | -296          | 30542     | -23608        | -340          | 30468     | -23533        | -339          | 7607      | -3891         | -105          | 7615      | -3899         | -105          |
| Zürich: Altstettensstrasse Ost          | BM, Z1, Z2  | 3881                   | 4431  | 2499 | 4065      | -184          | -5            | 3987      | -106          | -3            | 5033      | -602          | -14           | 4945      | -513          | -12           | 1688      | 811           | 32            | 1632      | 867           | 35            |
| Zürich: Ohmstrasse West                 | BM, Z1, Z2  | 7440                   | 8308  | 5260 | 2010      | 5429          | 73            | 2084      | 5355          | 72            | 2479      | 5829          | 70            | 2552      | 5756          | 69            | 847       | 4412          | 84            | 925       | 4334          | 82            |

Abb. 8 Validierungsergebnisse für Z1 (Stadt Zürich)

| Name                                       | Validierung | Zählstelleninformation |       |       | dtv       |               |               |               | dtv_laerm |               |               |           | dvw           |               |               |           | dvw_laerm     |               |               |           | we            |               |               |           | we_laerm      |               |               |  |
|--|-------------|------------------------|-------|-------|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|--|
|  |             | DTV                    | DWV   | WE    | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Differenz [%] | Belastung | Differenz [ ] | Differenz [%] | Differenz [%] |  |
| Basel Stadt: 802 Klybeckstrasse 113/Kirche | BM, Z2      | 3251                   | 3356  | 3008  | 3008      | 2632          | 620           | 19            | 2316      | 935           | 29            | 3031      | 324           | 10            | 2676          | 680       | 20            | 1666          | 1341          | 45        | 1448          | 1560          | 52            |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 803 Johanniterbrücke          | BM, Z2      | 2402                   | 2446  | 2290  | 4594      | -2192         | -91           | 4396          | -1994     | -83           | 5395          | -2949     | -121          | 5168          | -2722         | -111      | 2712          | -423          | -18           | 2584      | -294          | -13           |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 805 Rebgasse 11/28            | BM, Z2      | 4772                   | 5415  | 3331  | 3408      | 1364          | 29            | 3753          | 1020      | 21            | 4178          | 1237      | 23            | 4591          | 824           | 15        | 1622          | 1709          | 51            | 1809      | 1521          | 46            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 806 Gerbergasse               | BM, Z2      | 10952                  | 10558 | 11399 | 7131      | 3822          | 35            | 7633          | 3319      | 30            | 9033          | 1524      | 14            | 9671          | 887           | 8         | 2732          | 8667          | 76            | 2918      | 8481          | 74            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 807 Güterstrasse 180/183      | BM, Z2      | 6848                   | 7837  | 4851  | 3201      | 3647          | 53            | 3296          | 3552      | 52            | 3732          | 4105      | 52            | 3837          | 3999          | 51        | 2014          | 2837          | 58            | 2091      | 2760          | 57            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 809 Allschwilerstrasse 77/86  | BM, Z2      | 1553                   | 1686  | 1289  | 1055      | 497           | 32            | 927           | 625       | 40            | 1147          | 539       | 32            | 1010          | 676           | 40        | 840           | 450           | 35            | 733       | 556           | 43            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 810 Neubadstrasse 124/137     | BM, Z2      | 1017                   | 1131  | 792   | 614       | 403           | 40            | 599           | 418       | 41            | 651           | 479       | 42            | 634           | 497           | 44        | 532           | 260           | 33            | 522       | 270           | 34            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 811 Mulhauserstrasse 110/121  | BM, Z2      | 2600                   | 2729  | 2338  | 2352      | 248           | 10            | 2156          | 444       | 17            | 2526          | 204       | 7             | 2320          | 409           | 15        | 1946          | 391           | 17            | 1772      | 566           | 24            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 812 Wettsteinbrücke           | BM, Z2      | 4707                   | 4546  | 4724  | 4832      | -124          | -3            | 4678          | 30        | 1             | 5808          | -1263     | -28           | 5617          | -1071         | -24       | 2223          | 2501          | 53            | 2175      | 2548          | 54            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 813 Hardstrasse 66/77         | BM, Z2      | 1278                   | 1472  | 883   | 1426      | -148          | -12           | 1359          | -81       | -6            | 1650          | -179      | -12           | 1576          | -104          | -7        | 886           | -3            | 0             | 838       | 45            | 5             |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 814 Elisabethenstrasse 46     | BM, Z2      | 6513                   | 7136  | 5397  | 5517      | 996           | 15            | 5955          | 558       | 9             | 6979          | 157       | 2             | 7521          | -385          | -5        | 2001          | 3395          | 63            | 2175      | 3222          | 60            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 815 Mittlere Rheinbrücke      | BM, Z2      | 13188                  | 12298 | 15107 | 14178     | -990          | -8            | 15433         | -2246     | -17           | 17442         | -5144     | -42           | 18962         | -6663         | -54       | 6195          | 8912          | 59            | 6816      | 8291          | 55            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 816 Schmiedgasse 4 (Riehen)   | BM, Z2      | 3865                   | 4519  | 2643  | 2375      | 1490          | 39            | 2338          | 1527      | 40            | 2821          | 1698      | 38            | 2794          | 1725          | 38        | 1275          | 1368          | 52            | 1216      | 1427          | 54            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 817 Elisabethenanlage         | BM, Z2      | 6356                   | 6776  | 5273  | 4804      | 1552          | 24            | 5263          | 1092      | 17            | 6089          | 687       | 10            | 6658          | 118           | 2         | 1753          | 3520          | 67            | 1934      | 3339          | 63            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 916 Stüokisteg                | BM, Z2      | 1825                   | 2055  | 1364  | 1087      | 738           | 40            | 1146          | 679       | 37            | 1265          | 790       | 38            | 1330          | 725           | 35        | 634           | 730           | 54            | 669       | 696           | 51            |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 808 Wolfslucht-Promenade      | BM, Z2      | 649                    | 725   | 491   | 489       | 160           | 25            | 547           | 102       | 16            | 514           | 211       | 29            | 574           | 151           | 21        | 430           | 61            | 12            | 482       | 9             | 2             |               |           |               |               |               |  |
| Basel Stadt: 804 Rosentalstrasse 56/vis56  | BM, Z2      | 2218                   | 2353  | 1949  | 1712      | 506           | 23            | 1801          | 417       | 19            | 2043          | 310       | 13            | 2153          | 199           | 8         | 914           | 1035          | 53            | 960       | 989           | 51            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Altstetterstrasse                  | BM, Z1, Z2  | 4945                   | 5653  | 3169  | 4551      | 394           | 8             | 4532          | 413       | 8             | 5606          | 46        | 1             | 5585          | 68            | 1         | 2001          | 1168          | 37            | 1986      | 1183          | 37            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Arboretum                          | Z2          | 3805                   | 3555  | 4454  | 1189      | 2616          | 69            | 1460          | 2344      | 62            | 1466          | 2089      | 59            | 1798          | 1757          | 49        | 332           | 4122          | 93            | 434       | 4020          | 90            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Casiopolasteg                      | Z2          | 683                    | 575   | 954   | 702       | -19           | -3            | 736           | -53       | -8            | 863           | -287      | -50           | 896           | -321          | -56       | 240           | 714           | 75            | 253       | 701           | 73            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Chorherrenweg                      | BM, Z1, Z2  | 236                    | 238   | 230   | 752       | -516          | -218          | 777           | -541      | -229          | 885           | -646      | -271          | 916           | -678          | -284      | 413           | -183          | -80           | 424       | -193          | -84           |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Hardeggsteg                        | BM, Z1, Z2  | 1851                   | 2031  | 1414  | 2246      | -395          | -21           | 2396          | -545      | -29           | 2673          | -642      | -32           | 2855          | -824          | -41       | 1104          | 309           | 22            | 1175      | 239           | 17            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Katzenbach                         | Z2          | 142                    | 138   | 154   | 26        | 117           | 82            | 30            | 112       | 79            | 27            | 111       | 80            | 32            | 106           | 77        | 19            | 134           | 87            | 20        | 133           | 87            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Kloster-Fahr-Weg (Europabrücke)    | Z2          | 790                    | 731   | 936   | 488       | 302           | 38            | 522           | 268       | 34            | 566           | 165       | 23            | 599           | 132           | 18        | 250           | 686           | 73            | 285       | 652           | 70            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Langstrasse (Unterführung Nord)    | BM, Z1, Z2  | 1988                   | 2028  | 1888  | 3954      | -1966         | -99           | 3956          | -1968     | -99           | 4617          | -2589     | -128          | 4617          | -2589         | -128      | 2386          | -498          | -26           | 2394      | -506          | -27           |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Langstrasse (Unterführung Süd)     | BM, Z1, Z2  | 1540                   | 1571  | 1462  | 4133      | -2593         | -168          | 3667          | -2127     | -138          | 5059          | -3488     | -222          | 4501          | -2930         | -186      | 1950          | -489          | -33           | 1722      | -260          | -18           |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Letten / Dynamo                    | Z2          | 1397                   | 1160  | 1976  | 1211      | 186           | 13            | 1255          | 143       | 10            | 1496          | -336      | -29           | 1555          | -395          | -34       | 397           | 1579          | 80            | 423       | 1554          | 79            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Lettenviadukt (Limmatstr.)         | BM, Z1, Z2  | 438                    | 423   | 476   | 421       | 17            | 4             | 437           | 1         | 0             | 491           | -68       | -16           | 507           | -84           | -20       | 224           | 252           | 53            | 235       | 242           | 51            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Militärbücke                       | BM, Z1, Z2  | 1747                   | 1927  | 1291  | 1327      | 420           | 24            | 1297          | 450       | 26            | 1625          | 302       | 16            | 1588          | 339           | 18        | 523           | 768           | 59            | 511       | 781           | 60            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Mythenquai Unterführung            | BM, Z1, Z2  | 861                    | 752   | 1137  | 1453      | -592          | -69           | 1478          | -616      | -72           | 1810          | -1058     | -141          | 1836          | -1084         | -144      | 539           | 597           | 53            | 543       | 594           | 52            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Ohmstrasse                         | BM, Z1, Z2  | 11199                  | 12383 | 8226  | 4626      | 6574          | 59            | 3341          | 7858      | 70            | 5691          | 6693      | 54            | 4186          | 8198          | 66        | 2056          | 6171          | 75            | 1312      | 6915          | 84            |               |           |               |               |               |  |
| Zürich: Weinbergsweg                       | BM, Z1, Z2  | 6018                   | 6935  | 3716  | 25650     | -19633        | -326          | 25342         | -19324    | -321          | 32712         | -25777    | -372          | 32316         | -25381        | -366      | 8200          | -4484         | -121          | 8103      | -4387         | -118          |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 208 Sihlwald               | Z2          | 83                     | 60    | 139   | 67        | 16            | 19            | 71            | 11        | 14            | 83            | -22       | -37           | 87            | -27           | -45       | 14            | 124           | 90            | 15        | 123           | 89            |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 301 Sihlwald               | Z2          | 328                    | 222   | 594   | 832       | -504          | -153          | 860           | -532      | -162          | 1066          | -844      | -380          | 1102          | -880          | -396      | 218           | 376           | 63            | 225       | 369           | 62            |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 302 Sihlwald               | Z2          | 229                    | 141   | 450   | 653       | -424          | -185          | 684           | -455      | -199          | 827           | -686      | -488          | 866           | -725          | -516      | 165           | 285           | 63            | 173       | 277           | 62            |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 401 Langenberg West        | Z2          | 385                    | 264   | 688   | 20        | 365           | 95            | 21            | 364       | 95            | 20            | 244       | 92            | 21            | 243           | 92        | 2             | 686           | 100           | 2         | 685           | 100           |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 402 Langenberg West        | Z2          | 287                    | 211   | 478   | 73        | 215           | 75            | 79            | 209       | 73            | 85            | 126       | 60            | 92            | 119           | 56        | 32            | 446           | 93            | 34        | 444           | 93            |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 403 Langenberg Ost         | Z2          | 427                    | 258   | 849   | 55        | 372           | 87            | 56            | 371       | 87            | 64            | 195       | 75            | 64            | 194           | 75        | 9             | 840           | 99            | 9         | 839           | 99            |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 404 Langenberg Ost         | Z2          | 1312                   | 988   | 2123  | 337       | 975           | 74            | 347           | 965       | 74            | 407           | 581       | 59            | 419           | 569           | 58        | 137           | 1986          | 94            | 141       | 1982          | 93            |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 405 Langenberg Ost         | Z2          | 161                    | 133   | 234   | 60        | 101           | 63            | 73            | 88        | 55            | 77            | 56        | 42            | 92            | 40            | 30        | 18            | 216           | 92            | 21        | 212           | 91            |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 406 Langenberg Ost         | Z2          | 128                    | 105   | 187   | 5         | 124           | 96            | 7             | 122       | 95            | 5             | 100       | 96            | 7             | 98            | 93        | 4             | 182           | 98            | 6         | 181           | 97            |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 407 Langenberg Ost         | Z2          | 106                    | 92    | 141   | 413       | -307          | -290          | 448           | -342      | -323          | 498           | -406      | -442          | 541           | -449          | -489      | 192           | -51           | -36           | 204       | -63           | -45           |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 408 Langenberg Ost         | Z2          | 73                     | 65    | 95    | 264       | -191          | -260          | 273           | -199      | -272          | 320           | -255      | -394          | 329           | -264          | -408      | 111           | -17           | -18           | 116       | -22           | -23           |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 410 Langenberg Ost         | Z2          | 61                     | 56    | 76    | 50        | 11            | 18            | 50            | 11        | 19            | 49            | 6         | 12            | 49            | 6             | 12        | 11            | 65            | 85            | 11        | 65            | 85            |               |           |               |               |               |  |
| Wildnispark ZH: 502 Sihlwald               | Z2          | 104                    | 101   | 110   | 286       | -182          | -176          | 293           | -190      | -182          | 352           | -251      | -247          | 360           | -259          | -255      | 63            | 47            | 43            | 64        | 46            | 41            |               |           |               |               |               |  |

Abb. 9 Validierungsergebnisse für Z2 (Basel-Stadt, Stadt Zürich, Wildnispark Zürich)

## Abkürzungen

| <b>Begriff</b> | <b>Bedeutung</b>   |
|----------------|--|
| ARE            | Bundesamt für Raumentwicklung  |
| BAFU           | Bundesamt für Umwelt   |
| BFS            | Bundesamt für Statistik  |
| DTV            | Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke                                  |
| DWV            | Durchschnittliche Verkehrsstärke an Arbeitstagen (Montag bis Freitag)      |
| GIS            | Geoinformationssysteme, Geographische Informationssysteme                  |
| GVM            | Gesamtverkehrsmodell   |
| GWR            | geographically weighted regression   |
| LOS            | level of service   |
| LSA            | Lichtsignalanlage  |
| MIV            | Motorisierter Individualverkehr  |
| MZMV           | BFS/ARE Mikrozensus Mobilität und Verkehr                                  |
| NOGA           | Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige                                |
| NPVM           | Nationales Personenverkehrsmodell der Verkehrsmodellierung im UVEK         |
| OSM            | OpenStreetMap  |
| ÖV             | Öffentlicher Verkehr   |
| POI            | Points of Interest   |
| STATENT        | Statistik der Unternehmensstruktur des BFS                                 |
| STATPOP        | Statistik der Bevölkerung des BFS  |
| TLM            | topographischen Landschaftsmodell  |
| UVEK           | Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation |
| VPT            | Arbeitsgruppe Verkehrsplanung und -technik                                 |
| WE             | Durchschnittliches Wochenendaufkommen (Samstag und Sonntag)                |
| WSL            | Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft                    |



## Literaturverzeichnis

- Aoun, Alisar; Bjornstad, Julie; DuBose, Brooke; Mitman, Meghan; Pelon, Mollie; Fehr & Peers (2015): *Bicycle and Pedestrian Forecasting Tools: State of the Practice*.
- ASTRA und Fussverkehr Schweiz (2015): *Handbuch Fusswegnetzplanung*.
- Bhat, Chandra R.; Guo, Jessica Y.; Sardesai, Rupali (2005): *Non-motorized travel in the san francisco bay area*. Hg. v. University of Texas at Austin. Department of Civil Engineering.
- Blitz, Andreas; Lanzendorf, Martin (2020): *Mobility design as a means of promoting non-motorised travel behaviour? A literature review of concepts and findings on design functions*. In: *Journal of Transport Geography* 87, S. 102778. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102778.
- Bubenhofer, Jonas; Naef, Conrad; Beerli, Nicolas; Oswald, Matthias (2019): *Fussverkehrspotenzial Kanton Zürich. Schlussbericht*. Hg. v. Amt für Verkehr AFV. Zürich.
- Buchecker, Matthias; Kienast, Felix; Degenhardt, Barbara; Widmer, Silvia; Moritzi, Martin (2013): *Naherholung räumlich erfassen*. Merkblatt für die Praxis, Nr. 51, Juni 2013. Eidg. Forschungsanstalt WSL.
- Bundesamt für Statistik / Bundesamt für Raumentwicklung (2017): *Verkehrsverhalten der Bevölkerung. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015, Neuchâtel und Bern*.
- City of Berkeley (Hg.) (2020): *2020 Pedestrian Plan City of Berkeley*. Berkeley.
- Cooper, Crispin H. V.; Harvey, Ian; Orford, Scott; Chiaradia, Alain J. F. (2021): *Using multiple hybrid spatial design network analysis to predict longitudinal effect of a major city centre redevelopment on pedestrian flows*. In: *Transportation* 48 (2), S. 643–672. DOI: 10.1007/s11116-019-10072-0.
- Desyllas, Jake; Duxbury, Elspeth; Ward, John; Smith, Andrew (2003): *Pedestrian Demand Modelling of Large Cities: An Applied Example from London*. Paper 62. Hg. v. Centre for Advanced Spatial Analysis. University College London. London.
- EBP (o. J.): *Walkalytics*. Online verfügbar unter <https://www.walkalytics.com>, zuletzt geprüft am 09.08.2021.
- Erath, Alexander; van Eggermond, Michael; Bubenhofer, Jonas; Jerkovic, Josip; Axhausen, Kay (2019): *Fussverkehrspotential in Agglomerationen*. (Forschungsprojekt SVI 2015/006). Bern: Bundesamt für Strassen.
- Ewing, Reid; Cervero, Robert (2010): *Travel and the Built Environment*. In: *Journal of the American Planning Association* 76 (3), S. 265–294. DOI: 10.1080/01944361003766766.
- Gasser, Philippe; Zhang, Cunxiao; Mortreux, Christine; Nguyen, My Hang; Delgado, Jorge Cabarera; Bierlaire, Michel et al. (2017): *Modélisation macroscopique de la circulation cycliste et piétonne - bases*. (Forschungsprojekt SVI 2014/001). Bern: Bundesamt für Strassen.
- Gehl, Jan (1996): *Public spaces - public life*. Copenhagen 1996. Unter Mitarbeit von Karen Steenhard und Lars Gemzøe. Copenhagen: Danish Architectural Press [etc.].
- Gehl, Jan (2011): *Life Between Buildings. Using Public Space*. 2. Aufl. Wahington, Covelo, London: Island Press.
- Gil, Jorge (2015): *Building a Multimodal Urban Network Model Using OpenStreetMap Data for the Analysis of Sustainable Accessibility*. In: Jokar Arsanjani J., Zipf A., Mooney P., Helbich M. (eds) *OpenStreetMap in GIScience. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Cham: Springer International Publishing. Online verfügbar unter [https://doi.org/10.1007/978-3-319-14280-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14280-7_12).

Graser, Anita; Straub, Markus; Dragaschnig, Melitta (2013): Ein systematischer Vergleich der Straßennetze von GIP und OpenStreetMap im Großraum Wien. *Angewandte Geoinformatik 2013 - Beiträge zum 25. AGIT-Symposium Salzburg*. Berlin/Offenbach: Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH.

Griswold, Julia; Liu, XiaoHang (2009): Pedestrian Volume Modeling: A Case Study of San Francisco. In: *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers* Vol. 71 (2009).

Häfliger, Ruedi; Bubenhofer, Jonas; Hagedorn, Carsten; Zweibrücken, Klaus; Condrau, Stephan; Baier, Reinhold (2015): *Verträglichkeitskriterien für den Strassenraum innerorts*. (Forschungsprojekt SVI 2004/058). Bern: Bundesamt für Strassen.

Hillier, Bill; Hanson, Julienne (1984): *The social logic of space*. Repr. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Knoflacher, Hermann (2007): *Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung*. Wien.

Kuzmyak, J. Richard; Walters, Jerry; Bradley, Mark; Kockelman, Kara M. (2014): *NCHRP Report 770: Estimating bicycling and walking for planning and project development: A guidebook*. Washington, DC: Transportation Research Board.

Lerman, Yoav; Rofè, Yodan; Omer, Itzhak (2014): Using Space Syntax to Model Pedestrian Movement in Urban Transportation Planning. In: *Geographical Analysis* 46 (4), S. 392–410. DOI: 10.1111/gean.12063.

Madden, Kathleen (2005): *How to Turn a Place Around. A Handbook for Creating Successful Public Spaces*. Unter Mitarbeit von Andy Wiley-Schwartz. 6. Aufl. New York: Project for Public Spaces.

Matter, Jonas; Suter, Robin (2018): *ÖV-Güteklassen 2018. Neue Methodik zur Beurteilung der Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr*.

Meeder, Mark (2019): *Level of Service Concept and Design Principles for Pedestrian Networks*. DOI: 10.3929/ETHZ-B-000409249.

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2022): *Was ist Lärm?* In: <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/mensch-umwelt/laermschutz/definition-und-wirkung/definition/> (abgerufen am 21.01.22).

Pestalozzi, Christian; Bucheli, Dominik; Sauter, Daniel (2022) : *Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs – SVI 2017/009*.

Pestel, Eric; Friedrich, Markus; Heidl, Udo; Pillat, Juliane; Schiller, Christian; Schimpf, Martin (2016): Qualitätssicherung von Verkehrsnachfragemodellen. *Quality Control of Travel Demand Models*. In: *Straßenverkehrstechnik* (60, 10), S. 658–670.

Ragland, David R.; Raford, Noah (2005): *Pedestrian Volume Modeling for Traffic Safety and Exposure Analysis: Case of Boston, Massachusetts*. Safe Transportation Research & Education Center, Institute of Transportation Studies. UC.

Rieser, Nadine; Tasnády, Bence; de Vries, Nicolaas; Rothenfluh, Marco; Fischer, Remo; Friedrich, Markus und Pestel, Eric (2018): *Qualitätssicherung von Verkehrsmodellberechnungen - SVI 2015/001*.

Sanders, Rebecca L.; Frackelton, Alexandra; Gardner, Spencer; Schneider, Robert; Hintze, Michael (2017): *Ballpark Method for Estimating Pedestrian and Bicyclist Exposure in Seattle, Washington*. In: *Transportation Research Record* 2605 (1), S. 32–44. DOI: 10.3141/2605-03.

Schatzmann, Anders (2018): *Fussgängerfrequenz. Darstellung der Fussgängerfrequenzen in der Schweiz*. Projekt 40044. Hg. v. Fahrländer Partner AG.

Schmutz, Simon A. (2015) *Effect of analytical units and aggregation rules on mode choice models*, Master Thesis, IVT, ETH Zürich, Zürich.

Schneider, Robert J.; Schmitz, Andrew; Qin, Xiao (2021): *Development and Validation of a Seven-County Regional Pedestrian Volume Model*. In: *Transportation Research Record* 2675 (6), S. 352–368. DOI: 10.1177/0361198121992360.

- Singleton, Patrick A.; Park, Keunhyun; Lee, Doo Hong (2021): Varying influences of the built environment on daily and hourly pedestrian crossing volumes at signalized intersections estimated from traffic signal controller event data. In: *Journal of Transport Geography* 93, S. 103067. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103067.
- Spreng, Michael (2013): Datenqualität von OSM in der Schweiz. FOSSGIS Konferenz 2013: Rapperswil, 12. - 14. Juni 2013. Hg. v. FOSSGIS e.V.
- Svoboda, Felix; Winkler, Ruedi (2020): Dokumentation zu Grün Vernetzt. Hg. v. Grün Stadt Zürich.
- Tabeshian, Maryam; Kattan, Lina (2014): Modeling Nonmotorized Travel Demand at Intersections in Calgary, Canada. In: *Transportation Research Record* 2430 (1), S. 38–46. DOI: 10.3141/2430-05.
- Urech, S.; Meeder, M. und Weidmann, U. (2019) Parameters of walkability: A meta-analysis, Working Paper, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- van Nes, Akkelies; Yamu, Claudia (2021): Introduction to Space Syntax in Urban Studies. Cham: Springer International Publishing.
- Vitins, B. J.; Erath, A., Fellendorf, M. und Arendt, M. (2021): Aktivitätenbasierte Verkehrsmodelle: Entscheidungshilfe für Betreiber - SVI 2018/004.
- Weber, Andrea (2017): The role of alternative routes in pedestrian transport: Added value of route alternatives in terms of walking attractiveness, Master Thesis, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Wimmer, Rupert; Liebi, Michael; Stahel, Alex; Baier, Reinhold; Klostermann, Rainer; Michel, Susanne (2017): Leitfaden zum Entwurf von Hauptverkehrsstrassen innerorts. (SNG 40 303): Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS.
- Zweibrücken, Klaus; Sauter, Daniel; Schweizer, Thomas; Stäheli, Andreas und Beaujean, Katja (2005): Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs - SVI 2001/503.



# Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 10.06.2022

#### Grunddaten

Projekt-Nr.: VPT\_20\_08A\_01  
 Projekttitel: Methoden zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen  
 Enddatum: 30.06.2022

#### Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Ziel des Forschungsprojekts war es, analytisch Fussverkehrsmengen streckengenau im gesamten Fusswegnetz zu ermitteln. Dazu sollte aufgrund der Literatur eine Methode entwickelt werden, die auf den in der Schweiz vorliegenden öffentlich verfügbaren Daten aufbaut und für verschiedene Untersuchungsgebiete validiert wird. Nebst der Entwicklung der Methodik war auch zu klären, welche Anforderungen künftige Nutzende an eine Methodik resp. an das Produkt stellen: Was wird von potenziellen Anwendenden eines Modells nachgefragt und was kann überhaupt aufgrund der heute vergleichsweise kargen Datenbasis erreicht werden? Welche Anwendungsfelder stehen im Vordergrund? Welche Genauigkeit ist hierfür notwendig? Die Forschungsarbeit besteht zu einem grossen Teil aus der Entwicklung resp. Programmierung und Validierung einer Methodik zur analytischen Ermittlung von streckenbezogenen Fussverkehrsmengen.

Trotz der Komplexität des Fussverkehrs bringt das Basismodell Fortschritte für die flächendeckende Abbildung streckenbasierter Fussverkehrsmengen:  
 Der Alltagsfussverkehr innerhalb des Siedlungsgebiets kann mehrheitlich innerhalb einer akzeptablen Fehlertoleranz (mittlere Abweichung bis 50% bei DTV und DWV im Vergleich zu den Werten der Zählstellen) in der Regel gut abgebildet werden. Damit liegen zum ersten Mal für das Siedlungsgebiet der gesamten Schweiz Belastungspläne des Fussverkehrs vor.  
 Durch die Berücksichtigung von punktgenauen Start- und Zielpunkten erfolgt die Modellierung ausreichend kleinräumig, so dass sie den Eigenheiten des Fussverkehrs gerecht wird.  
 Das Basismodell beruht auf öffentlich verfügbaren Grundlagen und kann somit für jedes Gebiet der Schweiz angewendet werden. Da es sich auf Daten des Bundes abstützt, ist auch eine langfristige Verfügbarkeit dieser Datengrundlagen zu erwarten. Aufgrund des GIS-basierten Ansatzes kann somit mit relativ wenig Aufwand ein beliebiges Gebiet der Schweiz modelliert werden. Aus der Modellierung können ergänzende Auswertungen erstellt werden wie Einzugsgebiete von Zielen (z.B. Haltestellen), Spinnenanalysen oder Umwegfaktoren auf dem Fusswegnetz.

Mit dem vorliegenden Stand der Methodik resp. der erreichten Genauigkeit der modellierten Fussverkehrsmengen stehen drei Hauptanwendungsfälle im Vordergrund:

- Identifizieren von wichtigen Routen im Fusswegnetz innerhalb des Siedlungsgebiets
- Quantifizieren der Bedeutung des Fussverkehrs im Strassen- und Wegnetz
- Nutzen von Netzergänzungen für den Fussverkehr
- Aussagen über zukünftige Entwicklungen und Szenarien

#### Zielerreichung:

Aus den mittels Online-Befragung und Interview von Expertinnen und Experten erhaltenen Bedürfnisse und Wünsche an die Methodik wurden Anforderungen an das zu entwickelnde Modell abgeleitet. Alle "Muss"- und "Soll"-Anforderungen konnten mit dem Modell umgesetzt werden. Mit der Methodik ist es möglich, für das gesamte Siedlungsgebiet der Schweiz flächendeckende Belastungspläne für den Fussverkehr zu erstellen. Die berechnete Fussverkehrsbelastung lässt sich nach DTV, DWV und WE-Verkehr unterscheiden und umfasst grundsätzlich alle Verkehrszwecke (auch Freizeit). Einzig die Soll-Anforderung zur Berücksichtigung der Naherholung, resp. von Naherholungszielorten wurde aufgrund der hohen Komplexität nur teilweise erreicht. Allerdings gestaltete sich die Validierung der Modellergebnisse aufgrund der Anzahl und Qualität der verfügbaren Zählstellen als sehr schwierig. Wo keine Zählstellen vorhanden sind, lässt sich die Qualität des Modells nur auf aggregierter Ebene prüfen. Eine vertiefte Validierung der Modellierung anhand von Zählstellen für unterschiedlichste räumliche Situationen war deshalb nicht möglich. Ohne Verbesserung der Datenbasis ist hier allerdings auch keine Verbesserung der Modellergebnisse erwartbar.

#### Folgerungen und Empfehlungen:

Für eine Verbesserung der Fussverkehrsmodellierung ist weitere Forschung in folgenden Bereichen notwendig: Ohne zuverlässige Messdaten zum Fussverkehrsaufkommen ist es schwierig, bedeutende Fortschritte in der Modellierung zu erreichen. Eine massive Erhöhung der Anzahl Dauerzählstellen des Fussverkehrs ist deshalb voranzutreiben. Aus einer Gegenüberstellung verschiedener Modellierungsmethoden für einige ausgewählte modellierte Gebiete, für die auch Zählstellen zur Verfügung stehen, liessen sich Hinweise zur Validität und zum Modellierungsaufwand von verschiedenen Methoden gewinnen. So könnten die Vor- und Nachteile sowie die «Leistung» von Methoden wie z.B. den direkten Nachfragemodellen, Netzwerkanalysenmodellen wie Space-Syntax-Ansätze oder Mikrosimulationsmodellen wie agentenbasierte Modellierungen verglichen werden. Eine Erkenntnis des Forschungsprojekts ist, dass die Siedlungsstruktur (räumliche Verteilung der Bevölkerung und von Arbeitsplätzen / Attraktoren, ÖV-Angebot etc.) nicht allein das Fussverkehrsaufkommen erklären kann. Es ist weiter zu prüfen, ob die Integration sozioökonomischer Merkmale wie Alter, Geschlecht, Haushaltseinkommen oder die Verfügbarkeit von Mobilitätswerkzeugen (Auto, ÖV-Abonnemente, Velo etc.) die Ergebnisse der Modellierung stark verbessern würden, aber damit das Modell trotzdem noch einfacher als eine agentenbasierte Modellierung bleibt.

#### Publikationen:

- Forschungsbericht
- SVI-Merkblatt
- Belastungspläne ausgewählter Berechnungsvarianten auf [map.metron.ch](http://map.metron.ch)

#### Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Bubenhofer

Vorname: Jonas

Amt, Firma, Institut: Metron Verkehrsplanung AG

#### Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

#### Beurteilung der Begleitkommission:

##### Beurteilung:

Im Forschungsprojekt wurde die komplexe Aufgabe der streckenbezogenen Fussverkehrsmodellierung erfolgreich konzipiert und umgesetzt. Der Bericht beginnt mit einer Übersicht über die wichtigsten Methoden und relevante Literatur. Zusätzlich und als zentraler Bestandteil beschreibt der Bericht die Ansprüche an die Fussverkehrsmodellierung sowie die Herausforderungen aus Schweizer Praxis-Sicht, sowie den Umgang bei Abweichungen der Modellwerte von Zählstellendaten. Die Beschreibung ist gut begründet auf einer online Umfrage und Experten-Interviews und gut nachvollziehbar. Für die daraus abgeleitete Modellierung wurde eine hochaufgelöste aktivitätenbasierte Verkehrserzeugung mit wegebasierten Berechnungen gewählt, welche hinsichtlich Aufwand und Rechenressourcen in der Praxis effizient anwendbar ist und im Forschungsprojekt vollständig umgesetzt und ausgewertet werden konnte. Die Modellberechnungen sind übersichtlich in einem Basismodell sowie in Zusatzmodule unterteilt. Die verschiedenen, ausführlichen Berechnungen ermöglichen einen Einblick in die Relevanz der vorhandenen, möglichen Einflussvariablen. Die Resultate und die Varianz zu den Zählstellen werden besprochen. Es wird ausführlich auf die möglichen Anwendungsfelder für zukünftige Planungsaufgaben eingegangen. Die Resultate wurden auf verschiedene Weise überprüft, einerseits mit den Kennwerten aus dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr, andererseits mit Zählstellendaten. Während sich eine gute Übereinstimmung mit den aggregierten Kennwerten aus dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr ergab, wichen die Modellwerte bei den Zählstellen zum Teil beträchtlich ab, wobei anzumerken ist, dass die Anzahl Zählstellendaten im Fussverkehrsbereich sehr beschränkt ist und eine Validierung mit unabhängigen Datenquellen noch ausstehend ist. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Forschungsarbeit sorgfältig durchgeführt wurde. Der gewählte Ansatz liefert mit überschaubarem Aufwand und öffentlich zugänglichen Daten numerische streckenbezogene Fussverkehrsmengen für planerische Fragestellungen (Netz-sicht).

##### Umsetzung:

Mit dem vorliegenden Stand der Methodik resp. der erreichten Genauigkeit der modellierten Fussverkehrsmengen können Aussagen zu drei Hauptanwendungsfällen getätigt werden:

- Identifizieren von wichtigen Routen im Fusswegnetz innerhalb des Siedlungsgebietes
- Nutzenabschätzung von Netzergänzungen für den Fussverkehr
- Aussagen über zukünftige Entwicklungen und Szenarien.

Die Methodik lässt sich prinzipiell auf beliebig grosse Netze (lokal, kantonal, regional, schweizweit) anwenden. Der Schlussbericht dokumentiert die Methodik präzise und nachvollziehbar, so dass die Methodik auch für Dritte gut anwendbar ist.

Um die Erkenntnisse in der Fachwelt zu streuen, ist ein SVI-Merkblatt vorgesehen.

##### weitergehender Forschungsbedarf:

Für eine Verbesserung der Fussverkehrsmodellierung ist weitere Forschung in folgenden Bereichen notwendig:

- Validierung mit unabhängigen, zusätzlichen Datenquellen
- Relevanz und Umfang zusätzlicher Entscheidungsmodelle
- Relevanz zukünftiger, zusätzlicher Zählstellen sowie die Potentiale
- Verfeinerung der Modellierung (z.B. Einbezug sozioökonomischer Merkmale)
- Vergleich unterschiedlicher Modellierungsansätze
- Weiterentwicklung Näherholungspotenzial
- Datengestützte Modellierung der Attraktivität für den Fussverkehr

##### Einfluss auf Normenwerk:

Keinen

#### Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Vitins

Vorname: Basil

Amt, Firma, Institut: Modellierung und Simulation, ASE AG

#### Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission: