



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

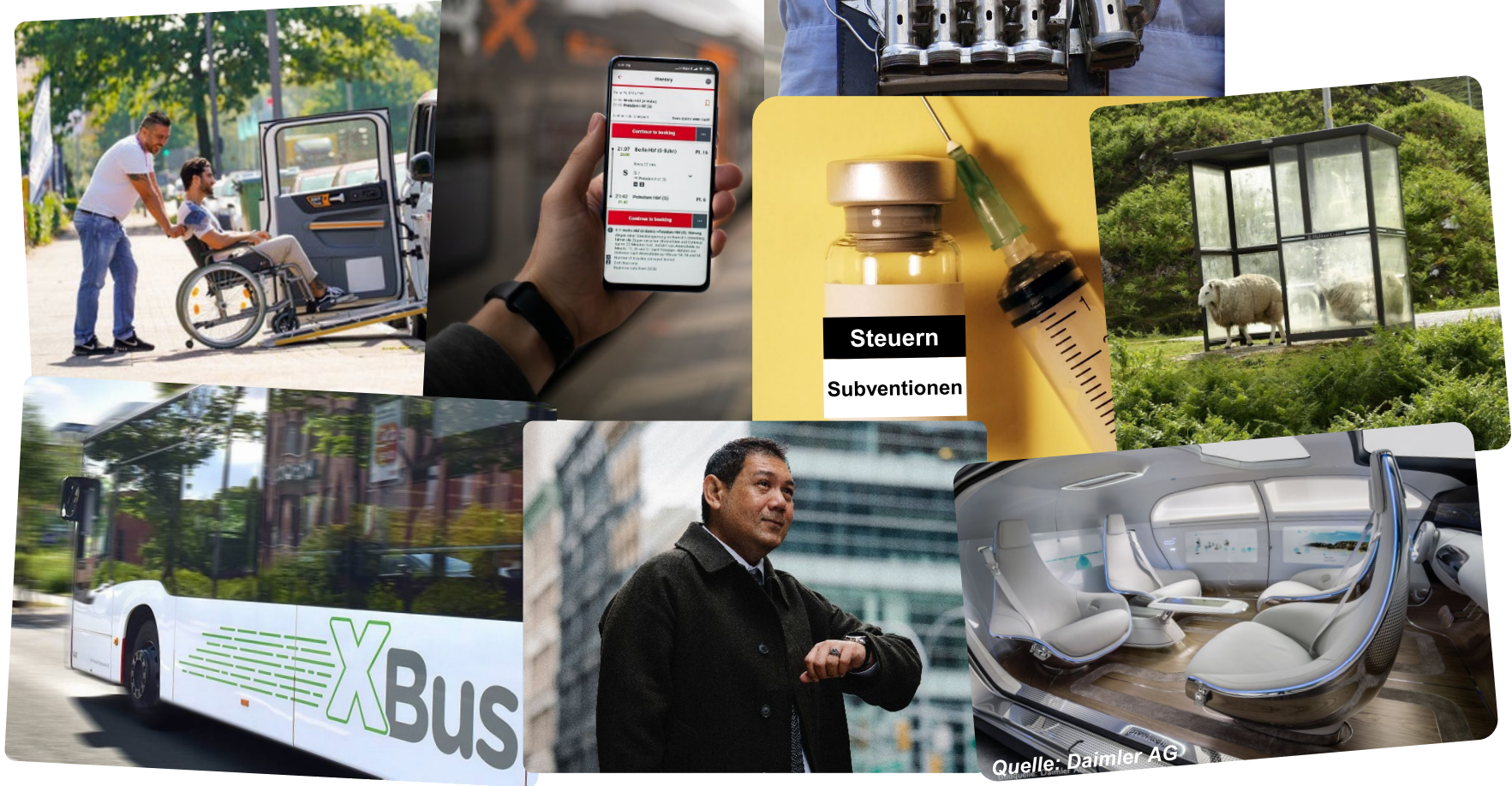
5

Gesamtzeit: 60 Min

Einleitung Randbedingungen des ÖPNV

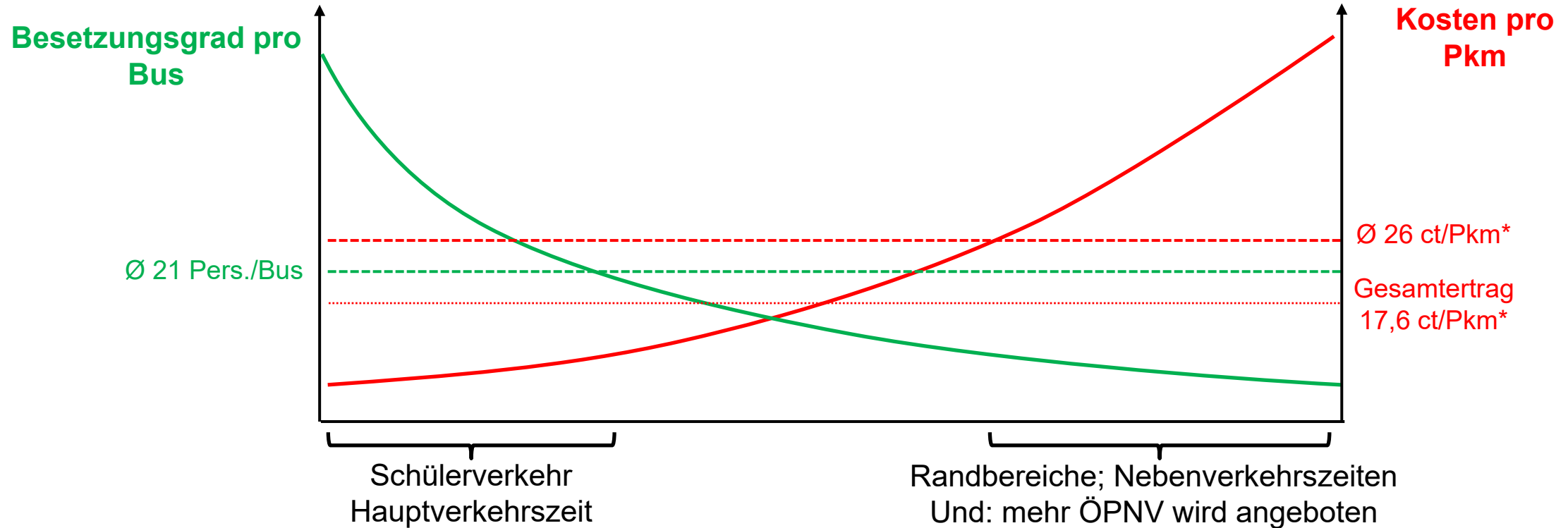


- Barrierefrei
- Wirtschaftlich
- Verfügbar
- Randzeiten
- Randgebiete
- Schnell
- Zuverlässig
- Komfortabel



Quelle: Daimler AG

Einleitung Randbedingungen des ÖPNV



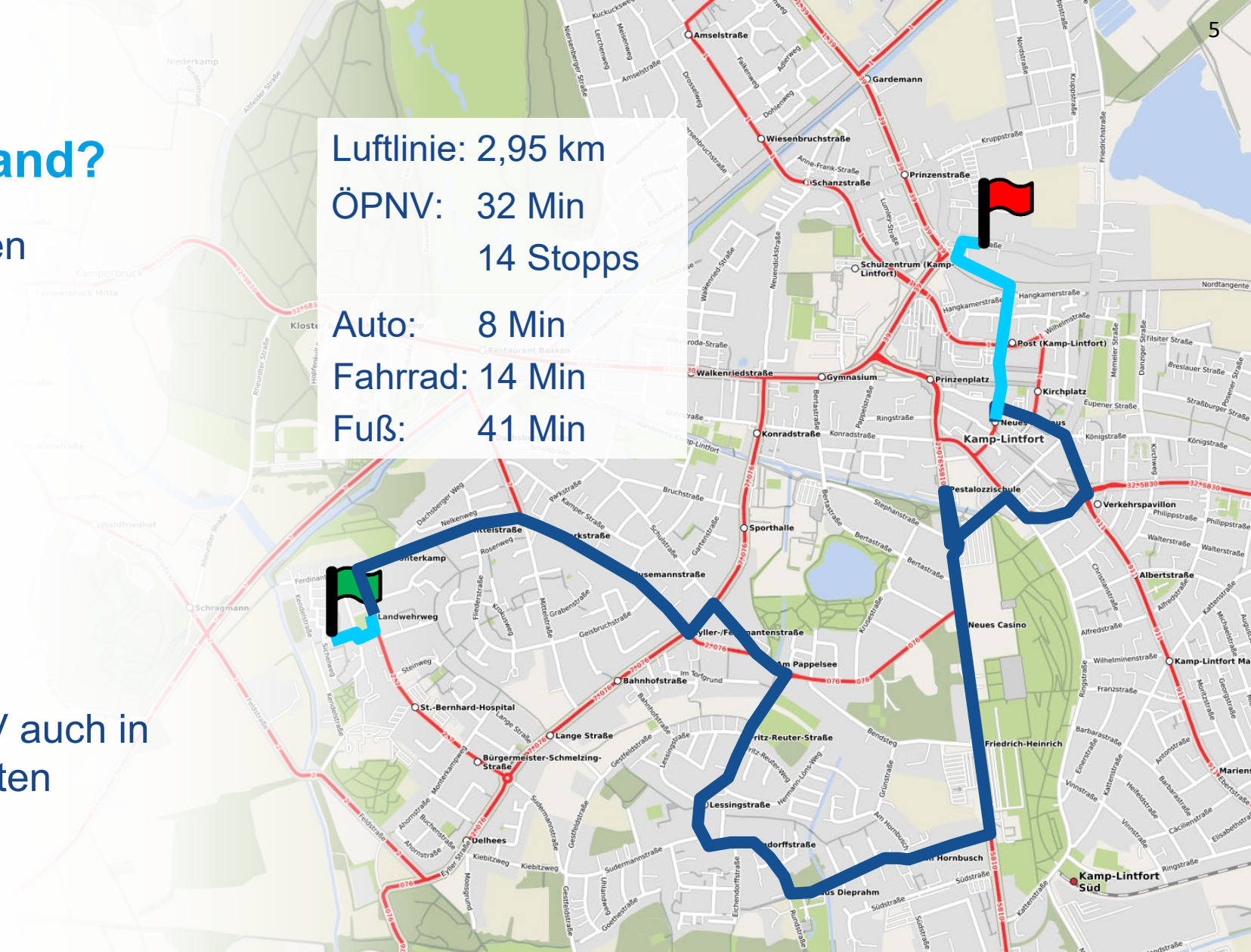
*) gemäß VRR-Ergebnisbericht 2018 und VDV-Statistik 2018



Motivation

Warum Mobility on Demand?

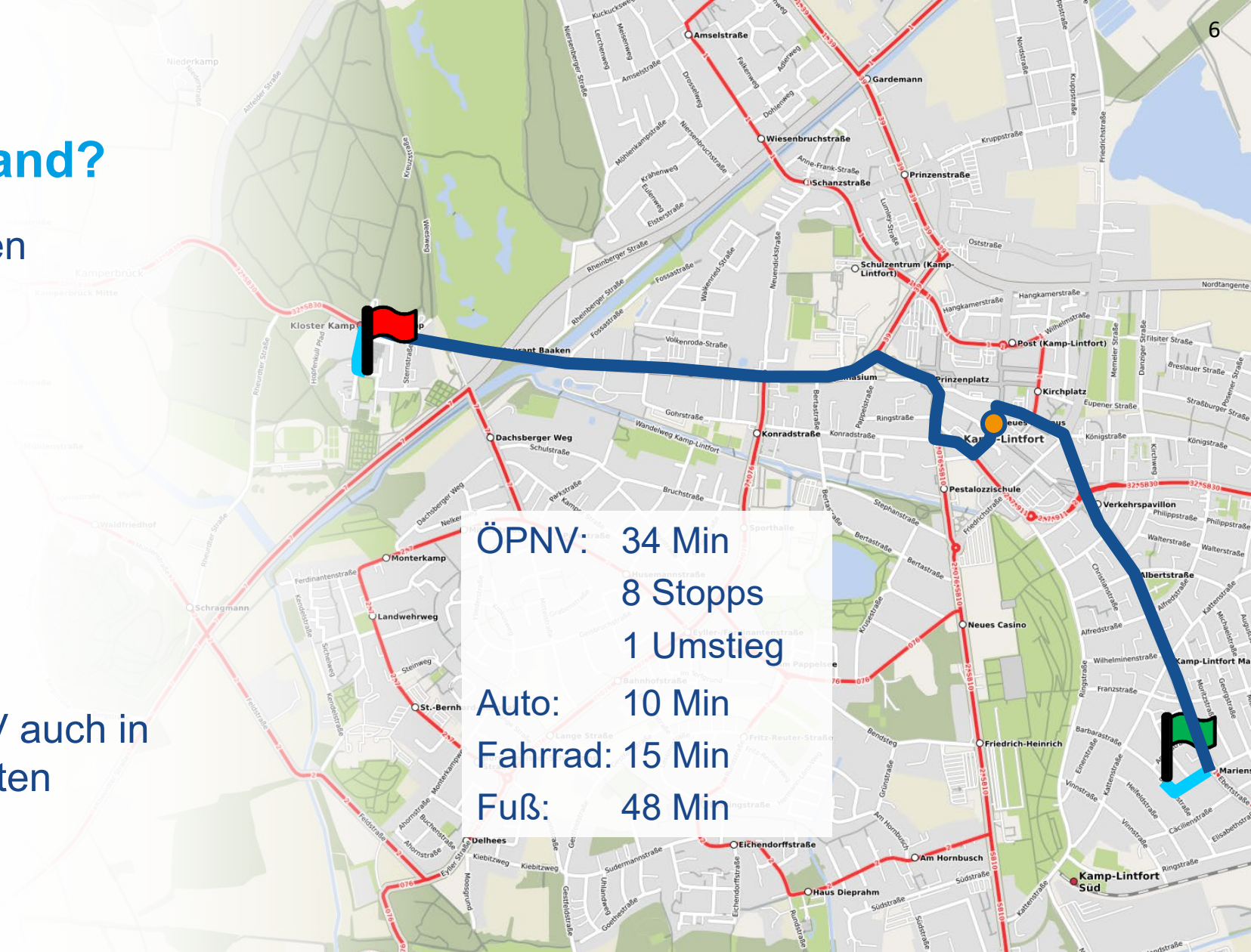
- Bei geringen Besetzungsgraden wirtschaftlich
 - Weniger Stopps
 - Höhere Ø-Geschwindigkeiten
 - Mehr Haltestellen
 - Einfach zu elektrifizieren
 - Inklusiv und barrierefrei
- Attraktive Konkurrenz zum MIV auch in Randgebieten und zu Randzeiten



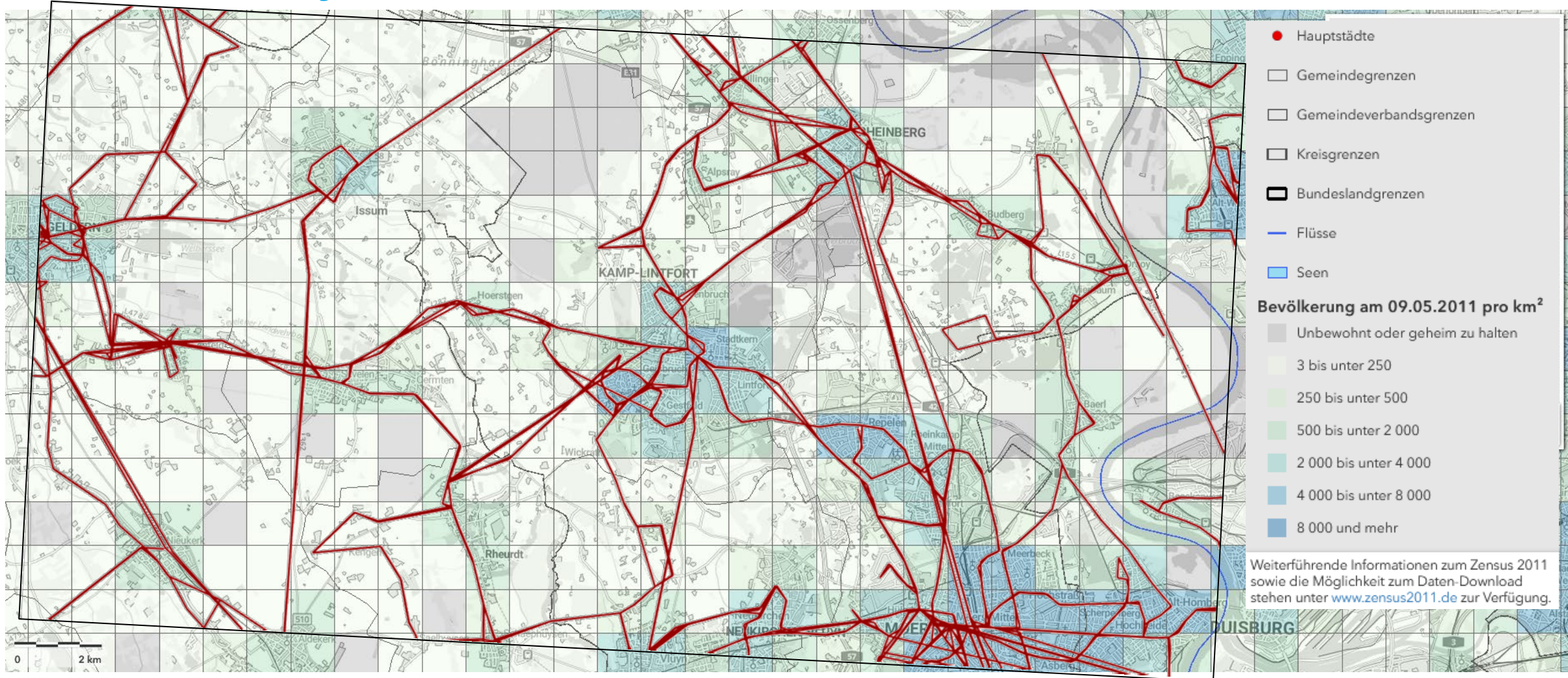
Motivation

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



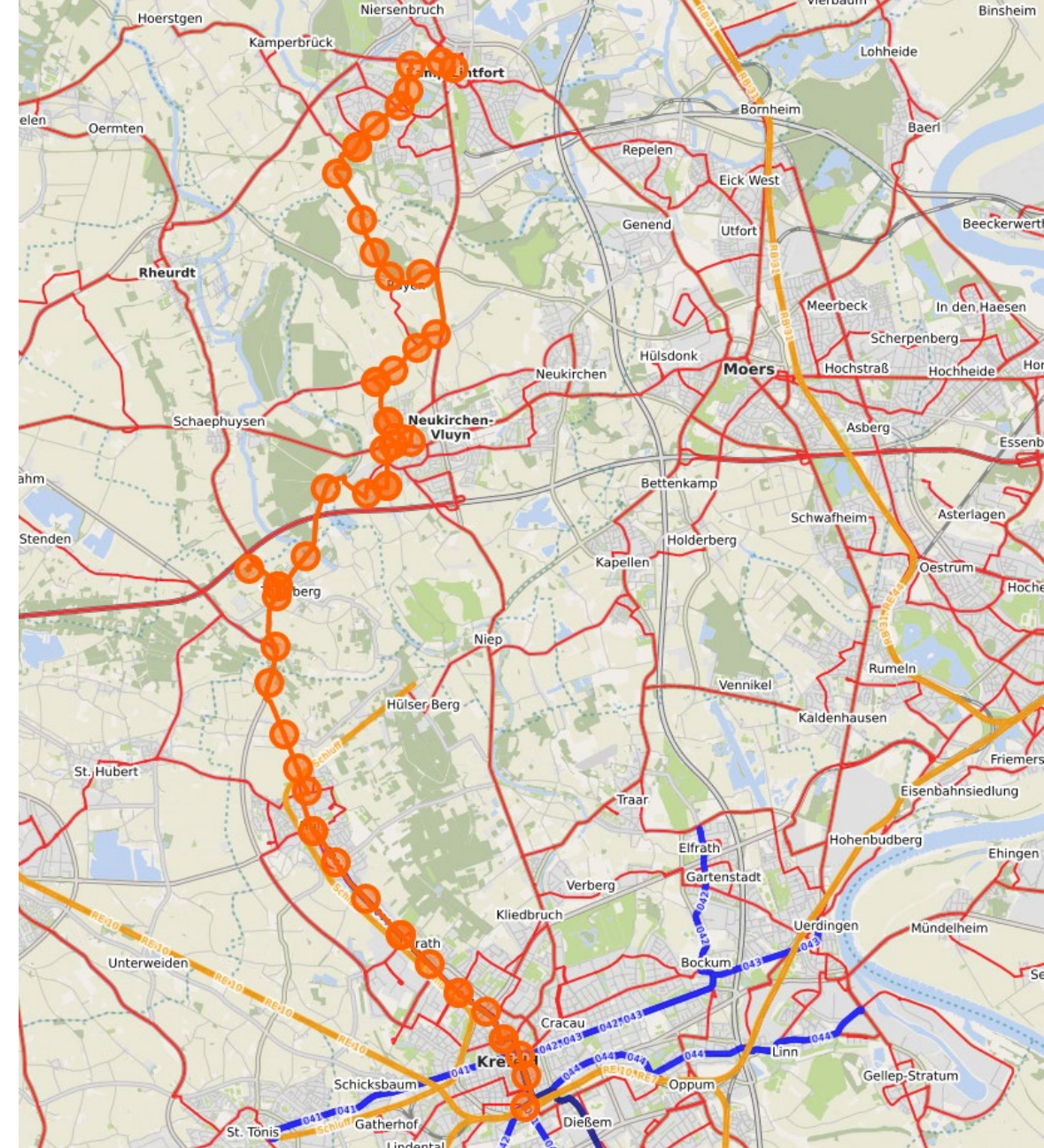
Hochschule Niederrhein
University of Applied Sciences
SWK E²

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



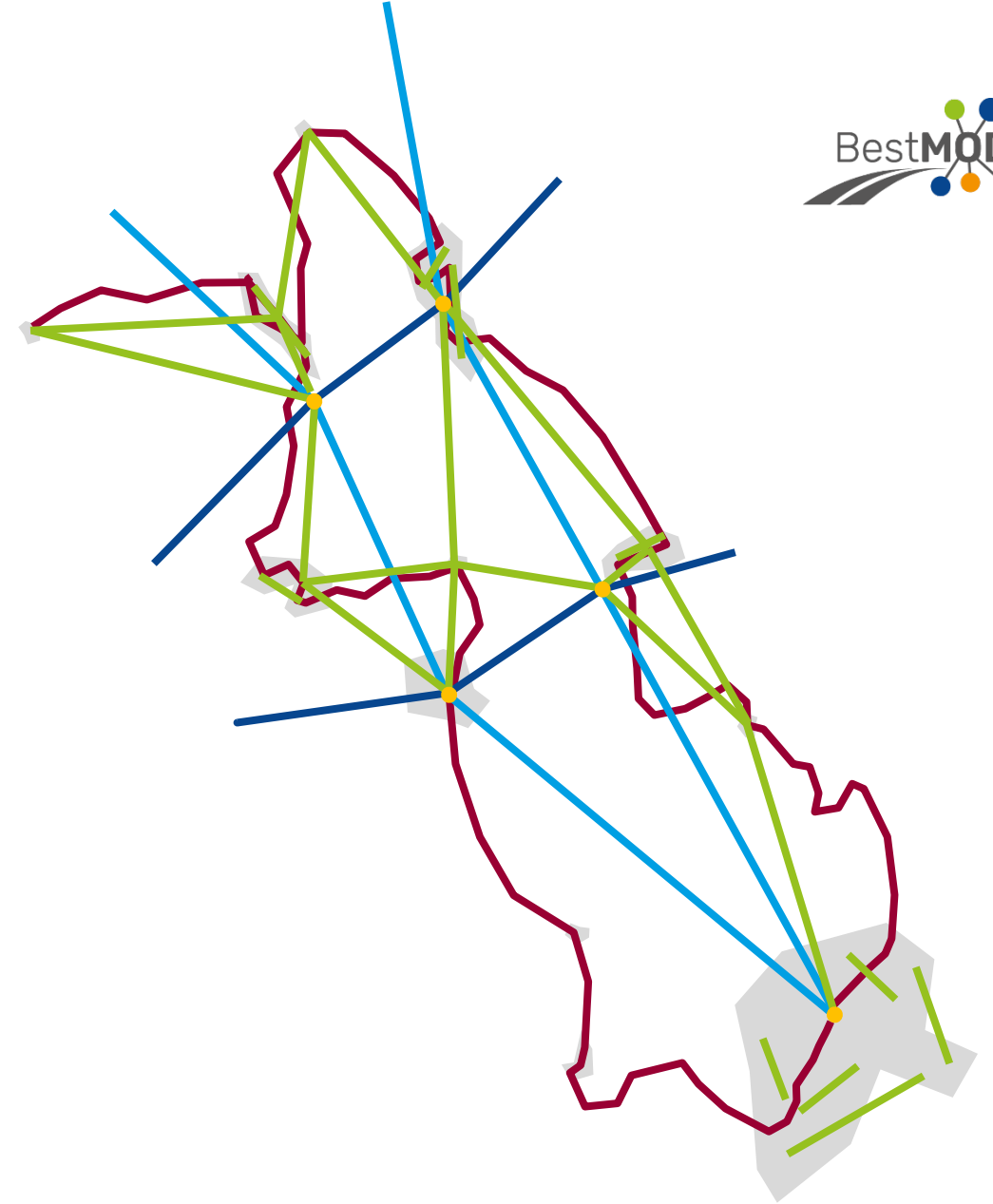
MECHATRONIK
Universität Duisburg-Essen | www.imech.de

Allgemeine Psychologie: Kognition

Motivation

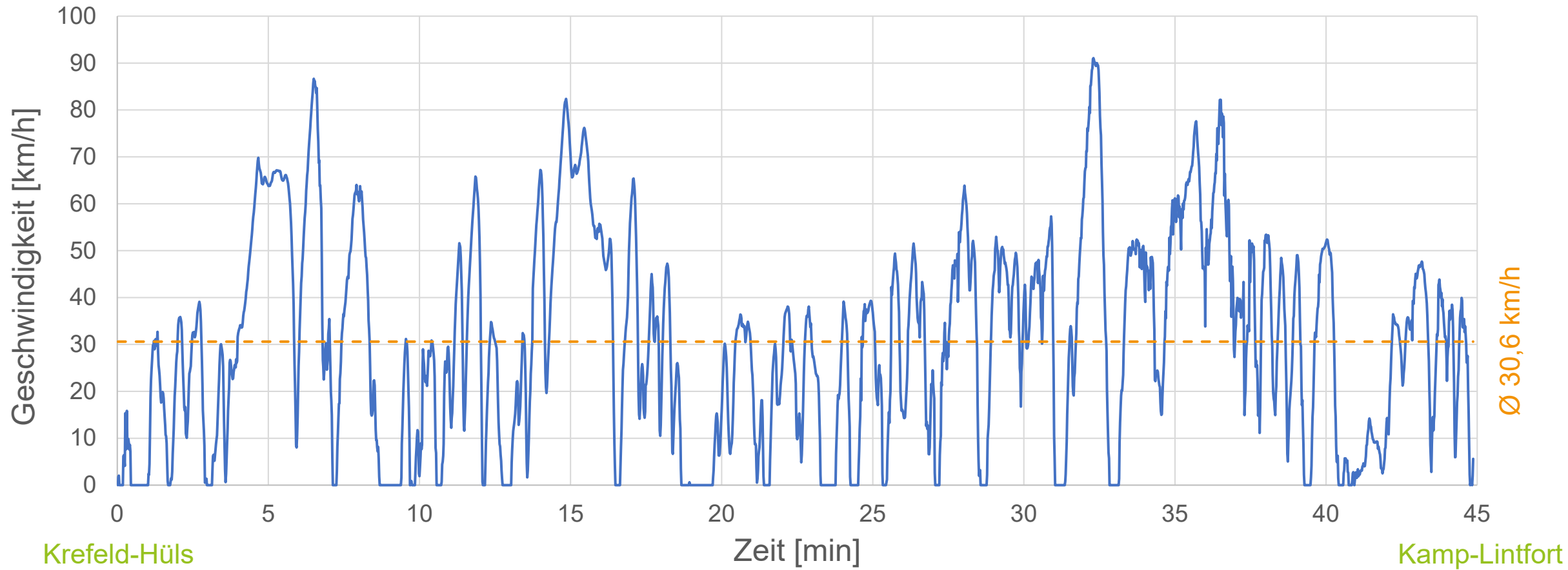
Vision eines zukunftsfähigen ÖV

- **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

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

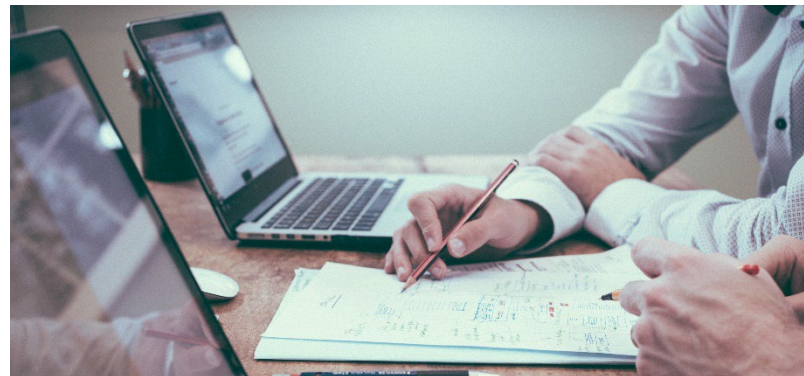


Forschungsfrage:

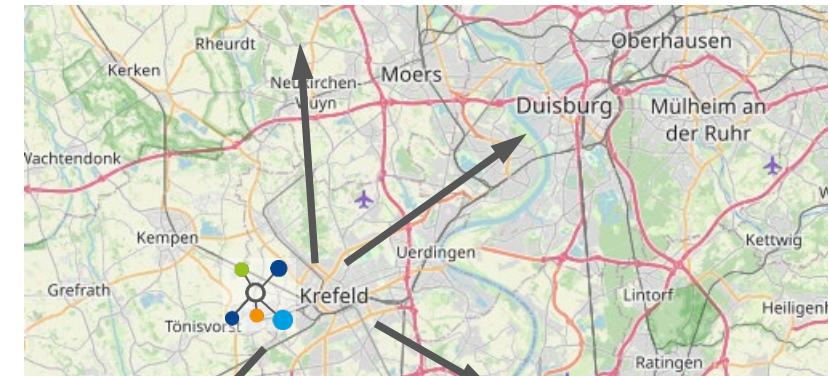
Wie und wo kann das **ÖPNV-Angebot** bedarfsgerecht so **erweitert** werden, dass durch den erwarteten **Kundenzuwachs die Mehrkosten gedeckt** werden können?



Steigerung der Lebensqualität durch Pull-Faktoren im ÖPNV



Planungssicherheit für Mobilitätsanbieter



Einfache Adaption in anderen (auch ländlicheren) Kommunen

Ziele



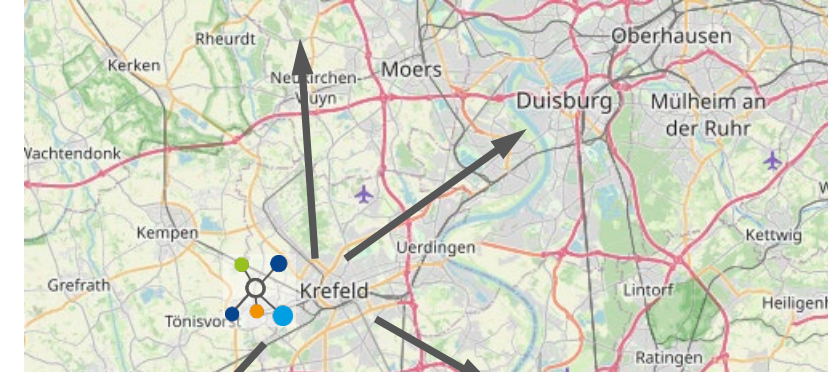
Steigerung der Lebensqualität durch Pull-Faktoren im ÖPNV

- 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

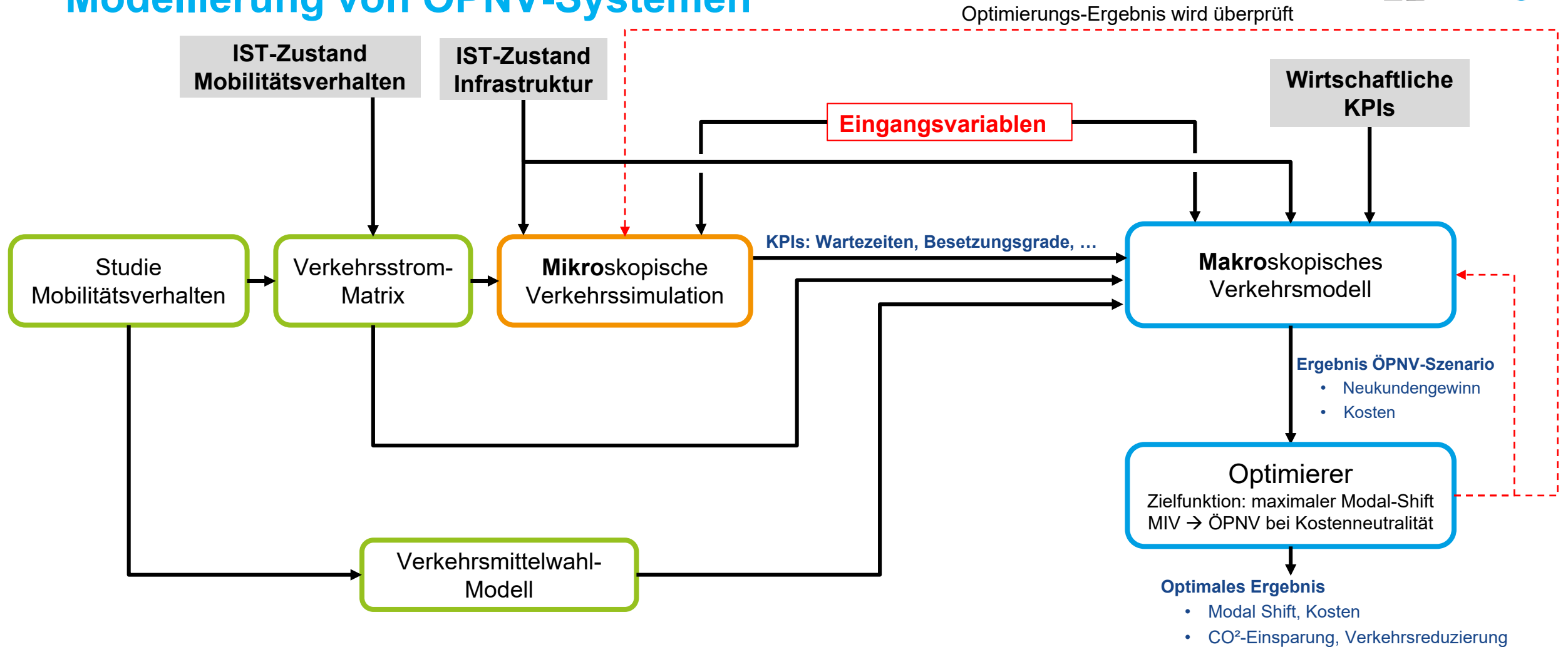


Einfache Adaption in anderen (auch ländlicheren) Kommunen

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

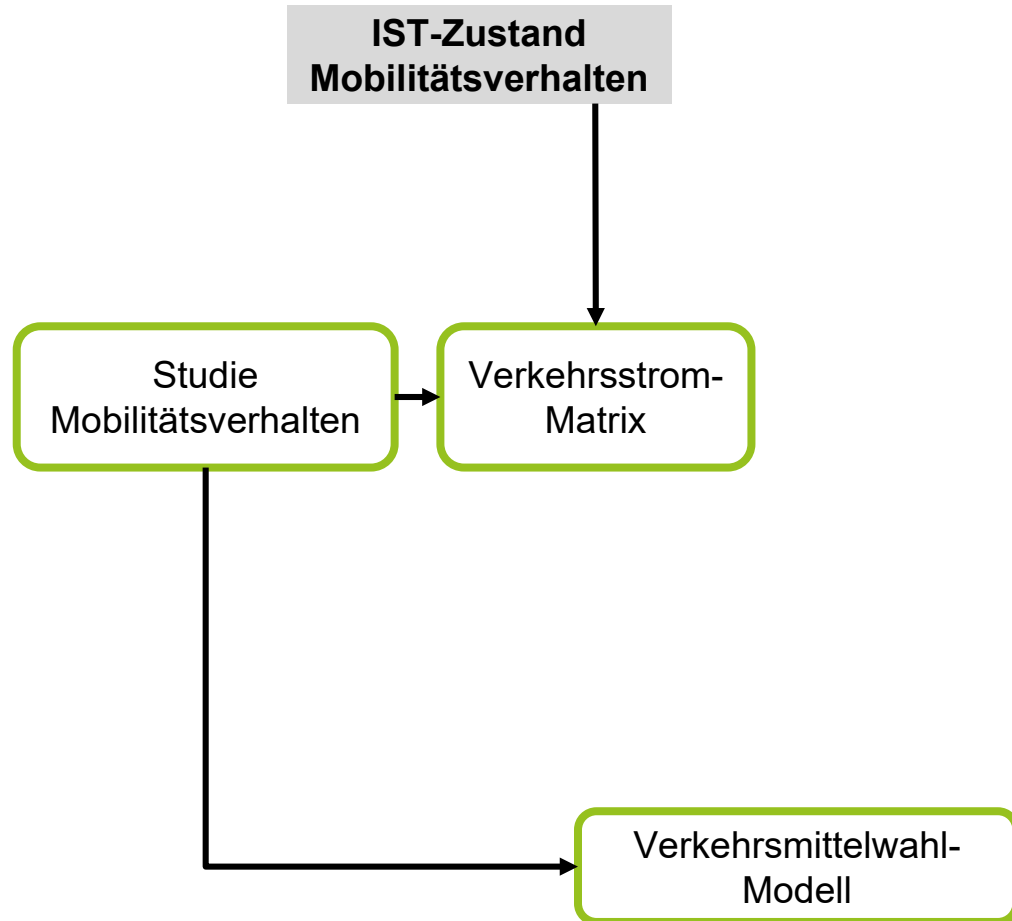
Methodik

Modellierung von ÖPNV-Systemen



Methodik

Modellierung von ÖPNV-Systemen

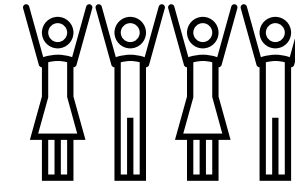


Mobilitätsumfrage Krefeld 2023

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**



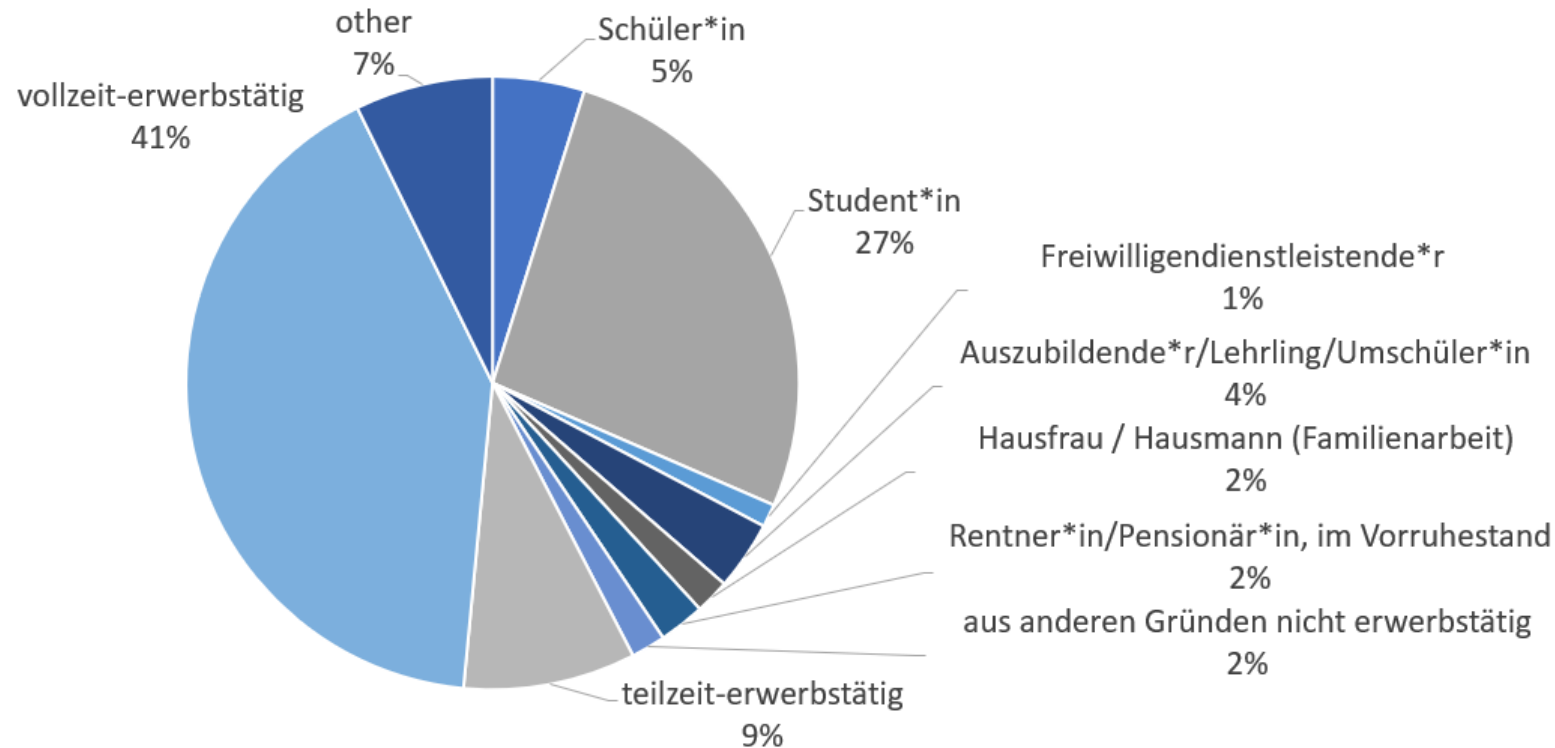
6.3 % sind in ihrer Mobilität aus gesundheitlichen Gründen **eingeschränkt**

Mobilitätsumfrage Krefeld 2023

Stichprobenbeschreibung



Derzeitiger Beruf bzw. Tätigkeit



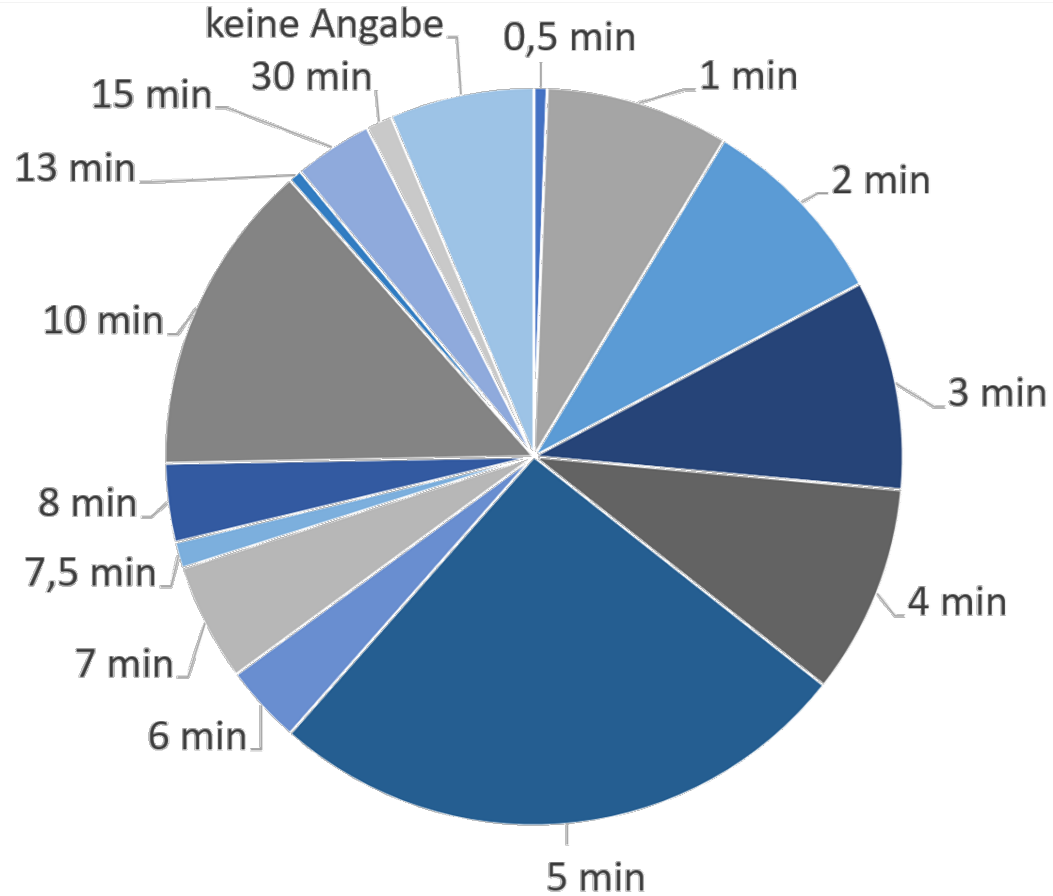
	N	%
Schüler*in	8	4,6
Student*in	44	25,3
Freiwilligendienstleistende*r	2	1,1
Auszubildende*r/Lehrling/Umschüler*in	6	3,4
Hausfrau / Hausmann (Familienarbeit)	3	1,7
Rentner*in/Pensionär*in, im Vorruhestand	4	2,3
aus anderen Gründen nicht erwerbstätig	3	1,7
teilzeit-erwerbstätig	15	8,6
vollzeit-erwerbstätig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

Mobilitätsumfrage Krefeld 2023

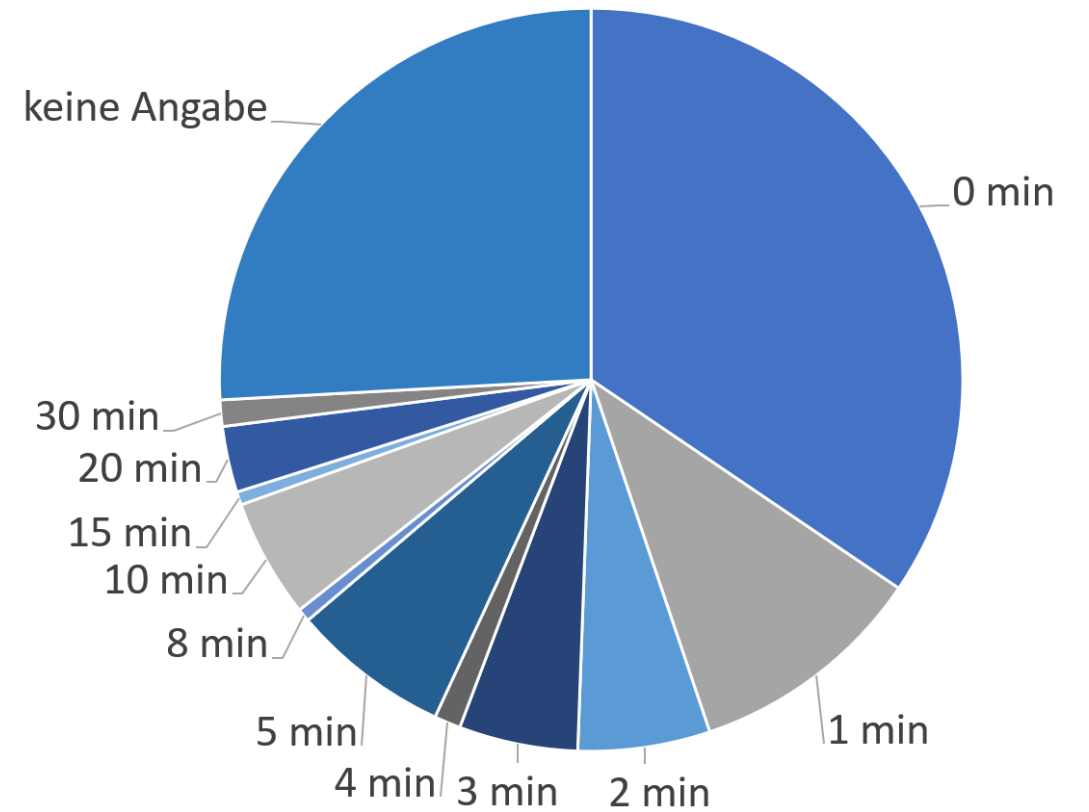
Auszug Ergebnisse



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

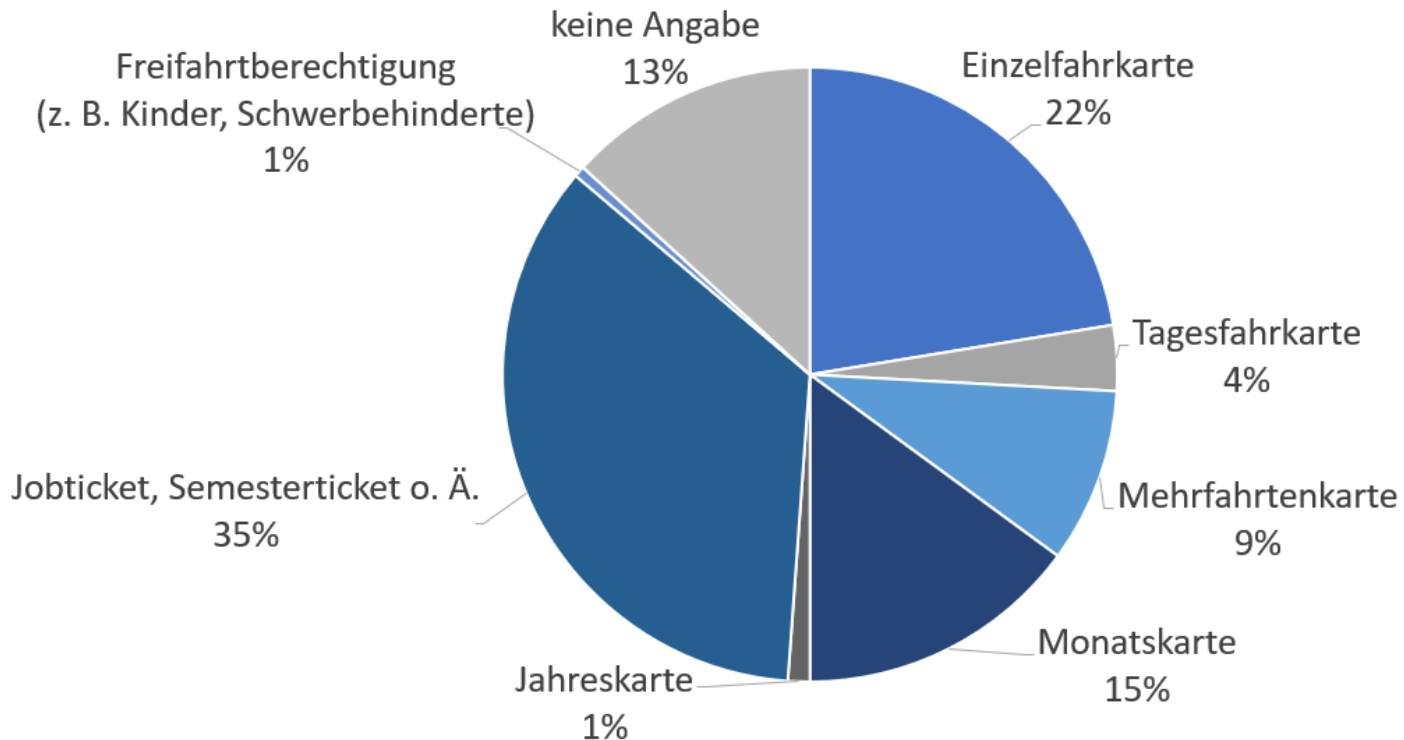
Allgemeine Psychologie: Kognition

Mobilitätsumfrage Krefeld 2023

Auszug Ergebnisse



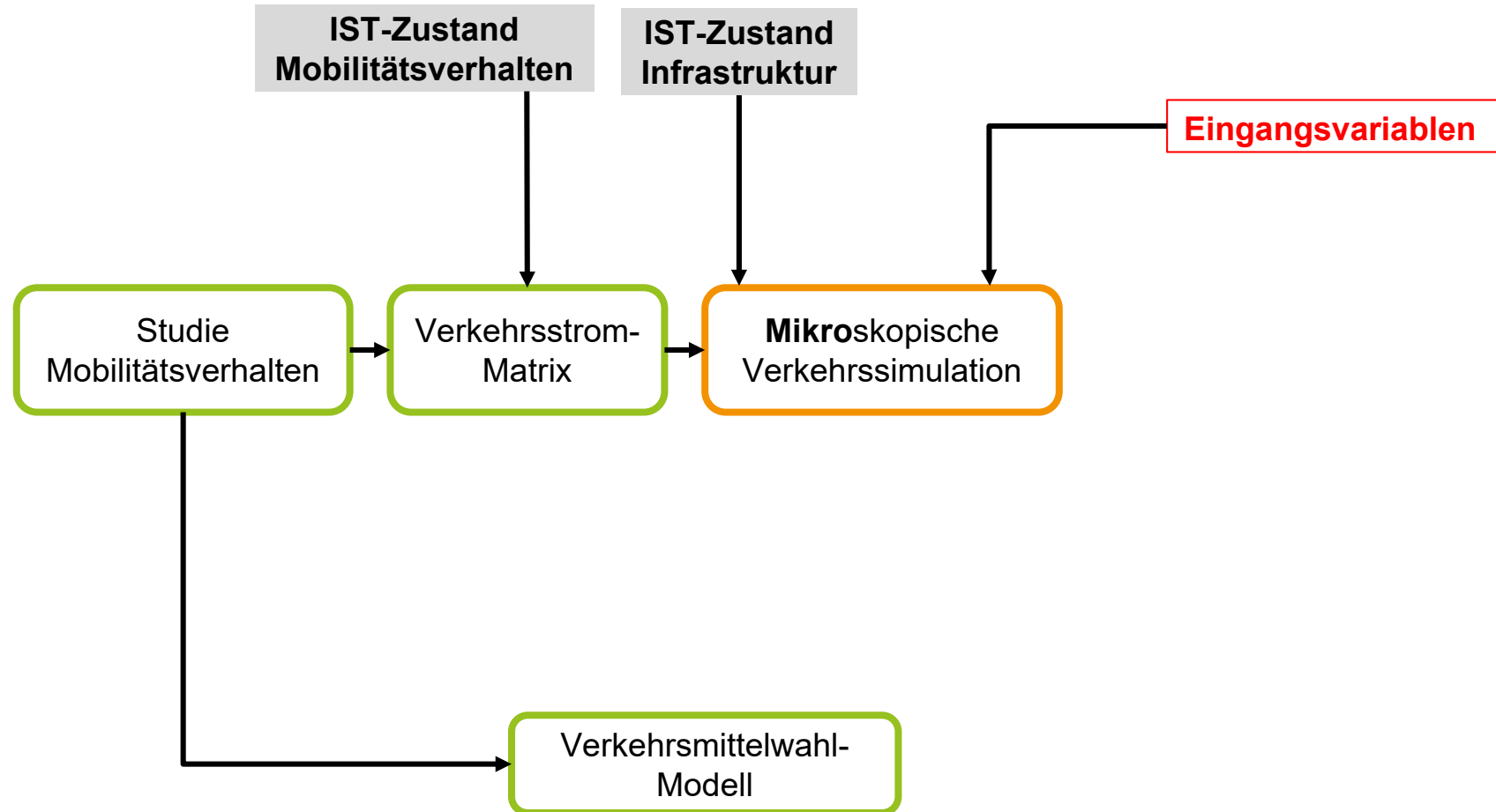
Fahrkartenart im ÖPNV



	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



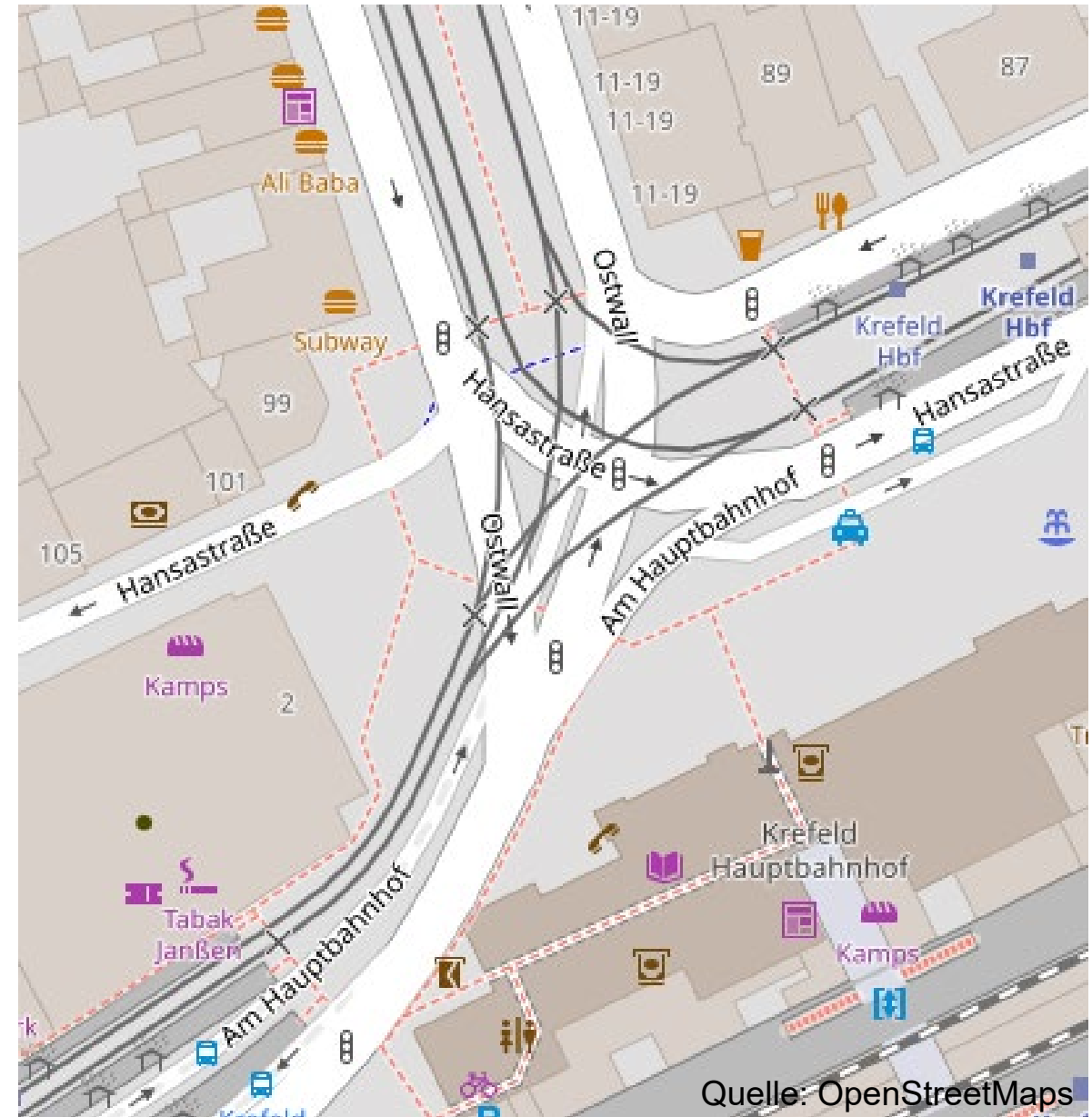
Mikroskopische Verkehrssimulation Modellierung mit SUMO

- 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

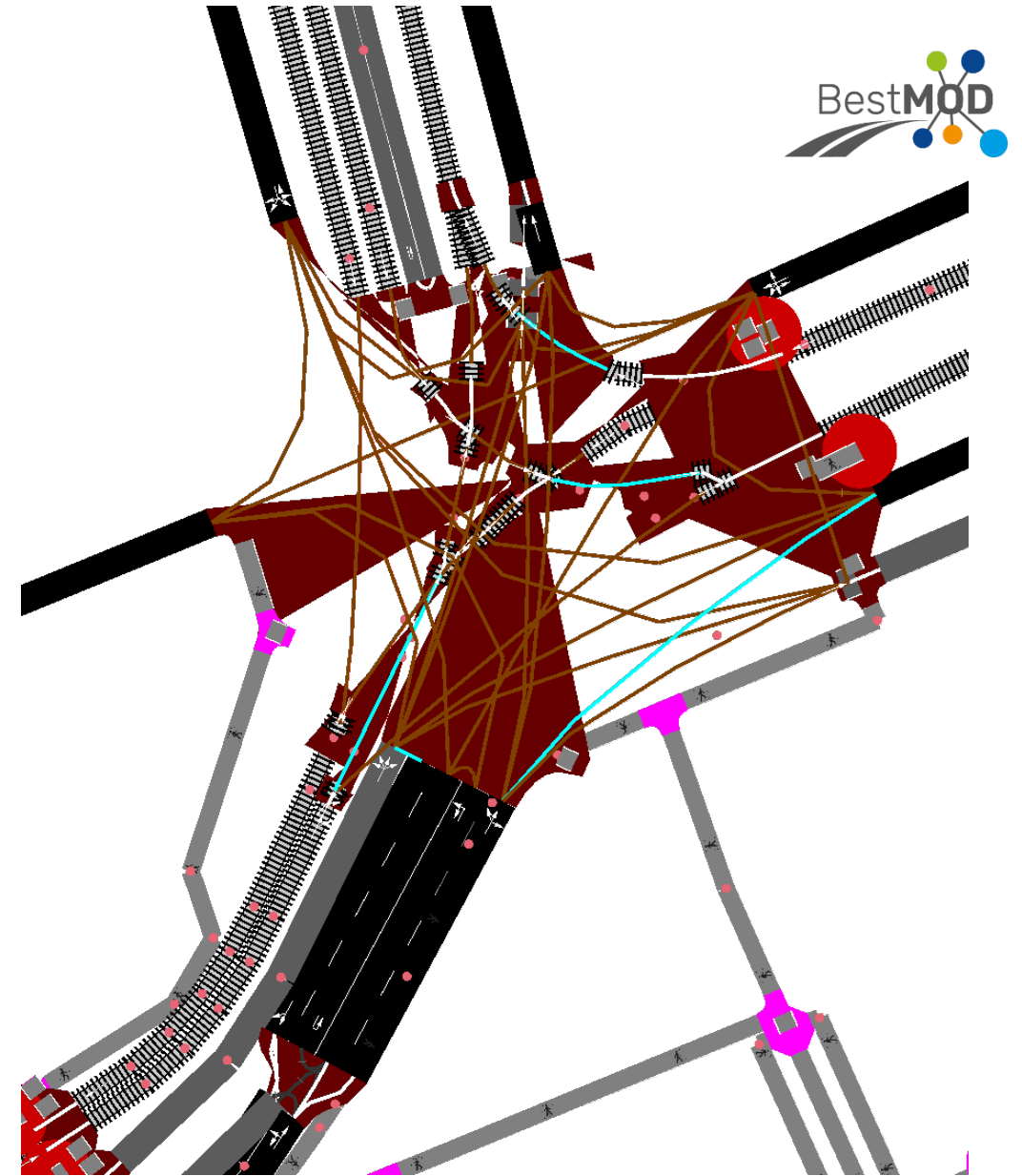
- Konvertierung von Regionen aus OpenStreetMap-Daten
- Automatisch generierte Kreuzungssituationen fehlerhaft
 - Aufwändige händische Nachbearbeitung
- Anwenderfreundliches Software-Tool entwickeln
 - **Identifizieren** fehlerhafter Kreuzungen
 - **Vorschlagen** verbesserter Kreuzungen
 - **Auswahl**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



Quelle: OpenStreetMaps

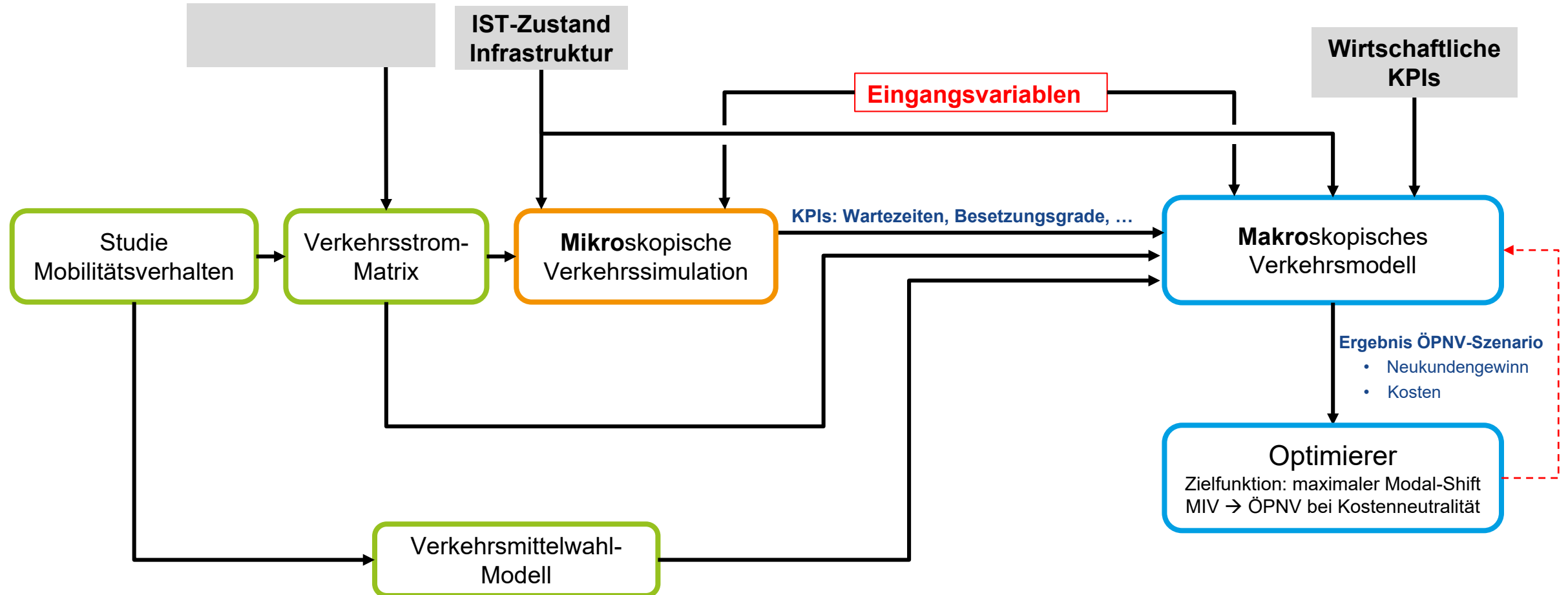
Mikroskopische Verkehrssimulation Modellierung mit SUMO

- 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



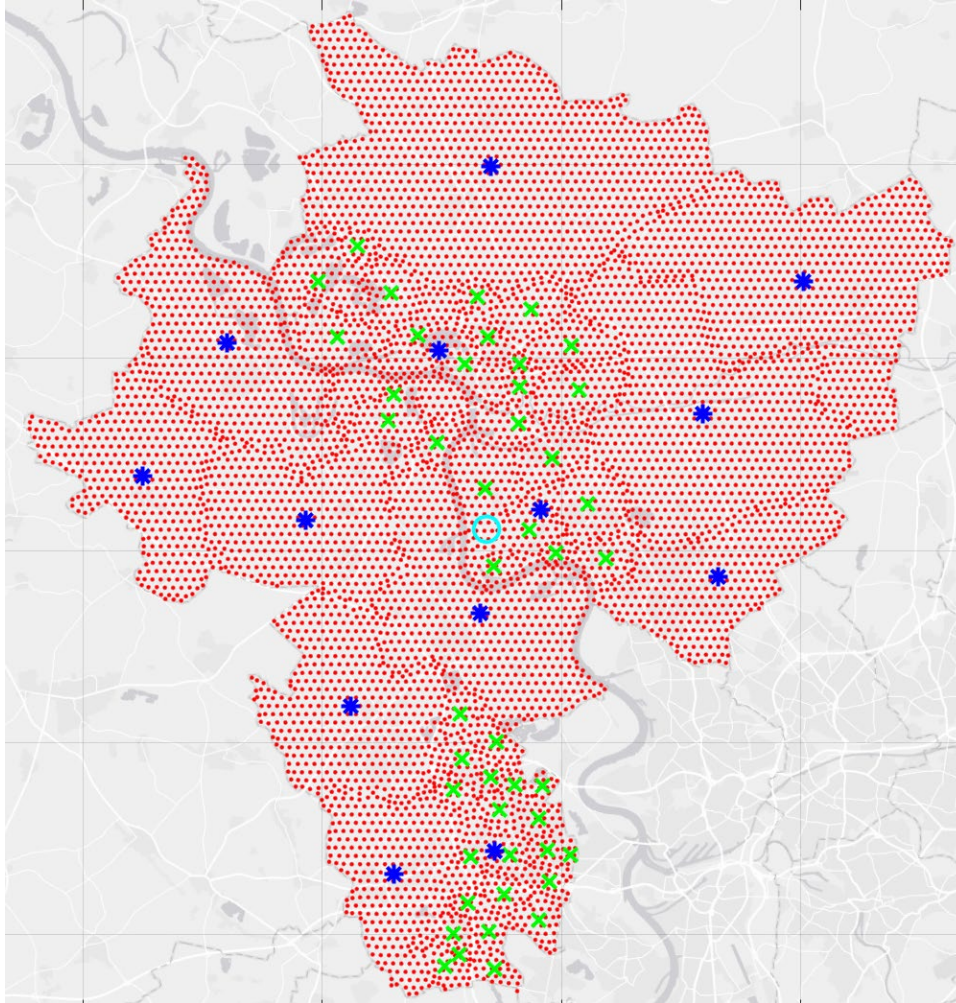
Modellierung von ÖPNV-Systemen

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

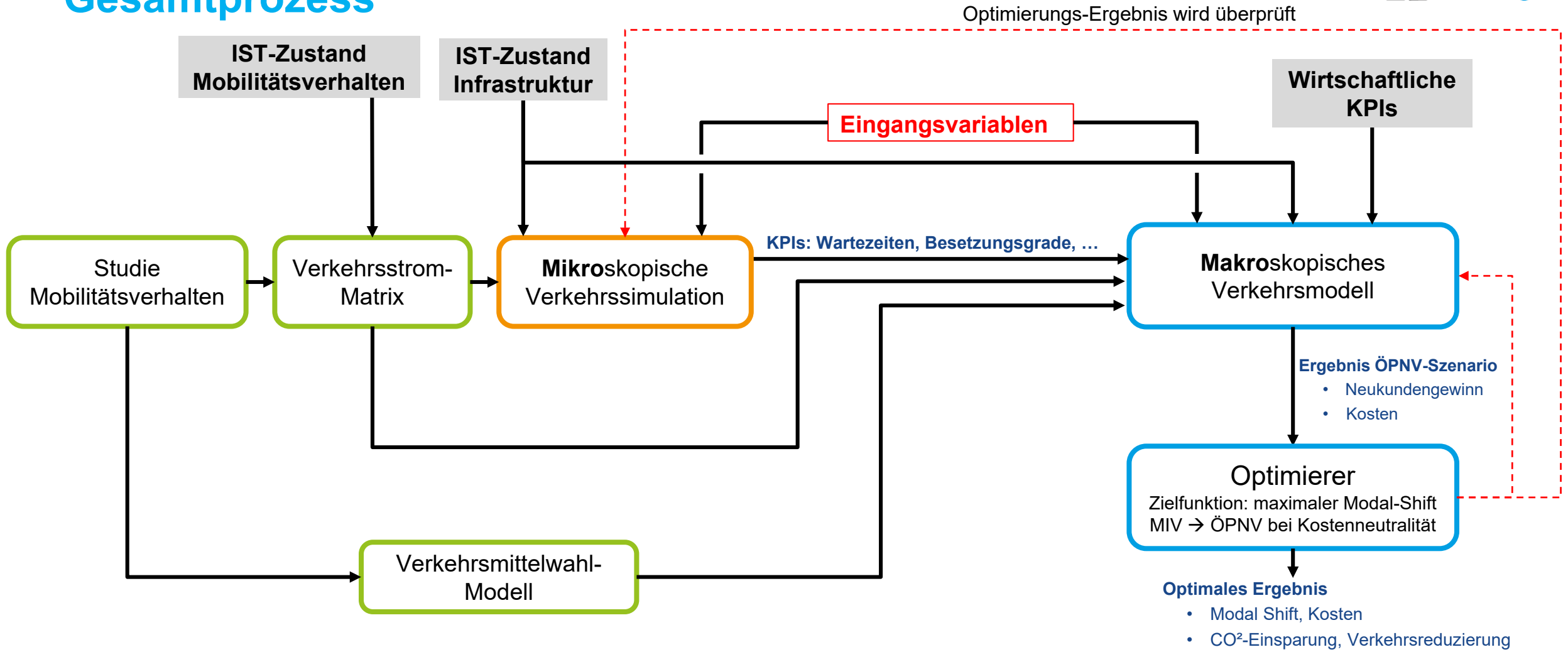
- Für jede Relation:
 - Reisewiderstand je Verkehrsmittel
- Modal Split aller Relationen
- Optimierungsparameter
 - (De-)Aktivieren von Kanten
 - Reisedauer (Geschwindigkeiten)
 - Abfahrtszeiten
- Nebenbedingungen
 - Schülerverkehr
 - Mobilitätsgarantien
 - Kostenneutralität
- Zielfunktion
 - Maximaler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





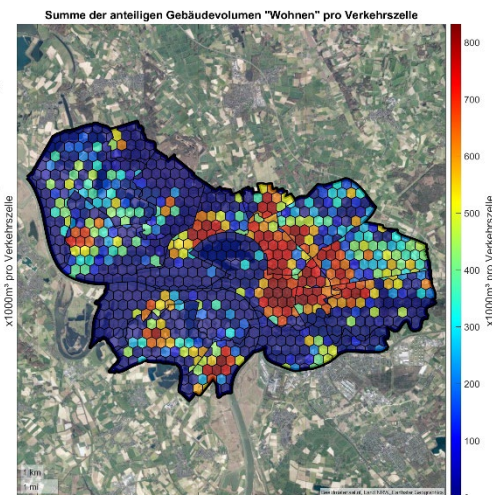
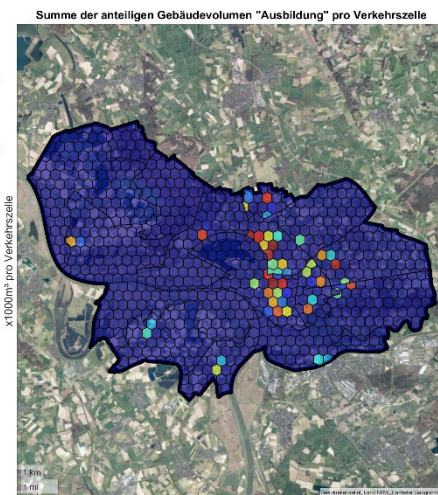
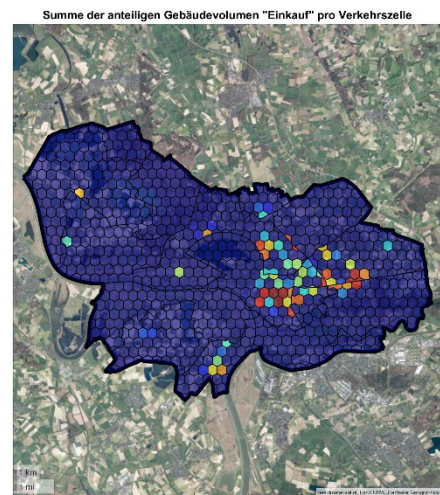
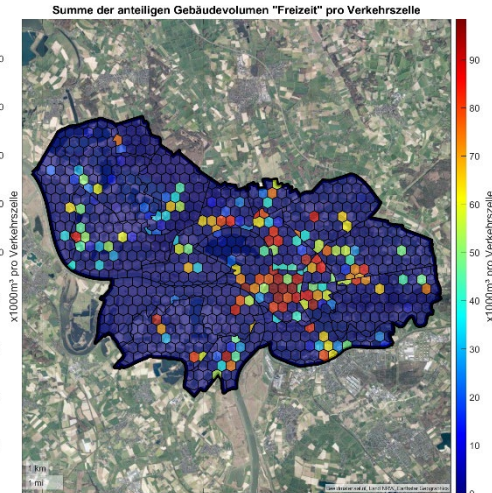
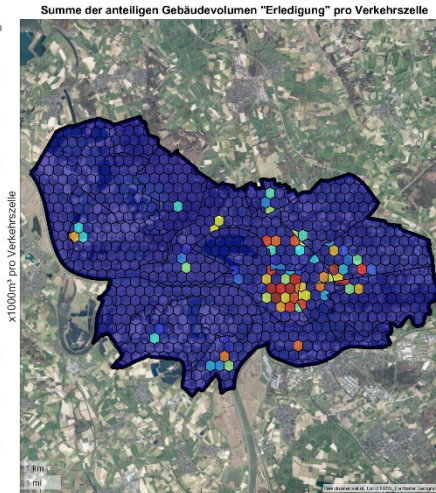
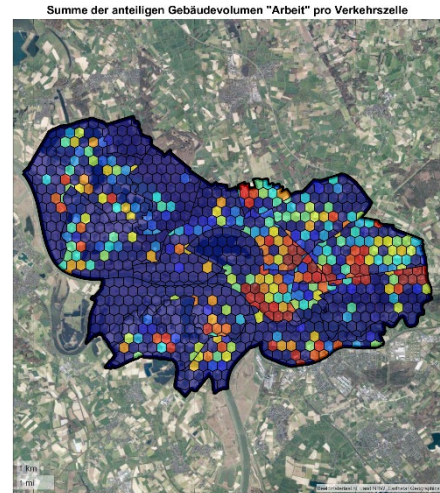
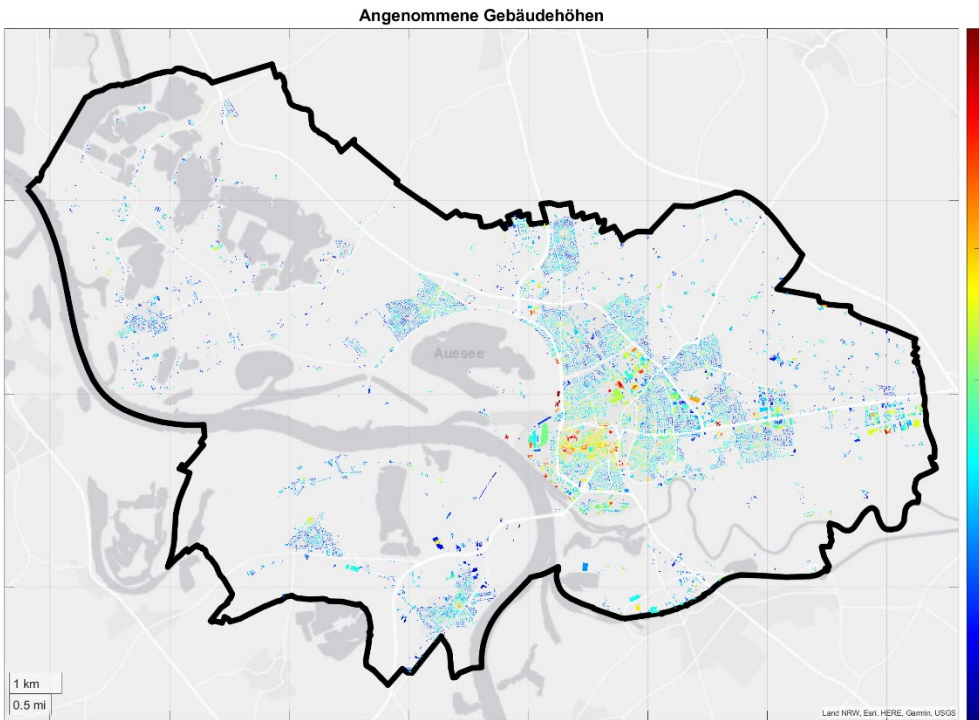
Modellierung von ÖPNV-Systemen

Gesamtprozess



Parallelprojekt KI-POD - Nachfragemodellierung

Verarbeitung offener Datenquellen



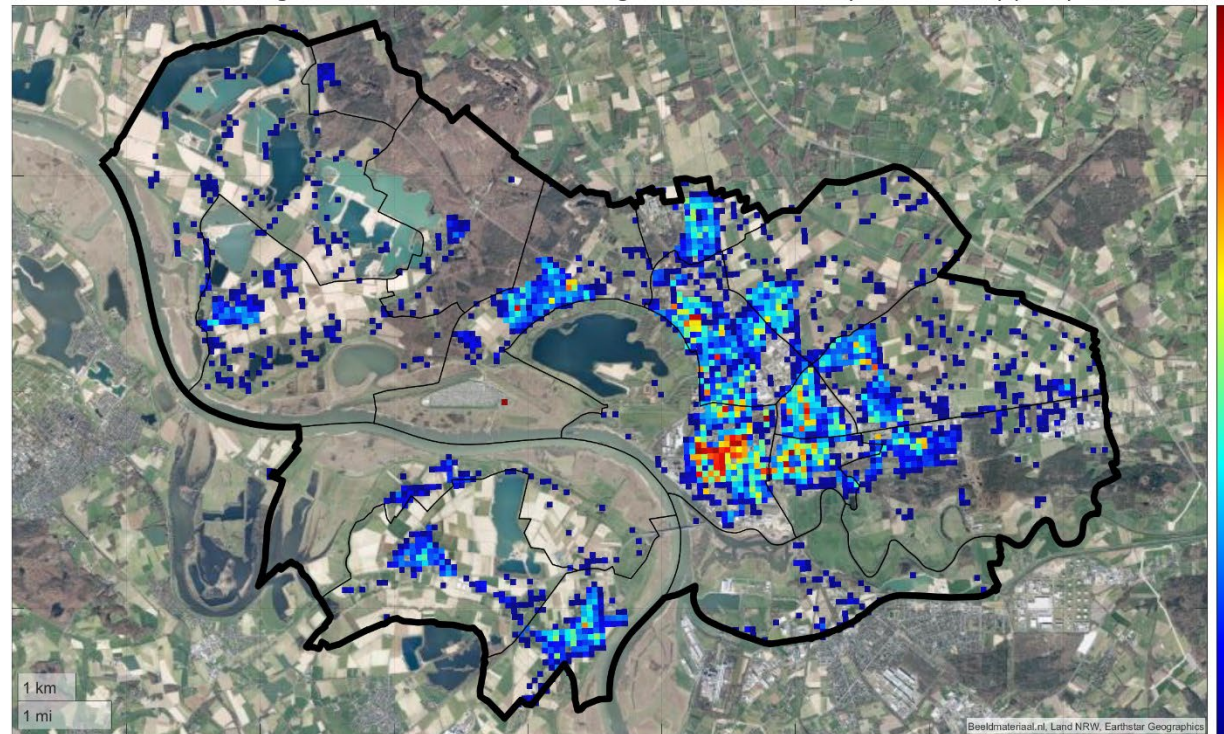
Parallelprojekt KI-POD - Nachfragemodellierung

Verarbeitung offener Datenquellen

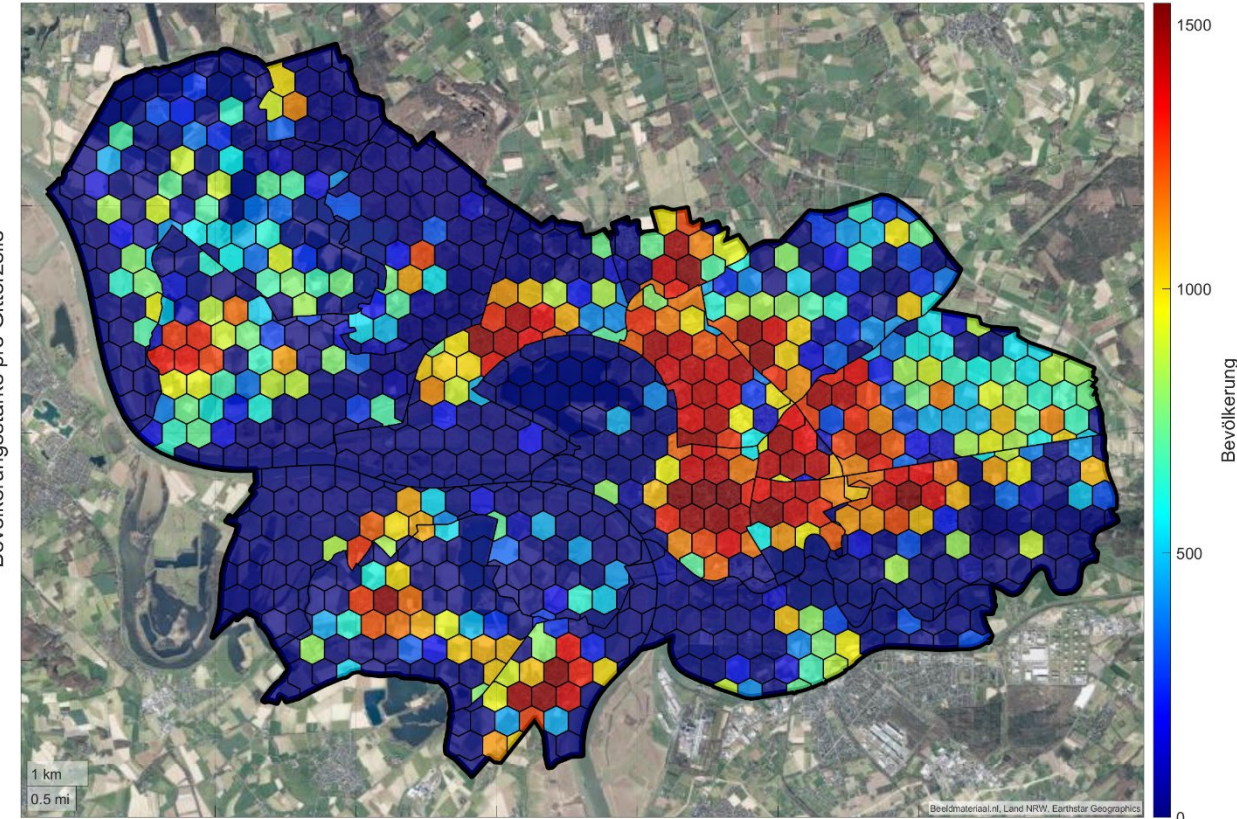


Wesel: Bevölkerungsstärke in Zensus(2011)-Gitterzellen

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

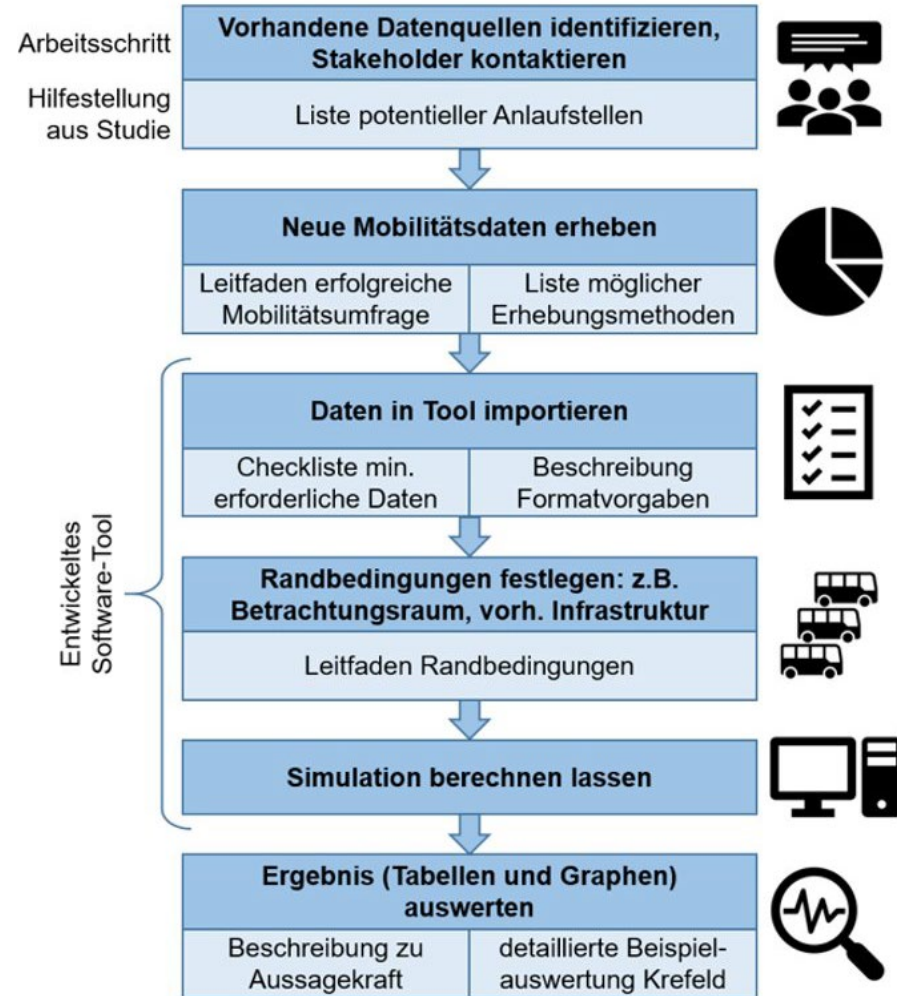
Offen im Denken

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