



Mobilitätskonferenz Kreis Wesel

Forschungsprojekt BestMOD

Mobility on Demand als wirtschaftlicher Zubringer für Bahn und Schnellbuslinien

SWK E² Institut - Hochschule Niederrhein

Lehrstuhl Mechatronik - Universität Duisburg-Essen

Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie - Universität Duisburg-Essen

Agenda

Einleitung & Motivation
10 Min

1

Eckdaten & Ziele BestMOD
2 Min

2

Herausforderungen & Methoden
15 Min

3

Anschlussfähigkeit & Ausblick
3 Min

4

Diskussion & Fragerunde
30 Min

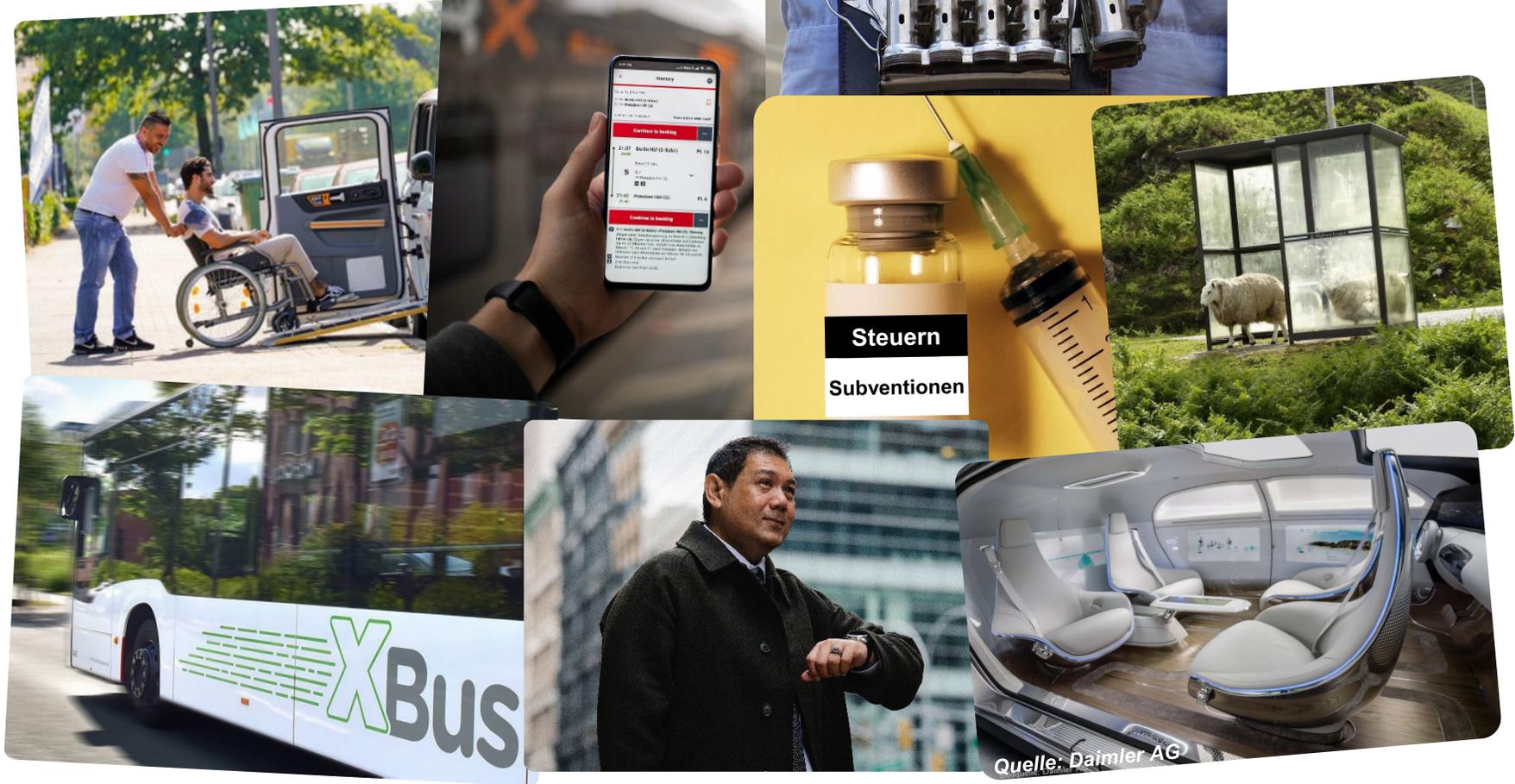
5

Gesamtzeit: 60 Min

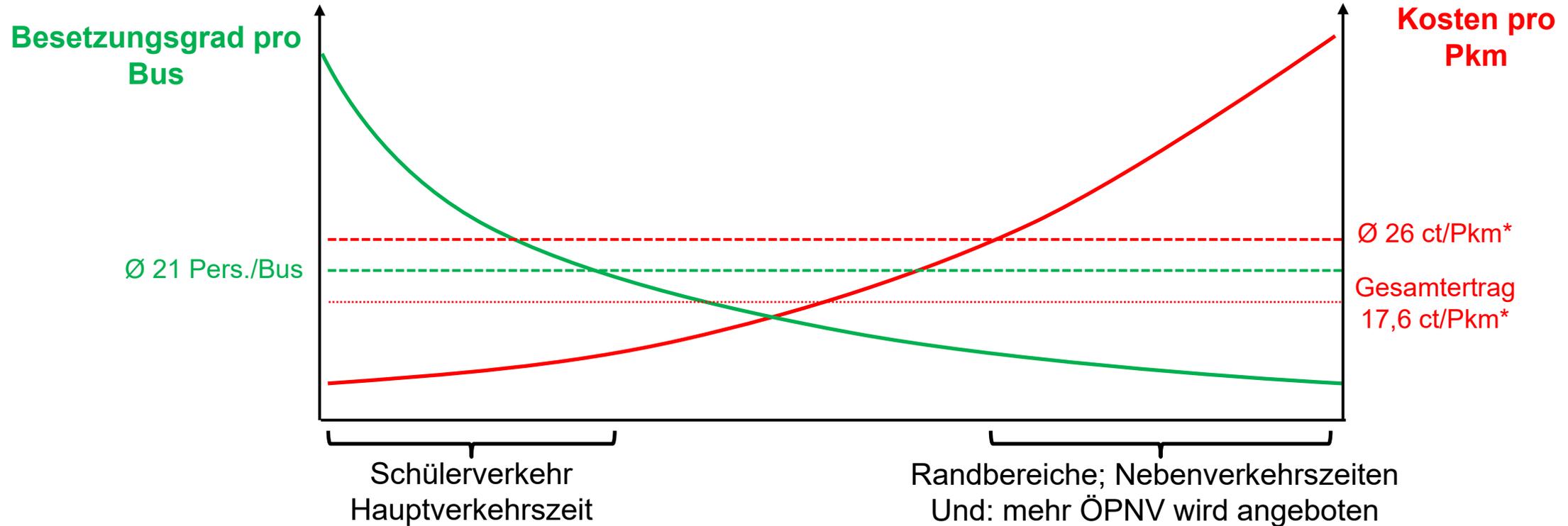
Einleitung Randbedingungen des ÖPNV



- Barrierefrei
- Wirtschaftlich
- Verfügbar
- Randzeiten
- Randgebiete
- Schnell
- Zuverlässig
- Komfortabel



Einleitung Randbedingungen des ÖPNV



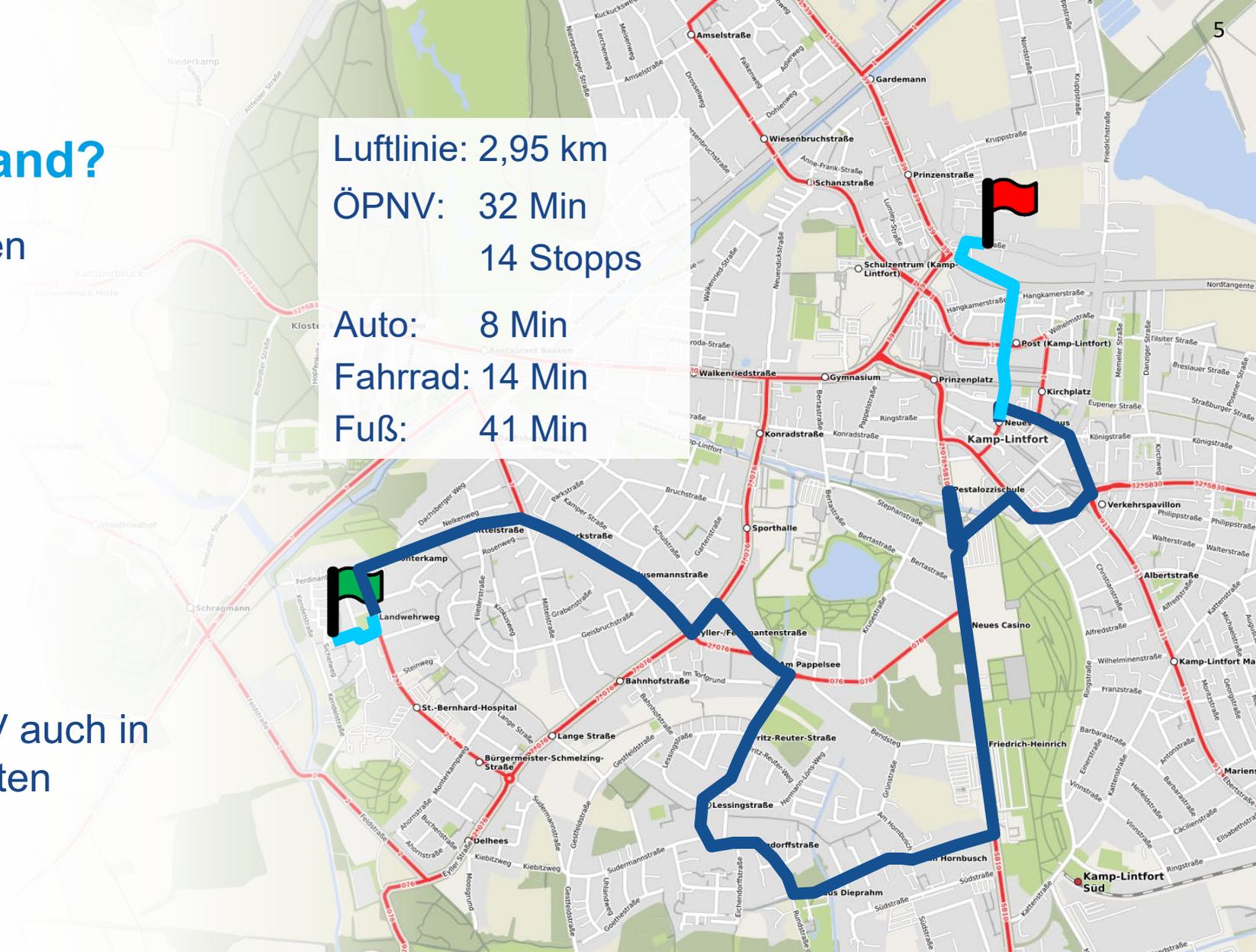
*) gemäß VRR-Ergebnisbericht 2018 und VDV-Statistik 2018



Motivation

Warum Mobility on Demand?

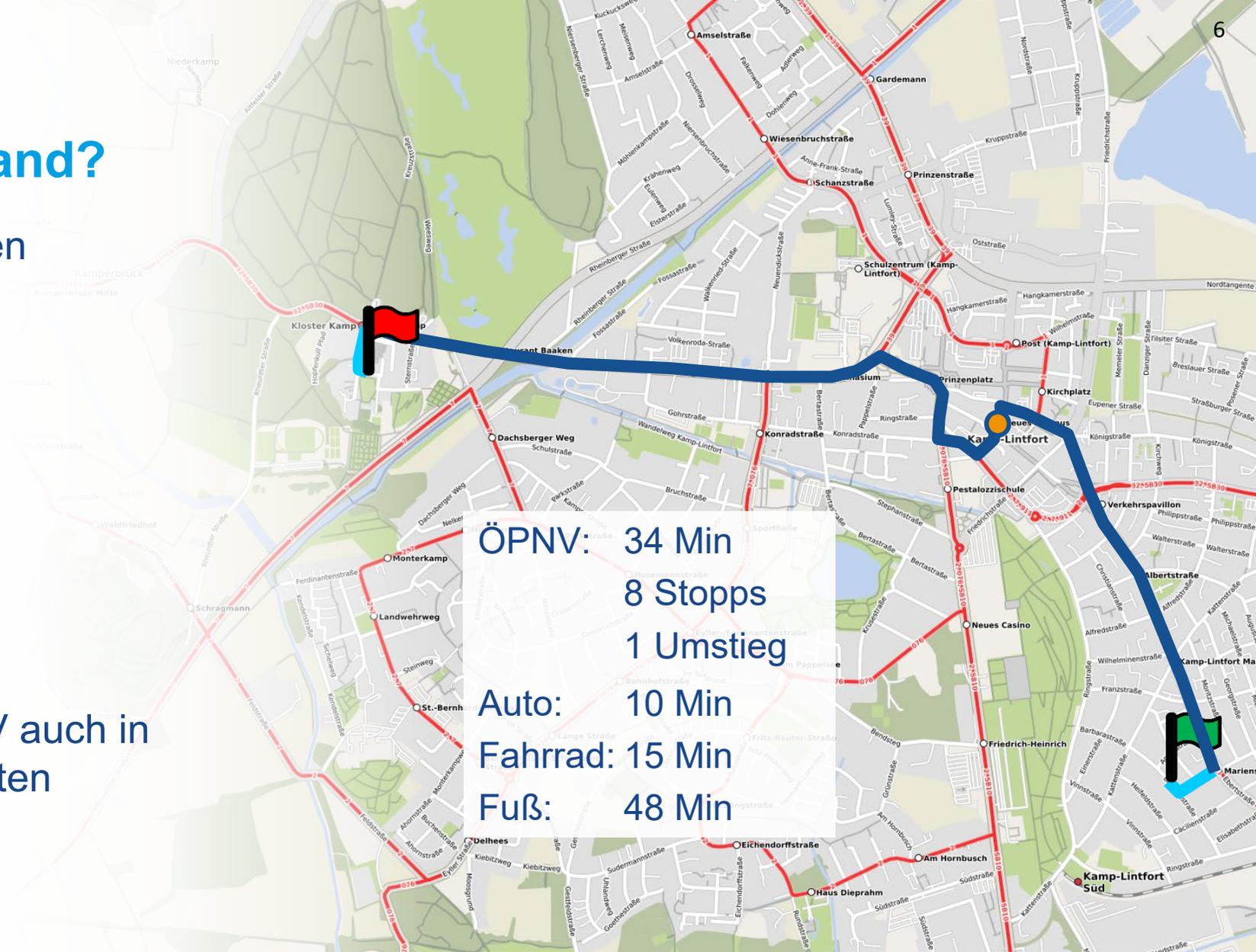
- Bei geringen Besetzungsgraden wirtschaftlich
 - Weniger Stopps
 - Höhere Ø-Geschwindigkeiten
 - Mehr Haltestellen
 - Einfach zu elektrifizieren
 - Inklusiv und barrierefrei
- Attraktive Konkurrenz zum MIV auch in Randgebieten und zu Randzeiten



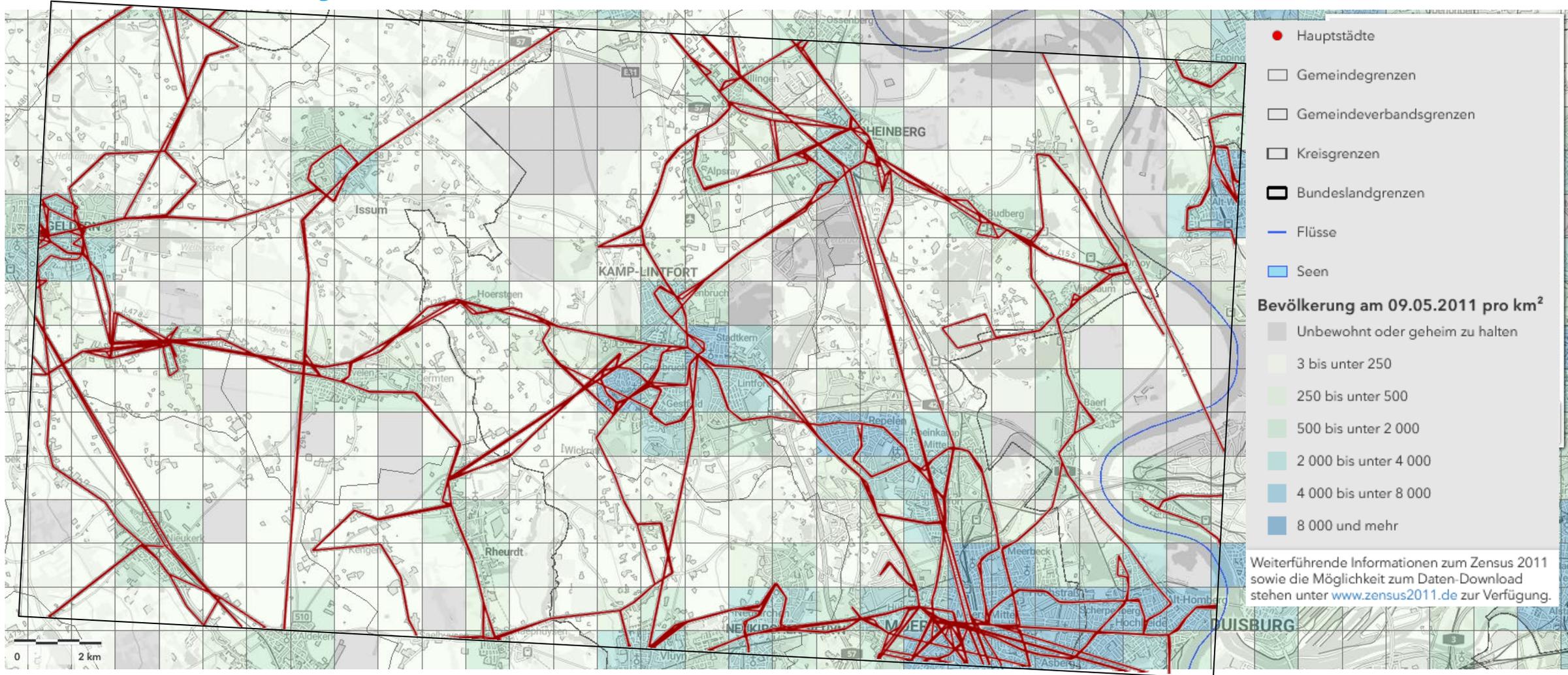
Motivation

Warum Mobility on Demand?

- Bei geringen Besetzungsgraden wirtschaftlich
 - Weniger Stopps
 - Höhere Ø-Geschwindigkeiten
 - Mehr Haltestellen
 - Einfach zu elektrifizieren
 - Inklusiv und barrierefrei
- Attraktive Konkurrenz zum MIV auch in Randgebieten und zu Randzeiten



Motivation Warum Mobility on Demand?



0 2 km

Ministerium für Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



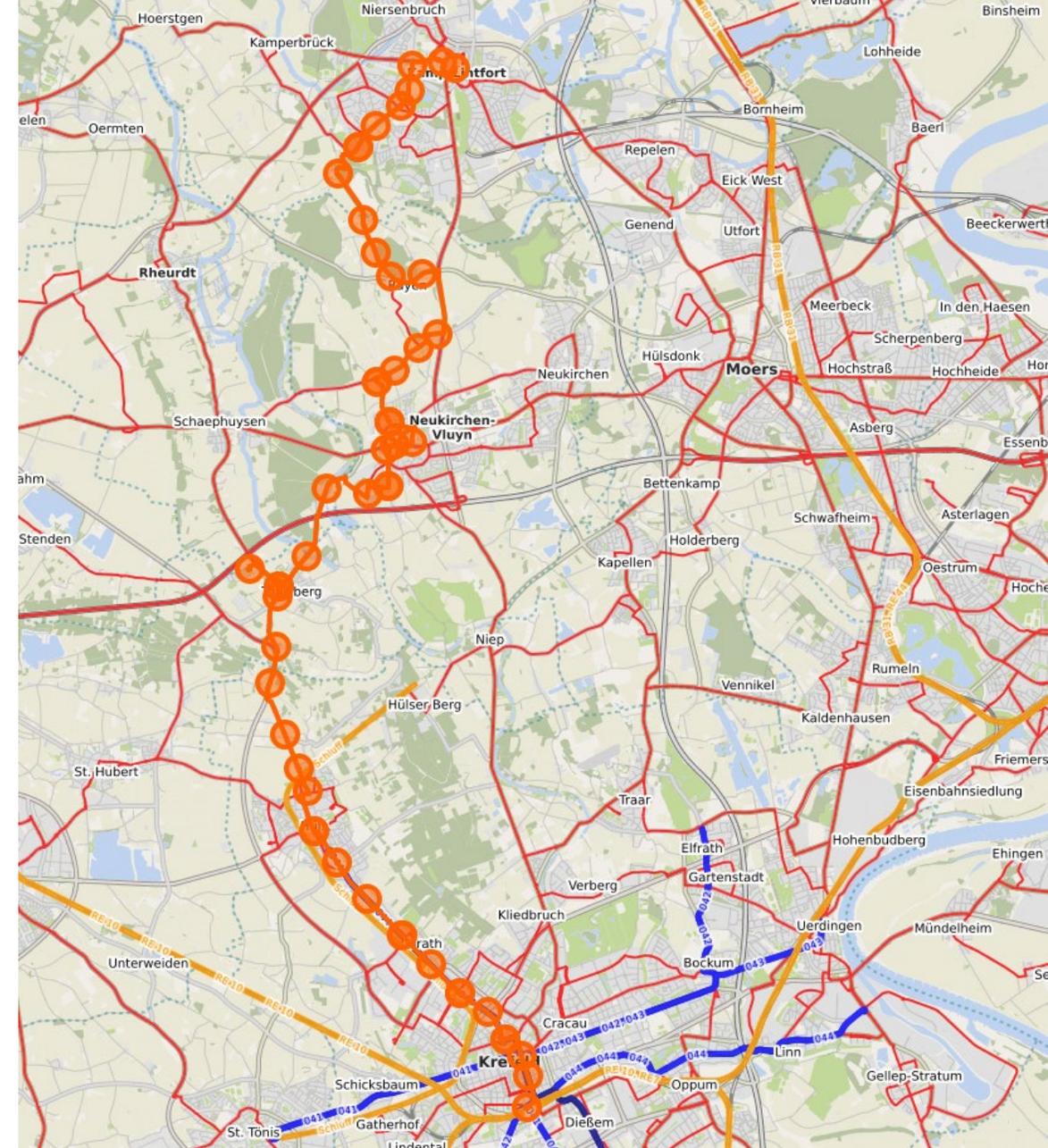
Hochschule Niederrhein
University of Applied Sciences
SWK E²

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

MECHATRONIK
Universität Duisburg-Essen | www.imech.de

Allgemeine Psychologie: Kognition

Motivation Vision eines zukunftsfähigen ÖV



Ministerium für Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Hochschule Niederrhein
University of Applied Sciences
SWK E²

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

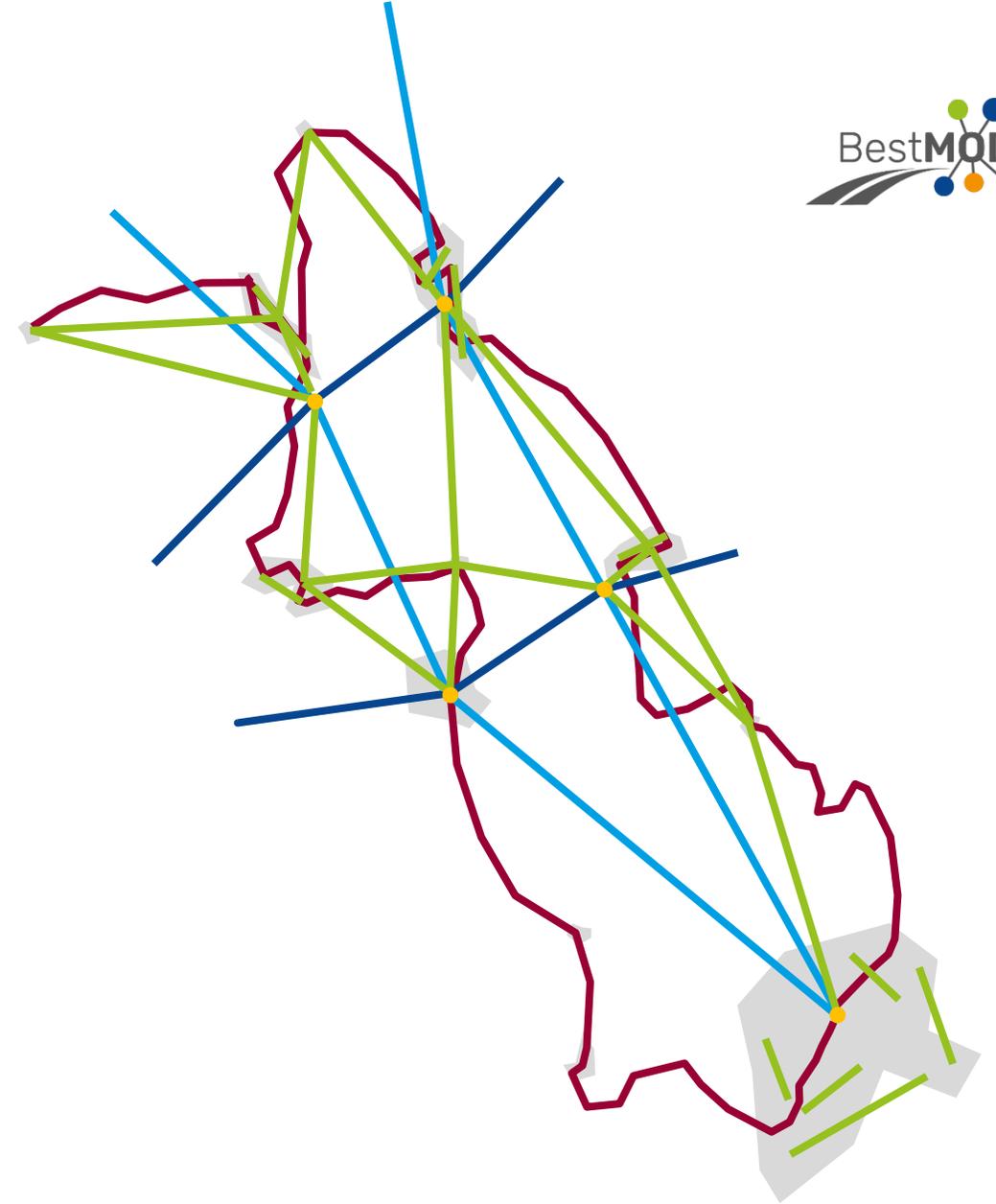
MECHATRONIK
Universität Duisburg-Essen | www.imech.de

Allgemeine Psychologie: Kognition

Motivation

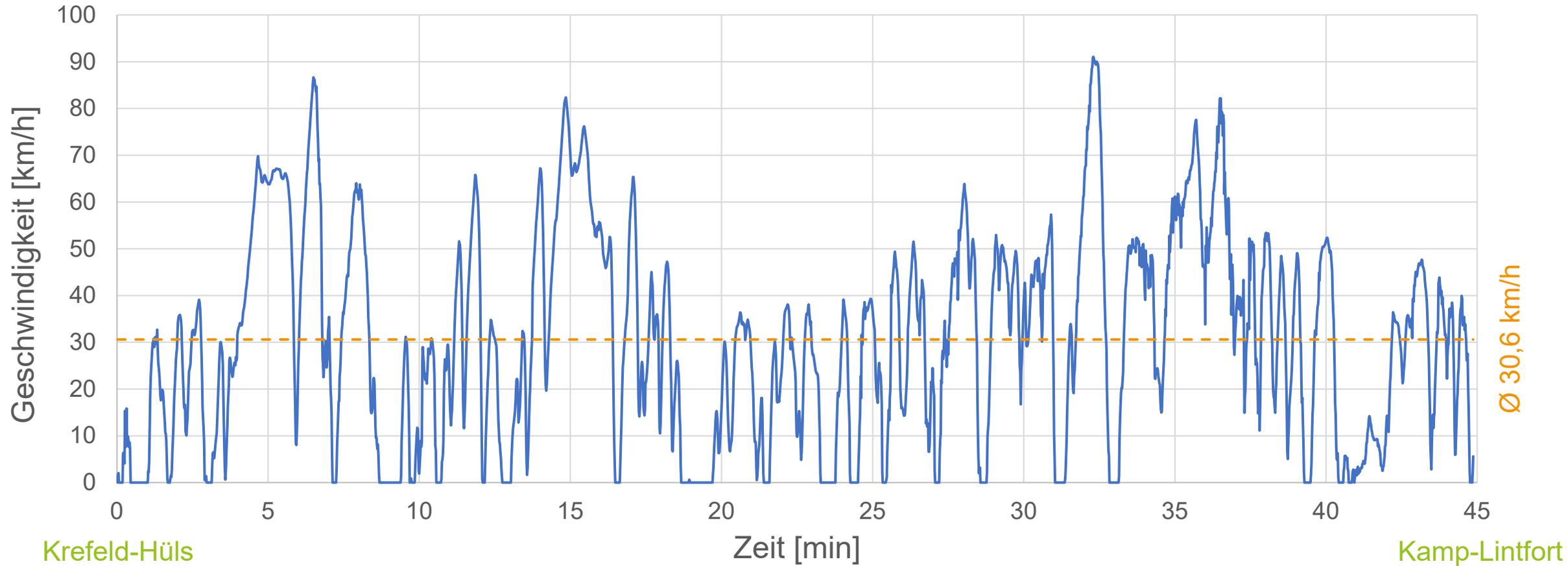
Vision eines zukunftsfähigen ÖV

- **Mobility Hubs**
- **Schnellere Bus- und Bahnverbindungen durch**
 - Weniger Stopps
 - Weniger Umwege
 - Routing über Schnellstraßen
- Mehr Buslinien und höhere Taktzeiten**
 - Kostendeckung durch Kundenzuwachs
- **Letzte Meile durch MoD**



Motivation

Geschwindigkeitsprofil Buslinie 76



Eckdaten Forschungsprojekt



Richtlinie zur Förderung der Vernetzten Mobilität und des Mobilitätsmanagements (FöRi-MM)

- Fördermittelgeber: Verkehrsministerium Nordrhein-Westfalen
- Projektträger: Bezirksregierung Düsseldorf
- Laufzeit: 01.04.2022 bis 31.03.2025 – 3 Jahre
- Gesamtkosten: 565.551 €
- Fördersumme: 452.400 € (80 % Förderquote)
- Projektteam: SWK E² Institut für Energietechnik und Energiemanagement - HSNR
Lehrstuhl für Mechatronik der Universität Duisburg-Essen (IMECH)
Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie Universität Duisburg-Essen
- Assoziierte Partner: SWK MOBIL GmbH
Kreis Wesel

Ministerium für Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



 Hochschule Niederrhein
University of Applied Sciences
SWK E²

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

MECHATRONIK 
Universität Duisburg-Essen | www.imech.de

 Allgemeine Psychologie: Kognition

Herausforderungen

Ausweitung von Mobility on Demand

- Testbetrieb
 - ausreichend groß
 - über mehrere Jahre
 - Fahrermangel
 - **kostenintensiv**
 - wissenschaftlich begleitet
 - Kannibalisierungseffekte
- Kosten-Nutzen-Analyse
 - Kleine Datenbasis und keine Benchmarks
 - Umfangreiche und komplexe Simulationen notwendig



Herausforderungen

Kosten-Nutzen-Analyse

- Basis: Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen
- Nicht für MoD entwickelt
 - Systemverfügbarkeit nicht zeitlich aufgelöst
 - Keine Zeitäquivalente für
 - Variierende Wartezeiten (zu Hause)
 - Variierende Fahrtenfolgezeit
 - Variierende Beförderungszeiten (Pooling-Umwege)
 - Systemqualität von LEVCs/ komfortableren Kleinbussen
- Häufig fehlende Datenquellen
 - Mobilitätsbedarfe und -verhalten
 - Reale Fahrgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Tageszeit
 - Parkplatzsuchverkehr



Ziele



Forschungsfrage:

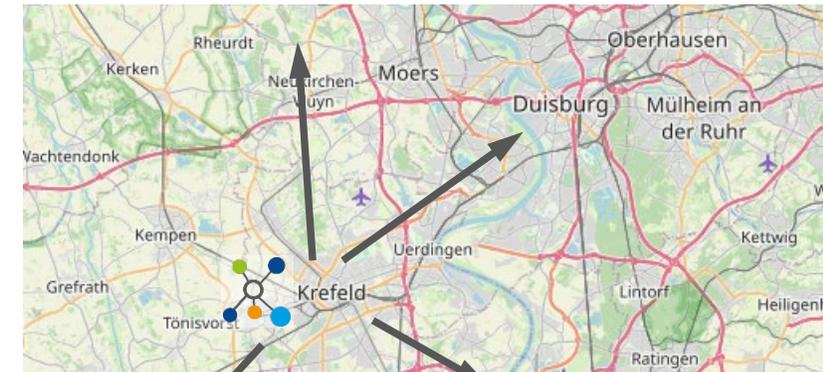
Wie und wo kann das **ÖPNV-Angebot** bedarfsgerecht so **erweitert** werden, dass durch den erwarteten **Kundenzuwachs die Mehrkosten gedeckt** werden können?



Steigerung der Lebensqualität durch Pull-Faktoren im ÖPNV



Planungssicherheit für Mobilitätsanbieter



Einfache Adaption in anderen (auch ländlicheren) Kommunen

Ziele



Steigerung der Lebensqualität durch Pull-Faktoren im ÖPNV

- Optimale Vernetzung von On-Demand und Linientakt
- Ökologisch sinnvolle Ausweitung des Angebots bei gleichen Kosten



Planungssicherheit für Mobilitätsanbieter

- Analoge und digitale Mobilitätsumfrage
- Umfangreiche Datenbasis
- Validierung durch mikroskopische Simulationen

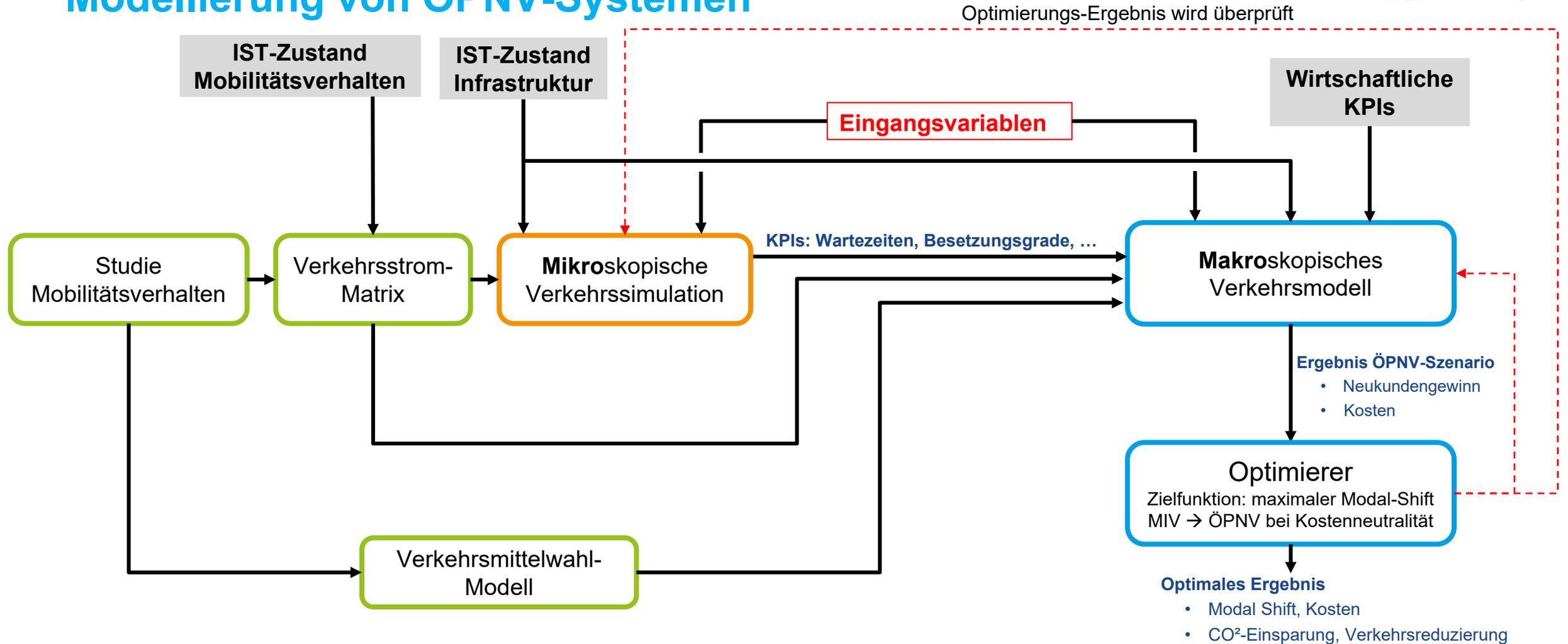


Einfache Adaption in anderen (auch ländlicheren) Kommunen

- Workshops für Öffentlichkeit
- Erstellung eines Tools inkl. Workflow & Tipps
- Beispiel Krefeld und ländliche Region Kreis Wesel

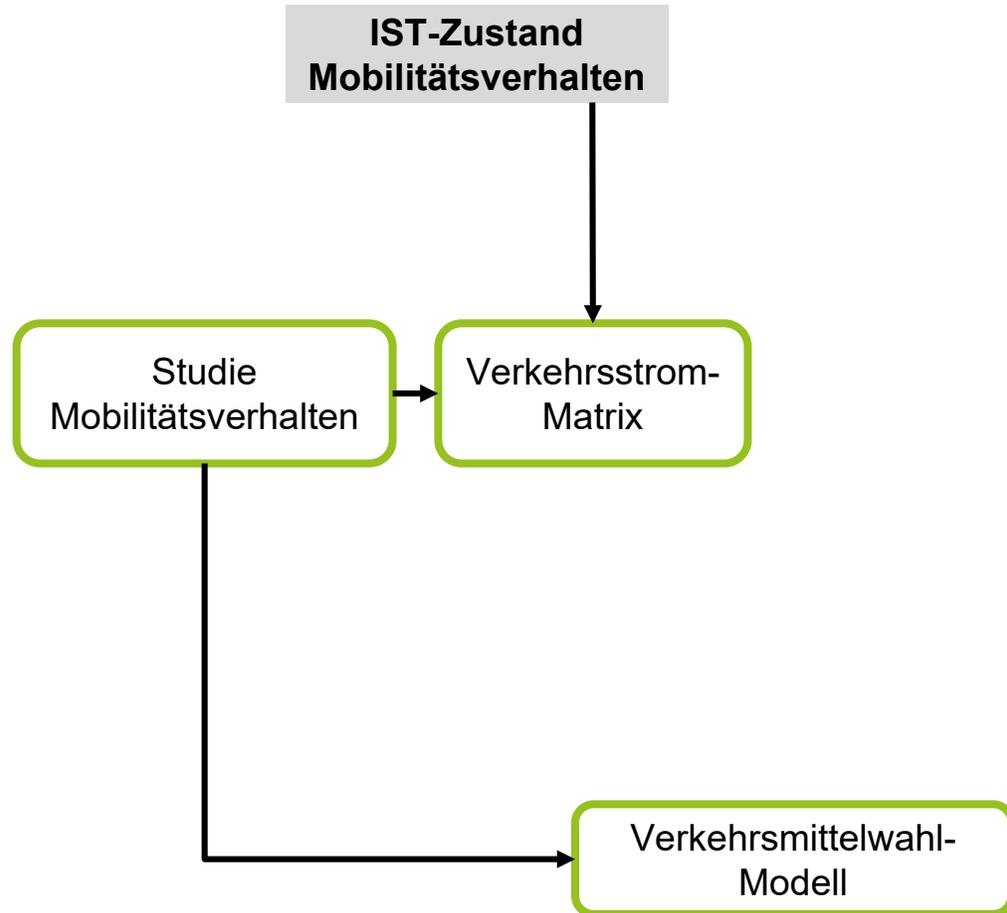
Methodik

Modellierung von ÖPNV-Systemen



Methodik

Modellierung von ÖPNV-Systemen

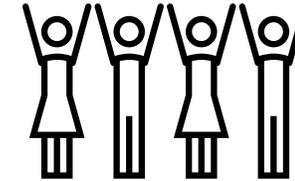


Mobilitätsumfrage Krefeld 2023

Überblick Welle 1: Okt 22 – Mär 23



- **Gelegenheitsstichprobe:** Rekrutierung via Flyer, Poster, Bildschirme in Straßenbahn, Intranet, Newsletter, Social Media...
- **Hybride Umfrage:** Online-, Papier- und telefonische Teilnahme
- **Incentives:** Nahverkehrstickets im Wert von 1.000 € & 2 iPads



N = 174 erfassten min. 1 Weg
Demografie von **n = 165** Personen

(93 ♂, 70 ♀, 2 ♀)

M = 34,32 Jahre
SD = 14.02; 12-76 Jahre



Lebensumgebung

- 58.0 % ($n = 101$) leben in der **Stadt**
- 23.0 % ($n = 40$) leben in der **Vorstadt**
- 23.0 % ($n = 22$) leben auf dem **Land**



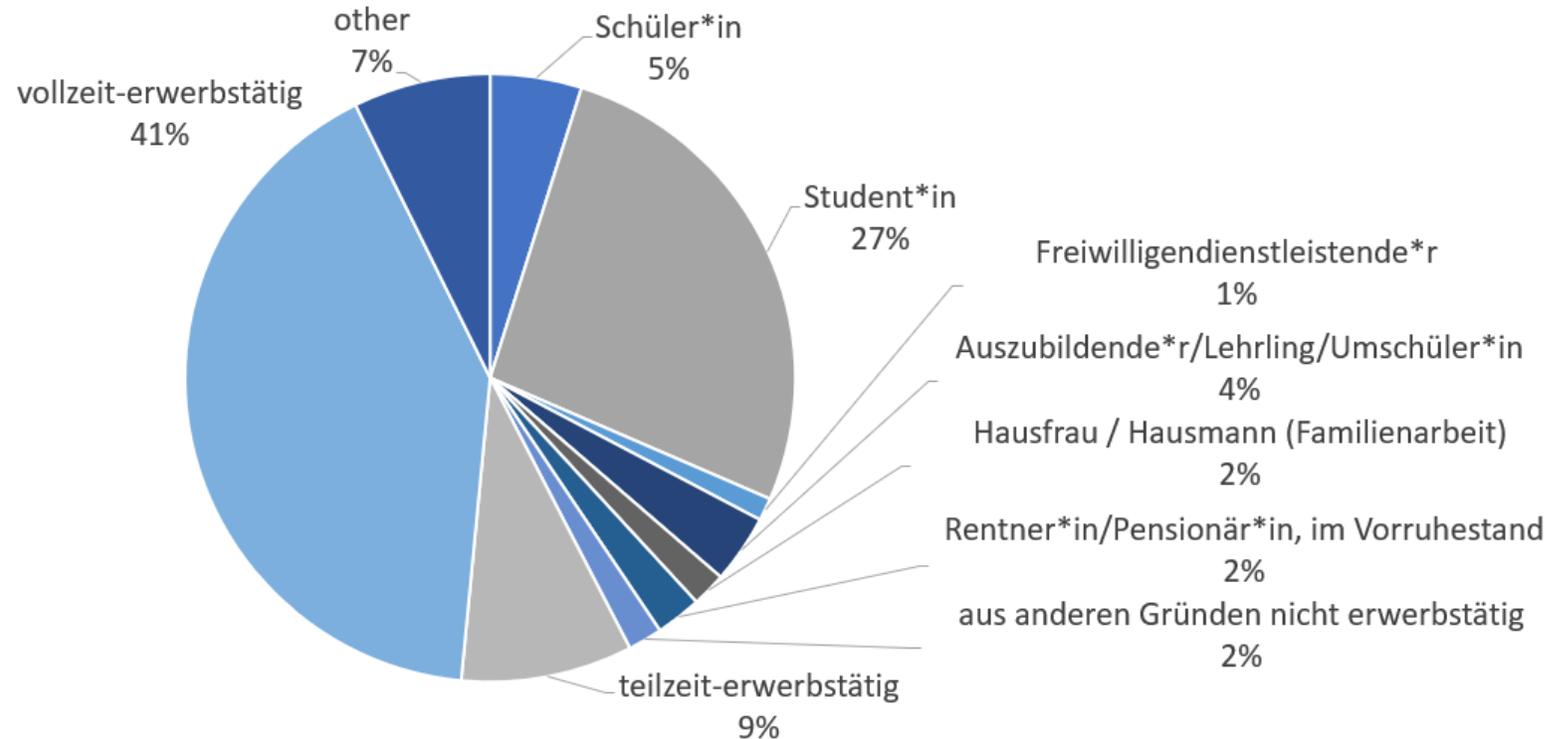
6.3 % sind in ihrer Mobilität aus gesundheitlichen Gründen **eingeschränkt**

Mobilitätsumfrage Krefeld 2023

Stichprobenbeschreibung



Derzeitiger Beruf bzw. Tätigkeit



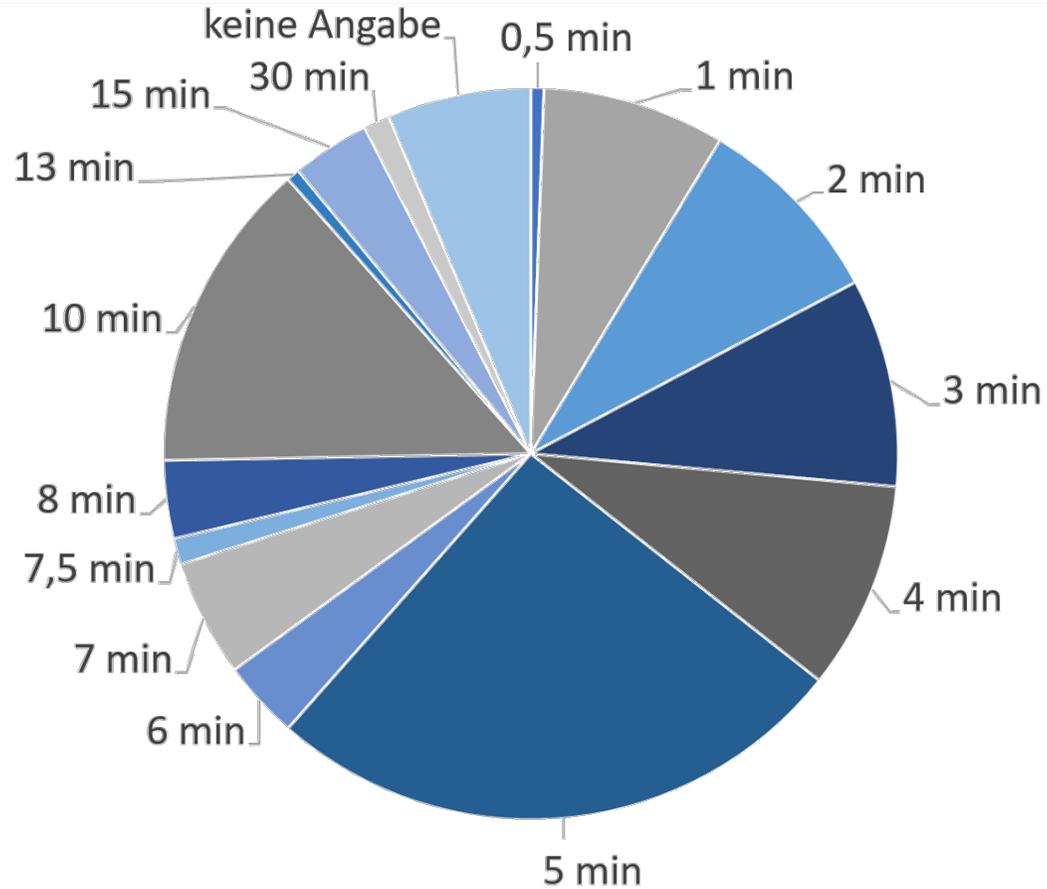
	N	%
Schüler*in	8	4,6
Student*in	44	25,3
Freiwilligendienstleistende*r	2	1,1
Auszubildende*r/Lehrling/Umschüler*in	6	3,4
Hausfrau / Hausmann (Familienarbeit)	3	1,7
Rentner*in/Pensionär*in, im Vorruhestand	4	2,3
aus anderen Gründen nicht erwerbstätig	3	1,7
teilzeit-erwerbstätig	15	8,6
vollzeit-erwerbstätig	68	39,1
Sonstiges	12	6,9

Mobilitätsumfrage Krefeld 2023

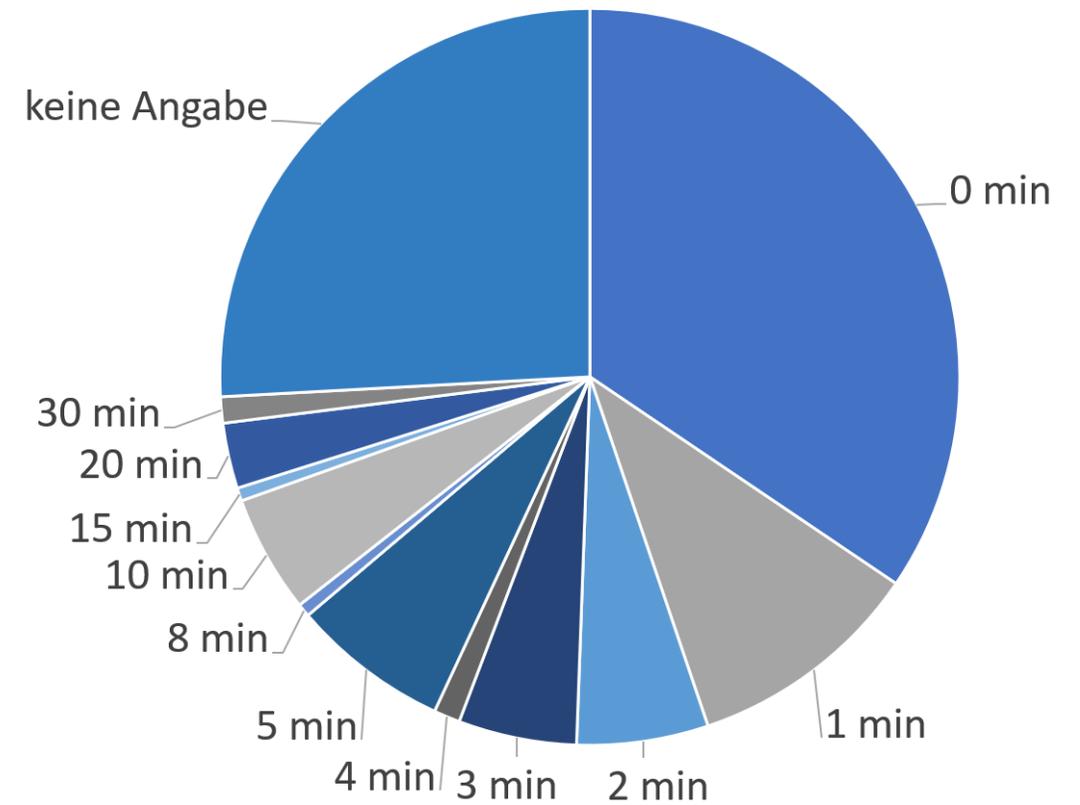
Auszug Ergebnisse



Fußweg zur nächstgelegenen Haltestelle



Parkplatzsuchverkehr am Wohnort



Ministerium für Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Hochschule Niederrhein
University of Applied Sciences
SWK E²

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

MECHATRONIK
Universität Duisburg-Essen | www.imech.de

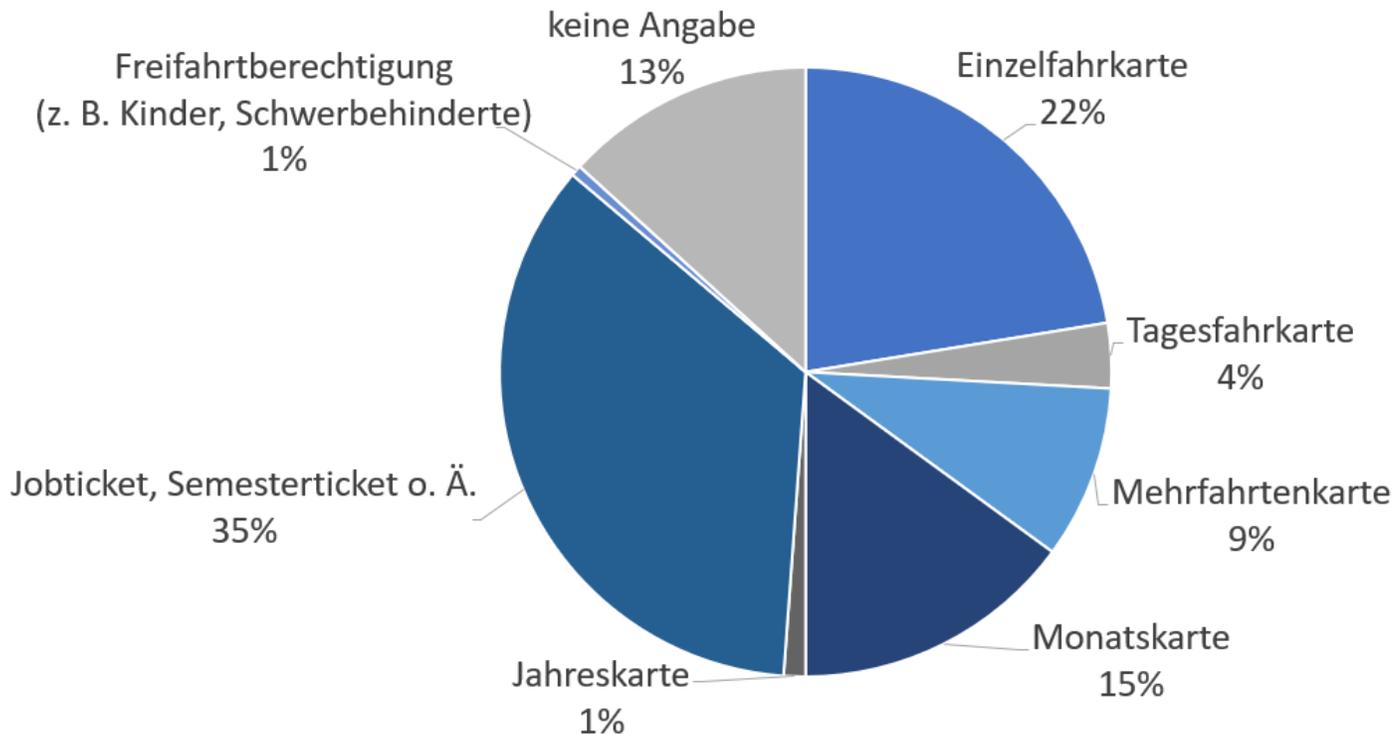
Allgemeine Psychologie: Kognition

Mobilitätsumfrage Krefeld 2023

Auszug Ergebnisse



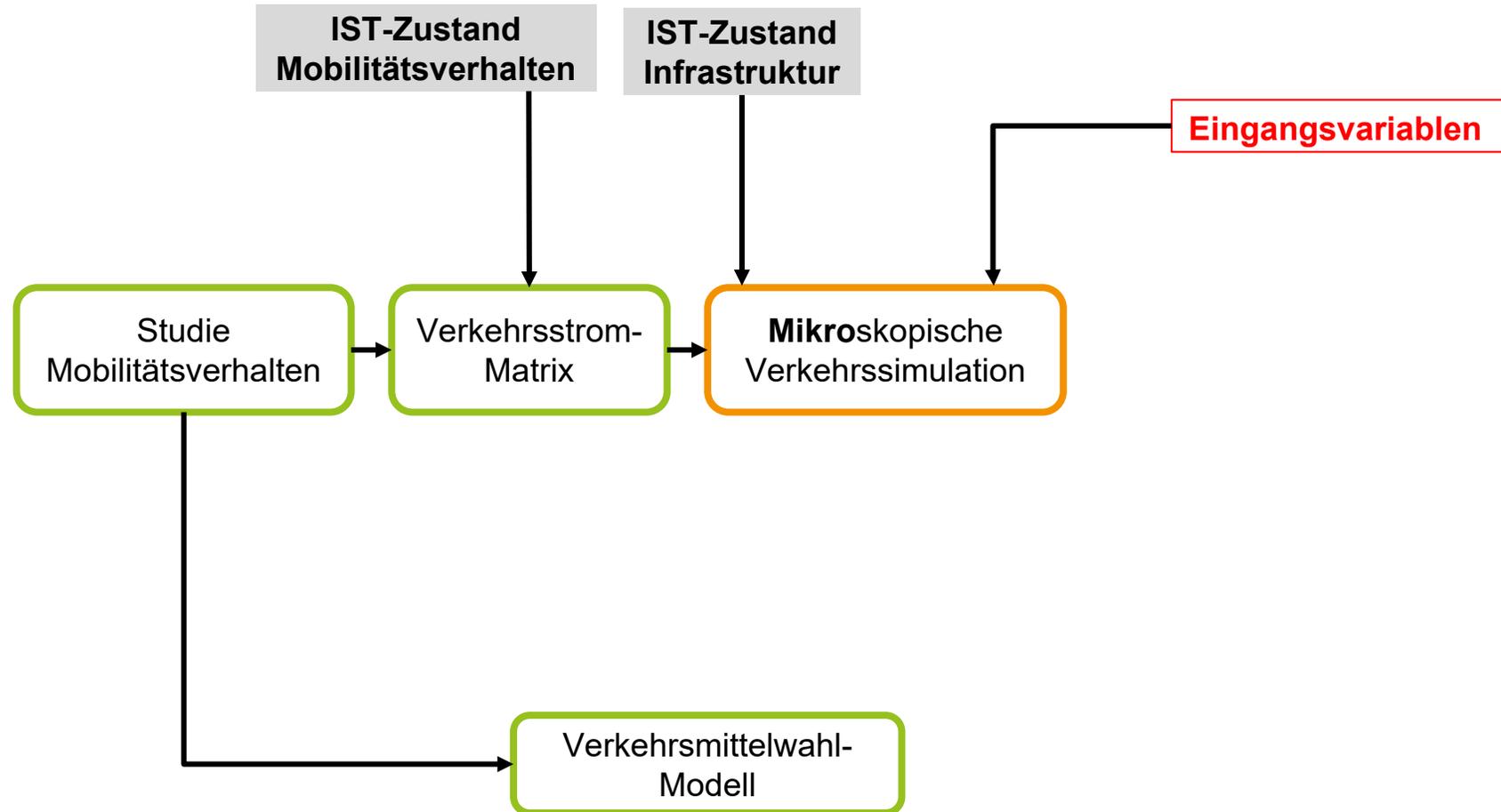
Fahrkartenart im ÖPNV



	N	%
Einzelfahrkarte	39	22,40
Tagesfahrkarte	6	3,40
Mehrfahrtenkarte	16	9,20
Monatskarte	26	14,90
Jahreskarte	2	1,10
Jobticket, Semesterticket o. Ä.	61	35,10
Freifahrtberechtigung (z. B. Kinder, Schwerbehinderte)	1	0,60
keine Angabe	23	11,50

Modellierung von ÖPNV-Systemen

Gesamtprozess



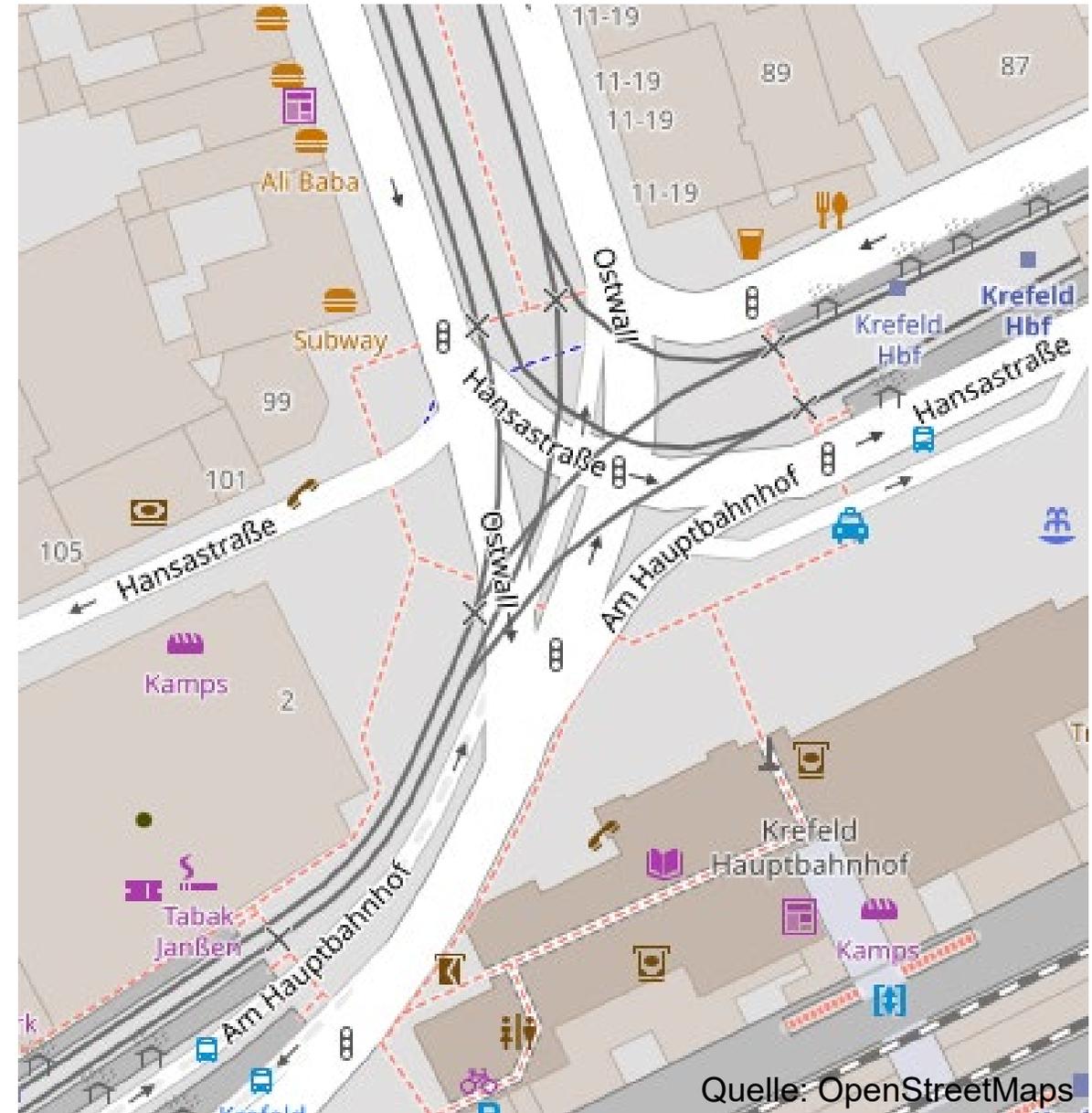
Mikroskopische Verkehrssimulation Modellierung mit SUMO

- Konvertierung von Regionen aus OpenStreetMap-Daten
- Automatisch generierte Kreuzungssituationen fehlerhaft
 - Aufwändige händische Nachbearbeitung
- Anwenderfreundliches Software-Tool entwickeln
 - **Identifizieren** fehlerhafter Kreuzungen
 - **Vorschlagen** verbesserter Kreuzungen
 - **Auswahl** durch User (ohne SUMO Kenntnisse)
- Fahrplandaten und LSA-Schaltzeiten
 - Vereinheitlichen von Standards
- Mobility on Demand
 - Temporäre ÖPNV-Haltestelle



Mikroskopische Verkehrssimulation Modellierung mit SUMO

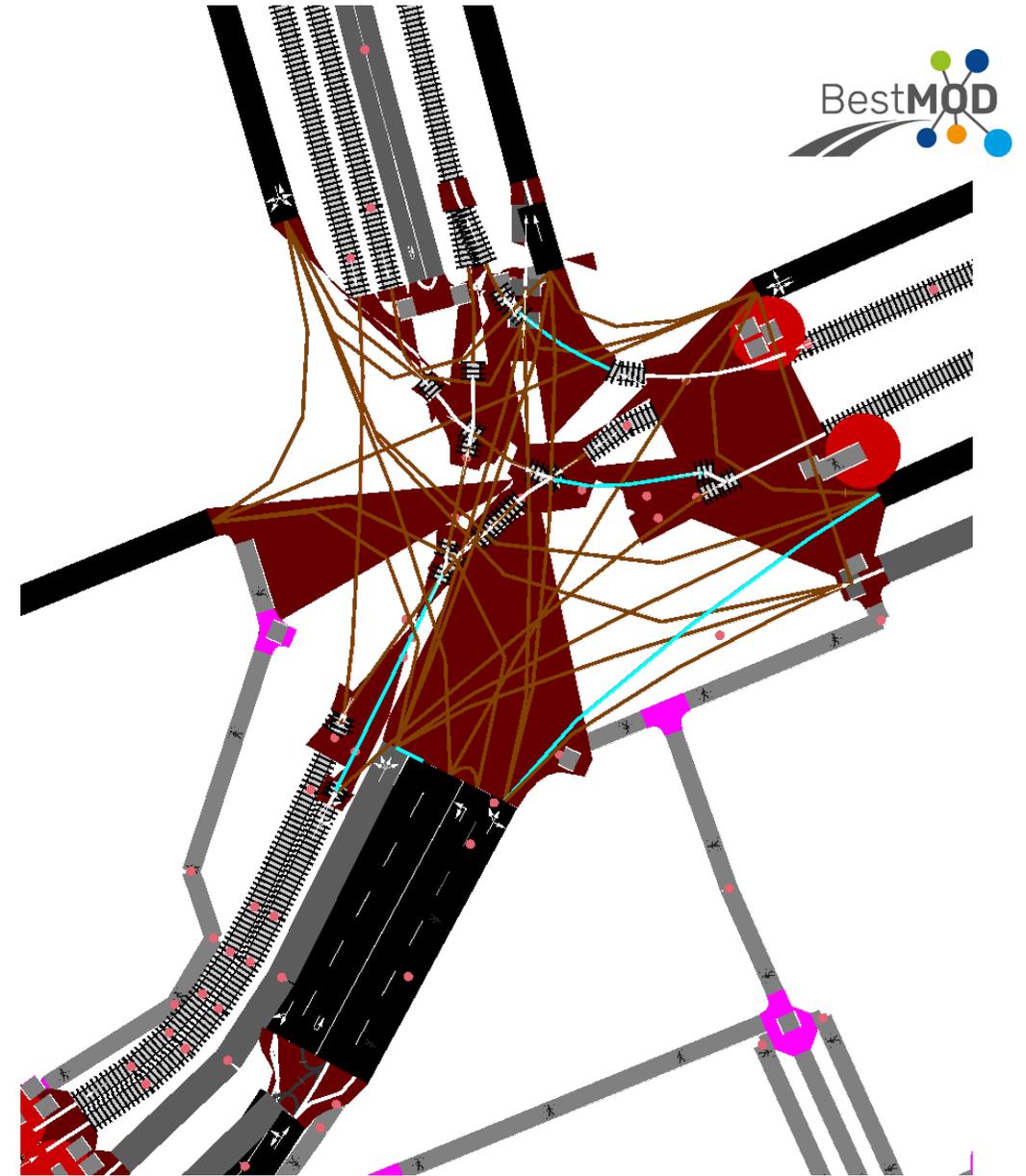
- Konvertierung von Regionen aus OpenStreetMap-Daten
- Automatisch generierte Kreuzungssituationen fehlerhaft
 - Aufwändige händische Nachbearbeitung
- Anwenderfreundliches Software-Tool entwickeln
 - **Identifizieren** fehlerhafter Kreuzungen
 - **Vorschlagen** verbesserter Kreuzungen
 - **Auswahl** durch User (ohne SUMO Kenntnisse)
- Fahrplandaten und LSA-Schaltzeiten
 - Vereinheitlichen von Standards
- Mobility on Demand
 - Temporäre ÖPNV-Haltestelle



Quelle: OpenStreetMaps

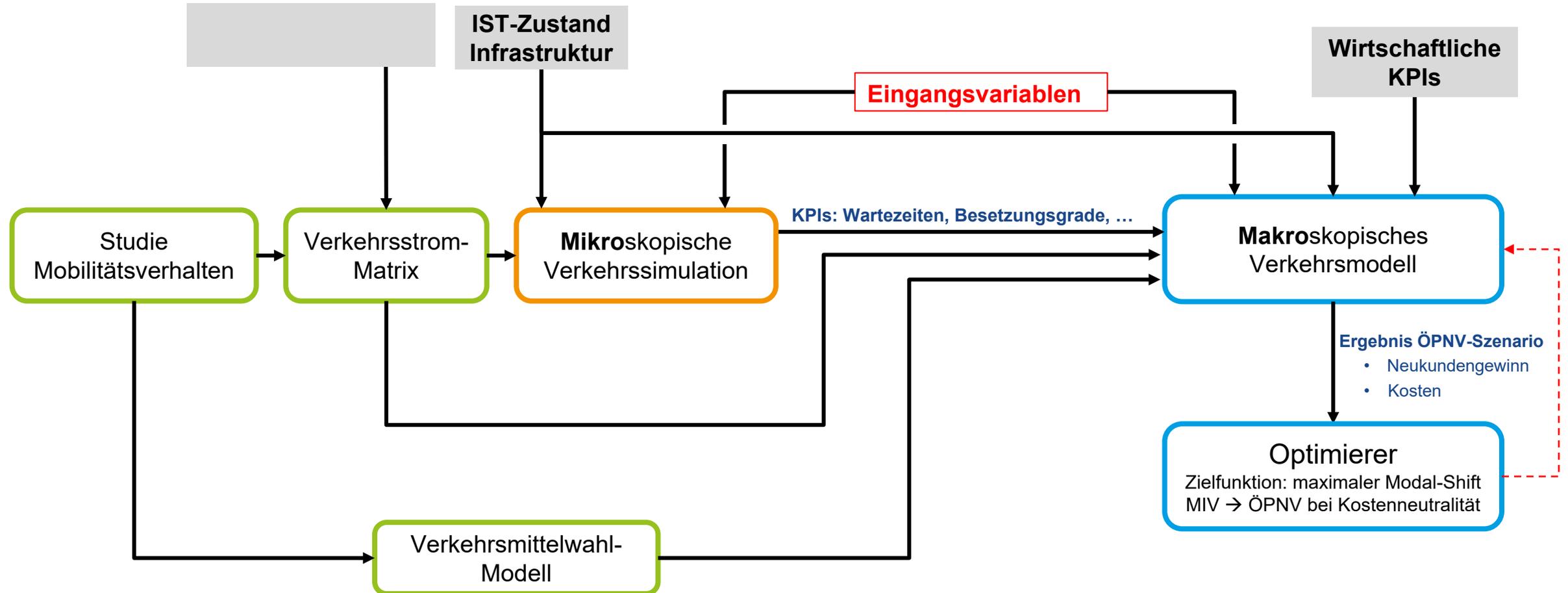
Mikroskopische Verkehrssimulation Modellierung mit SUMO

- Konvertierung von Regionen aus OpenStreetMap-Daten
- Automatisch generierte Kreuzungssituationen fehlerhaft
 - Aufwändige händische Nachbearbeitung
- Anwenderfreundliches Software-Tool entwickeln
 - **Identifizieren** fehlerhafter Kreuzungen
 - **Vorschlagen** verbesserter Kreuzungen
 - **Auswahl** durch User (ohne SUMO Kenntnisse)
- Fahrplandaten und LSA-Schaltzeiten
 - Vereinheitlichen von Standards
- Mobility on Demand
 - Temporäre ÖPNV-Haltestelle



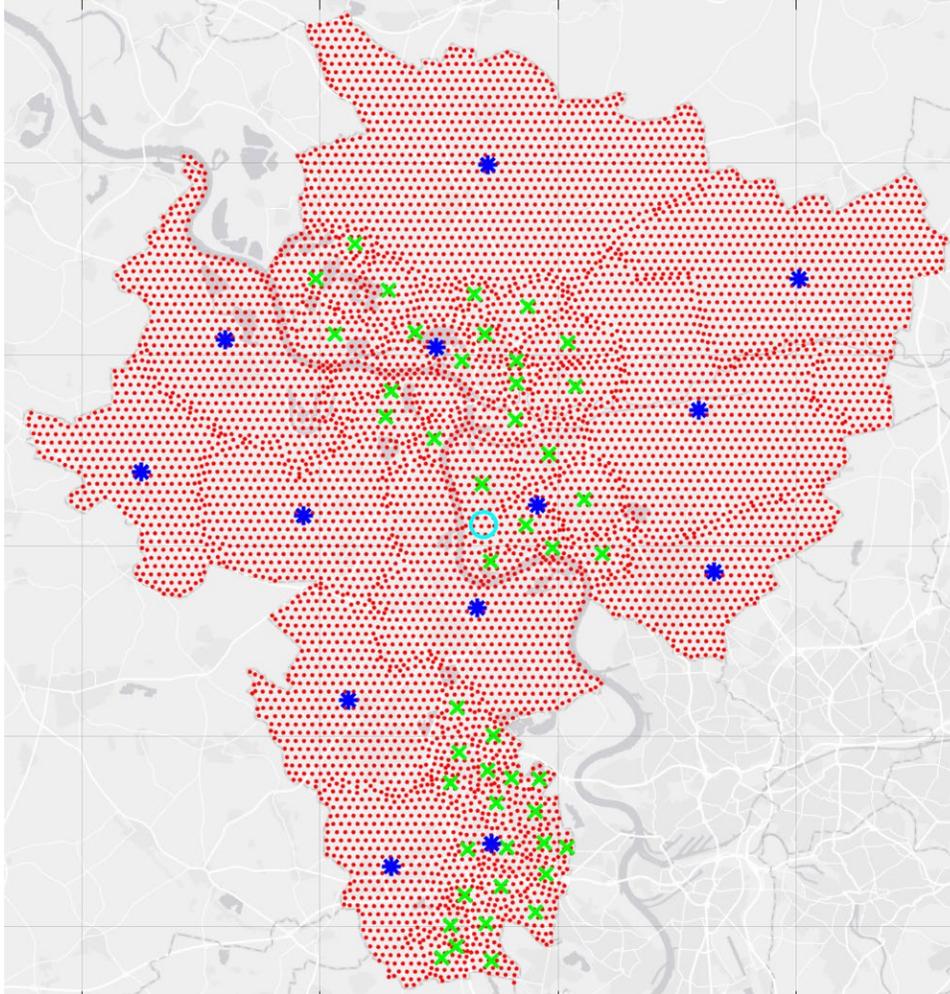
Modellierung von ÖPNV-Systemen

Gesamtprozess



Makroskopisches Modell - ÖPNV

Verkehrszellen



Bundesweite Verkehrszellen in 5 Ebenen

- Ausschnitt Kreis Wesel
 1. Zellen: 7352
 2. Stadtteile: 56
 3. Gemeinden: 13
 4. Kreise: 1
 5. Regierungsbezirke: 0

Makroskopisches Modell - ÖPNV

Verkehrszellen - Genauigkeit



Reale Strecke von Haustür bis

- nächste Zelle **6184**
 - 73 Meter
- übernächste Zelle **6280**
 - 345 Meter

→ Reale Wege werden mit akzeptablem Fehler modelliert

Makroskopisches Verkehrsmodell

Netzwerkoptimierung mit Matlab

- Keine Betrachtung einzelner Fahrzeuge oder Personen
- **Graphen** für alle Verkehrsmittel
 - OpenStreetMap
 - Sollfahrplandaten
 - Floating Car Data
- **Kantengewicht** (\emptyset -Werte)
 - Fahrrad, Fuß: Reisezeit
 - MIV: Reisezeiten, Parkplatzsuchzeit
 - Linien-ÖV: Reisezeiten, Abfahrtszeiten
 - MoD: Reisezeit, Wartezeiten
- **Kostenfunktionen**
 - Investition Fahrzeugflotte
 - Betriebskosten nach Zeit und km



Makroskopische Optimierung

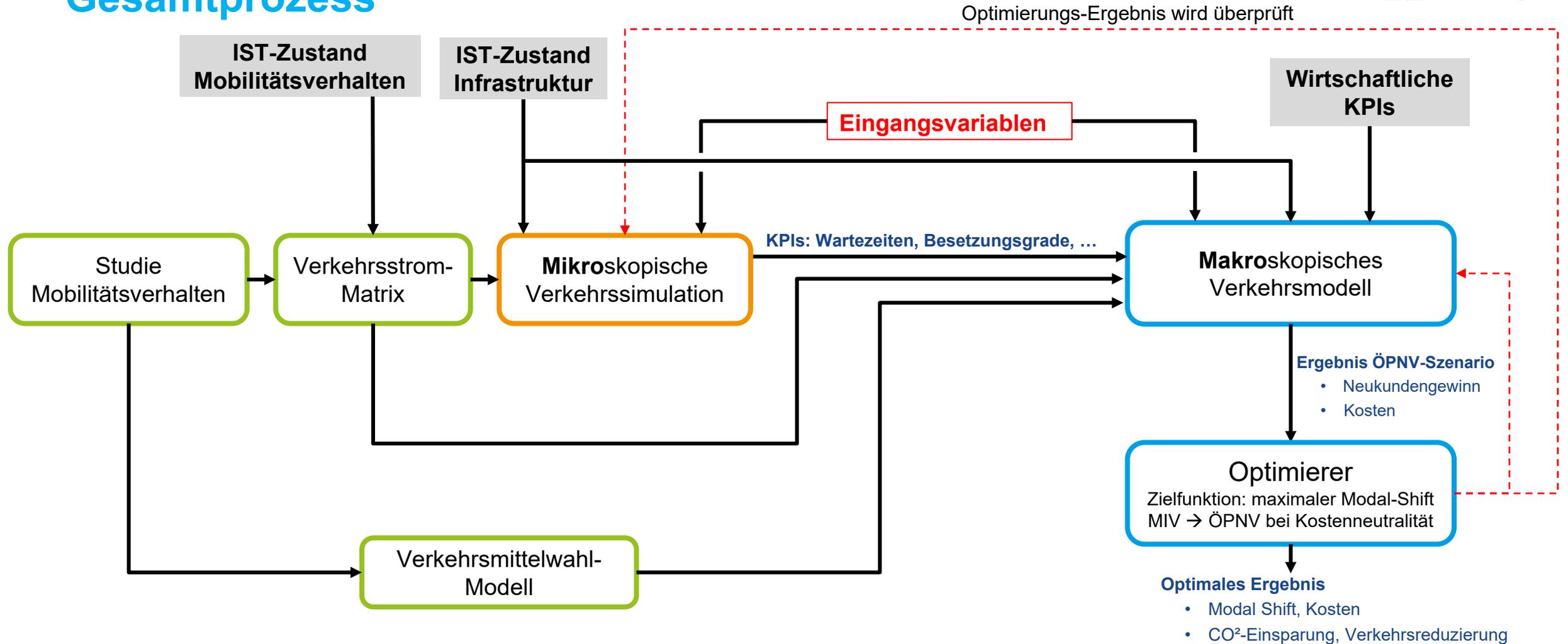
Parameter, Nebenbedingungen und Zielfunktion

- Für jede Relation:
 - Reisewiderstand je Verkehrsmittel
- Modal Split aller Relationen
- Optimierungsparameter
 - (De-)Aktivieren von Kanten
 - Reisedauer (Geschwindigkeiten)
 - Abfahrtszeiten
- Nebenbedingungen
 - Schülerverkehr
 - Mobilitätsgarantien
 - Kostenneutralität
- Zielfunktion
 - Maximaler Modal Shift bzw. Neukundengewinn



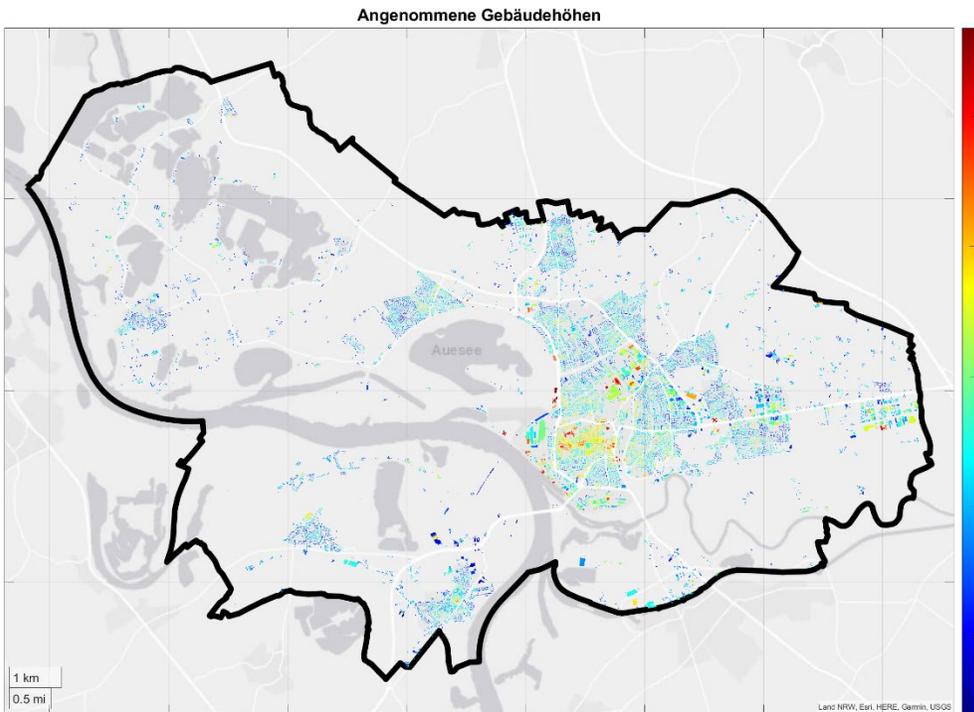
Modellierung von ÖPNV-Systemen

Gesamtprozess

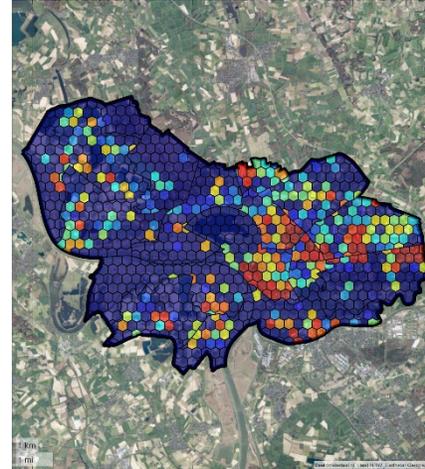


Parallelprojekt KI-POD - Nachfragemodellierung

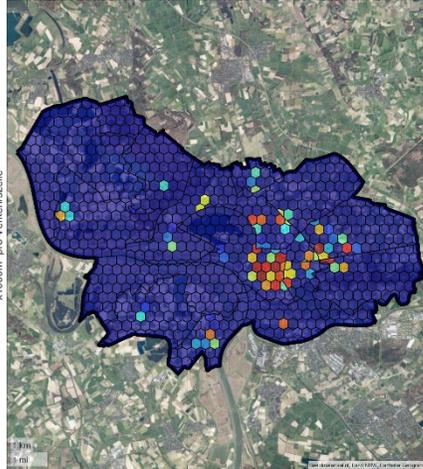
Verarbeitung offener Datenquellen



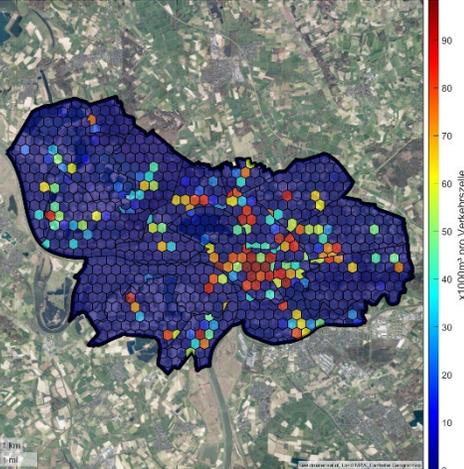
Summe der anteiligen Gebäudevolumen "Arbeit" pro Verkehrszelle



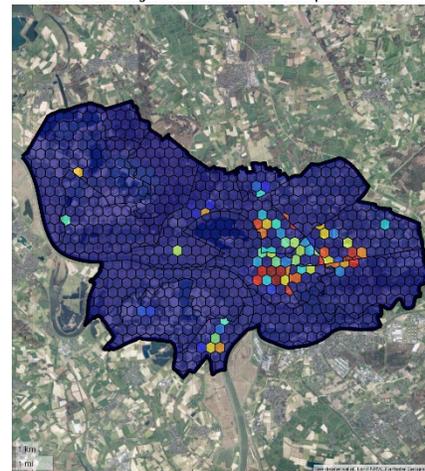
Summe der anteiligen Gebäudevolumen "Erlidigung" pro Verkehrszelle



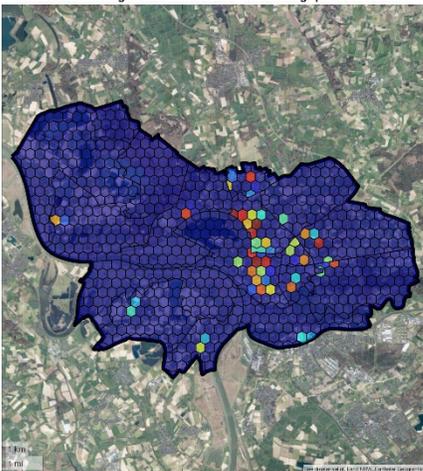
Summe der anteiligen Gebäudevolumen "Freizeit" pro Verkehrszelle



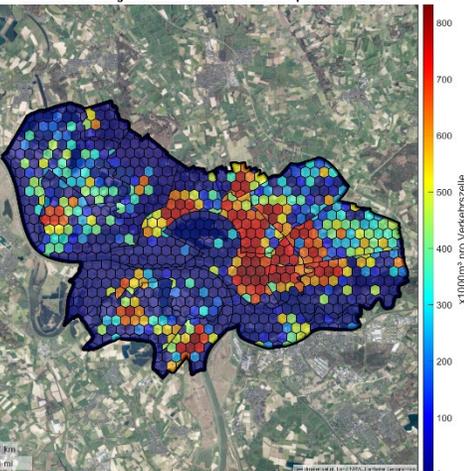
Summe der anteiligen Gebäudevolumen "Einkauf" pro Verkehrszelle



Summe der anteiligen Gebäudevolumen "Ausbildung" pro Verkehrszelle



Summe der anteiligen Gebäudevolumen "Wohnen" pro Verkehrszelle



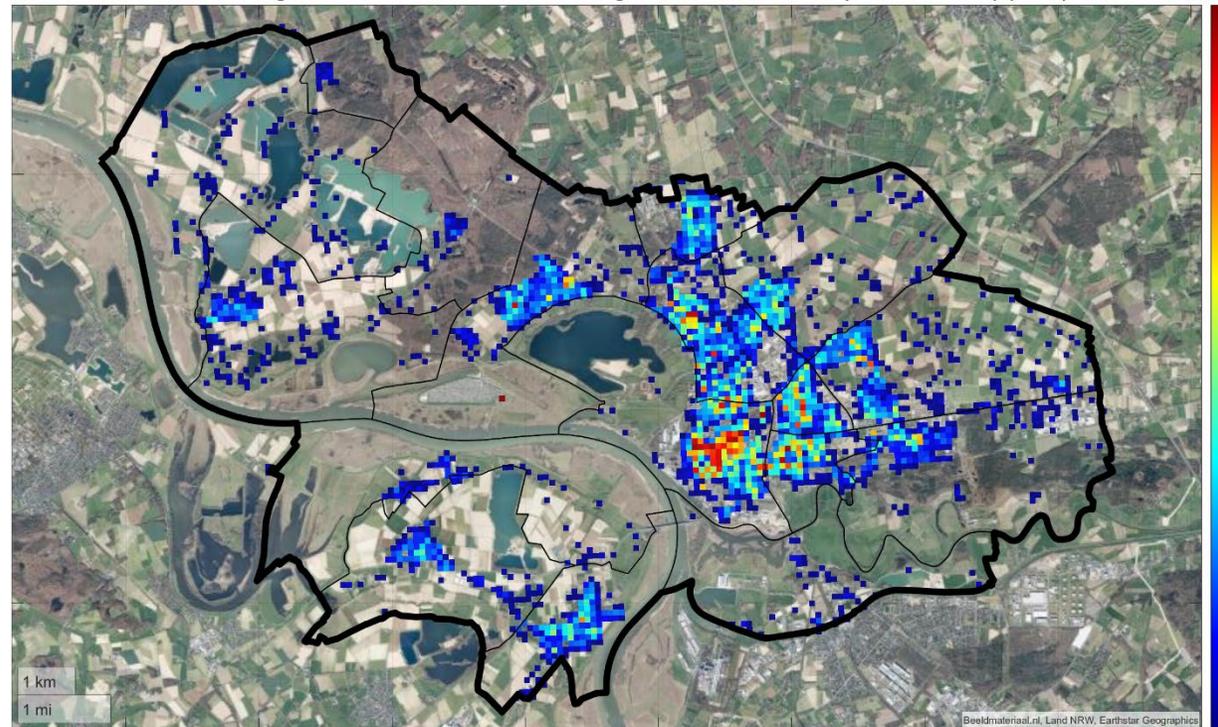
Parallelprojekt KI-POD - Nachfragemodellierung

Verarbeitung offener Datenquellen

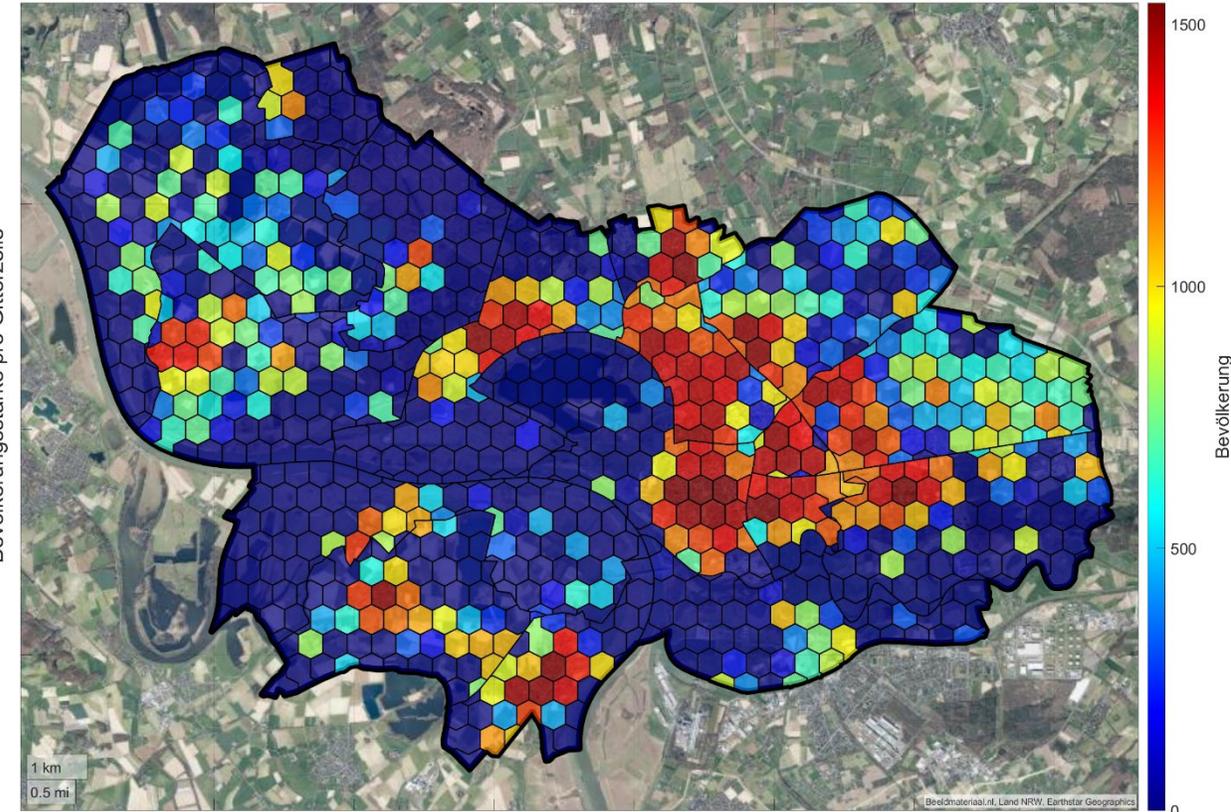


Wesel: Bevölkerungsstärke in Zensus(2011)-Gitterzellen

Summe Bevölkerung in Zensus-Gitterzellen: 60578 vgl. Statistische Ämter (Bund&Länder) (2021): 60329



Bevölkerung je Verkehrszelle



Ministerium für Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Hochschule Niederrhein
University of Applied Sciences
SWK E²

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

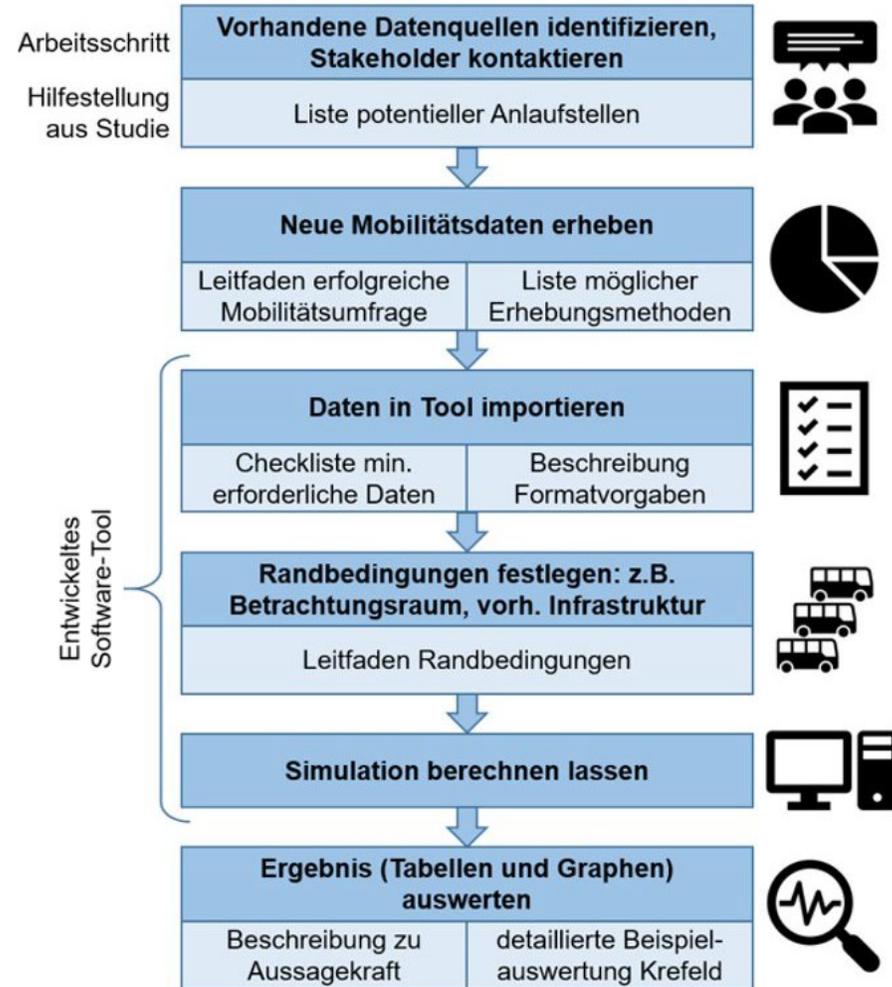
Offen im Denken

MECHATRONIK
Universität Duisburg-Essen | www.imech.de



Allgemeine Psychologie: Kognition

Ausblick: Anschlussfähigkeit Adaption in anderen Kommunen



Ausblick: MoD-Preismodelle

Individuelle Abo-Konditionen (Beispielwerte)

- Bestimmung des Nutzens von Rabattstufen
- Abschätzung zielführender Beträge
- Einfach, verständlich, überregional
- Monatlicher Grundpreis X € für Standardkonditionen
 - Zuschlag für Kurzstrecke (→ Konkurrenz zum Fahrrad minimieren)
 - Rabatt für Bereitschaft zu längeren Fußwegen
 - < 15 Meter: 0 € (Standardtarif)
 - < 100 Meter: 1 €
 - < 200 Meter: 2 €
 - Rabatt für Bereitschaft zu größeren Abholfenstern
 - bis 15 Minuten: 0 € (Standardtarif)
 - bis 30 Minuten: 2 €
 - bis 45 Minuten: 4 €

Ausblick: MoD-Preismodelle

Individuelle Abo-Konditionen (Beispielwerte)

- Bestimmung des Nutzens von Rabattstufen
- Abschätzung zielführender Beträge
- Einfach, verständlich, überregional
- Monatlicher Grundpreis X € für Standardkonditionen
 - Zuschlag für Kurzstrecke (→ Konkurrenz zum Fahrrad minimieren)
 - Rabatt für Bereitschaft zu längeren Fußwegen
 - < 15 Meter: 0 € (Standardtarif)
 - < 100 Meter: 1 €
 - < 200 Meter: 2 €
 - Rabatt für Bereitschaft zu größeren Abholfenstern
 - bis 15 Minuten: 0 € (Standardtarif)
 - bis 30 Minuten: 2 €
 - bis 45 Minuten: 4 €



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ministerium für Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken



Hochschule Niederrhein
University of Applied Sciences

SWK E²

Institut für Energietechnik und
Energiemanagement
Institute of Energy Technology and
Energy Management

Kontakt



Hochschule Niederrhein
SWK E²
Institut für Energietechnik und Energiemanagement

Obergath 79
 47805 Krefeld
Lukas Spengler, M.Sc.
Lukas.Spengler@hs-niederrhein.de

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

Universität Duisburg-Essen
Lehrstuhl für Mechatronik

Lotharstraße 1
 47057 Duisburg
Dr.-Ing. Frédéric Etienne Kracht
Frederic.Kracht@uni-due.de

Universität Duisburg-Essen
Lehrstuhl für allgemeine Psychologie:
Kognition

Lotharstraße 65
 47057 Duisburg
Dr. rer. nat. Magnus Liebherr
magnus.liebherr@uni-due.de