

# ETH Mobility Initiative Project MI-01-19 Empirical use and Impact analysis of MaaS Ergebnisse

## Report

### Author(s):

[Martin, Henry](#) ; [Reck, Daniel Jan](#) ; [Axhausen, Kay W.](#) ; [Raubal, Martin](#) 

### Publication date:

2021-10

### Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000521380>

### Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

# ETH Mobility Initiative Project MI-01-19

## Empirical use and Impact analysis of MaaS

## Ergebnisse

Oktober 2021

Henry Martin<sup>1</sup>, Daniel Reck<sup>2</sup>, Kay W. Axhausen<sup>2</sup> und Martin Raubal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich

<sup>2</sup>Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich

# Inhalte

1. **Projektziele**
2. Datenerhebung
3. Datenverarbeitung
4. Ergebnisse
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

# Zusammenfassung der Projektziele (Quelle: Projektantrag, Executive Summary)

**ETH**  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

**Full Proposal | ETH Mobility Initiative**

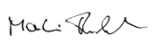
**Future Mobility Research Program**

Submission Deadline: 6 May 2019, 17:00 CET

**1. General information**

Project Title: Empirical use and Impact analysis of MaaS  
Project Acronym: EIM  
Call Theme and Topic: 3. New forms of transportation and integrated mobility concepts for passengers (3.1 and 3.2)  
Challenges Addressed (keywords): Intermodality, decarbonization of transport sector, integration of new forms of transportation with public transport networks, efficient data representation, structure-aware machine learning

**1.1 Principal Investigator (PI)**

Family name	First name	Title
Raubal	Martin	Prof. Dr.
End of Employment	indefinite	ETH Responsibility Center of the PI (VZ)
		13901
Full name of institution and Group	Short form name	Postal address
Institute of Cartography and Geoinformation, Chair of Geoinformation Engineering	IKG-GIS	Street
		ETH Hönggerberg, HIL, G27.3 Stefano-Francini-Platz 5
		Zip code
		8093
		City
		Zürich
E-mail	mraubal@ethz.ch	Phone
		+41 44 633 3026
Date, Signature	3.5.2019 	

Page 1

Individual private car use is inherently unsustainable when compared to shared modes. Yet, it is one of the main travel modes around the world, often due to a lack of alternatives. The introduction of novel shared travel modes and their integration with public transport (Mobility as a Service, MaaS), promises to enable seamless intermodal travel, thus facilitating a behavioral change from private car use to more sustainable, shared modes.

Due to a lack of substantial behavioral data, it remains unclear whether and how MaaS actually changes travel behavior (e.g., mode choice, car ownership) or how more sustainable travel behavior can be encouraged (e.g., through optimized service bundling, real-time mobility prediction).

# Zusammenfassung der Projektziele (Quelle: Projektantrag, Executive Summary)

**ETH**  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zürich

**Full Proposal | ETH Mobility Initiative**

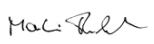
**Future Mobility Research Program**

Submission Deadline: 6 May 2019, 17:00 CET

**1. General information**

Project Title: Empirical use and Impact analysis of MaaS  
Project Acronym: EIM  
Call Theme and Topic: 3. New forms of transportation and integrated mobility concepts for passengers (3.1 and 3.2)  
Challenges Addressed (keywords): Intermodality, decarbonization of transport sector, integration of new forms of transportation with public transport networks, efficient data representation, structure-aware machine learning

**1.1 Principal Investigator (PI)**

Family name		First name		Title
Raubal		Martin		Prof. Dr.
End of Employment	indefinite	ETH Responsibility Center of the PI (VZ)	13901	
Full name of institution and Group		Short form name	Postal address	
Institute of Cartography and Geoinformation, Chair of Geoinformation Engineering		IKG-GIS	Street ETH Hönggerberg, HIL, G27.3 Stefano-Francini-Platz 5	
			Zip code	City
			8093	Zürich
E-mail	mraubal@ethz.ch		Phone	+41 44 633 3026
Date, Signature	3.5.2019 			

Page 1

This proposal outlines a research agenda to study these questions using the SBB City-Bundle\*, a new MaaS product integrating mobility services across multiple providers to be launched in Q3/2019, as a case study. We plan to develop an integrated representation of relevant mobility and context data based on person-specific graphs. This allows the application of both state-of-the-art research methods in transport behavior and geographic information science on such heterogeneous data.

This is an unprecedented opportunity to advance our so-far limited scientific understanding of human mobility behavior under the influence of multimodal mobility packages. Results will be of value to SBB, as they offer insights into why customers value their new product and how to represent mobility and context data from a variety of sources to conduct efficient user-profiling and prediction. Last but not least, our results will inform policy-making towards more sustainable passenger transport in times where advice is urgently needed.

\* subsequently branded **yumuv**

# Leitfragen für die wissenschaftliche Arbeit (Quelle: Projektantrag, Description of the project)

**ETH**  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

**Full Proposal | ETH Mobility Initiative**

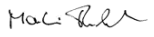
**Future Mobility Research Program**

Submission Deadline: 6 May 2019, 17:00 CET

**1. General information**

Project Title: Empirical use and Impact analysis of MaaS  
Project Acronym: EIM  
Call Theme and Topic: 3. New forms of transportation and integrated mobility concepts for passengers (3.1 and 3.2)  
Challenges Addressed (keywords): Intermodality, decarbonization of transport sector, integration of new forms of transportation with public transport networks, efficient data representation, structure-aware machine learning

**1.1 Principal Investigator (PI)**

Family name	First name	Title	
Raubal	Martin	Prof. Dr.	
End of Employment	indefinite	ETH Responsibility Center of the PI (VZ)	13901
Full name of institution and Group	Short form name	Postal address	
Institute of Cartography and Geoinformation, Chair of Geoinformation Engineering	IKG-GIS	Street	ETH Hönggerberg, HIL, G27.3 Stefano-Francini-Platz 5
		Zip code	8093 city Zürich
E-mail	mraubal@ethz.ch	Phone	+41 44 633 3026
Date, Signature	3.5.2019 		

Page 1

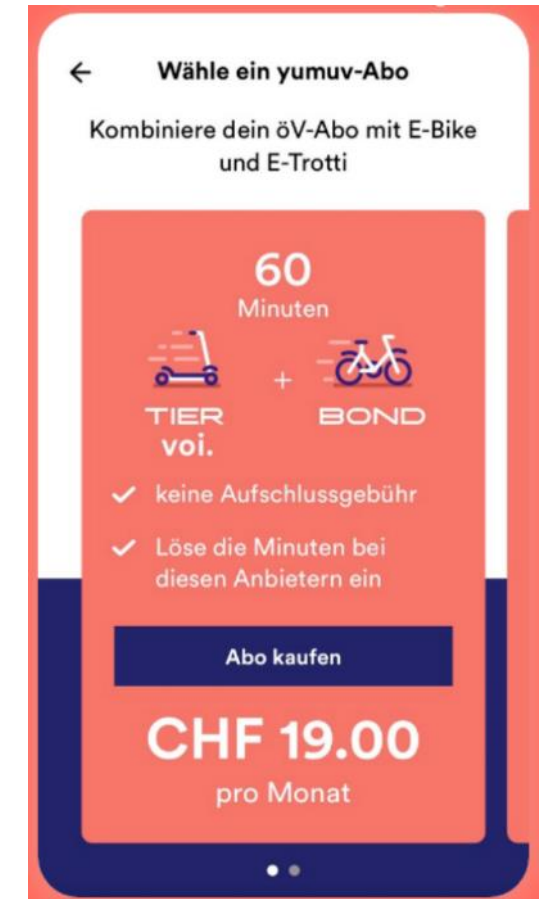
1. How can individual-level mobility behavior and relevant context-factors from a variety of different sources be integrated, represented and processed in an efficient way?
2. How is MaaS being used (and by whom)?
3. How can MaaS usage be explained?
4. Does MaaS change travel behavior? If yes, how?
5. How can we improve human mobility prediction using our integrated data representation and machine learning?

# Inhalte

1. Projektziele
- 2. Datenerhebung**
3. Datenverarbeitung
4. Ergebnisse
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

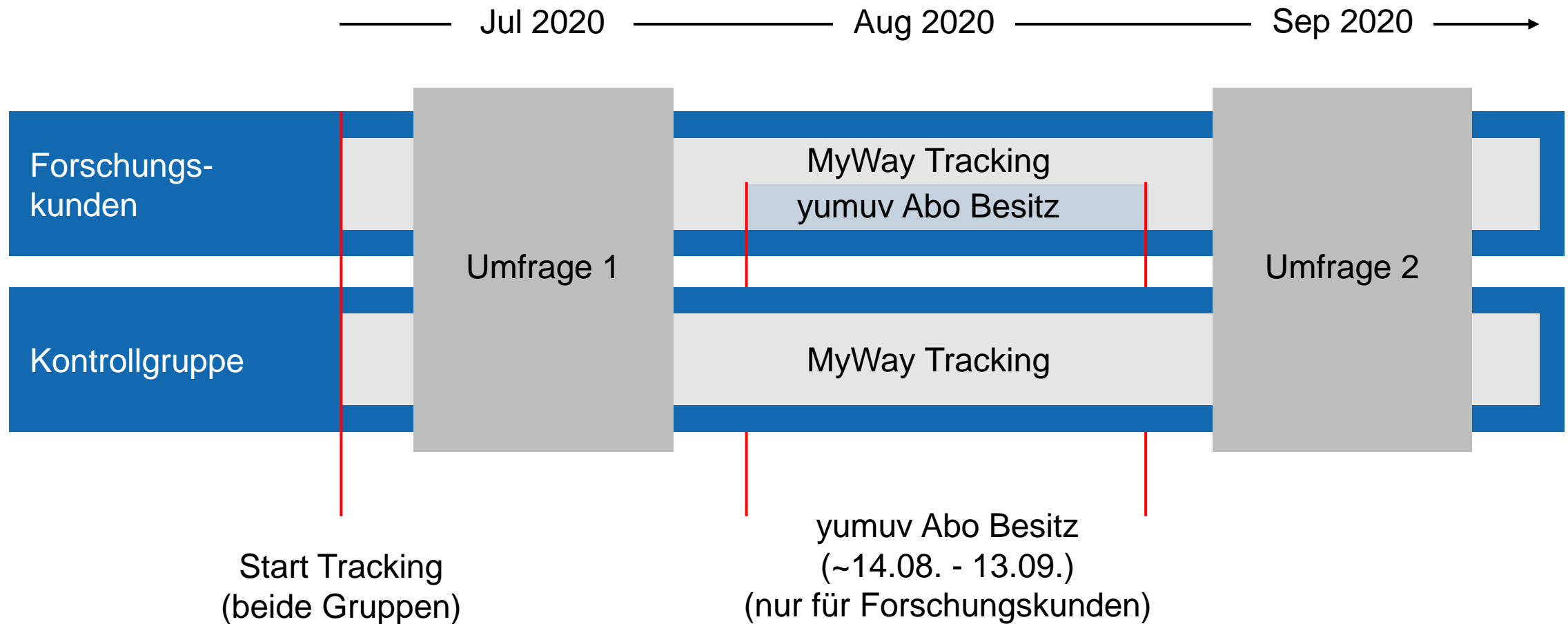
# Wir haben den weltweit umfangreichsten Datensatz zu Mobility as a Service gesammelt

- Die Datenerhebung wurde in der Stadt Zürich durchgeführt.
- Zwischen Juli und September 2020 wurde das Mobilitätsverhalten zweier Gruppen (Kontrollgruppe und Forschungskunden) mit identischen Methoden (GPS Tracking über die App SBB MyWay sowie Umfragen) erhoben.
- Die zwei Gruppen unterscheiden sich darin, dass die Forschungskunden im August 2020 das yumuv Abo easy (60 min Voi, Tier, Bond für 19 CHF / Monat) gekauft haben und die Kontrollgruppe nicht.
- Zudem wurden umfangreiche Kontextdaten und Buchungsdaten erhoben und mit den Umfragedaten und Bewegungsdaten integriert.
- Mit Hilfe quantitativer Modelle (Verkehrsmittelwahlmodell) kann so der Einfluss des yumuv Abos easy auf das Mobilitätsverhalten isoliert werden.





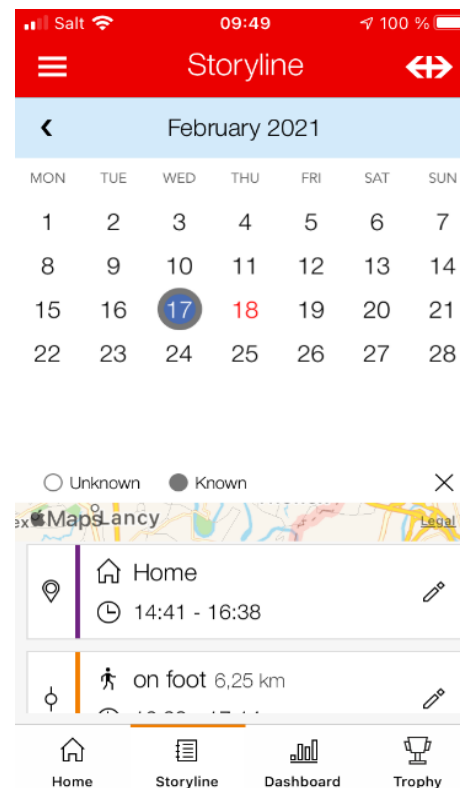
# Difference-in-Difference Design der Datenerhebung ermöglicht Identifikation der Wirkung von yumuv auf das Verkehrsverhalten



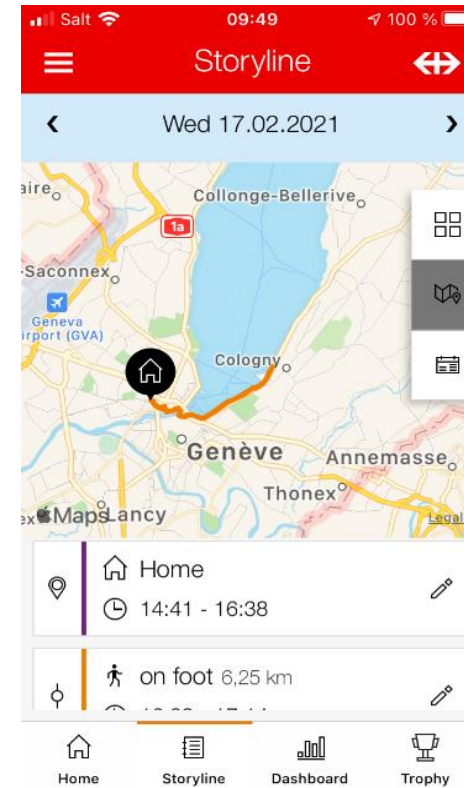
# Es wurde die «MyWay» App verwendet, um das Mobilitätsverhalten der Teilnehmer per Smartphone aufzuzeichnen

- Die App «MyWay» wurde verwendet, um das Mobilitätsverhalten der Teilnehmer per Smartphone aufzuzeichnen.
- Die App erfasst Bewegungen des Smartphones und berechnet verwendete Verkehrsmittel, die die Teilnehmer alle 24h verifizieren.

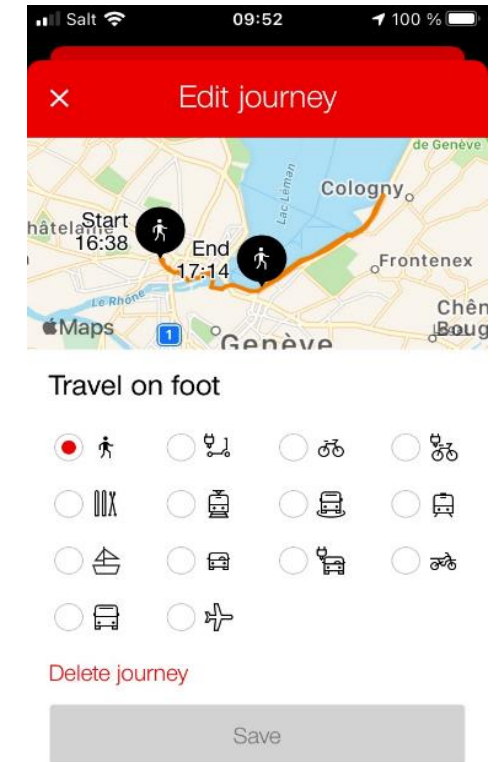
## Kalender-Ansicht



## Karten-Ansicht



## Modus-Korrektur-Ansicht



# Zeitlicher Überblick

- 05/2019 Projektantrag bei der ETH Mobility Initiative eingereicht
- 08/2019 Projektantrag seitens der ETH Mobility Initiative bewilligt
- ↓ Begleitung der Produktentwicklung und Detailplanung der Datenerhebung
- 04/2020 Datenerhebung seitens der ETH Ethikkommission vollständig bewilligt
- 06/2020 Versand 10 000 Einladungen zur Teilnahme an der Studie an Stadtzürcher Bevölkerung über das Statistische Amt des Kantons Zürich
- 07/2020 1. Umfrage und Start GPS Tracking
- 08/2020 Forschungskunden kaufen yumuv Abo
- 10/2020 2. Umfrage und Ende GPS Tracking
- ↓ Aufbau gemeinsamer Datenbank, Integration diverser Datenquellen und Analysen

# Überblick Rücklauf und finaler Datensatz für verkehrsplanerische Analysen

## Kontrollgruppe

- 10 000: Einladungen versendet
- 1 063: Teilnehmer 1. Umfrage
- 889: Komplette ausgefüllte Fragebögen
- 450: GPS Tracking erfüllt (45+ Tage)
- 432: Teilnehmer 2. Umfrage
- 427: Komplette ausgefüllte Fragebögen

## Forschungskunden

- 214: Teilnehmer 1. Umfrage
- 187: Komplette ausgefüllte Fragebögen
- 77: GPS Tracking erfüllt (45+ Tage)
- 73: yumuv Abo easy gekauft
- 71: Teilnehmer 2. Umfrage
- 71: Komplette ausgefüllte Fragebögen

# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
- 3. Datenverarbeitung**
  1. Datenmodell und verwendete Datenquellen
  2. Datenaufbereitung
  3. Datenintegration
4. Ergebnisse
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

# Organisation und Arbeitsteilung

Work package 1: *Preparation and data elicitation* (Datenerhebung und Datenaufbereitung) des Projektantrags unterliegen der geteilten Verantwortung aller Projektpartner des Forschungsprojekts. Für die Umsetzung der Datenverarbeitung wurde ein organisationsübergreifendes Team aus SBB und ETH Zürich Mitarbeitern gebildet, in dem alle Datenverarbeitungsschritte gemeinsam geplant, implementiert und evaluiert wurden.

Team Datenverarbeitung:

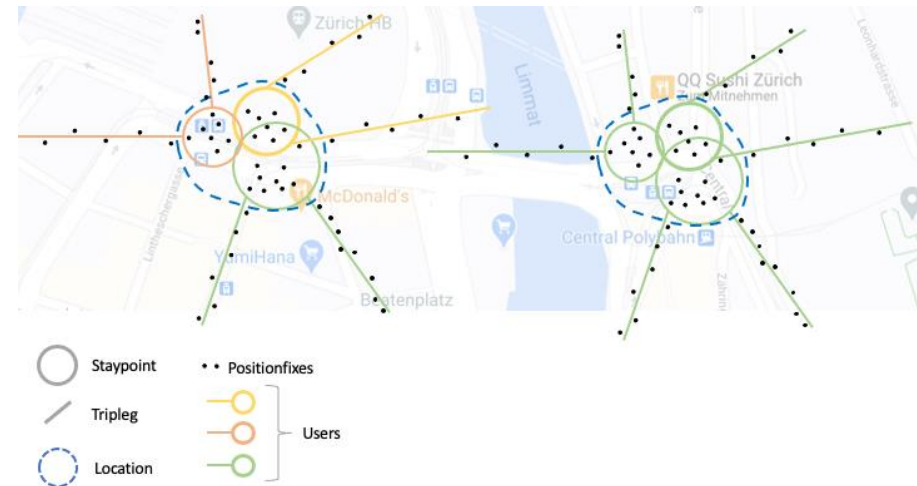
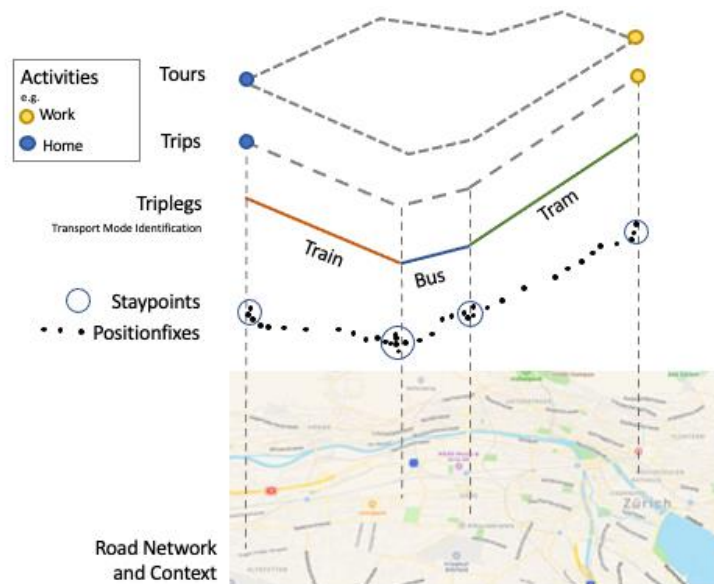
- Merlin Unterfinger (SBB UE-IFI-FTO1)
- Jorim Urner (SBB UE-IFI-FTO1)
- Daniel Reck (ETHZ – IVT)
- Henry Martin (ETHZ – IKG)

# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
- 3. Datenverarbeitung**
  - 1. Datenmodell und verwendete Datenquellen**
  2. Datenaufbereitung
  3. Datenintegration
4. Ergebnisse
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

# Datenmodell

Wir verwenden für die Analyse ein klassisches in der Verkehrsplanung übliches Aktivitäten-zentriertes Datenmodell (Axhausen et al., 2007). Für diese Studie sind vor allem die Grössen **Etappe** (Tripleg) und **Aufenthalt** (Staypoint) relevant, da sie die von der MyWay App ausgegebenen Rohdaten darstellen. Ausserdem die Grössen **Weg** (Trip) und **relevante Orte** (Locations), da sie die zentralen Elemente der Analysen sind.



Bilder: <https://github.com/mie-lab/trackintel>



# Verwendete Datenquellen

## Trackingdaten:

Die Mobilität der Teilnehmer der Forschungsstudie (Kontrollgruppe und Interventionsgruppe) wurde für die Dauer der Studie über eine Tracking App erfasst. Die App segmentiert die Bewegungsdaten automatisch in Etappen und Aufenthalte. Etappen wird automatisch eines der folgenden Verkehrsmittel zugewiesen:

*{tram, walk, train, motorbike, bus, boat, car, ecar, ebicycle, bicycle, coach, ski, kick\_scooter}*

Aufenthalten wird automatisch einer der folgenden Zwecke zugeordnet:

*{eat, sport, wait, work, leisure, errand, unknown, study, home}*

Die Studienteilnehmer waren verpflichtet die Daten zu prüfen und ggf. zu korrigieren.

# Verwendete Datenquellen

## Umfragedaten:

Es wurden zwei Onlineumfragen zu Beginn und am Ende des Projekts mit insgesamt 171 Fragen durchgeführt. Die Fragen wurden in folgende Blöcke unterteilt:

- Personenspezifische sozio-demographische Fragen (z.B. Geburtsdatum, Geschlecht, Bildungsgraph, Beschäftigung)
- Haushaltsspezifische sozio-demographische Fragen (z.B. Anzahl erwachsener Personen und Kinder im Haushalt, monatliches Haushaltseinkommen, Mobilitätswerkzeugsbesitz)
- Personenspezifische Fragen zur Mobilität (z.B. Besitz von Abonnements für den öffentlichen Verkehr, Bekanntheit von Angeboten der geteilten Mobilität, Zugang zu Dienstleistungen der geteilten Mobilität)

# Verwendete Datenquellen

## **Nicht gewählte Alternativen:**

Mithilfe von MATSim werden zu jedem Weg, Attribute der nicht gewählten Modusalternativen berechnet. Für die Berechnung wird das MATSim Zürich Szenario verwendet, das bereits in anderen verkehrsplanerischen Studien zum Einsatz kam. MATSim bildet die Transportmodi *öV*, *PKW*, *Velo* und *zu Fuss* ab. Es kann angenommen werden, dass sich E-Bikes und E-Scooter auf den selben Routen wie Velos bewegen und sich die gefahrenen Distanzen kaum unterscheiden. Diese Annahme kann für Reisezeiten nicht getroffen werden, deshalb werden bei den nicht gewählten Alternativen nur Reisedistanzen berücksichtigt.

## **Buchungsdaten der Forschungskunden:**

Bei Buchungen geteilter Verkehrsmittel (E-Bike und E-Scooter) der Forschungskunden (=Interventionsgruppe), die über die yumuv App durchgeführt wurden, stehen Preis und Zeitstempel zu Start und Ende der Buchung zur Verfügung.

# Verwendete Datenquellen

## Durch SBB zur Verfügung gestellte Kontextdaten:

### Wetterdaten:

Die verwendeten Wetterdaten (Temperatur, Wind und Niederschlagswerte) stammen aus dem ERA5T Datensatz und besitzen eine stündliche zeitliche Auflösung und eine 30x30 km räumliche Auflösung.

### Höheninformation:

Informationen zum Höhenprofil stammen von einem digitalen Höhenmodell der Schweiz mit einer Auflösung von 25 Metern[1].

### Verfügbarkeit von Leihfahrzeugen:

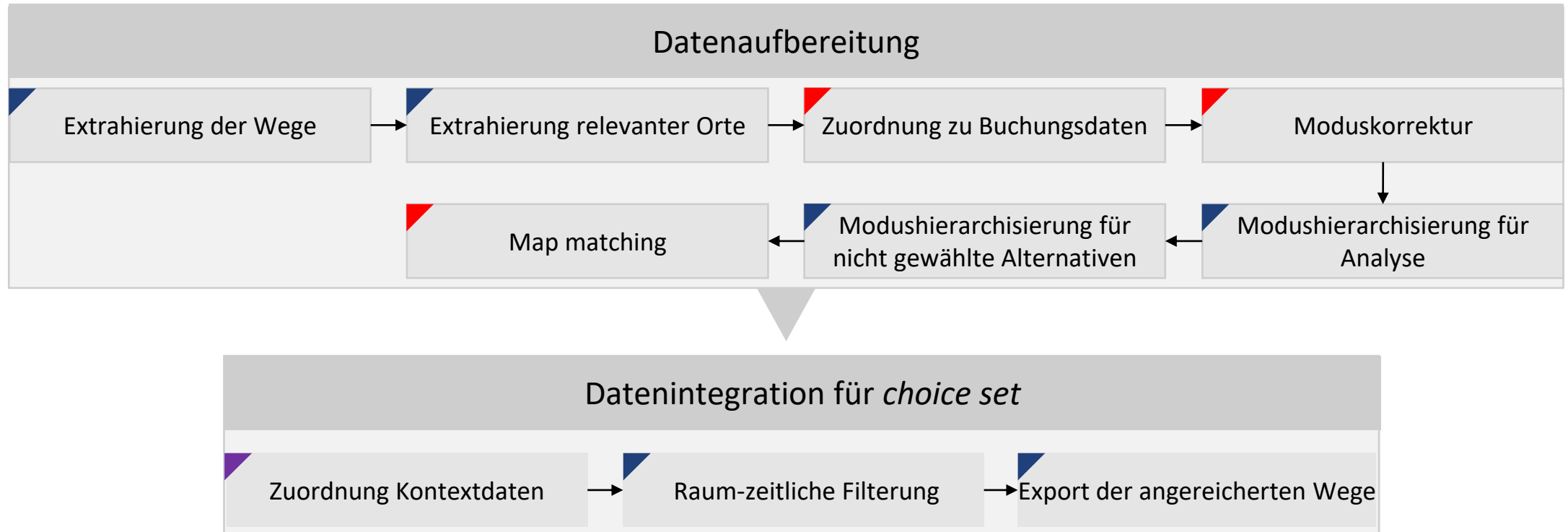
Für spätere Analysen wird ein Datensatz mit den Positionen der verfügbaren Fahrzeuge der E-Scooter Anbieter VOI und Tier und des E-Bike Anbieters BOND verwendet. Der Datensatz wurde erzeugt, indem die Positionen der verfügbaren Leihfahrzeuge mit einer Frequenz von 5 Minuten beim Hersteller abgefragt und gespeichert wurden.

[1]: Swisstopo DHM25 - Basismodell, bezogen am 21. Januar 2021 über SBB G-SHARP.

# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
- 3. Datenverarbeitung**
  1. Datenmodell und verwendete Datenquellen
  - 2. Datenaufbereitung**
  3. Datenintegration
4. Ergebnisse
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

# Datenaufbereitung und Integration für *choice set*



Aufteilung der Arbeitsschritte:

- Hauptverantwortung SBB
- Hauptverantwortung ETHZ
- Gemeinsame Hauptverantwortung

Team Datenverarbeitung:

- Merlin Unterfinger (SBB UE-IFI-FTO1)
- Jorim Urner (SBB UE-IFI-FTO1)
- Daniel Reck (ETHZ – IVT)
- Henry Martin (ETHZ – IKG)

# Datenaufbereitung – Extrahierung der Wege

- Wege sind die zentrale Grösse der Analyse. Sie sind definiert als alle Etappen und unwesentliche Aufenthalte zwischen zwei Aktivitäten.
- Aufenthalte werden als Aktivität betrachtet, wenn sie einen nicht trivialen Zweck haben {*eat, sport, work, leisure, errand, study* oder *home*} oder wenn sie eine Dauer von 25 Minuten [1] überschreiten.
- Wege wurden mithilfe der Python Bibliothek Trackintel erzeugt [2].
- Lücken, die länger als 25 Minuten dauern, unterbrechen einen Trip (`gap_threshold=25 min`)

[1] 25 Minuten entspricht einem üblichen Grenzwert bei dem man davon ausgehen kann, dass eine Person beginnt die Wartezeit mit einer zusätzlichen Aktivität zu füllen.

[2] [https://trackintel.readthedocs.io/en/latest/modules/preprocessing.html#trackintel.preprocessing.triplelegs.generate\\_trips](https://trackintel.readthedocs.io/en/latest/modules/preprocessing.html#trackintel.preprocessing.triplelegs.generate_trips)

# Datenaufbereitung – Extrahierung relevanter Orte

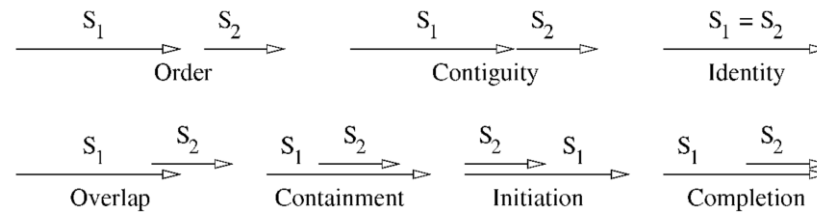
- Relevante Orte sind eine zentrale Grösse der Analyse. In diesem Projekt werden sie als alle Orte, die von einer Person besucht wurden, definiert. Sie können z.B. durch Aggregation der Aufenthalte erzeugt werden.
- Relevante Orte wurden durch DBSCAN Clustering erzeugt [1].
- Parameter:
  - epsilon = 30 meters
  - Num\_samples = 1

[1] [https://trackintel.readthedocs.io/en/latest/modules/preprocessing.html#trackintel.preprocessing.staypoints.generate\\_locations](https://trackintel.readthedocs.io/en/latest/modules/preprocessing.html#trackintel.preprocessing.staypoints.generate_locations)



# Datenaufbereitung – Zuordnung zu Buchungsdaten

- Trackingdaten der MyWay App und Buchungsdaten der yumuv App stellen jeweils unabhängige Datenquellen für die Bewegung des gleichen Nutzers dar.
- Für spätere Anwendungen ist es relevant, Ereignisse, die in beiden Datenquellen dokumentiert sind (z.B. die Fahrt mit einem Scooter), einander zuordnen zu können.
- MyWay und yumuv Nutzer können über Anmeldedaten (Name, Adresse, etc.) zugeordnet werden.



Topologische Beziehungen, die sich für zwei Zeitspannen  $S_1$  und  $S_2$  ergeben können (Bartelme, 2005, p.225).

- Über die Buchungen der yumuv App ist bekannt, wann ein yumuv Nutzer ein geteiltes Verkehrsmittel benutzt hat. Allerdings stellen Buchungsdaten und die zugehörigen Trackingdaten durch die verschiedenen, in den Apps durchgeführten Aufnahme- und Aufbereitungsprozesse, jeweils eigene Zeitspannen dar, die in unterschiedlichen topologischen Beziehungen zueinander stehen können (siehe Grafik). Eine Buchung kann dadurch potentiell einer, mehreren oder keiner aufgezeichneten Etappe(n) zugeordnet werden.

# Datenaufbereitung – Zuordnung zu Buchungsdaten

- Jeder Buchung werden in einem ersten Schritt alle Kandidaten mit zeitlicher Überlappung zugeordnet. Basierend auf [1] wird die relative Überlappung einer Etappe und einer Buchung (wie viel % einer Etappe durch eine Buchung ausgefüllt wird), sowie die Distanzen zwischen Start und Endpunkten der Buchung und der Kandidatenetappen berechnet.
- Einer Buchung wird die Etappe zugeordnet, die durch die Buchung am besten ausgefüllt wird, sowie maximal 200 Meter von Start und Ende entfernt ist. Buchungen die kürzer als eine Minute sind werden nicht berücksichtigt.
- Insgesamt werden durch zeitliche Überlappung 940 yuv Buchungen als Kandidaten für 1369 Etappen identifiziert. Davon erfüllen 770 Paare die oben genannten Kriterien und werden einander zugeordnet.

[1] <https://github.com/mie-lab/trackintel/blob/f62ba524c6fcaec29129dd82bba5366a18e43718/trackintel/preprocessing/util.py#L6>

# Datenaufbereitung – Moduskorrektur

- Die MyWay App erfasst zusätzlich zu den Etappen auch, mit welchem Verkehrsmittel diese durchgeführt wurden. In der MyWay App sind dabei folgende Modi vorhanden: {*tram, walk, train, motorbike, bus, boat, car, ecar, ebicycle, bicycle, coach, ski, kick\_scooter*}
- Während dem Tracking errechnet die App den wahrscheinlichsten Transportmodus einer Etappe und weist ihr diesen Modus zu. Der Nutzer hat dann die Möglichkeit, den Modus der Etappe zu korrigieren.
- Die Erfahrung aus anderen Projekten zeigt, dass vor allem bei Modi mit ähnlichen Fahreigenschaften ausschliesslich der häufigere Modus erkannt und zugeordnet wird (z.B. *ecar* und *car* werden meist beide als *car* erkannt). Es ist deshalb davon auszugehen, dass *kick\_scooter* und *ebicycle* oft als *bicycle* erkannt werden.
- Mithilfe der zusätzlichen Buchungsdaten der yumuv App und der vorherigen Zuordnung, können alle über die yumuv App buchbaren Modi für die Kontrollgruppe korrigiert werden. D.h., wenn eine Zuordnung getroffen wurde, wird der mit der MyWay App aufgezeichnete Modus durch *kick\_scooter* (bei Voi/Tier) oder *ebicycle* (bei Bond) ersetzt.
- In 499 von 770 Fällen (siehe vorherige Folie für die Zuordnung), wurde einer Etappe, der eine Buchung zugeordnet ist, nicht der passende Modus zugeordnet. Diese 499 Fälle wurden entsprechend korrigiert.

# Datenaufbereitung – Moduskorrektur

Modus vor Korrektur	Modus nach Korrektur	Anzahl Korrekturen
bicycle	ebicycle	24
bus	ebicycle	1
car	ebicycle	7
kick_scooter	ebicycle	2
train	ebicycle	1
walk	ebicycle	18
bicycle	kick_scooter	132
bus	kick_scooter	7
car	kick_scooter	25
ebicycle	kick_scooter	62
train	kick_scooter	1
tram	kick_scooter	4
walk	kick_scooter	215

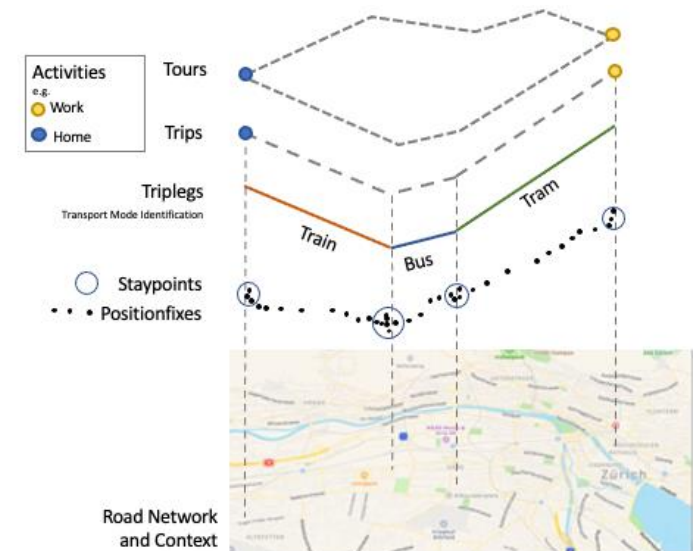
# Datenaufbereitung – Modushierarchisierung für Analyse

Ein Weg (Trip) besteht aus mehreren Etappen (Tripleg oder Stage). Jede Etappe eines Weges kann potentiell mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln absolviert werden (siehe Bild Datenmodell).

Für die späteren verkehrsplanerischen Analysen muss jedem Weg ein Primärmodus zugewiesen werden. Für die Zuweisung des Primärmodus wird ein hierarchischer Ansatz gewählt. Das heisst, dass für jeden Weg derjenige Primärmodus ausgewählt wird, der in einer dem Weg zugewiesenen Etappe vorhanden ist und in der Modushierarchie am höchsten steht.

Modushierarchie für Analyse:

*airplane* > *ski* > *car* > *ecar* > *motorbike* > *train* > *tram* > *bus*  
> *coach* > *boat* > *ebicycle* > *kick\_scooter* > *bicycle* > *walk*



Datenmodell: Ein Weg (Trip) kann aus mehreren Etappen (Triplegs) mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln bestehen

# Datenaufbereitung – Modushierarchisierung für nicht gewählte Alternativen

Die Parameter der nicht gewählten Alternativen werden mithilfe von MATSim berechnet. In MATSim sind weniger Modi als in der Tracking App abgebildet. Zusätzlich zur Hierarchisierung muss der Modus auf einen in der MATSim App verfügbaren Modus projiziert werden.

Die Reihenfolge der Modi (von links nach rechts und von oben nach unten) in der folgenden Liste stellt die Hierarchie der Modi dar. Der Pfeil stellt die Projektion der Modi dar.

- *Airplane, Ski* → No Routing
- *Car, ecar, motorbike* → car
- *Train, tram, bus, coach, boat* → public transport
- *Kick\_scooter, ebicycle, bicycle* → bike
- *Walk* → walk

# Datenaufbereitung – Map Matching

Um die Reisedistanzen der Nutzer in späteren Analysen realistischer einzubeziehen, werden die Etappen auf das Strassennetzwerk projiziert (Map Matching).

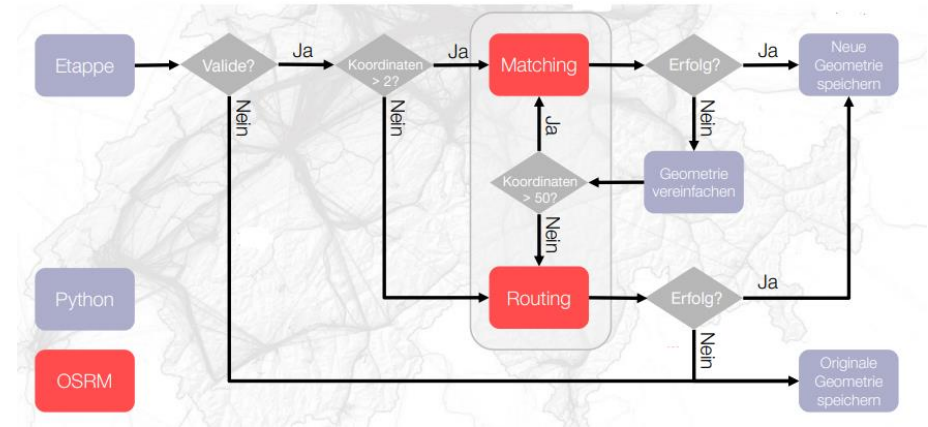
- Das Map Matching wird mit der *Open Source Routing Machine* (OSRM) [1] durchgeführt. Da die Konfiguration der Modi für die OSRM sehr aufwändig ist, werden die folgenden Modi für die OSRM definiert: *bicycle*, *bus*, *car*, *tram*. Alle anderen in der MyWay vorhandenen Modi werden entweder nicht gematched oder auf einen der definierten Modi zurückgeführt (siehe Zuordnungstabelle).
- Nicht netzwerkgebundene Modi (*airplane*, *boat* und *ski*) sind vom Map Matching ausgenommen. Zusätzlich sind auch die Modi *walk* und *train* vom Map Matching ausgenommen, da die Qualität der Ergebnisse für diese Modi im allgemeinen zu gering ist.

Original mode	OSRM mode
bicycle	bicycle
ebicycle	bicycle
kick_scooter	bicycle
bus	bus
car	car
coach	car
ecar	car
motorbike	car
train	-
tram	tram
walk	-
airplane	-
boat	-
ski	-

[1] <http://project-osrm.org/>

# Datenaufbereitung – Map Matching

- Das Map Matching mit der OSRM wird nach dem in der Abbildung gezeigten Prozess durchgeführt. Falls das Matching mit der OSRM nicht erfolgreich ist, wird die Geometrie mithilfe des Douglas-Peucker Algorithmus (Douglas and Peucker, 1973) vereinfacht. Dieser Schritt wird wiederholt, bis das Matching erfolgreich ist oder die Geometrie weniger als 50 Stützpunkte besitzt. Im letzten Fall wird versucht, die Geometrie durch ein Routing zu verbessern.
- Die ursprüngliche Geometrie wird durch die neue Geometrie ersetzt, falls der von der OSRM berechnete Qualitätswert (*confidence*) grösser als 0.9 ist.
- Das Map Matching ist bei 97'253 Geometrien erfolgreich, bei 1'074 Geometrien wird auf ein Routing zurückgegriffen und 72'070 Geometrien werden nicht verändert.





# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
- 3. Datenverarbeitung**
  1. Datenmodell und verwendete Datenquellen
  2. Datenaufbereitung
  - 3. Datenintegration**
4. Ergebnisse
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

# Datenintegration auf Trip Level

- Ein Grossteil der verkehrsplanerischen Analysen findet auf Ebene der Trips statt. Dafür wird das sogenannte *choice set* generiert, bei dem alle Variablen, deren Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl überprüft werden soll, zum Zeitpunkt des Starts des Trips aufgeführt sind.
- Die Datenquellen für die im *choice set* vertretenen Grössen sind im Wesentlichen:
  - Tracking daten (MyWay App)
  - Buchungsdaten (yumuv App)
  - Umfragedaten (Demografie, Informationen zu Haushalten, Abo und Mobilitätswerkzeugsbesitz)
  - MSP Verfügbarkeit (Nächstes Fahrzeug und Fahrzeugdichte je MSP)
  - Kontextdaten (Temperatur, Niederschlag, Bewölkungsgrad, Windgeschwindigkeit, Höhenunterschied Start/Ende)

# Datenintegration – Zuordnung Kontextdaten

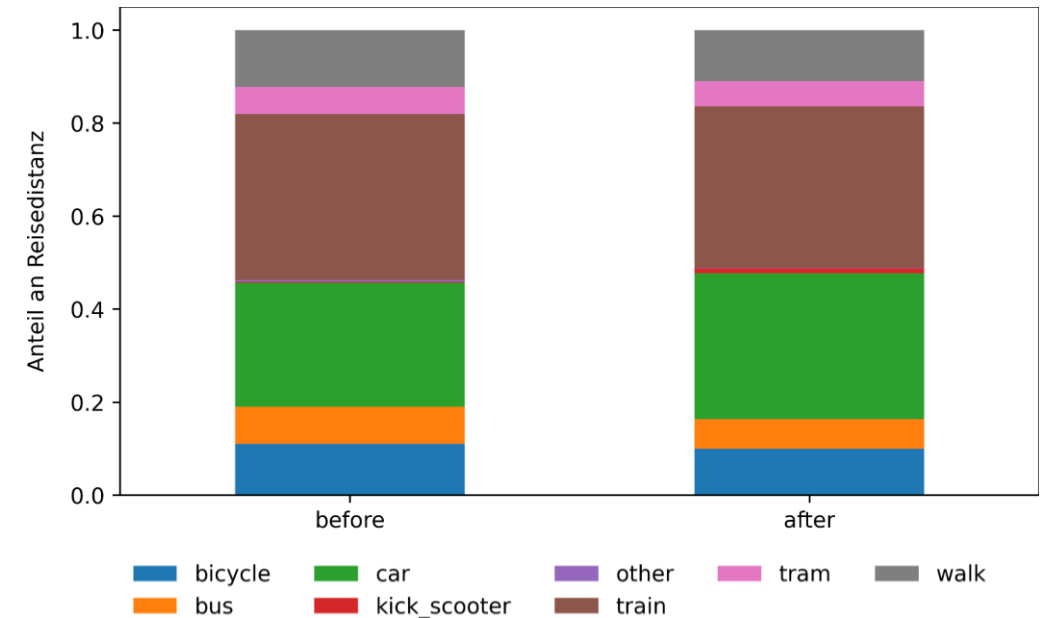
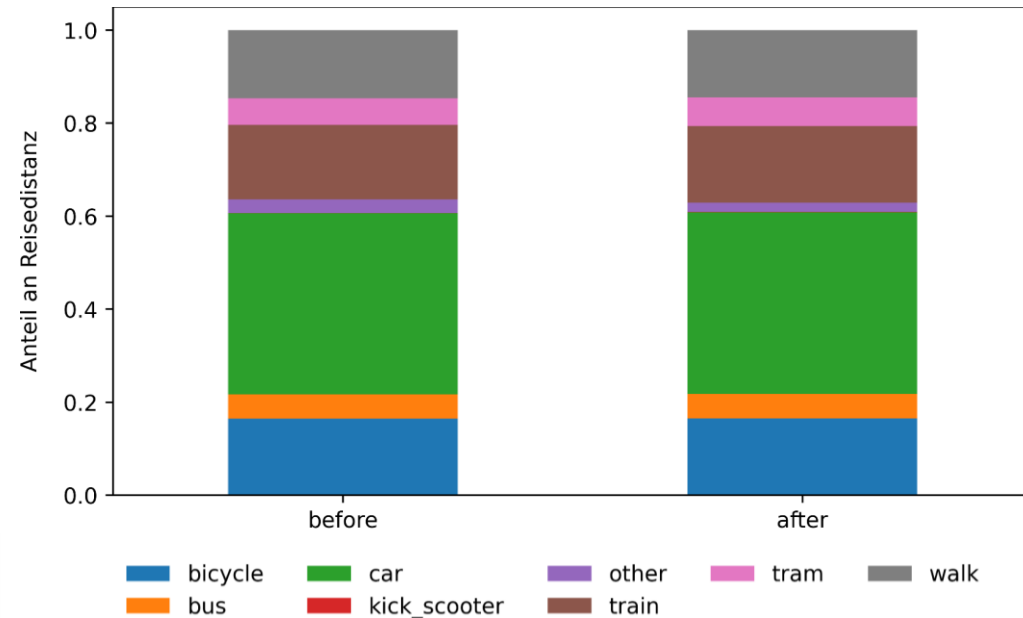
- Jedem Trip werden die **Wetterinformationen**, die zum Startpunkt am Startort des Trips verfügbar sind, zugeordnet.
- Die **Höhendaten** werden verwendet, um für jeden Weg die Differenz zwischen Start und Endpunkt zu berechnen.
- Für die Analyse der **Fahrzeugverfügbarkeit** werden jedem Weg 2 Merkmale zugeordnet:
  - Distanz zum nächsten Fahrzeug (jeweils für Bond, Voi, Tier. Maximale Suchdistanz 500 Meter)
  - Anzahl Fahrzeuge im Umkreis von 250 Meter (jeweils für Bond, Voi, Tier)

# Datenintegration – Raum-zeitliche Filterung

- Trips < 2 Minuten werden nicht berücksichtigt
- Nur Wege, die sowohl im ZVV Abdeckungsbereich starten und enden, werden für das choice set berücksichtigt.

# Überblick über Daten – Modal Split Distanz (ZVV) – Vorher/Nachher

Vergleich Modalsplit nach Reisedistanz vor und nach der Intervention.  
Kontrollgruppe (links) und Interventionsgruppe (rechts).



- Entscheidend bei der Einteilung in vorher/nachher ist der Moment, in dem das yumuv Abo bezogen wurde.
  - Interventionsgruppe vorher → Alle Daten vor dem ersten Abokauf
  - Interventionsgruppe nachher → 4 Wochen nach Kauf des ersten Abos (=Dauer des ersten Abos, genaues Datum variiert je Person)
  - Start und Endzeiten der Kontrollgruppe entsprechen den mittleren Zeiten für Start und Ende aller Teilnehmer der Interventionsgruppe.
- Durch die Unterschiede im vorher-Tracking zwischen Kontrollgruppe und Interventionsgruppe ist eine weitere statistische Analyse für Aussagen zur Auswirkung notwendig.

# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
3. Datenverarbeitung
- 4. Ergebnisse**
  - 1. Mobility as a Service (Ergebnisse aus verkehrsplanerischer Sicht)**
  2. Methodik (Ergebnisse aus Sicht des Geo-Information-Engineering)
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

# Leitfragen aus verkehrsplanerischer Sicht

1. **Wer nutzt yumuv?**
2. Wie wird yumuv genutzt?
3. Wie wirkt yumuv auf die Verkehrsmittelwahl?

# Datengrundlage für die folgenden Seiten

- Die folgenden Auswertungen basieren auf einem Vergleich der Umfragedaten der 1. Umfrage der Forschungskunden (n = 71) ggü. der Kontrollgruppe (n = 427).
- Die Gruppe der Forschungskunden (im Folgenden: «yumuv-Nutzer») zeichnet sich dadurch aus, dass sie im August 2020 das yumuv Abo easy (60 min Voi, Tier, Bond für 19 CHF / Monat) gekauft haben, während die Kontrollgruppe dies nicht getan hat.



# yumuv-Nutzer sind tendenziell jung und männlich

	yumuv	KG
• Geschlecht (männlich)	76%	48%
• Alter (median)	32	36
• Höchster Ausbildungsabschluss:		
• Universität / Hochschule	75%	78%

# yumuv-Nutzer haben häufiger ein geringeres Einkommen als die Kontrollgruppe, sie befinden sich aber auch häufiger in Ausbildung

	yumuv	KG
• Monatliches Bruttoeinkommen (HH):		
• weniger als CHF 4 000	15%	6%
• CHF 4 001 – 8 000	23%	23%
• CHF 8 001 – 12 000	17%	28%
• CHF 12 001 – 16 000	17%	23%
• mehr als CHF 16 000	20%	18%
• keine Angabe	8%	3%
• Beschäftigung*:		
• Berufstätig	80%	85%
• in Ausbildung	23%	9%

\* Mehrfachauswahl möglich

# yumuv-Nutzer besitzen mehr Velos, aber weniger E-Bikes und E-Trottinets als Kontrollgruppe

	yumuv	KG
• Anzahl Velos im Haushalt:		
• 0	10%	17%
• 1	18%	20%
• 2+	72%	63%
• Anzahl E-Bikes im Haushalt:		
• 0	92%	85%
• 1	7%	10%
• 2+	1%	5%
• Anzahl E-Trottinets im Haushalt:		
• 0	100%	97%
• 1	0%	3%
• 2+	0%	0%

# yumuv-Nutzer besitzen häufiger ein GA und seltener Autos als die Kontrollgruppe

	yumuv	KG
• Anzahl Autos im Haushalt:		
• 0	68%	44%
• 1	31%	46%
• 2+	1%	10%
• öV Abonnement:		
• ZVV	34%	37%
• GA	55%	14%

# Hauptgründe für den Besitz eines ÖV Abonnements sind Kostenersparnis und Einfachheit. yumuv-Nutzern wird häufiger ein ÖV Abonnement von ihrem Arbeitgeber zur Verfügung gestellt

	yumuv	KG
• Warum besitzen Sie ein ÖV Abonnement? (Mehrfachauswahl möglich)		
• Es ist günstiger als Einzeltickets.	76%	68%
• Es beschränkt meine maximalen Ausgaben.	18%	17%
• Es ist leichter mit der gleichen Summe zu planen.	21%	10%
• Es ist einfacher als Einzeltickets.	66%	50%
• Es trägt dazu bei, dass ich mehr ÖV nutze.	31%	23%
• Mein Arbeitgeber stellt es mir zur Verfügung.	30%	13%

# COVID-19: Im Juli 2020 waren 8-10% der Teilnehmer in Kurzarbeit, 34-39% haben mind. einen Tag je Woche im Home-Office gearbeitet

	yumuv	KG
• Sind Sie aktuell in Kurzarbeit?		
• Ja	10%	8%
• Nein	70%	77%
• keine Angabe	20%	15%
• An wie vielen Tagen arbeiteten Sie zu Hause im Home-Office?		
• 0	38%	38%
• 1	10%	10%
• 2	14%	12%
• 3	7%	6%
• 4	6%	2%
• 5+	2%	4%
• keine Angabe	33%	28%

# Flexibilität und Zeit sind die wichtigsten Reise-Prioritäten für beide Gruppen, Komfort, Umwelt und Preis die weniger wichtigen Prioritäten

	yumuv				KG			
	Wichtig	Eher wichtig	Eher unwichtig	Unwichtig	Wichtig	Eher wichtig	Eher unwichtig	Unwichtig
• Was sind Ihre generellen Prioritäten beim Reisen?								
• Preis	54%	27%	17%	3%	43%	35%	19%	2%
• Flexibilität	69%	25%	4%	0%	61%	32%	7%	0%
• Komfort	39%	38%	20%	1%	40%	39%	19%	2%
• Zeit	66%	28%	6%	0%	64%	29%	7%	0%
• Umwelt	49%	34%	10%	7%	43%	38%	17%	2%

# «Neue» Verkehrsmittel und Mobilitätsdienstleistungen weitestgehend bekannt, bei yumuv-Nutzern noch häufiger als unter Kontrollgruppe

	yumuv	KG
• Von welchen dieser «neuen» Verkehrsmittel haben Sie schon einmal gehört?		
• E-Bike	99%	98%
• E-Trottinett	99%	97%
• Von welchen dieser «neuen» Mobilitätsdienstleistungen haben Sie schon einmal gehört?		
• Carsharing (z.B. Mobility, Catch a Car)	97%	98%
• (E-)Bikesharing (z.B. PubliBike, Smide / Bond)	97%	90%
• E-Trottinett Sharing (z.B. Bird, Lime, Tier, Voi)	99%	93%
• Uber	99%	98%



# Höhere Verfügbarkeit neuer Mobilitätsdienstleistungen am Wohnort als am Arbeits-/Ausbildungsort

	yumuv	KG
• Welche der folgenden Mobilitätsdienstleistungen sind an Ihrem Wohnort verfügbar?		
• Carsharing (z.B. Mobility, Catch a Car)	87%	87%
• (E-)Bikesharing (z.B. PubliBike, Smide / Bond)	73%	76%
• E-Trottinett Sharing (z.B. Voi, Lime, Bird, Tier)	75%	80%
• Uber	83%	86%
• Öffentlicher Verkehr	100%	97%
• Welche der folgenden Mobilitätsdienstleistungen sind an Ihrem Arbeits-/ Ausbildungsort verfügbar?		
• Carsharing (z.B. Mobility, Catch a Car)	76%	59%
• (E-)Bikesharing (z.B. PubliBike, Smide / Bond)	66%	51%
• E-Trottinett Sharing (z.B. Voi, Lime, Bird, Tier)	61%	53%
• Uber	69%	67%
• Öffentlicher Verkehr	87%	80%

# yumuv-Nutzer sind häufiger Mitglied / Nutzer bei neuen Mobilitätsdiensten

	yumuv	KG
• Bei welchen der folgenden Angebote sind Sie aktuell Mitglied bzw. Nutzer?		
• Mobility Carsharing (inkl. Catch a Car)	46%	32%
• Mitfahrzentrale / Mitfahrgelegenheit / BlaBlaCar	14%	9%
• Uber	75%	54%
• PubliBike	52%	14%
• Smide / Bond	38%	6%
• Tier	39%	12%
• Voi	27%	6%
• Lime	52%	18%
• Bird	46%	15%

# Abonnements bei Bikesharing Diensten generell selten, meist wird Pay-as-you-Go genutzt

	yumuv	KG
• Welche der folgenden Mitgliedschaften bei «PubliBike» haben Sie?		
• QuickBike (keine Monats-/Jahresgebühr)	30%	7%
• EasyBike (erste 30 min Velo gratis)	3%	2%
• FreeBike (erste 30 Min Velo & E-Bike gratis)	10%	2%
• Andere	10%	3%
• Keine	47%	86%
• Welche der folgenden Mitgliedschaften bei «Smide / Bond» haben Sie?		
• Easy (täglich 6 km kostenlos)	1%	0%
• Halbtax (50% auf jede Fahrt)	8%	0%
• Keine	91%	100%

# Für yumuv-Nutzer sind (E-)Bike-Sharing, E-Trottinett-Sharing und Carsharing die attraktivsten Abo-Komponenten, für die Kontrollgruppe die ÖV-Abos

	yumuv	KG
• Wenn Sie sich selber ein Mobilitätsabonnement zusammenstellen könnten, was wäre darin enthalten? (Mehrfachantwort möglich)		
• Verbund Abonnement	45%	66%
• Halbtax	38%	70%
• GA	51%	34%
• (E-)Bike-Sharing	85%	46%
• E-Trottinett-Sharing	76%	29%
• Carsharing	68%	53%
• Uber	34%	35%
• Taxi	11%	15%

# Leitfragen aus verkehrsplanerischer Sicht

1. Wer nutzt yumuv?
2. **Wie wird yumuv genutzt?**
3. Wie wirkt yumuv auf die Verkehrsmittelwahl?

# Datengrundlage für die folgenden Seiten

- Die folgenden Auswertungen basieren auf den Umfragedaten der 2. Umfrage lediglich für die Forschungskunden (n = 71).
- Die Gruppe der Forschungskunden (im Folgenden: «yumuv-Nutzer») zeichnet sich dadurch aus, dass sie im August 2020 das yumuv Abo easy (60 min Voi, Tier, Bond für 19 CHF / Monat) gekauft haben.

# Die meisten Forschungskunden haben über Flyer/Aushänger im ÖV von der Studie erfahren

- Wie haben Sie von yumuv erfahren?  
(Mehrere Antworten möglich)
  - Flyer/Aushänger im ÖV 37%
  - Medien (z.B. Watson, 20 Minuten) 22%
  - Facebook & Instagram & LinkedIn 12%
  - Andere 40%
    - Freunde & Familie 3%
    - Arbeit & Kollegen 4%
    - ETH & Studie 11%
    - Intranet Stadt Zürich 4%

# Alle Forschungskunden haben das yumuv easy Abo gekauft. Die Hälfte gibt an, es nach dem ersten Monat auch noch einmal verlängert zu haben

- Welches yumuv Abo haben Sie gekauft?
  - yumuv easy (19 CHF / Monat) 100%
  - yumuv premium (119 CHF / Monat) 0%
- Haben Sie das yumuv Abo nach dem ersten Monat noch einmal verlängert?
  - Ja 51%
  - Nein 49%

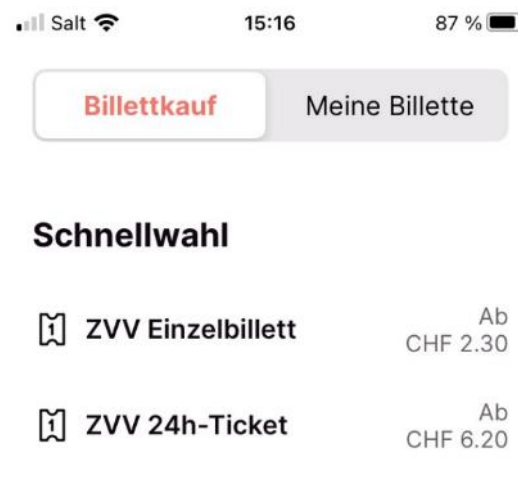


Forschungskunden nutzen hauptsächlich Verfügbarkeitsanzeige der yumuv-App und selten den Routenplaner. So gut wie nie werden öV-Tickets gekauft, da alle yumuv-Abonnenten auch öV Abonnements haben.

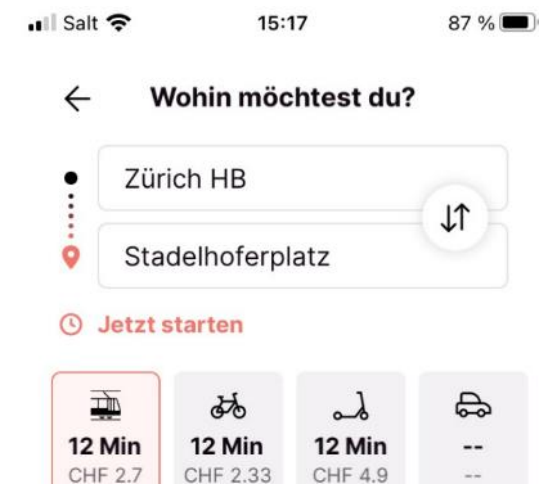
Verfügbarkeit



öV Tickets



Routenplaner



Häufig	69%	0%	4%
Selten	20%	4%	25%
Nie	11%	96%	70%

# In welchen Situationen nutzen Sie die yumuv App?

## Zusammenfassung der qualitativen Antworten

- Kurzfristiges / schnelles Reisen 28%
- Buchung von E-Trotinetts / E-Bikes 24%
- Kein öV verfügbar oder nur langsame Verbindung / zu Randzeiten 16%
- In der Freizeit 5%
- Erste / letzte Meile 4%

# In welchen Situationen nutzen Sie die yumuv App?

## Details (1/3)

- "Wenn ich schnell irgendwo hinkommen will. Z.B. zum Fitnessstudio oder schnell einkaufen."
- "Wenn kurzfristig von A nach B gehen muss und kein öv vorhanden ist."
- "Wenn es schlechtes Wetter gab und ich demnach nicht mit dem eigenen Bike unterwegs bin, auf einmal tolles Wetter und ich will nicht mit Tram heimfahren. Spontane Fortbewegung in der City"
- "Spätabends oder falls eigenes Fahrrad zu Hause"
- "bond bike/trotti finden und buchen"
- "Weg zwischen Wohnung und Bahnhof, Einkaufen"
- "Um mal mit dem e-Velo nach Oerlikon zu fahren und ab und zu kleine Distanzen mit dem Scooter zu machen."
- "Für kurze Strecken statt ÖV oder laufen"
- "Freizeit"
- "Suche nach alternativer Verbindung"
- "Für E-Scooter"
- "E scooter"
- "immer wenns schnell gehen muss."
- "ÖV verpasst, keinen direkten Anschluss."
- "Bus verpasst, schön wetter, Termin mit öv zu knapp"
- "Für kurze strecken mit Scooter. Viel angenehmer als jedes mal brutal genau auf unlockgebühr und auf minutenpreis zu achten. Sehr cool so prepaid guthaben."
- "Scooter"
- "Zur Buchung von Fahrten über das yumuv-Abo. Ticketkauf nutze ich nicht, da GA vorhanden."
- "Zeitgewinn Wenn kein ÖV alternative für kurzstrecke besteht"
- "Wenn ich rasch ein E-Scooter oder E-Bike benötige, aber auch wenn ich denke es ist schöner an der Luft zu fahren als ein Tram oder Bus zu nehmen. yumuv bietet mir die Möglichkeit aus einem Pool von E-Scootern und E-Bikes zu wählen."
- "Buchen von Scooter/Smide"
- "Für den Heimweg vom Bahnhof/Tramhaltestelle oder innerhalb der Stadt zum nächsten Lokal."
- "Wenn ich unterwegs bin und ein E-Trottinett brauche"
- "Einkaufen gehen mit einem Scooter, zur Uni fahren"
- "Nach dem letzten Tram/Bus"
- "Bond Fahrrad mieten."
- "Also Ergänzung zum ÖV. Auf kurzen Strecken ohne ÖV"
- "täglich"

# In welchen Situationen nutzen Sie die yumuv App?

## Details (2/3)

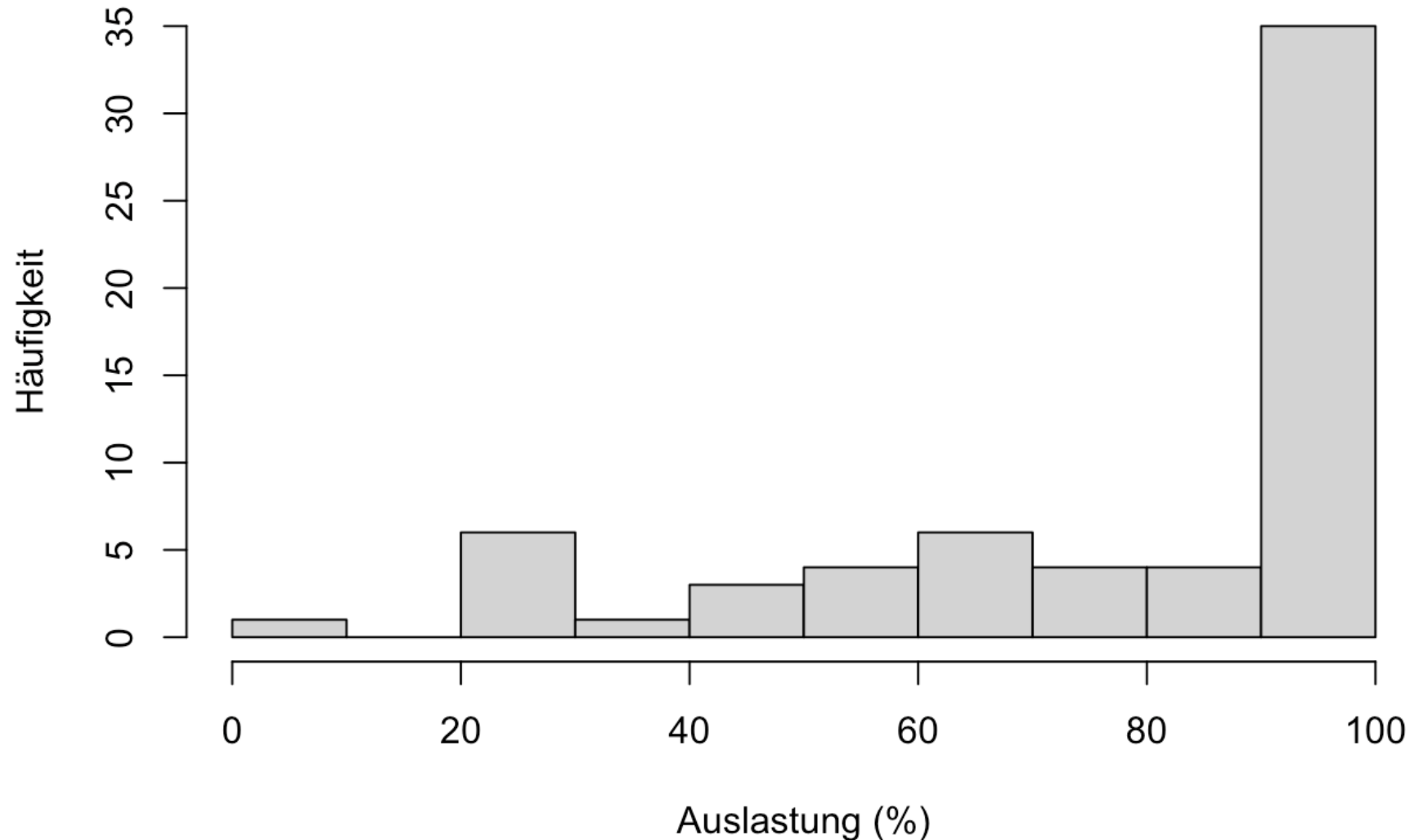
- "Pendeln, Freizeit (Rückkehr aus Ausgang)"
- "Wenn ich schnell einen Scooter oder ein Fahrrad brauche und keine Lust habe, öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen."
- "Von der Tramhaltestelle ins Geschäft."
- "Freizeit (im Ausgang) oder bei der Fahrt zur Arbeit"
- "Bei kleinen Strecken."
- "Wenn ich keine Lust auf ÖV hatte oder wenn ich schnell von A nach B wollte mit einem Sharing-Anbieter"
- "Um in der Stadt schnell voranzukommen. Wenn ich soü drann bin, das LV sich nicht lohnt und dann ein Scooter nehme. Um verbindungen nachzuschauen"
- "E-Trotti"
- "Wenn ich einen e-Scooter benötige"
- "Nicht mehr. (Nutzte sie für innerstädtische Verbindungen, wo der ÖV Lücken hat oder langsam ist.)"
- "wenn es stressig ist und ich schnell zu Haltestellen kommen muss oder einfach um den ÖV mit Maskenpflicht zu meiden, vor allem aber bei schönem Wetter"
- "'- Muss mich zum Zug beeilen
- - Muss weit gehen und bin müde"
- "In jeder zum schauen wo ich bin was ich machen und für den test"
- "Immer, wenn ich bond, voi oder tier brauchen möchte"
- "Wenn ich die tram verpasst habe. Wenn ich mich schnell orientieren will um den besten ov weg zu finden. Zum buchen von escooter"
- "Ich habe die App nicht benutzt"
- "Um eScooter zu finden."
- "Spontan schnell irgendwohin muss"
- "Wenn ich ein Scooter brauch"
- "Kleinere Strecken, wenn es eilt oder ich zu faul bin"
- "Wenn ich knapp mit den ÖV bin dann nutzte ich das Elektro Bike"
- "Zum Auffinden von Escooter und zur Buchung"
- "Geschäftlich innerhalb der Stadt Zürich"
- "Als alternative für kurze Reisen"
- "Freizeit in der Stadt: beim Shoppen schneller vorwärts kommen und zum Spass"
- "Um kurze Fusstrecken schneller überbrücken zu können. Also zum Beispiel schneller vom Bahnhof nach Hause zu kommen. Oder als letzte Change, falls zum Beispiel kein PubliBike mehr verfügbar ist, nehme ich den Elektroroller. Speziell praktisch spät abends, wenn sonst kein ÖV mehr fährt."

# In welchen Situationen nutzen Sie die yumuv App?

## Details (3/3)

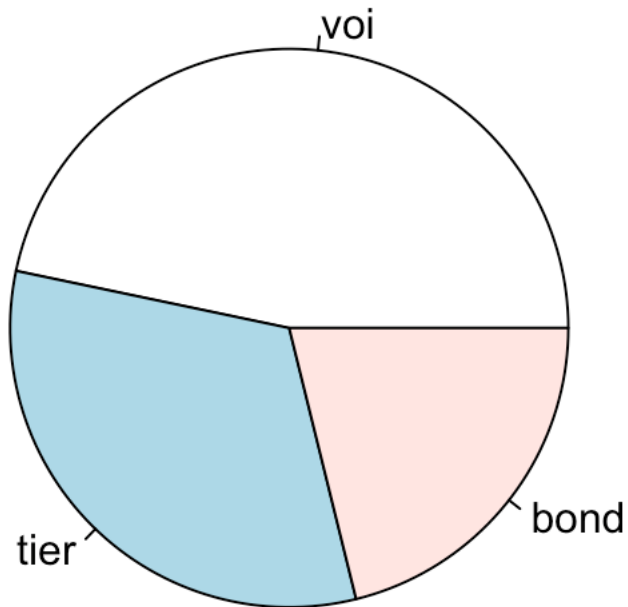
- "Wenn, der öV keine Verbindungen anbietet. Um schnell die nächste öV Station zu erreichen."
- "Wenn ich ein Abo habe und ein E-Scooter benötige."
- "Für die Studie"
- "bei trockenem wetter wenn kein gerade Tram fährt, oder für oneway fahrten um zum eigenen Fahrrad zurückzugelangen (Fahrrad an einem anderen Ort abgestellt)"
- "im Alltag, vor allem auf dem Arbeitsweg in der Stadt"
- "Nur oft reingeschaut. Leider war nie ein Smide/ Bond verfügbar"
- "über Mittag fürs Mittagessenholen"
- "For short ride and in emergency"
- "Habe nur als Solidarität mitgemacht, habe diese bis heute nicht gebraucht."
- "per il tempo libero e i tragitti casa-lavoro"
- "Entriegeln, reservieren d. Fahrzeuge."
- "für e-Trotti Entsperrung, aus Neugierde wie sich die App entwickelt hat :-)"
- "kein Bus mehr fährt"
- "Gar nie"
- "Um zu sehen, mit welchem ÖV (Tram,Bus,Zug) am schnellsten von A nach B komme und welche Zeit dieser an meiner Haltestelle abfährt. Oder wo ich das nächste smide bike oder Elektro scooter finde."
- "-Wenn es schnell gehen muss -Am Abend -Wenn ich das velo zuhause gelassen habe"
- "- Wenn ich unterwegs bin und eine schnelle und einfache Mobilitätslösung brauche (e.g. schnell zum Bahnhof wegen einer Zugverbindung kommen muss)
  - Um in der Stadt von A nach B zu kommen.
  - Wenn die öV Verbindung nicht die gewünschte Reisezeit widerspiegelt."

Etwa 50% der Forschungskunden nutzen ihr Guthaben (60 Minuten) des yumuv easy Abos nicht vollständig aus.

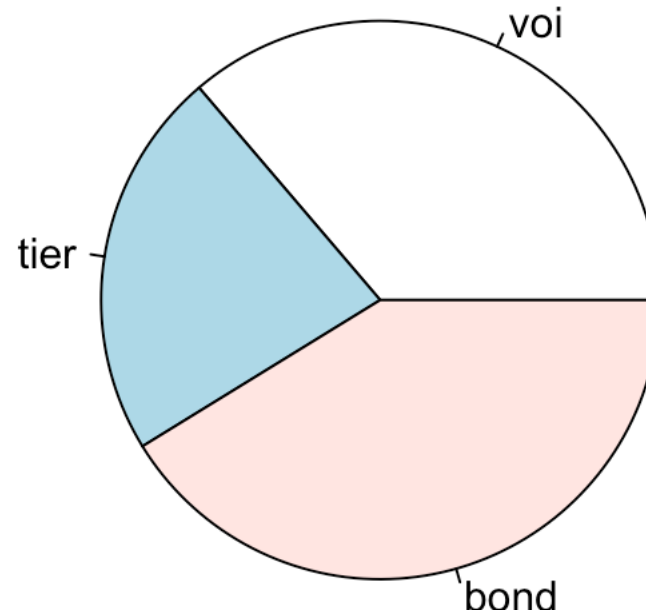


# Die meisten Fahrten werden mit E-Trottinett Anbietern durchgeführt

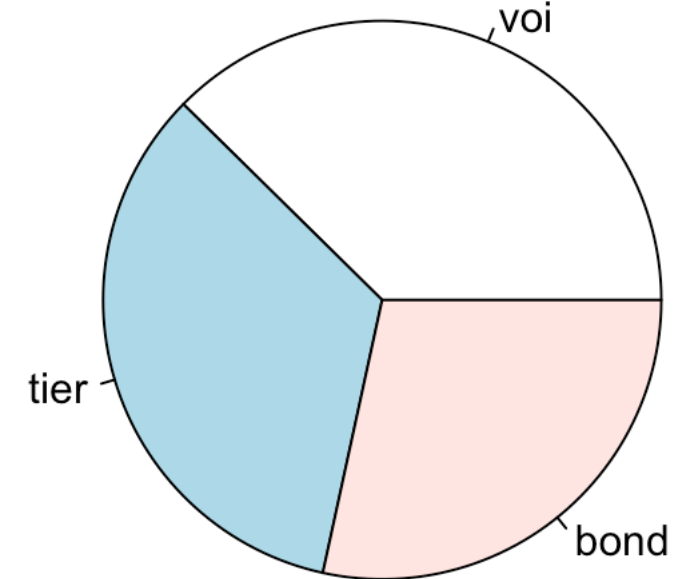
## MSP-Nutzung nach Fahrten



## MSP-Nutzung nach Fahrzeit



## MSP-Nutzung nach CHF



# Die meisten Forschungskunden würden die App Freunden oder Kollegen weiterempfehlen sowie die App nach Ende des Projekts weiter nutzen

• Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie die yumuv App einem Freund oder Kollegen weiterempfehlen werden?

• 0 (unwahrscheinlich)	1%
• 1	4%
• 2	3%
• 3	7%
• 4	4%
• 5	4%
• 6	13%
• 7	25%
• 8	15%
• 9	8%
• 10 (wahrscheinlich)	17%

Resultierender  
NPS: -12

• Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie die yumuv App nach Ende des Forschungsprojekts weiter nutzen?

• 0 (unwahrscheinlich)	7%
• 1	8%
• 2	7%
• 3	14%
• 4	3%
• 5	1%
• 6	18%
• 7	8%
• 8	6%
• 9	10%
• 10 (wahrscheinlich)	17%



# Wie kann die yumuv-App verbessert werden?

## Zusammenfassung

- Integration weiterer Anbieter  
(v.A. Publibike, weitere E-Trottinett-Anbieter) 39%
- Ausweitung Systemfunktionen  
(z.B. Navi zum nächsten E-Trottinett, Integration  
VBZ Abos, Anzeige gesperrter Zonen,  
km Abrechnung, Integration SBB App) 24%
- Abo-Vielfalt ausbauen und günstigere Abos 19%
- Systemstabilität erhöhen 10%
- «Alles gut so» 8%

# Wie kann die yumuv-App verbessert werden?

## Details (1/4)

- "Die Bekanntheit steigern (Name ist mir noch immer nicht geläufig), Fahrplan besser einbinden (Vertrautheit mit SBB App herstellen)"
- "Günstigeres Abo"
- "Ich finde die App so wie sie ist schon gut"
- "Bond hat eine sehr schlechte Verfügbarkeit, echt Schade!"
- "Ticketverkauf verbessern, in dem erkannt wird, welche Abos ich bereits besitze und was in de Fall das beste Billet ist für mich."
- "Super, für die die es benutzen."
- "geschwindigkeit ist alles. sofort anzeigen was verfügbar, sofort buchen, sofort zurück geben. alles andere ist sekundär. es kann nie genug schnell gehen."
- "Die App ist eigentlich in Ordnung. Das Abo deutlich zu teuer, daher würde ich auch die App nicht gross weiterempfehlen."
- "Mehr Service. Nicht minuten, sondern km-Abrechnung --> weniger Stress. z.B. bei BOND sowieso so möglich."
- "Kürzere prepaid pakete oder längere Gültigkeit. 60min für unlimitierte Laufzeit wäre sehr viel besser als 60min/monat, brauche nie so viel. Lieber etwas prepaid und dann spontan brauchen als dass es ende Monat ungebraucht verfällt aber nächster Monat zu wenig..."
- "Verfügbarkeit in Winterthur"
- "Durch Integration weiterer Mobilitätsanbieter."
- "Teils läuft System noch nicht so stabil..."
- "Ein einziges Mal hatte ich ein Problem. Ich habe in der yumuv App einen Voi Code gescannt, irgendwie konnte er den Code nicht lesen, darum habe den Fahrzeug Code von Hand eingegeben. Dann kam die Meldung, dieses Fahrzeug ist nicht mehr verfügbar. Gleichzeitig wurde jedoch der E-Scooter freigeschaltet und ich fuhr mit ihm los. Die Fahrt zu beenden war dann nicht möglich da ich gemäss yumuv gar nichts gemietet hatte. Somit musste ich den Voi Support anrufen damit dieser die Fahrt beendete."
- "- Mehr Anbieter"
- "Noch mehr Partner"
- "Für mich ist das Abo zu teuer, sonst würde ich sie nutzen"
- "Ich finde die Idee und das System sehr gut. Ich werde mir jedoch nicht erneut ein Abo kaufen, weil mir dies als Student zu teuer ist. Ich bin oft mit yumuv gefahren, weil es sich gerade angeboten hat oder ich fünf Minuten schneller am Ziel sein wollte. Auf lange Sicht lohnt es sich für mich aber nicht."
- "Mehr Fahrradanbieter integrieren z.B. in weiteren Städten."
- "mehr Anbieter von E-Trottis und Bikes aufnehmen"

# Wie kann die yumuv-App verbessert werden?

## Details (2/4)

- "mehr Anbieter. Bird z.B."
- "Publibike und weitere Mobilitätsträger ergänzen"
- "Intermodale Reiseketten anbieten (inkl. Reservationsmöglichkeiten). Ausgangstandort beim Pendeln speichern (beispielsweise wenn ich jeweils den Zug an Bahnhof X verlasse)."
- "Wenn die Fahrzeuge dazukommen. Ansonsten finde ich die App wirklich Top!"
- "Mehr Anbieter aufnehmen. Oft standen Roller von der Konkurrenz da. Die konnte man nicht buchen. Was ärgerlich war."
- "unbedingt mehr TrottiAnbieter. mit nur 2 von 5 (weiss nicht genau wieviele es sind) ist das zu wenig"
- "Es könnten die 4 grössten e-scooter Anbieter zur Verfügung gestellt werden"
- "Mehr Anbieter und ein interessanteres Abo-Angebot. Bsp. für 19.- im Monat 30' Fahrtzeit mit irgendeinem Sharing Anbieter pro Tag. 60min pro Monat bringen ja nichts und das teurere Abo ist viel zu teuer!"
- "Es wäre toll wenn es anhand des Codes erkennen würde, ob es sich um ein Tier oder ein anderes Trottinett handelt."
- "schnellere Öffnung / mehr Scooteranbieter aufnehmen"
- "Publibike integration. Bessere combi von ÖV und Mietobjekten bei Verbindungen. Möglichkeit, anschlussbilette für den ganzen VBZ zu lösen. Mehr abo optionen. de split 19.90 und 119.00 CHF ist zu breit. auch die möglichkeit, nach verbrauch der genutzten inklusivminuten, das abo von dem tag an zu starten(und neu zahlen) wo man will. stadt bis zum ablauf des monats zu warten."
- "Es gab Fehler bei der Rechnungen, damit wurde viel mehr Geld gebucht als richtig, das Problem ist bis heute nicht gelöst."
- "Die App ist super, das Problem ist die Verknüpfung mit einem ZVV-Jahresabo als Voraussetzung. Das zerstört den finanziellen Anreiz. Für mich wäre ein yumuv-Abo eine bedenkenswerte Alternative (ich würde dann wohl aufs Jahresabo verzichten und konsequent Einzelfahrten lösen). Als Ergänzung zum bestehenden Abo rechnet es sich nicht."
- "mehrere Abomöglichkeiten, klarstellen, dass die gratis Aufschlussgebühr nach den 60min nicht mehr gilt! sollte man aber, wenn man ein Abo hat anbieten, dass die Aufschlussgebühr auch nach den 60min noch gratis ist. Dann wird die App sicher ein Verkaufsschlager. mehr auswahl bei den Ebikes, da ich zum Teil grossen Respekt vor diesem schnellen Modell habe. Ein etwas leistungsschwächeres Bike zur Auswahl wäre noch praktisch"

# Wie kann die yumuv-App verbessert werden?

## Details (3/4)

- "Wenn man sehen könnte ob die Fahrzeuge im verbotenen sind oder die garnicht angezeigt werden So das man Fehler machen kann. Sonst super app"
- "PubliBike ;-)"
- "Wenn ich den Weg suche und danach das Fahrzeug wähle, wäre gut, wenn der Weg wie ein Navi angezeigt wird."
- "Zu ausgewähltem Velo/Scooter in Maps App navigieren"
- "Weitere Scooter Anbieter hinzunehmen. Mir gefiel vor allem, dass ich dort mehrere Anbieter in einer App hatte."
- "Mehr Anbieter"
- "Wenn es integriert wäre in einer App die ich häufig brauche wie SBB z.B."
- "Weitere Anbieter"
- "Günstigere Tarife für die eingebundenen Sharing mobility Angebote"
- "Fahrplanfunktion geht nicht immer / nur für Zürich nützlich --> Google maps überall möglich"
- "'- Erschliessung weiterer Städte. Anzeige von Fussgänger-Zonen oder gesperrten Zonen wo E-Scooter langsamer fahren. E-Scooter aller Marken"
- "Die App finde ich super, evtl. könnte sie noch etwas schneller aufstarten oder das Blitzlicht beim Handy standardmässig eingeschaltet sein, wenn man einen QR-Code scannen will. Das yumuv-Abo ist mir aber zu teuer, ich werde aber trotzdem sporadisch weiter einen Elektroroller über die App ausleihen. Es wäre toll, wenn noch mehr Rolleranbieter bei der App mitmachen würden, oder z.B. auch Publibike...Leider habe ich nie ein Bond-Velo in der Nähe gesehen, von diesen gibt es klar zu wenige..."
- "Eventuell noch die anderen E-Scooter anbieter einbinden und vielleicht noch Car-sharing o.ä. Das Design ist an sich recht einfach und schön. Vielleicht sind auch noch weitere Abos, bzw. mit mehr leistung möglich (mehr minuten etc.) aber selbstverständlich nur wenn möglich."
- "Routenplaner scheint mir teilweise unrealistische Angabe zu machen (prognostizierte Fahrzeit z.b mit BOND viel zu lange). Deshalb habe ich ihn nicht mehr weiter benutzt."
- "Aktuell öffnet sie bei mir nicht. Google Maps Infos zu POI etc würde Karte lesbarer machen. Flat rate wäre till (habe aktuell GA)"
- "Availability on all locations"
- "Ich benutzte nur MyWay, und dort hat sich die APP durch Updates in der Zwischenzeit verbessert"

# Wie kann die yumuv-App verbessert werden?

## Details (4/4)

- "abbonamenti mensili o annuali più convenienti. premi se viene restituito il veicolo in zone di ricarica. possibilità di pagare a km o a tempo di utilizzo"
- "Aboangebote verbessern."
- "Ich finde die App für die Übersicht an verschiedenen Sharing Angeboten super. Da ich aber sehr selten BOND oder E-Trottis nutze, ist die App für mich noch nicht von grossem Mehrwert. Ich nutze öfters PubliBike und Mobility, falls diese integriert wären, würde ich in yumuv einen grösseren Mehrwert sehen."
- "Einbindung des SBB Apps"
- "Ich nutzte und nutze bereits bestehende Angebote, weshalb sollte ich noch zus CHF bezahlen? Ausserdem müssten die bestehenden Abos von Bond, Mobility, ZVV etc integrierbar sein"
- "Das alle Anbieter von electro scooter zum Beispiel Bird und Lime ebenso aufgelistet sind."
- ""-Weitere Anbieter -mehr, bessere Abos"
- "Soweit so gut von meiner Sicht her. Evtl. könnte die Positionsangabe der Scooters oder Bikes noch genauer sein - es ist nicht immer da wie es in der App angegeben wird."

# Leitfragen aus verkehrsplanerischer Sicht

1. Wer nutzt yumuv?
2. Wie wird yumuv genutzt?
3. **Wie wirkt yumuv auf die Verkehrsmittelwahl?**

# Statistische Modelle erlauben die Erklärung der Nutzung und der Wirkung von yumuv auf die Verkehrsmittelwahl

- Die grundsätzliche Idee eines Verkehrsmittelwahlmodells ist, die Verkehrsmittelwahl mit Hilfe unterschiedlicher Variablen (z.B. Weg-Charakteristika, Verkehrsmittel-Charakteristika, Personen-Charakteristika) zu erklären.
- Ein Verkehrsmittelwahlmodell ist die sinnvollste Möglichkeit, die Wirkung von yumuv auf die Verkehrsmittelwahl quantitativ zu analysieren.
- Alternativ könnten andere Regressionsmodelle verwendet werden, um die Wirkung von yumuv bspw. auf die aggregierte Menge der durchgeführten Wege zu analysieren, allerdings ist hierfür die Dauer der Beobachtungen unter Bundle-Einfluss (1 Monat) sowie die Anzahl der betroffenen Personen (71) sehr gering.
- Entsprechend haben wir ein Verkehrsmittelwahlmodell auf Wege-Ebene geschätzt.
- Aufgrund der Panel-Natur der Daten haben wir unter den vielen möglichen Modellen ein Mixed Logit Modell gewählt, das etablierter Standard in der Verkehrsforschung ist (Hensher and Greene, 2003; McFadden and Train, 2000)

# Beschreibung des Modells

- In einem Mixed Logit Modell wird grundsätzlich der Nutzen jedes Verkehrsmittels durch eine Nutzenfunktion abgebildet.
- Es wird angenommen, dass Personen das Verkehrsmittel mit dem grössten Nutzen für einen spezifischen Weg auswählt.
- Die Vorzeichen bzw. der Einfluss der unterschiedlichen Variablen (z.B. Weg-Charakteristika, Verkehrsmittel-Charakteristika, Personen-Charakteristika) werden dabei durch das Modell basierend auf den Daten geschätzt.
- Wir schätzen das Modell basierend auf den gesammelten GPS Tracks aller 498 Personen.
- Von besonderem Interesse im Kontext dieses Berichts ist die Wirkung von yumuv auf die Verkehrsmittelwahl. Im Modell ist dies durch die Variable «yumuv Abo easy» gekennzeichnet.



# Ergebnisse des Modells

**Table 3** Estimation results (mixed logit model).

	PT		Car		Bike		E-Bike (personal)		E-Bike (shared)		E-Scooter (personal)		E-Scooter (shared)	
	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.
ASC ( $\mu$ )	-3.96	***	-5.42	***	-3.46	***	-4.69	***	-6.01	***	-4.84	***	-3.94	***
ASC ( $\sigma$ )	-1.16	***	-1.53	***	-1.65	***	-1.45	***	-1.84	***	1.48	***	-0.39	**
Distance	2.09	***	1.94	***	1.63	***	1.73	***	2.25	***	1.64	***	1.29	***
Distance * Distance	-0.04	***	-0.03	***	-0.03	***	-0.03	***	-0.08	***	-0.07	***	-0.02	
Distance * Precipitation	0.75	***	0.73	***	-0.76	***	-0.80	***	-4.47	***	-0.58		-4.57	*
Distance * Elevation					-0.15	***								
Distance * Wind speed					-0.61	***								
Access distance	-2.31	***							-2.12	*			-5.77	***
PT transfer	-0.63	***												
Morning (6am – 9am)							0.34	***	-0.14		0.63	***	0.15	
Night (9pm – 5am)							-0.14		-0.29		0.95	***	0.36	
Vehicles in household			1.14	***	0.19	***	1.52	***			4.92	***		
ZVV Monatsabo	1.01	***												
SBB GA	0.93	***												
yumuv Abo easy ( $\mu$ )	0.23	**	-0.17		-0.75	***	-1.99	***	-0.29		-0.91		1.74	***
yumuv Abo easy ( $\sigma$ )	0.03		-0.60	***	-0.55	***	-3.64	***	-1.60	***	-0.93		-0.19	
Age									0.01				-0.02	
Female									0.28				-0.27	
University education									0.84	***			-0.31	
Full-time employment									1.66	***			0.49	*
Number of individuals	498													
Number of observations	65 716													
Adj. Rho-square	0.44													

\*\*\* Signifikant auf 99% Niveau

\*\* Signifikant auf 95% Niveau

\* Signifikant auf 90% Niveau

# Hinweise zur Interpretation des Modells

Stärke und Richtung der Wirkung der jeweiligen Variable auf das jeweilige Verkehrsmittel

**Table 3** Estimation results (mixed logit model).

	PT		Car		Bike		E-Bike (personal)		E-Bike (shared)		E-Scooter (personal)		E-Scooter (shared)	
	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.	Coef.	Sign.
ASC ( $\mu$ )	-3.96	***	-5.42	***	-3.46	***	-4.69	***	-6.01	***	-4.84	***	-3.94	***
ASC ( $\sigma$ )	-1.16	***	-1.53	***	-1.65	***	-1.45	***	-1.84	***	1.48	***	-0.39	**
Distance	2.09	***	1.94	***	1.63	***	1.73	***	2.25	***	1.64	***	1.29	***
Distance * Distance	-0.04	***	-0.03	***	-0.03	***	-0.03	***	-0.08	***	-0.07	***	-0.02	
Distance * Precipitation	0.75	***	0.73	***	-0.76	***	-0.80	***	-4.47	***	-0.58		-4.57	*
Distance * Elevation					-0.15	***								
Distance * Wind speed					-0.61	***								
Access distance	-2.31	***							-2.12	*			-5.77	***
PT transfer	-0.63	***												
Morning (6am – 9am)							0.34	***	-0.14		0.63	***	0.15	
Night (9pm – 5am)							-0.14		-0.29		0.95	***	0.36	
Vehicles in household			1.14	***	0.19	***	1.52	***			4.92	***		
Yumuv Abo easy ( $\mu$ )	0.23	**	-0.17		-0.75	***	-1.99	***	-0.29		-0.91		1.74	***
Yumuv Abo easy ( $\sigma$ )	0.03		-0.60	***	-0.55	***	-3.64	***	-1.60	***	-0.93		-0.19	
Age									0.01				-0.02	
Female									0.28				-0.27	
University education									0.84	***			-0.31	
Full-time employment									1.66	***			0.49	*
Number of individuals	498													
Number of observations	65 716													
Adj. Rho-square	0.44													

## Einfluss von yumuv auf die Verkehrsmittelwahl

\*\*\* Signifikant auf 99% Niveau  
 \*\* Signifikant auf 95% Niveau  
 \* Signifikant auf 90% Niveau

# Interpretation des Modells

- yumuv beeinflusst die Verkehrsmittelwahl wie folgt:
  - Signifikant (95% Niveau) und positiv: öV (0.23) und geteilte E-Trottinetts (1.74)
  - Signifikant (95% Niveau) und negativ: eigene Velos (-0.75) und eigene E-Bikes (-1.99)
  - Nicht signifikant: eigenes Auto, geteilte E-Bikes, eigene E-Trottinetts
- Das bedeutet:
  - yumuv Abonnenten nutzen *aufgrund des Abonnements* deutlich mehr E-Trottinetts sowie etwas mehr den öV
  - Zugleich nutzen sie *aufgrund des Abonnements* weniger eigene Velos und eigene E-Bikes
  - Auf Basis des Modells können wir *keine Wirkung* von yumuv auf andere Verkehrsmittel, insbesondere das eigene Auto sowie geteilte E-Bikes, feststellen.

# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
3. Datenverarbeitung
4. **Ergebnisse**
  1. Mobility as a Service (Ergebnisse aus verkehrsplanerischer Sicht)
  2. **Methodik (Ergebnisse der methodischen Forschung aus Sicht der Geoinformatik)**
    1. **Entwicklung einer Graph Repräsentation für individuelle Mobilität**
    2. Anwendung der Graph Repräsentation für die Identifikation von Nutzergruppen
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

# Entwicklung einer Graph Repräsentation für individuelle Mobilität

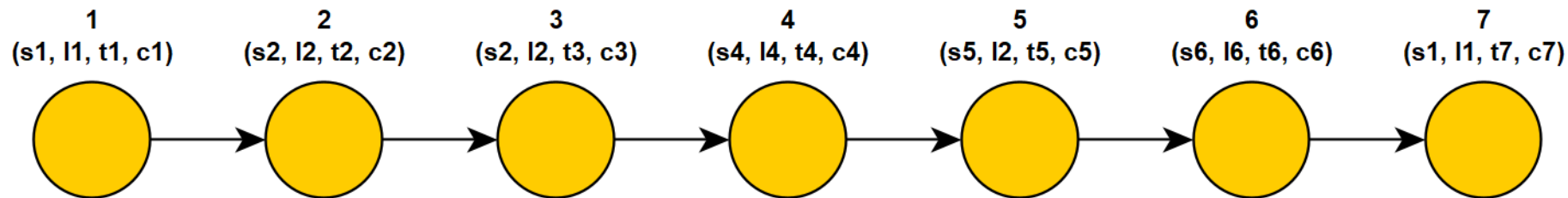
- Ziel aus Projektantrag: Gesucht ist eine kompakte Graph Repräsentation für individuelle Mobilität. Die Repräsentation soll datensatzunabhängig sein und sich als Ausgangspunkt für Anwendungen des maschinellen Lernens im Bereich Mobilität eignen.

# Graph Repräsentation – Mobilität als Sequenz aus 4-Tupeln

- In der Verkehrsplanung wird Mobilität in der Regel als durch Aktivitäten induzierte Grösse betrachtet (Jiang et al., 2017). In dieser Betrachtungsweise wird die Nachfrage nach Mobilität durch die Entscheidung von Individuen ob, wo und wann sie Aktivitäten durchführen, erzeugt (Axhausen und Gärling, 1992; Castiglione et al., 2015).
- Aktivitäten im Sinne der Verkehrsplanung beschreiben die Aktionen einer Person im Laufe eines Tages in einer groben Granularität (z.B. Zur Arbeit fahren, zu Hause sein, Einkaufen, usw.). Weiterhin nutzen Aktivitäten im Raum verteilte Ressourcen (z.B. ein Kino oder ein Fitnesszentrum), die unter Umständen nur zu bestimmten Zeiten zugänglich sind. Aktivitäten werden über ein Etikett (Label) beschrieben, welches unter Umständen vom Kontext der Aktivität abhängt (Das und Winter, 2016).
- Damit erhalten wir 4 Dimensionen zur Beschreibung einer Aktivität:
  - s: Semantik (label)
  - l: Ortsinformation (location)
  - t: Zeitliche Information (time)
  - c: Kontextinformation (context)

# Graph Repräsentation – Ausgangspunkt Sequenz von Aktivitäten

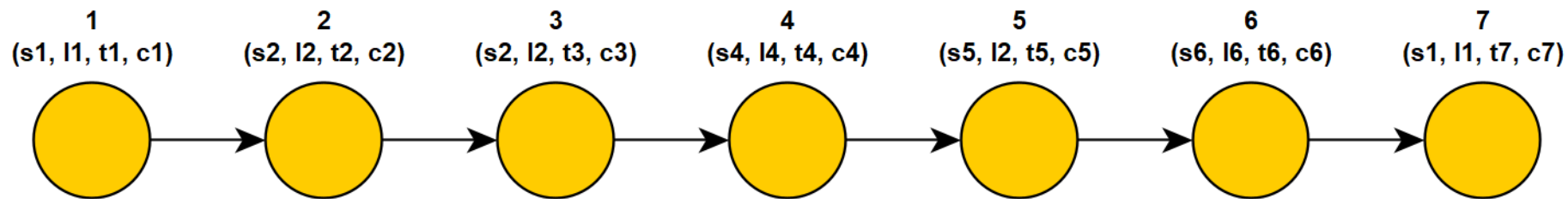
- Ein klassisches Modell für die Darstellung von Mobilität ist die Kette von Aktivitäten z.B. in (Damiani et al., 2020; Lin et al., 2015).  
Beispiel unten: 7 Aktivitäten im 4-tuple Modell. s: Label; l: Ort; t: Zeit; c: Kontext



- Dieses klassische Modell ist problematisch für die Darstellung grosser oder langer Studien, da es mit jedem besuchten Ort weiter wächst, selbst wenn dieser bereits bekannt ist (besuchte Orte werden an die Sequenz angehängt). Vor allem, wenn besuchte Orte zusätzlich mit Kontextdaten kombiniert werden, kann die Datenmenge schnell problematisch für die Speicherung und Weiterverarbeitung werden.
- Wir schlagen deshalb ein kompakteres Graph basiertes Modell für die Repräsentation von individueller Mobilität vor.

# Graph Repräsentation – Der Aktivitätengraph (am Beispiel)

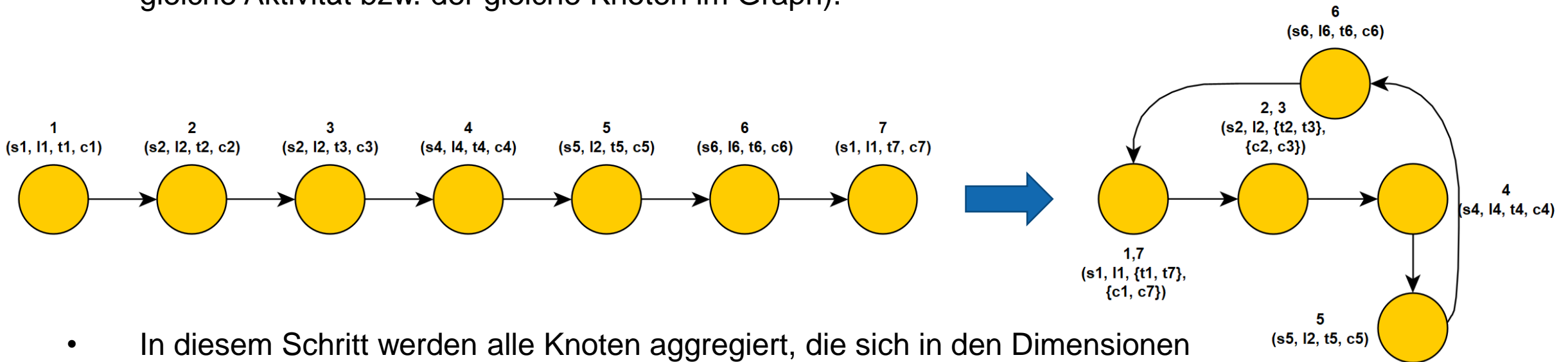
- Die vorgeschlagene Graph Darstellung soll Aktivitäten als Knoten haben, die eine gerichtete Kante erhalten, wenn zwei Aktivitäten zeitlich aufeinander folgen.
- Kontext (c) ist im 4-tuple Modell ein Platzhalter für jeglichen Kontext, der eine Aktivität beeinflusst. Dadurch sind zwei Aktivitäten niemals gleich, weil sich zum Beispiel die Temperatur, die Stimmung oder die Lichtverhältnisse unterscheiden.
- Unter diesen Annahmen gleicht die Graph Darstellung der Sequenzdarstellung.





# Graph Repräsentation – Der Aktivitätengraph (am Beispiel)

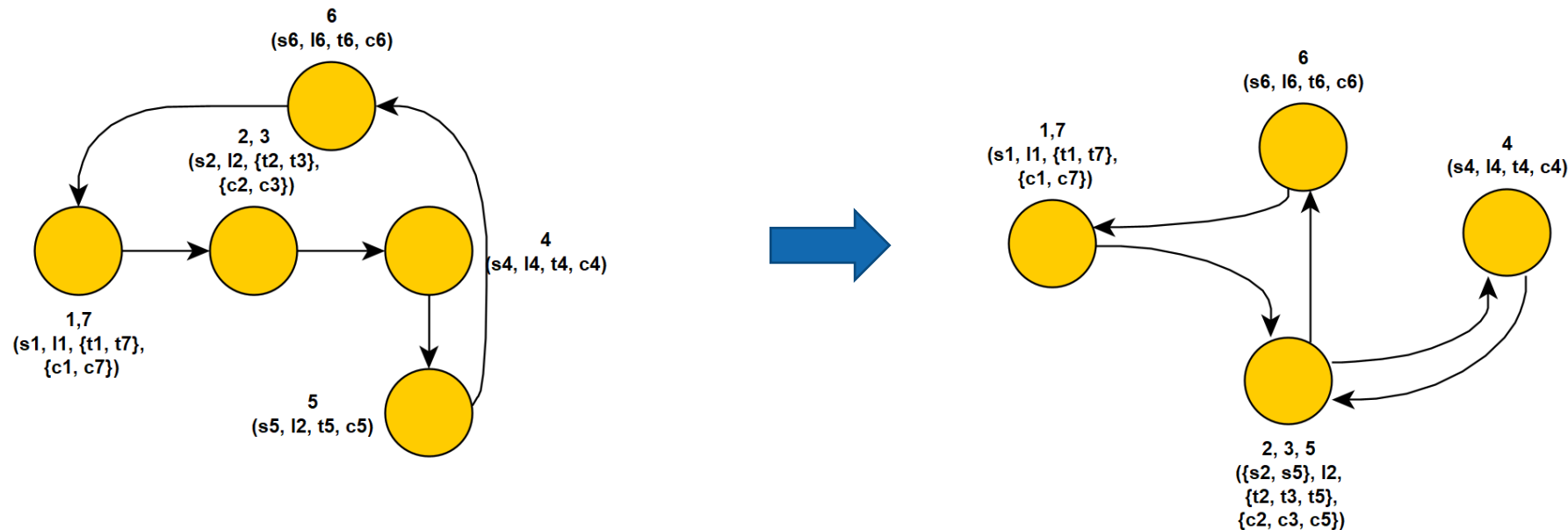
- In unserem alltäglichen Verständnis von Aktivitäten im Sinne der Mobilität werden Aktivitäten selten nach dem exakten Kontext oder dem exakten Zeitpunkt unterschieden. Die beiden Dimensionen sollen deshalb aggregiert werden (jeder Besuch beim wöchentlichen Stammtisch wäre dann die gleiche Aktivität bzw. der gleiche Knoten im Graph).



- In diesem Schritt werden alle Knoten aggregiert, die sich in den Dimensionen s und l (Label und Ort) nicht unterscheiden. Kantengewichte werden addiert. Zeit- und Kontextinformationen werden als Menge übernommen.
- Das Ergebnis dieser Aggregation nennen wir **Aktivitätengraph (activity graph)**

# Graph Repräsentation – Der Ortsgraph (am Beispiel)

- In der Praxis sind (verlässliche) Informationen zu Aktivitätenlabeln schwer zu erhalten, da sie vom Studienteilnehmer unter hohem Aufwand manuell hinzugefügt werden müssen. Die meisten Datensätze, die für Analysen zur Mobilität verwendet werden, sind deshalb durch passives Tracking erhoben worden und haben nur wenige zusätzliche Informationen (Chen et al. 2016).
- In diesem Fall ist die Dimension  $s$  unbekannt und der Graph wird dementsprechend in einem weiteren Schritt aggregiert. Das Ergebnis nennen wir **Ortsgraph (location graph)**.



# Graph Repräsentation – Der Aktivitätengraph (formal)

- Gegeben ist eine beliebig lange Sequenz von Aktivitäten A

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\} \quad \text{for } a_i = (s_i, l_i, t_i, c_i).$$

- Alle Aktivitäten mit gleichem Label und gleichen Zeitinformationen werden zu einer neuen Sequenz von Aktivitäten A' aggregiert:

$$A' = \{a'_1, a'_2, \dots, a'_i, \dots, a'_m\} \quad \text{with } m \leq n, \quad a'_i = (s_i, l_i).$$

- Nach der Aggregation kann jeder Aktivität a' eine Menge an Kontextinformationen (C<sub>i</sub>) und Zeitinformationen (T<sub>i</sub>) zugeordnet werden:

$$C_i = \{c_j \mid l_j = l_i \wedge s_j = s_i \quad \text{for } c_j, s_j, l_j \in a_j, s_i, l_i \in a'_i, \\ i \in [1, 2, \dots, m], j \in [1, 2, \dots, n]\} \quad T_i = \{t_j \mid l_j = l_i \wedge s_j = s_i \quad \text{for } t_j, s_j, l_j \in a_j, s_i, l_i \in a'_i, \\ i \in [1, 2, \dots, m], j \in [1, 2, \dots, n]\}.$$

- Der Aktivitätengraph ist dann definiert als

$$G_{A'} = \{A', E\}, \quad \text{with } e = (a'_i, a'_j) \in E(G_{A'}) \quad \forall (a'_i, a'_j) \mid j = i + 1$$

# Graph Repräsentation – Der Ortsgraph (formal)

- Alle Aktivitäten  $A'$  mit gleichen Ortsinformationen werden aggregiert

$$A'' = \{a''_1, a''_2, \dots, a''_i, \dots, a''_m\} \text{ with } m \leq n, \quad a''_i = (l_i, )$$

- Die resultierende Aktivitätensequenz  $A''$  ist gleich der Sequenz an Orten  $L$

$$L = \{l_i \mid l_i \in a_j, a_j \in A, i \in [1, 2, \dots, k], j \in [1, 2, \dots, n]\}$$

- Jedem Ort  $l_i$  kann jetzt eine Menge an Kontextinformationen  $C^l_i$ , eine Menge an Zeitinformationen  $T^l_i$  und eine Menge an (potentiell unbeobachteten) Labelinformationen  $S^l_i$  zugeordnet werden

$$C^l_i = \{c_j \mid l_j = l_i \text{ for } c_j, l_j \in a_j, a_j \in A, l_i \in L, \\ i \in [1, 2, \dots, k], j \in [1, 2, \dots, n]\}$$

$$S^l_i = \{s_j \mid l_j = l_i \text{ for } s_j, l_j \in a_j, a_j \in A, l_i \in L, \\ i \in [1, 2, \dots, k], j \in [1, 2, \dots, n]\}$$

$$T^l_i = \{t_j \mid l_j = l_i \text{ for } t_j, l_j \in a_j, a_j \in A, l_i \in L, \\ i \in [1, 2, \dots, k], j \in [1, 2, \dots, n]\}$$

- Der Ortsgraph ist dann definiert als

$$G_L = \{L, E\}, \text{ with } e = (l_i, l_j) \in E(G_L) \forall (a_i, a_j) \mid j = i + 1$$

# Entwicklung einer Graph Repräsentation für individuelle Mobilität

- Zusammenfassung:
  - Im Projekt wurde der Ortsgraph als Graph Repräsentation für individuelle Mobilität formalisiert.
  - Der Ortsgraph hat das Potential, die im Projektantrag definierten Anforderungen für die Repräsentation individueller Mobilität zu erfüllen.

# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
3. Datenverarbeitung
4. **Ergebnisse**
  1. Mobility as a Service (Ergebnisse aus verkehrsplanerischer Sicht)
  2. **Methodik (Ergebnisse der methodischen Forschung aus Sicht der Geoinformatik)**
    1. Entwicklung einer Graph Repräsentation für individuelle Mobilität
    2. **Anwendung der Graph Repräsentation für die Identifikation von Nutzergruppen**
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

# Anwendung der Graph Repräsentation für die Identifikation von Nutzergruppen - Überblick

1. Aufteilung des Yumuv Datensatzes nach Gruppen und Intervention
2. Transformation der Daten in Graphenmodell
3. Extrahierung graphenbasierter Merkmale zur Beschreibung des Mobilitätsverhaltens
4. Identifikation von Nutzergruppen anhand der Mobilitätsmerkmale
5. Querschnittsanalyse: Welche Nutzergruppen interessieren sich vor allem für das yumuv Angebot?
6. Längsschnittsanalyse: Wie verändert sich die Gruppenzugehörigkeit von Nutzern über die Zeit?

# Aufteilung des Yumuv Datensatzes nach Gruppen und Intervention

Für die Analyse wird der Datensatz in folgende Untergruppen unterteilt:

- **Interventionsgruppe vor der Intervention**  
Von: Beginn Tracking  
Bis: Intervention
- **Interventionsgruppe nach der Intervention**  
Von: Intervention  
Bis: Intervention + 4 Wochen (=Ablaufdatum erstes yumuv Abo)
- **Kontrollgruppe vor der Intervention**  
Von: Mittlerer Trackingbeginn Interventionsgruppe  
Bis: Mittleres Interventionsdatum
- **Kontrollgruppe nach der Intervention**  
Von: Mittleres Interventionsdatum  
Bis: Mittleres Interventionsdatum + 4 Wochen

Die Intervention für die Interventionsgruppe ist das Datum, an dem ein Nutzer Zugang zum yumuv Abo erhalten hat. Dieses Datum variiert für jede Person und wird individuell berechnet.



# Transformation der Daten im Graphenmodell

## Filtern nach Trackingabdeckung

Um sicherzustellen, dass ausreichend Daten für die Erstellung des Mobilitätsgraphen zur Verfügung stehen, werden nur Nutzer berücksichtigt, die in der Vorher- und Nachhergruppe mindestens jeweils 14 Tage zu mindestens 70% aufgezeichnet haben. Insgesamt erfüllen 54 (von 71) Nutzer der Interventionsgruppe und 385 (von 435) Nutzer der Kontrollgruppe diese Voraussetzungen.

## Transformation der Daten in Graphenmodell

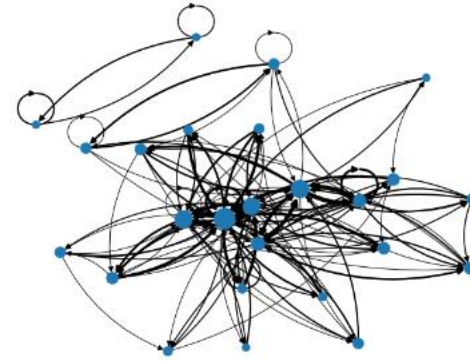
Aus den Mobilitätsdaten der Nutzer wird das präsentierte Graphenmodell erzeugt. Dafür werden alle relevanten Orte als Knoten angenommen. Anschliessend wird für jeden Weg mit bekanntem Start und Ziel das Kantengewicht zwischen Start- und Zielorten um eins erhöht.

# Extrahierung graphenbasierter Merkmale zur Beschreibung des Mobilitätsverhalten

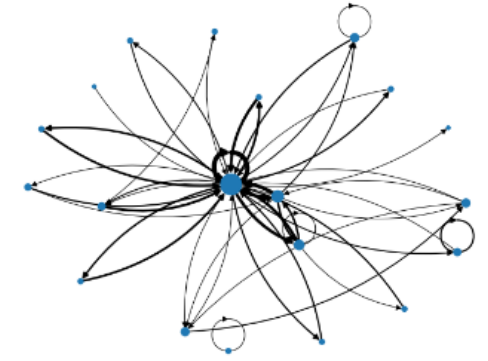
**Gradfaktor:** Bewegen sich Nutzer von einem oder wenigen zentralen Orten ausgehend, oder flexibel von Ort zu Ort?

- Frage: Wie verteilt sich der Grad (Anzahl ausgehender Kanten) der Knoten?
- Methode:
  - Sortiere die Knoten absteigend nach Grad:  $V_1$  ist der Knoten mit höchstem Grad,  $V_2$  der mit zweithöchstem, usw.
  - Beobachtung: Der Grad sinkt exponentiell mit dem Rang des Knotens:  $\text{Grad}(V_x) = \text{Grad}(V_1) * \exp(-b)$
  - Berechne das  $b$  ( $>0$ ), das den optimalen Fit ergibt (im Sinne der Methode der kleinsten Quadrate).
- Interpretation:
  - Niedriges  $b$ : Flache Kurve  $\rightarrow$  der zweithöchste Grad ist nicht viel niedriger als der höchste Grad, usw.
  - Hohes  $b$ : Steile Kurve  $\rightarrow$  Der Grad ist stark absteigend

Niedriger Gradfaktor:  
Viele Knoten haben einen  
ähnlich hohen Grad



Hoher Gradfaktor:  
Der Graph ist zentriert auf  
einen (oder wenige) Knoten

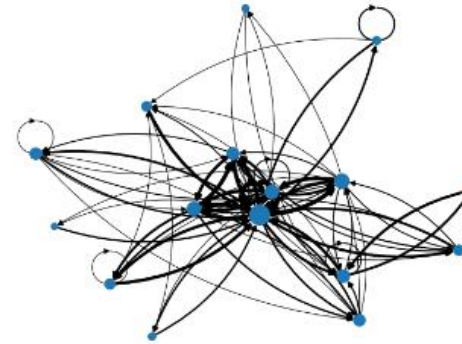


# Extrahierung graphenbasierter Merkmale zur Beschreibung des Mobilitätsverhalten

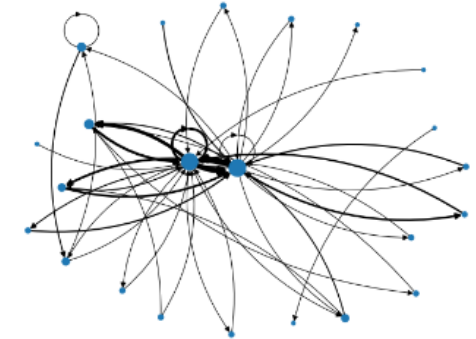
**Kantennutzungsfaktor:** Bewegen sich die Nutzer hauptsächlich zwischen wenigen Orten oder zwischen vielen verschiedenen?

- Frage: Wie verteilt sich das Kantengewicht?
- Methode:
  - Sortiere die Kanten absteigend nach Gewicht:  $W_1$  ist die Kante mit dem höchstem Gewicht,  $W_2$  die mit dem zweithöchstem, usw.
  - Beobachtung: Das Kantengewicht sinkt exponentiell mit dem Rang der Kante:  $\text{Gewicht}(W_x) = \text{Grad}(W_1) * \exp(-b)$
  - Berechne das  $b$  ( $>0$ ), das den optimalen Fit ergibt (im Sinne der Methode der kleinsten Quadrate).
- Interpretation:
  - Niedriges  $b$ : Flache Kurve  $\rightarrow$  das zweithöchste Kantengewicht ist nicht viel niedriger als das höchste Kantengewicht, usw.
  - Hohes  $b$ : Steile Kurve  $\rightarrow$  Die Kantengewichte sind stark absteigend

Niedriger Kantennutzungsfaktor:  
Viele Kanten werden ähnlich häufig genutzt



Hoher Kantennutzungsfaktor:  
Die Aktivität ist auf eine oder wenige Kanten konzentriert



# Extrahierung graphenbasierter Merkmale zur Beschreibung des Mobilitätsverhalten

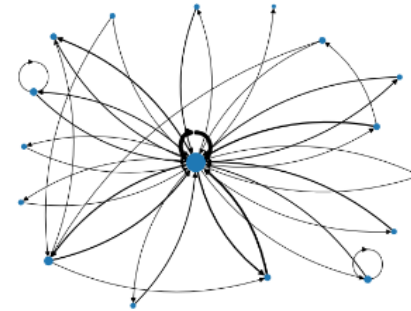
**Länge der Touren:** Starten Nutzer Wege meistens von zuhause aus, oder bewegen sie sich von Ort zu Ort?

- Frage: Wie viele Stationen hat ein Random Walk im Mittel bevor er zu seinem Ausgangspunkt zurückkehrt?  
Berechnung: Random Walk fixer Länge im Ortsgraph gibt eine Sequenz an besuchten Orten → Wie viele Orten werde besucht, bevor der Nutzer wieder zuhause ankommt.

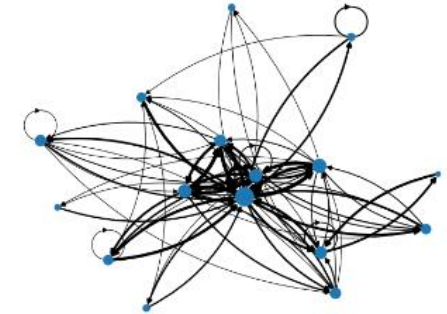
**Distanz (Median):** Bewegt sich ein Nutzer über eher große oder eher kürzere Entfernungen?

- Frage: Wie ist der Median der Distanzen zwischen (verbundenen) Knoten?
- Berechnung: Median über die Länge der Kanten (in Meter), gewichtet mit der Häufigkeit der Nutzung der Kante.

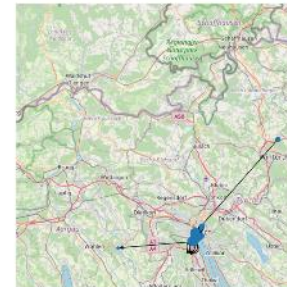
Niedrige Tourenlänge:  
Nutzer besuchen oft nur einen Ort  
und kehren dann nach Hause  
zurück



Hohe Tourenlänge:  
Nutzer besuchen viele  
verschiedene Orte bevor Sie  
nach Hause zurückkehren



Niedrige Distanzen:  
Der Nutzer bewegt sich lokal  
in Stadt oder Ort



Hohe Distanzen:  
Der Nutzer legt regelmäßig  
weite Distanzen zurück

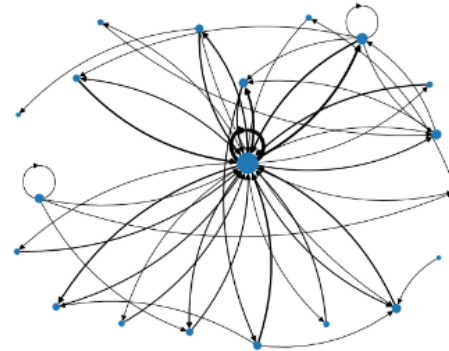


# Extrahierung graphenbasierter Merkmale zur Beschreibung des Mobilitätsverhalten

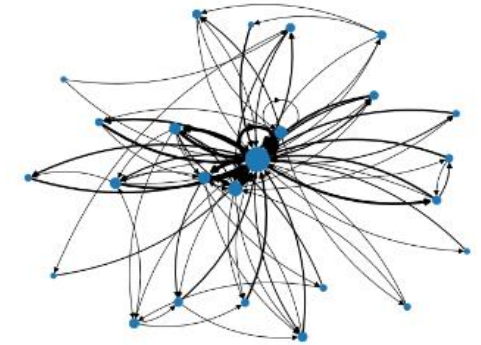
**Clusterkoeffizient:** Wie lokal vernetzt sind die besuchten Orte eines Nutzers?

- Frage: Berechnung des Clusterkoeffizienten für Graphen.
- Berechnung:
  - Der “Clustering coefficient” eines Knoten ist der Anteil der Dreiecke, die durch den Knoten führen, verglichen mit der Anzahl der möglichen Dreiecke.
  - Der Clusterkoeffizient des Graphen ist der Durchschnitt der Clusterkoeffizienten aller Knoten.
- Interpretation: Der Clusterkoeffizient ist hoch, wenn die Knoten (= besuchte Orte) stark vernetzt sind. Das ist der Fall, wenn Orte in einer beliebigen Reihenfolge besucht werden. Wenn Orte meist in der gleichen Reihenfolge besucht werden, dann ist der Graph schwach vernetzt.

Niedriger Clusterkoeffizient:  
Der Mobilitätsgraph ist schwach vernetzt.



Hoher Clusterkoeffizient:  
Der Ortsgraph ist stark vernetzt



# Identifikation von Nutzergruppen anhand der Mobilitätsmerkmale

## Aufbereitung und Clustering

1. Die Mobilitätsmerkmale werden für jeden Nutzer aus den individuellen Mobilitätsgraphen extrahiert.
2. Jedes Mobilitätsmerkmal wird über alle Nutzer auf einen Erwartungswert von 0 und eine Standardabweichung von 1 standardisiert.
3. Nutzer werden anhand der fünf Mobilitätsmerkmale gruppiert (k-means clustering, scikit-learn k-means++ Implementierung mit  $k=8$ ).  
Wahl der Zahl der Cluster:  $k$  muss hoch genug gewählt werden, damit alle Gruppen erkannt werden. Gruppen die in mehrere Cluster unterteilt sind, werden später erkannt und fusioniert.  
Die Gruppen werden ausschliesslich auf dem Datensatz der Kontrollgruppe vor der Intervention identifiziert. Das erstellte Clustering wird später auf die anderen Untergruppen angewendet.

# Identifikation von Nutzergruppen Anhand der Mobilitätsmerkmale

## Analyse der Cluster

4. Für jedes Cluster wird für jedes Mobilitätsmerkmal ein statistischer Test durchgeführt:  
Ist das Feature bei den Nutzern in diesem Cluster signifikant ( $p < 0.05$ ) höher oder signifikant niedriger als bei den restlichen Nutzern? Alle Features die sich signifikant unterscheiden, charakterisieren ein Cluster.
5. Die Benennung und Interpretation der Cluster basiert auf der berechneten Charakterisierung.

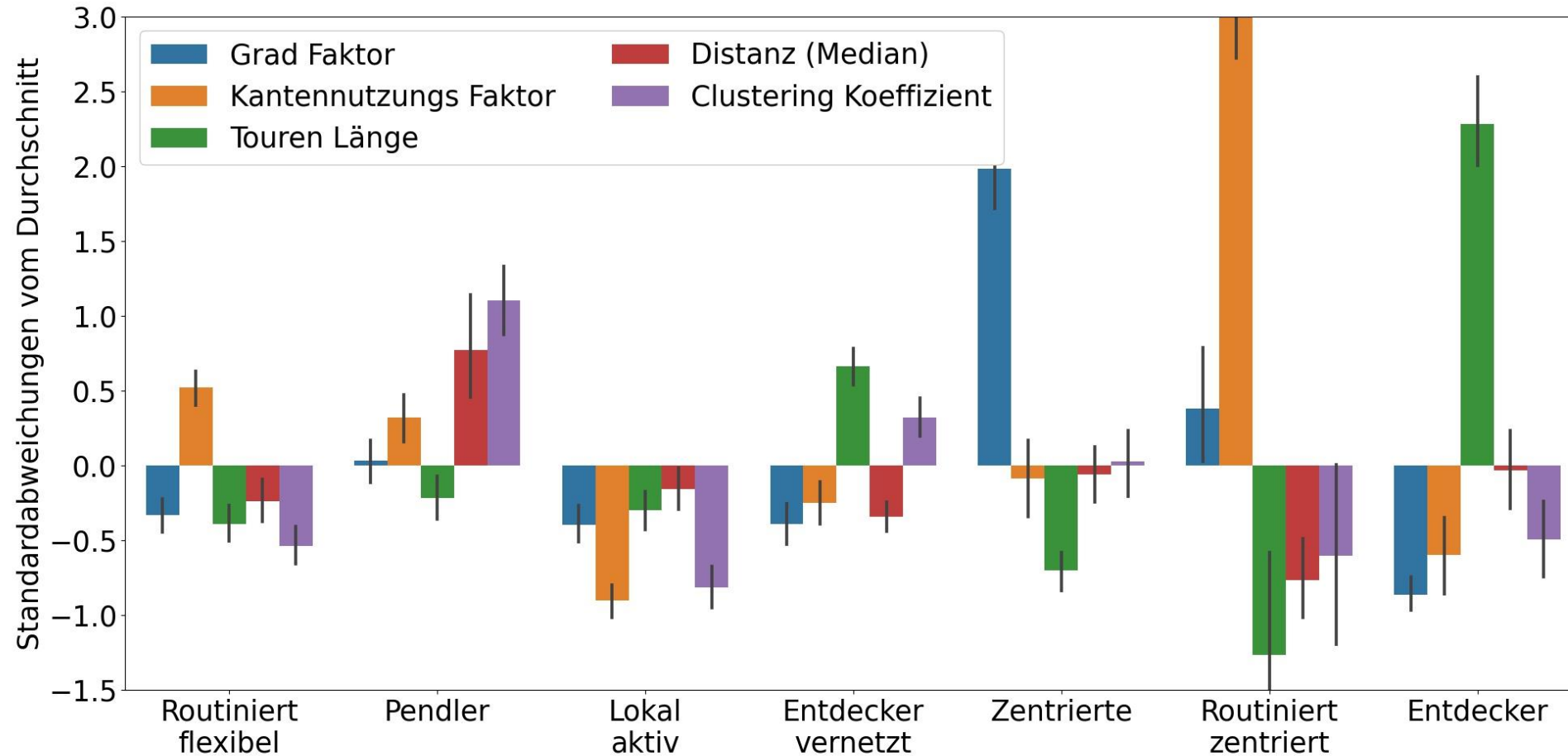
# Identifizierte Nutzergruppen

- Nutzergruppen werden anhand der signifikanten Eigenschaften erklärt
- Rot: signifikant höher, blau: signifikant niedriger, grau: nicht signifikant

	Gradfaktor	Kantennutzungsfaktor	Länge der Touren	Distanz (Median)	Clusterkoeffizient	Begründung
<b>Routiniert flexibel</b>	gering	hoch	gering	gering		Das Mobilitätsverhalten ist konzentriert auf wenige Wege (Kantennutzungsfaktor) und kurze Strecken (Distanz). Allerdings sind die Nutzer flexibel in Bezug auf die Ausgangspunkte der Wege (Gradfaktor).
<b>Routiniert zentriert</b>	hoch	hoch	gering	gering		Das Mobilitätsverhalten ist konzentriert auf wenige Wege (Kantennutzungsfaktor) und kurze Strecken (Distanz). Die Nutzer starten die meisten Wege von wenigen Orten (Gradfaktor).
<b>Pendler</b>		hoch		hoch	hoch	Es werden häufig große Distanzen überwunden (Distanz), die auf wenige Wege (Kantennutzungsfaktor) konzentriert sind. Die besuchten Orte sind untereinander Verbunden (Clusterkoeffizient).
<b>Lokal aktiv</b>	gering	gering	gering	gering	gering	<i>Lokal aktive</i> bewegen sich flexibel (geringer Grad- und Kantennutzungsfaktor). Die Orte sind untereinander schlecht vernetzt (Clusterkoeffizient).
<b>Entdecker</b>	gering	gering	hoch			<i>Entdecker</i> bewegen sich flexibel (geringer Grad- und Kantennutzungsfaktor). Im Gegensatz zu lokal Aktiven bilden sie längere Wegketten, um von Ort zu Ort zu gelangen.
<b>Entdecker vernetzt</b>	gering	gering	hoch		hoch	<i>Vernetzte Entdecker</i> zeichnen sich zusätzlich durch eine starke Vernetzung ihrer besuchten Orte aus.
<b>Zentrierte</b>	hoch	hoch	gering		gering	Die meisten Wege starten von wenigen Orten (Gradfaktor)



# Identifizierte Nutzergruppen



- Die signifikanten und nicht-signifikanten Gruppeneigenschaften im Balkendiagramm. Die Darstellung erlaubt die Interpretation der Gruppen zusätzlich über die Stärke der Abweichung vom Durchschnitt. Je stärker die Abweichung vom Durchschnitt eines Features in einer Gruppe ist, desto charakteristischer ist dieses für die Gruppe. Siehe Erklärungen der vorangegangenen Folie.

# Stabilität der Cluster

- Fragestellung: Wie konstant wird ein Nutzer einer Gruppe zugeordnet?
- Methode:
  - Das Ergebnis des Clusterings ist abhängig von der randomisierten Initialisierung des K-Means Algorithmus und der vorgegebenen Anzahl an Clustern  $k$ .
  - Wir variieren die Initialisierung und die Anzahl an Clustern  $k$  in 20 Durchgängen, sodass jeweils jeder Nutzer einer Gruppe zugeordnet wird.
  - Als Stabilität definieren wir dann die Wahrscheinlichkeit, dass ein Nutzer seiner am häufigsten genannten Gruppe zugeordnet wird.
- Ergebnis:

Die Stabilität beträgt 0.75. Das heißt, durchschnittlich wird ein Nutzer zu 75% derselben Gruppe zugeordnet.

# Anwendung der Graph Repräsentation für die Identifikation von Nutzergruppen - Überblick

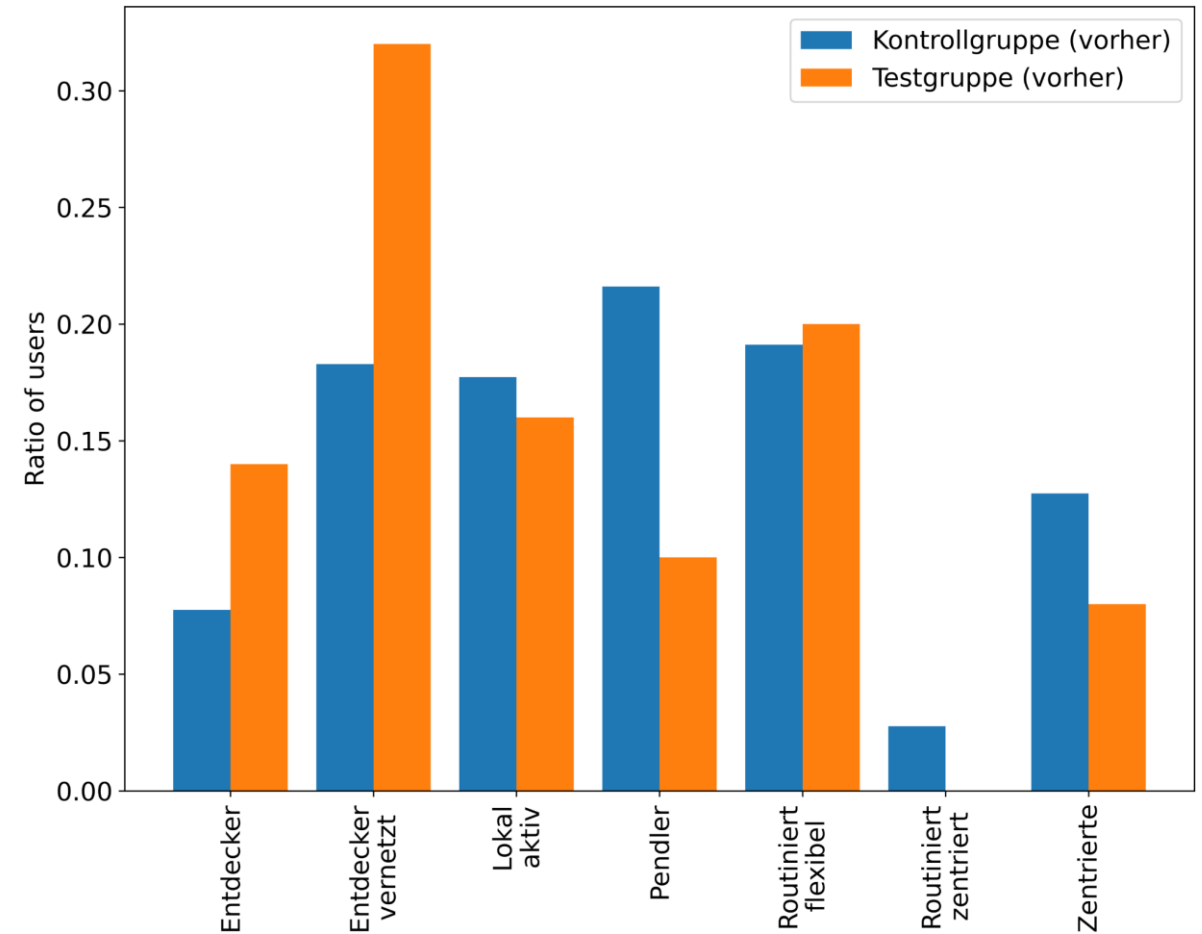
1. Aufteilung des Yumuv Datensatzes nach Gruppen und Intervention
2. Transformation der Daten in Graphmodell
3. Extrahierung graphenbasierter Merkmale zur Beschreibung des Mobilitätsverhaltens
4. Identifikation von Nutzergruppen Anhand der Mobilitätsmerkmale
5. **Querschnittsanalyse: Welche Nutzergruppen interessieren sich vor allem für das yumuv Angebot?**
6. Längsschnittsanalyse: Wie verändert sich die Gruppenzugehörigkeit von Nutzern über Zeit?
7. Kombination mit Umfragedaten

# Querschnittsanalyse: Welche Nutzergruppen interessieren sich vor allem für das yumuv Angebot?

- In diesem Experiment wird verglichen, welche Nutzergruppen in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe häufiger oder weniger häufig vorkommen.
- Dieses Experiment erlaubt Schlüsse darüber, welche Nutzergruppen sich besonders oder nicht besonders für das yumuv Angebot interessieren.
- Für das Experiment wird das Clustering (Berechnet auf Kontrollgruppe vor der Intervention, definiert über Clusterzentren) auf die Daten der Interventionsgruppe vor der Intervention angewandt. Im Anschluss wird die Verteilung der Nutzer über die Gruppen verglichen.

# “Entdecker” und “Entdecker vernetzt” sind im Vergleich zur Kontrollgruppe besonders interessiert an yumuv.

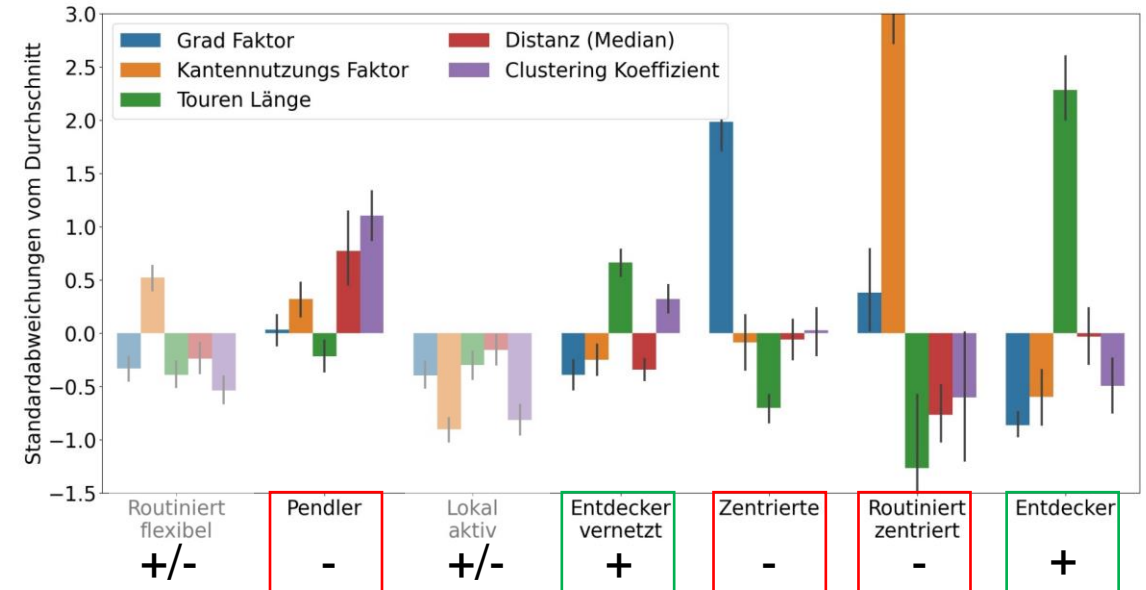
- Der Graph zeigt die Verteilung der Nutzer der Kontrollgruppe und die Verteilung der Nutzer der Interventionsgruppe (=Testgruppe) über die verschiedenen Mobilitätsgruppen.
- “Entdecker” und “Entdecker vernetzt” sind im Vergleich zur Kontrollgruppe besonders interessiert an yumuv.
- Routinierte Nutzer mit stark zentriertem Mobilitätsgraphen (“Routiniert zentriert”, “Pendler”, “Zentrierte”) sind im Vergleich zur Kontrollgruppe weniger interessiert an yumuv.



Unterschiede der Verteilungen signifikant ( $p < 0.05$ )

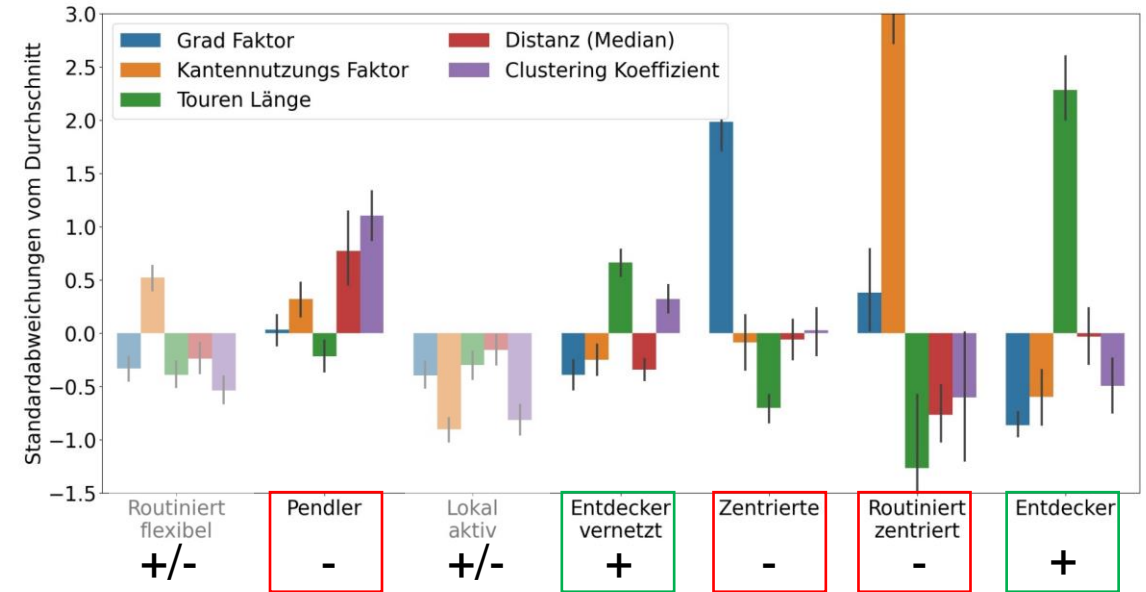
# yumuv ist vor allem für Nutzergruppen mit komplexem Mobilitätsverhalten interessant.

- Eine genauere Betrachtung der überdurchschnittlich interessierten Gruppen (grün, markiert mit +) und der unterdurchschnittlich interessierten Gruppen (rot, markiert mit -) zeigt, dass sich die beiden Gruppierungen vor allem über das Feature «Touren Länge» und etwas weniger deutlich über die Feature «Gradfaktor» und «Kantennutzungsfaktor» unterscheiden.
- «Touren Länge» beschreibt die Anzahl an Orten, die besucht werden, bevor ein Nutzer nach Hause zurückkehrt. yumuv interessierte besuchen viele verschiedene Orte nacheinander, bevor Sie nach Hause zurückkehren.



# yumuv ist vor allem für Nutzergruppen mit komplexem Mobilitätsverhalten interessant.

- «Gradfaktor» und «Kantennutzungsfaktor» beschreiben, wie sehr sich die Mobilität der Nutzer auf Kanten und Knoten im Graph konzentriert (z.B. wenige wichtige Orte im Gegensatz zu mehreren gleichwertigen Orten). An yumuv interessiertere Gruppen haben eine weniger konzentrierte Mobilität im Vergleich zu weniger an yumuv interessierten Gruppen.
- Die Analyse der Gruppen zeigt, dass die Mobilität der Gruppen, die eher an yumuv interessiert sind, deutlich komplexer ist (mehrere ähnlich wichtige Orte/Strecken und längere Ketten besuchter Orte, vor der Rückkehr nach Hause).



➤ yumuv ist vor allem für Nutzergruppen mit komplexem Mobilitätsverhalten interessant.

# Überblick

1. Aufteilung des Yumuv Datensatzes nach Gruppen und Intervention
2. Transformation der Daten in Graphmodell
3. Extrahierung graphenbasierter Merkmale zur Beschreibung des Mobilitätsverhaltens
4. Identifikation von Nutzergruppen Anhand der Mobilitätsmerkmale
5. Querschnittsanalyse: Welche Nutzergruppen interessieren sich vor allem für das YUMUV Angebot?
6. **Längsschnittsanalyse: Wie verändert sich die Gruppenzugehörigkeit von Nutzern über Zeit?**
7. Kombination mit Umfragedaten



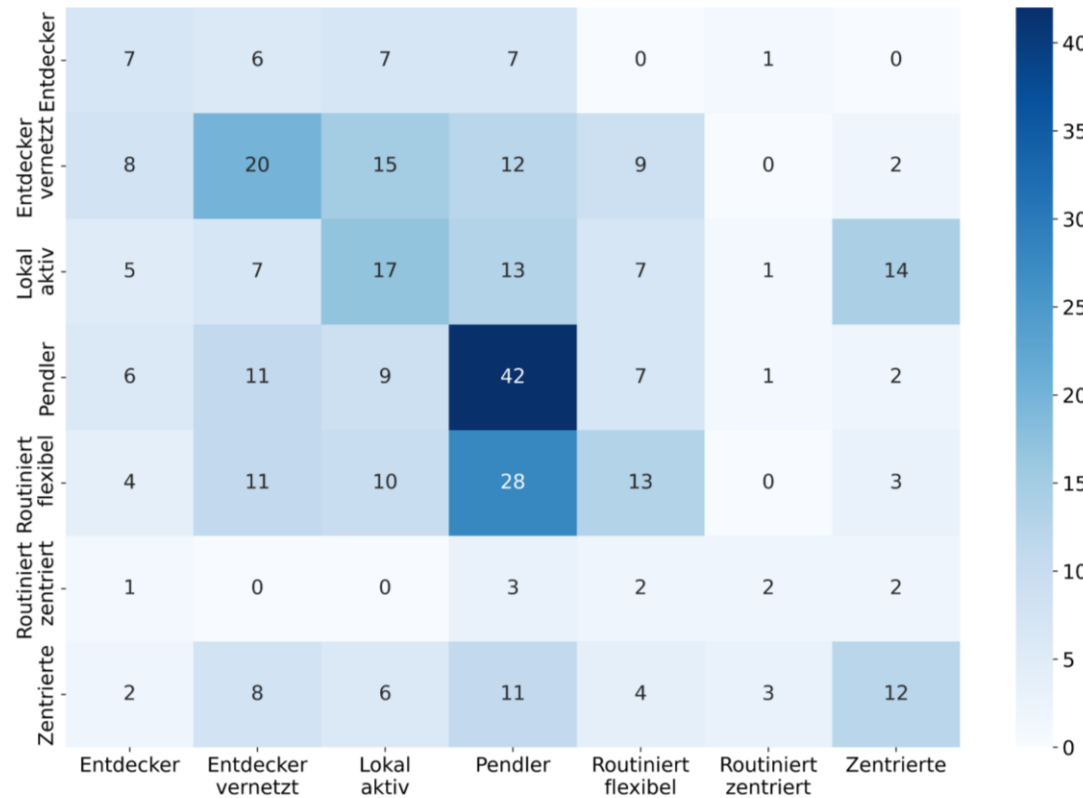
# Längsschnittanalyse: Wie verändert sich die Gruppenzugehörigkeit von Nutzern über Zeit?

- In diesem Experiment wird verglichen, wie sich die Verteilung der Nutzer über die Mobilitätsgruppen vor und nach der Intervention unterscheidet.
- Die Veränderung der Verteilung über die Mobilitätsgruppen (Nutzerwanderung) der Interventionsgruppe wird mit der Nutzerwanderung der Kontrollgruppe verglichen.
- Für das Experiment wird das Clustering (berechnet auf Kontrollgruppe vor der Intervention, definiert über Clusterzentren) auf die Daten der Interventionsgruppe vor und nach der Intervention und auf die Daten der Kontrollgruppe vor und nach der Intervention angewandt.

# Die Unterschiede in den Wanderbewegungen zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe sind nicht signifikant.

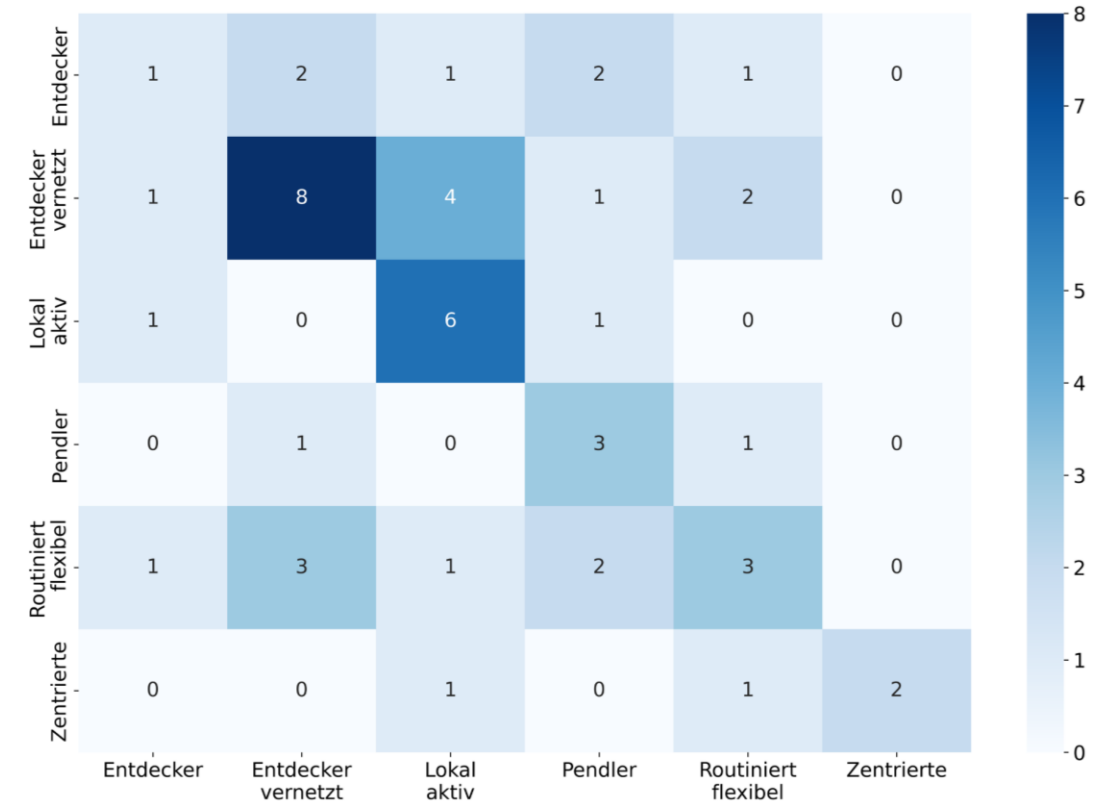
## Kontrollgruppe

Absolute Wanderung von Gruppe A (y-Achse) zu Gruppe B (x-Achse)



## Interventionsgruppe

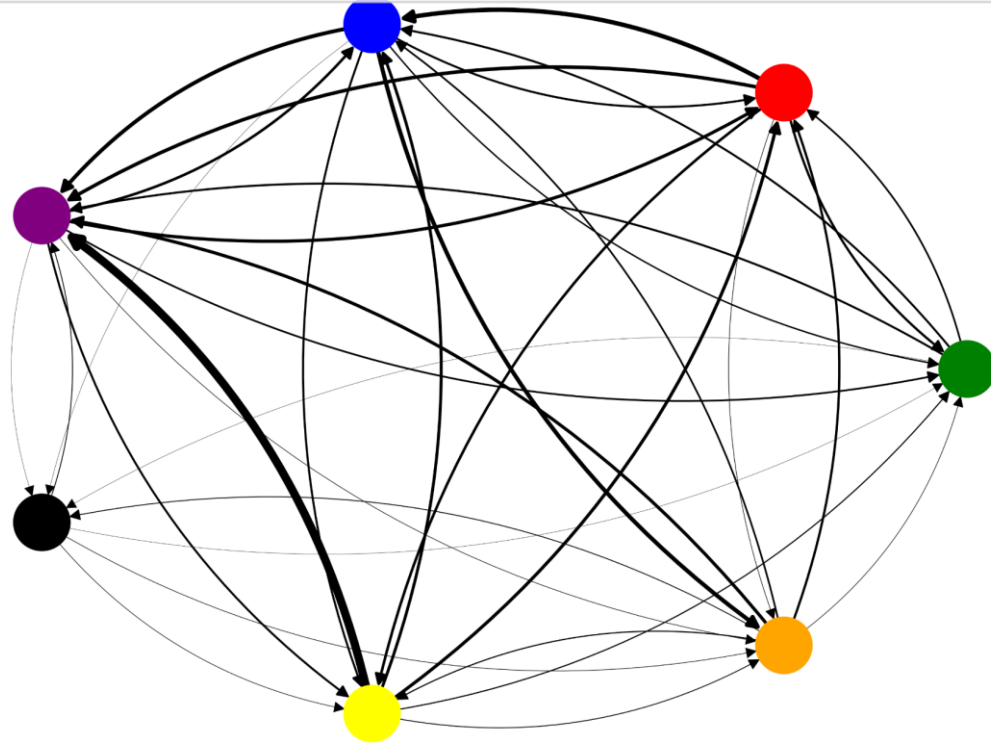
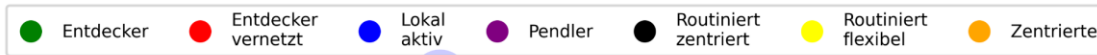
Absolute Wanderung von Gruppe A (y-Achse) zu Gruppe B (x-Achse)



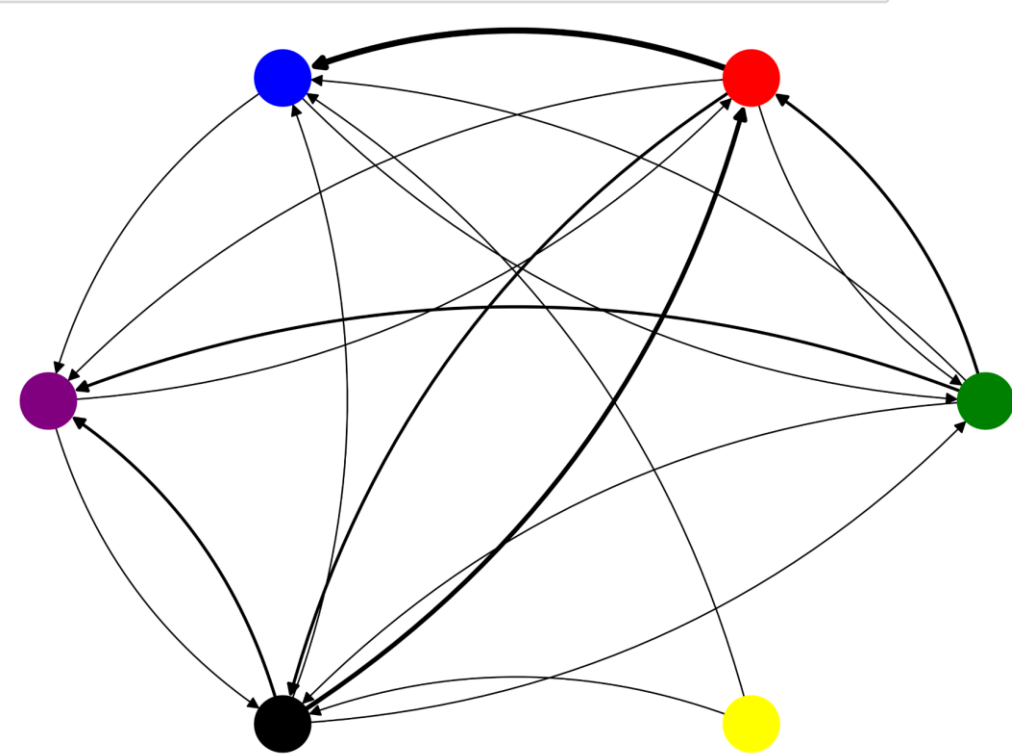
Die Unterschiede per Zeile sind durch die geringe Stichprobengröße **nicht** signifikant ( $p > 0.05$ )

Die Graphdarstellung erlaubt ein leichtes Erfassen der Wanderbewegung der Nutzer zwischen den verschiedenen Gruppen.

Kontrollgruppe



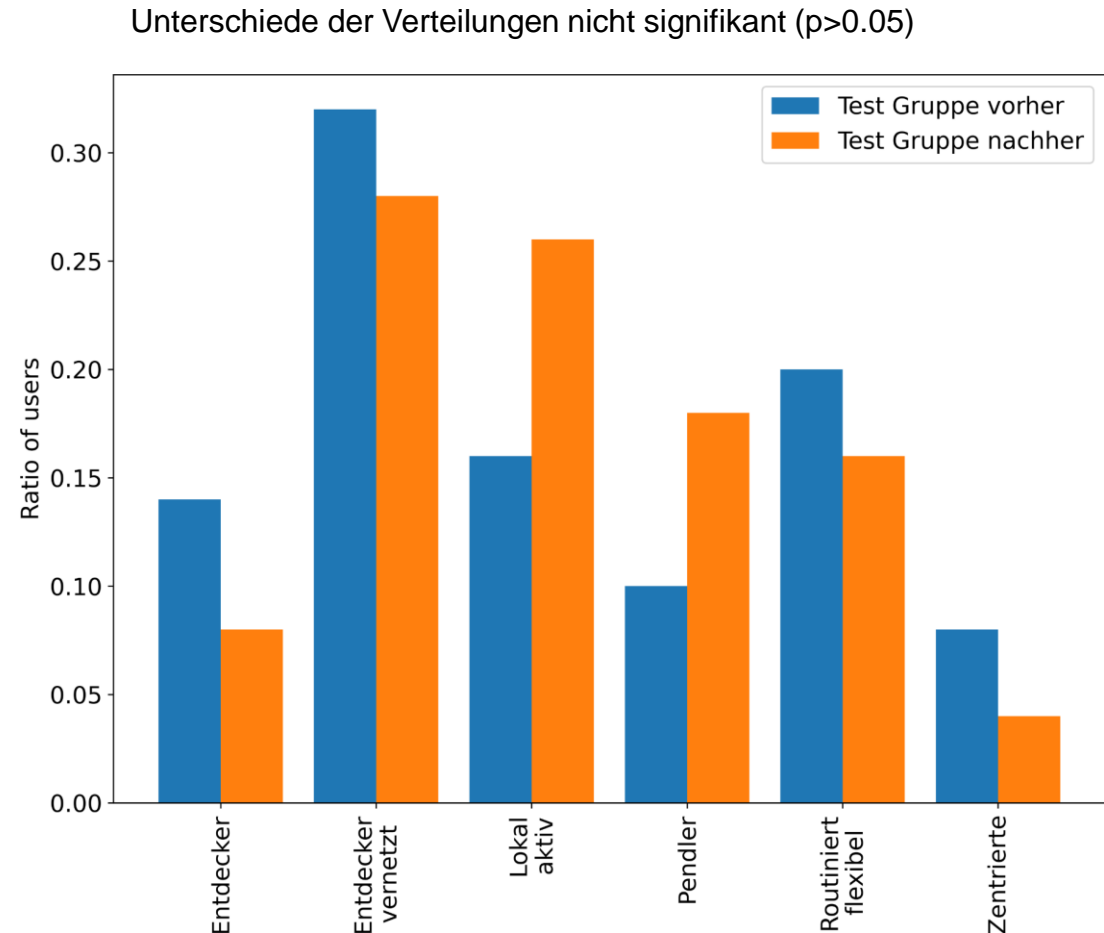
Interventionsgruppe



Darstellung der Wanderbewegungen aus Matrizen der vorherigen Folie als Graphen. Kantengewicht stellt den Grösse der Wanderbewegungen dar.

# Die Verteilung der Nutzer vor und nach der Intervention kann Hinweise auf den Einfluss von yumuv auf das Mobilitätsverhalten geben.

- yumuv Nutzer werden in der Tendenz nach Zugang zu dem Bundle eher den Gruppen *Lokal aktiv* und *Pendler* zugeordnet und weniger häufig der Gruppe *Entdecker*. Die Ergebnisse sind durch die geringe Stichprobengröße der Interventionsgruppe (nach Filterung) **nicht signifikant**



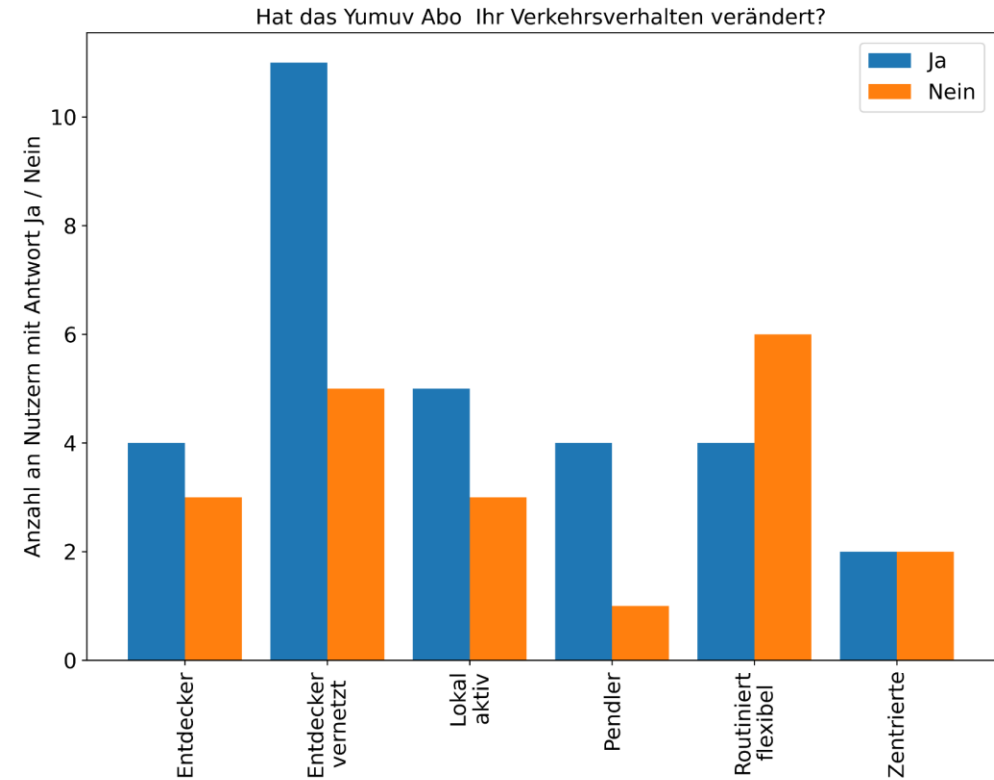
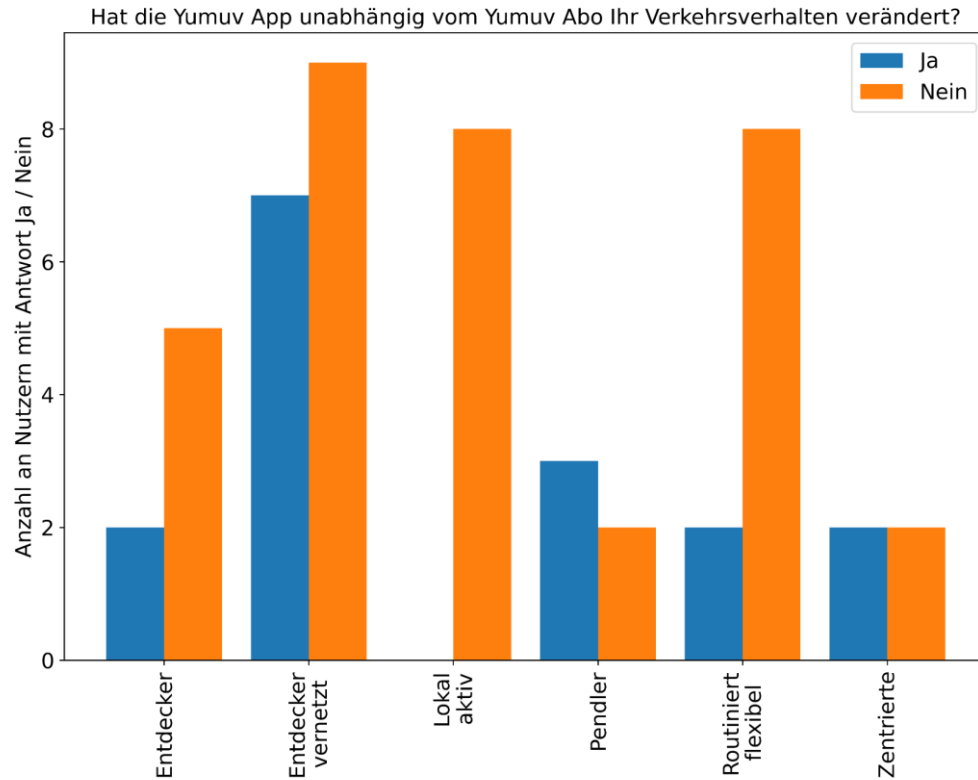
# Schlussfolgerungen

- yumuv ist vor allem für Nutzergruppen mit komplexem Mobilitätsverhalten interessant.
- Anteil Nutzer, die ihre Gruppenzugehörigkeit ändern, ist in beiden Gruppen sehr hoch. Mögliche Gründe hierfür sind:
  - Mobilitätsgraphen nach Trackingzeit (vorher/nachher jeweils ca. 4 Wochen) unter Umständen noch nicht stabilisiert.
  - Exogene Effekte wie z.B. Saisonalität oder Corona Pandemie
- Unterschied der Wanderbewegungen je Gruppe (=Zeile) durch Stichprobengrösse jeweils **nicht** signifikant ( $p > 0.05$ ).

# Überblick

1. Aufteilung des Yumuv Datensatzes nach Gruppen und Intervention
2. Transformation der Daten in Graphmodell
3. Extrahierung graphenbasierter Merkmale zur Beschreibung des Mobilitätsverhaltens
4. Identifikation von Nutzergruppen Anhand der Mobilitätsmerkmale
5. Querschnittsanalyse: Welche Nutzergruppen interessieren sich vor allem für das YUMUV Angebot?
6. Längsschnittsanalyse: Wie verändert sich die Gruppenzugehörigkeit von Nutzern über Zeit?
7. **Kombination mit Umfragedaten**

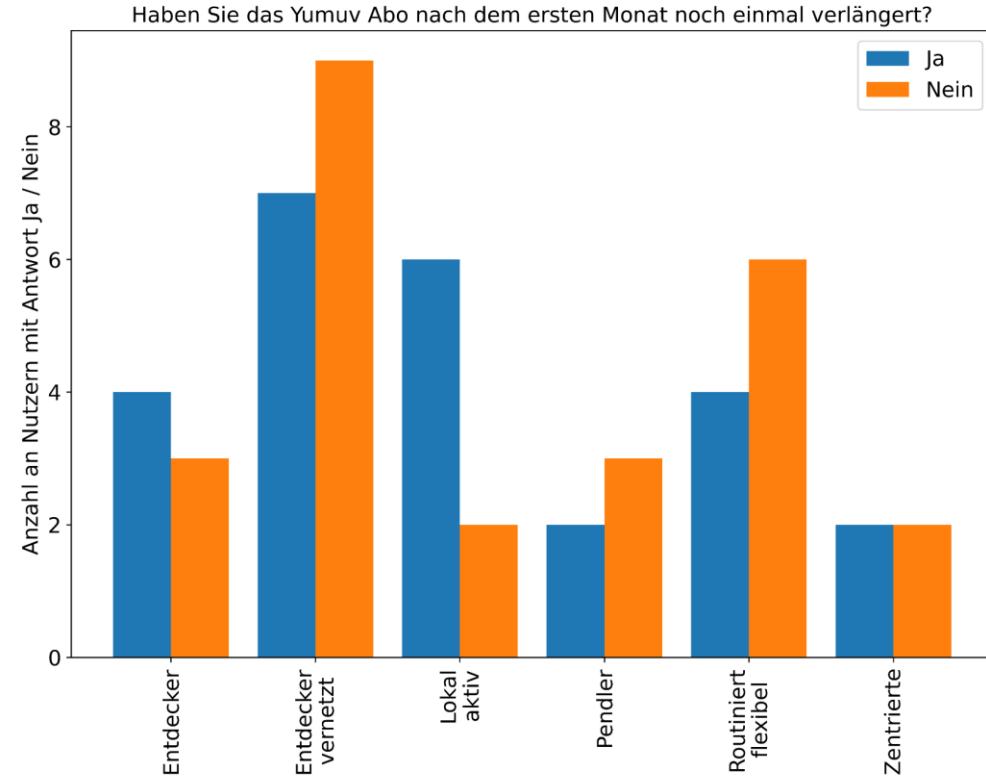
# Welche Nutzergruppen stellen bei sich selbst eine Verhaltensänderung fest?



- Vor allem "Entdecker vernetzt" stellen bei sich selbst eine Verhaltensänderung ohne Abo fest. Der Grossteil der Nutzer, die den Gruppen *Entdecker*, *Lokal aktiv* und *Routiniert flexibel* zugeordnet werden, stellen bei sich selbst keine Veränderung im Verkehrsverhalten durch die yumuv App fest.
- Der Anteil der Nutzer, die denken, dass das yumuv Abo ihr Verkehrsverhalten verändert hat, steigt in allen Gruppen, ausser in den *Zentrierten* an.

# Welche Nutzergruppen haben das yumuv Abo verlängert?

- Der Anteil der Nutzer, die das yumuv Abo nach dem ersten Monat verlängert haben, liegt bei fast allen Gruppen bei etwa 50 %. Eine Ausnahme bildet die Gruppe *Lokal aktiv*, hier liegt der Anteil der Nutzer, die berichten, das yumuv Abo verlängert zu haben, deutlich höher.





# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
3. Datenverarbeitung
4. Ergebnisse
- 5. Fazit und Einordnung**
6. Veröffentlichungen
7. Literaturverzeichnis

# Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

- Im Rahmen des Projekts haben wir den umfangreichsten **Datensatz** weltweit zur Nutzung und Wirkung des Konzepts «Mobility as a Service» gesammelt. Dies bezieht sich insb. auf die kombinierten Umfrage-, Buchungs-, Kontext- und Bewegungsdaten.
- Im Ergebnis sind die teilnehmenden **Nutzer** von yumuv («Forschungskunden») häufiger jünger, männlich und in Ausbildung, sowie besitzen häufiger ein GA und seltener ein Auto als die Kontrollgruppe.
- Sie nutzen in der **yumuv App** häufig die Verfügbarkeitsanzeige für die unterschiedlichen Verkehrsmittel und nur selten den Routenplaner.
- Sie nutzen ihr «**yumuv Abo easy**» (60 Minuten Tier, Voi, Bond) nur in etwa 50% der Nutzer vollständig aus. Die anderen 50% der Nutzer lassen Guthaben verfallen.
- Um die **Wirkung** des yumuv Abo easy auf die Verkehrsmittelwahl zu untersuchen, haben wir ein Verkehrsmittelwahlmodell geschätzt. Dies zeigt, dass das yumuv Abo easy insbesondere die Nutzung von E-Trotinetts, sowie zu einem deutlich geringeren Grad auch die öV Nutzung verstärkt. Substituiert werden hauptsächlich Fahrten mit dem eigenen Velo sowie dem eigenen E-Bike. Auf die Nutzung des eigenen Autos hat das yumuv Abo easy keinen Einfluss gezeigt.

# Einordnung der Ergebnisse mit anderen Studien (1/3)

- Das Projekt yumuv ist weltweit einzigartig in seiner Datenvielfalt.
- Die wichtigsten vergleichbaren weiteren Projekte zu «Mobility as a Service» sind:
  - **Tripi Sydney**
    - Viermonatiges Projekt der University of Sydney, IAG (Insurance Australia Group) und SkedGo (App Entwickler).
    - Ca. 90 Teilnehmer (IAG Mitarbeiter) von Dezember 2019 – März 2020.
    - Abos inkl. öV, Carsharing, Ridehailing (Uber), Taxi, Mietwagen.
    - Wesentliche Erkenntnis: MaaS Abos können die Nutzung des privaten Autos (leicht) verringern (Hensher et al., 2021), allerdings konnte wegen mangelnder Daten nicht für die Nutzung von Ridehailing-, Carsharing- und Mietwagen-Diensten kontrolliert werden. Es gab darüber hinaus auch keine Kontrollgruppe.
    - Ausführliche Projektdokumentation inkl. aller Veröffentlichungen online verfügbar unter: <https://imoveaustralia.com/wp-content/uploads/2021/04/iMOVE-Sydney-MaaS-Trial-Final-Report-March-2021.pdf>

# Einordnung der Ergebnisse mit anderen Studien (2/3)

- **Mobil-Flat Augsburg**
  - Zunächst Pilotprojekt (Oktober 2018 – September 2019), dann kommerzielles Produkt der Stadtwerke Augsburg (seit Oktober 2019)
  - Im Juni 2020 stabile Basis von ~275 Abonnenten.
  - Abos inkl. öV, Carsharing und Bikesharing.
  - Wesentliche Erkenntnisse: Carsharing-Guthaben in Abos erhöht Carsharing-Nutzung im Vergleich zu vorheriger Nutzung (ohne Abo) (Reck et al., 2021). Viele Kunden nutzen darüber hinaus ihr Guthaben nicht aus, d.h. der «Flatrate-Effekt» (Lambrecht and Skiera, 2006) als mögliches Geschäftsmodell existiert auch bei MaaS Abos.
  - Für eine ausführliche Dokumentation und einen Ergebnisbericht verweisen wir auf: Reck et al. (2021).

# Einordnung der Ergebnisse mit anderen Studien (3/3)

- **UbiGo Göteborg**
  - Erstes umfangreiches MaaS Projekt in Göteborg zwischen November 2013 – April 2014.
  - Ca. 80 teilnehmende Haushalte.
  - Abos inkl. öV, Carsharing, Bikesharing, Taxi, Mietwagen.
  - Rein qualitative Auswertung.
  - Wichtigste Erkenntnisse: 42% der Teilnehmer gaben an, Ihr Verkehrsverhalten wegen UbiGo verändert zu haben (Strömberg et al., 2018; Sochor et al., 2016). Meist nutzten sie das eigene Auto weniger, gingen mehr zu Fuss, und nutzten zum Teil deutlich mehr Carsharing.
  - Für eine ausführliche Dokumentation und einen Ergebnisbericht verweisen wir auf: Strömberg et al. (2018) sowie Sochor et al. (2016).

# Erkenntnisse und Empfehlungen für weiteres Vorgehen (1/3)

- Um präzise Empfehlungen auszusprechen, unterteilen wir MaaS terminologisch in dessen drei Hauptkomponenten:
  - Intermodale Reiseplaner
  - Multimodale Abonnements
  - Aggregator für Verfügbarkeitsanzeige, Buchung und Zahlung
- In allen bisher durchgeführten Studien und Experimenten zu MaaS zeigt sich, dass das (hypothetisch angenommene) grosse Interesse insb. an multimodalen Abonnements nur schwierig in tatsächliche Käufe umzusetzen ist. Im Ergebnis scheinen multimodale Abonnements, zumindest solange sie geteilte Mobilitätsmittel inkludieren, momentan eher eine Nische als den breiten Markt zu bedienen.
- Die Mehrheit der aktuellen Nutzer sind – typisch für «Early Adopters» - jung, gut ausgebildet, männlich. Sie nutzen hauptsächlich die Aggregatorenfunktion. Ein geringer Automobilbesitz in dieser Gruppe *ex ante* sollte nicht mit einer Wirkung von MaaS *ex post* verwechselt werden.

# Erkenntnisse und Empfehlungen für weiteres Vorgehen (2/3)

- Multimodale Abonnements wirken entsprechend der eingebauten Anreize, d.h.
  - Kurzfristig hat sich in der yumuv Forschungskundengruppe hauptsächlich die Nutzung von E-Trottinets auf Kosten der eigenen Velos erhöht, da 60 Freiminuten im Abo enthalten waren.
  - Kurzfristig hat sich in Augsburg hauptsächlich die Carsharing Nutzung erhöht, da 15h / 30h Carsharing zu deutlich rabattierten Preise im Abo enthalten waren.
  - Eine langfristige Wirkung (z.B. auf den Automobilbesitz) lässt sich bisher nicht feststellen, da die Studien dafür zu kurz / zu temporär ausgelegt waren.
- Empfehlungen (sofern yumuv fortbesteht):
  - Inklusion weiterer Mobilitätsdienste, sodass yumuv die zentrale Plattform für Mobilität in der Schweiz werden kann (zentraler Claim für Kunden: «eine App für Alles»).
  - Vereinfachung des Angebots und insb. Inklusion der öV Abonnements, sodass ein kombiniertes Abonnement inkl. öV abgeschlossen werden kann (anstatt zwei separater Prozesse).

# Erkenntnisse und Empfehlungen für weiteres Vorgehen (3/3)

- Empfehlungen (fortgesetzt):
  - Orientierung der Rabatte für einzelne Verkehrsmittel an den CO2 Emissionen, um einen nachhaltig «positiven» Einfluss auf das Mobilitätsverhalten zu haben. Hierfür können bspw. die Lebenszyklusstudien des ITF (2020) zu Grunde gelegt werden. Die Rabatte für den öV innerhalb der App (Einzelfahrten / Abonnements) würden dann höher sein als die Rabatte für geteilte E-Trotinetts / E-Bikes, da die CO2 Emissionen des öV auf den Lebenszyklus gerechnet geringer sind als diejenigen der geteilten E-Trotinetts / E-Bikes (Reck et al., 2021). Leider ist diese Empfehlung derzeit in der Schweiz nicht umsetzbar, da Rabatte auf öV-Preise nicht gegeben werden können. So kann yumuv derzeit nur Rabatte auf andere Modi (z.B. geteilte E-Trotinetts / E-Bikes) geben und somit deren Nutzung ggü. dem öV überproportional fördern, was wiederum zu einem nachteiligen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl und der CO2 Emissionen führt.
  - Langfristige Begleitung der kontinuierlichen Nutzer und Analyse der
    - kurzfristigen Wirkung von yumuv auf deren Mobilitätsverhalten, sowie der
    - langfristigen Wirkung von yumuv auf deren Automobilbesitz.



# Erkenntnisse zur Zusammenarbeit SBB - ETH

- Die Zusammenarbeit auf Basis regelmässiger Abstimmungen hat für beide Partner sehr gut funktioniert.
- Der regelmässige Austausch ist wichtig und zeitintensiv. Er bringt Erkenntnisse aus anderen MaaS Projekten, ermöglicht eine zielgenauere Produktentwicklung und Forschung, sowie fördert den Wissenstransfer.
- Das Zusammenführen der Datenquellen (Umfragedaten, Bewegungsdaten, Buchungsdaten, Kontextdaten) ist sehr aufwendig, jedoch sehr wichtig um die notwendige Datenqualität zu sichern und verbessern. Eine gemeinsame Datenbank ist sinnvoll.
- Die gemeinsame Codebasis vereinfacht die Zusammenarbeit und fördert das Verständnis, sodass zukünftig der Code für ähnliche Projekte eingesetzt werden kann.

# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
3. Datenverarbeitung
4. Ergebnisse
5. Fazit und Einordnung
- 6. Veröffentlichungen**
7. Literaturverzeichnis

# Übersicht der Veröffentlichungen

## Präsentiert

- Reck, D.J., Martin, H., Axhausen, K.W., 2021. Mode choice, substitution patterns and environmental impacts of shared and personal micro-mobility. Presented at the *21st Swiss Transport Research Conference (STRC 2021)*, Ascona, September.
- Martin, H., Reck, D.J. and Raubal, M., 2021. Using Information and Communication Technologies to facilitate mobility behaviour change and enable Mobility as a Service. *GI\_Forum Journal for Geographic Information Science*, (1).

## Eingereicht

- Reck, D.J., Martin, H., Axhausen, K.W., 2021. Mode choice, substitution patterns and environmental impacts of shared and personal micro-mobility. Under review at *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.

# Übersicht der Veröffentlichungen

## In Vorbereitung

- Reck, D.J., Martin, H., Raubal, M., Axhausen, K.W., 2021. How do MaaS bundles influence travel behavior? Empirical evidence from the yumuv trial.
- Martin, H., Perez-Cruz, F. Raubal, M., 2021. A graph-based representation for human mobility data.
- Martin, H., Wiedemann, N. Reck, D.J., Raubal, M., 2021. Graph based mobility profiling for longitudinal and cross-sectional tracking studies.

# Inhalte

1. Projektziele
2. Datenerhebung
3. Datenverarbeitung
4. Ergebnisse
5. Fazit und Einordnung
6. Veröffentlichungen
- 7. Literaturverzeichnis**

# Literaturverzeichnis

- Axhausen, K.W. and Gärling, T., 1992. Activity-based approaches to travel analysis: conceptual frameworks, models, and research problems. *Transport reviews*, 12(4), pp.323-341.
- Axhausen, K.W., 2007. Definition of movement and activity for transport modelling. In *Handbook of transport modelling*. Emerald Group Publishing Limited.
- Bartelme, N. 2005, Geoinformatik. Modelle, Strukturen, Funktionen, Springer
- Castiglione, J., Bradley, M. and Gliebe, J., 2015. *Activity-based travel demand models: A primer* (No. SHRP 2 Report S2-C46-RR-1).
- Chen, C., Ma, J., Susilo, Y., Liu, Y. and Wang, M., 2016. The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis. *Transportation research part C: emerging technologies*, 68, pp.285-299.
- Damiani, M.L., Acquaviva, A., Hachem, F. and Rossini, M., 2020, November. Learning behavioral representations of human mobility. In *Proceedings of the 28th International Conference on Advances in Geographic Information Systems* (pp. 367-376).
- Das, R.D. and Winter, S., 2016. A context-sensitive conceptual framework for activity modeling. *Journal of Spatial Information Science*, 2016(12), pp.45-85.
- Douglas, D.H. and Peucker, T.K., 1973. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. *Cartographica: the international journal for geographic information and geovisualization*, 10(2), pp.112-122.
- Hensher, D.A. and Greene, W.H., 2003. The mixed logit model: the state of practice. *Transportation*, 30(2), 133-176.
- Hensher, D.A., Ho, C.Q. and Reck, D.J., 2021. Mobility as a Service and private car use: evidence from the Sydney MaaS trial. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 145, 17-33.
- ITF, 2020. *Good to Go? Assessing the Environmental Performance of New Mobility*. International Transport Forum, Paris.
- Jiang, S., Ferreira, J. and Gonzalez, M.C., 2017. Activity-based human mobility patterns inferred from mobile phone data: A case study of Singapore. *IEEE Transactions on Big Data*, 3(2), pp.208-219.
- Lambrecht, A. and Skiera, B., 2006. Paying too much and being happy about it: Existence, causes, and consequences of tariff-choice biases. *Journal of Marketing Research*, 43(2), 212-223.
- Lin, M., Cao, H., Zheng, V., Chang, K.C.C. and Krishnaswamy, S., 2015, June. Mobility profiling for user verification with anonymized location data. In *Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence*.
- McFadden, D. and Train, K., 2000. Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics*, 15(5), 447-470.
- Reck, D.J., Martin, H. and Axhausen, K.W., 2021. Mode choice, substitution patterns and environmental impacts of shared and personal micro-mobility. In *21st Swiss Transport Research Conference (STRC 2021)*, Ascona, September.
- Reck, D.J., Axhausen, K.W., Hensher, D.A. and Ho, C.Q., 2021. Multimodal transportation plans: Empirical evidence on uptake, usage and behavioral implications from the Augsburg MaaS trial. In *100th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB 2021)*, Washington, January.
- Sochor, J., Karlsson, I.M. and Strömberg, H., 2016. Trying out mobility as a service: Experiences from a field trial and implications for understanding demand. *Transportation Research Record*, 2542(1), 57-64.
- Strömberg, H., Karlsson, I.M. and Sochor, J., 2018. Inviting travelers to the smorgasbord of sustainable urban transport: evidence from a MaaS field trial. *Transportation*, 45(6), 1655-1670.

Vielen Dank für das Interesse und die Aufmerksamkeit.

Henry Martin, Martin Raubal  
Institut für Kartografie und Geoinformation (IKG)

Daniel Reck, Kay W. Axhausen  
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)

ETH Zürich