

# NRW Forschungskolleg ACCESS!

**2016-2020**

**Welche Mobilität** können / dürfen / müssen / wollen  
werden wir uns zukünftig leisten?

**2021-2024**

**Transformationspfade zu einer nachhaltigen Mobilität**

**Ergebnisbroschüre**



**RWTHAACHEN  
UNIVERSITY**

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



# Inhalt

<b>Das Forschungskolleg .....</b>	<b>4</b>
<b>Forschungsdesigns.....</b>	<b>6</b>
<b>Inter- und Transdisziplinäre Forschung.....</b>	<b>8</b>
<b>Praxisprojekte.....</b>	<b>10</b>
Identifikation kritischer Verbindungen des öffentlichen Personennahverkehrs im ländlichen Raum.....	10
Interdisziplinäre Online-Befragung im Kreis Heinsberg .....	14
Roadmap zur Darstellung zukünftiger Mobilitätstechnologien .....	17
<b>Transformationsprojekte .....</b>	<b>18</b>
Akzeptanz und Nachfragemodellierung urbaner Luftmobilität .....	18
How do incentives impact the intention to use mobility as a service platforms? A choice-based conjoint analysis.....	20
Abstand und subjektive Sicherheit auf dem Rad .....	22
Optimierung von Standorten für Mobilitätsknotenpunkte zur Förderung eines nachhaltigen Mobilitätssystems.....	24
<b>Die Promotionsvorhaben .....</b>	<b>26</b>
<b>Lehrstuhl für Operations Management (OM) .....</b>	<b>28</b>
Transformation zu emissionsarmen Mobilitätssystemen durch Integration innovativer Konzepte.....	28
Potenziale innovativer On-Demand-Konzepte in ländlichen und urbanen Mobilitätssystemen.....	30
Nachhaltigkeitspotenziale von Corporate Mobility as a Service .....	32
Operative und strategische Planung im Mobilitätssektor .....	34
<b>Lehrstuhl für Kommunikationswissenschaften (COMM).....</b>	<b>36</b>
Wegbereiter für den autonomen Verkehr: Empirische Befunde zu Akzeptanzfaktoren.....	36
<b>Lehrstuhl für Controlling (CON).....</b>	<b>38</b>
Modellierung der externen Kosten der Autonutzung .....	38
Externe Kosten automatisierter Fahrzeuge .....	40
<b>Forschungszentrum für elektromagnetische Umweltverträglichkeit (femu) .....</b>	<b>42</b>
Messung und gesundheitliche Bewertung von elektromagnetischen Feldern im Mobilitätssektor .....	42



<b>Gender und Diversity in den Ingenieurwissenschaften (GDI)</b> .....	<b>44</b>
Future Mobilities and Mobile Futures .....	44
<b>Lehr- und Forschungsgebiet Kulturgeographie (KulturGeo)</b> .....	<b>46</b>
Alltagsmobilität junger Familien in der Metropole Ruhr .....	46
Mobilitätspraktiken autofreier Haushalte .....	48
<b>Institut für Luft- und Raumfahrtssysteme (ILR)</b> .....	<b>50</b>
Urbane Luftmobilität als Ergänzung bodengebundener Verkehrssysteme .....	50
Modulare Lufttransportsystembewertung für Urban Air Mobility .....	52
<b>Institut für Psychologie (IfP)</b> .....	<b>54</b>
Nachhaltige Mobilitätsperspektiven für Mensch und Umwelt – eine psychologische Betrachtung .....	54
<b>Lehrstuhl und Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (ISB)</b> .....	<b>56</b>
Einstellungen und Anforderungen in Bezug auf die Nutzung autonomer Fahrzeuge durch Bewegungs- und Wahrnehmungsbehinderte .....	56
Flächen des ruhenden Pkw-Verkehrs in Städten .....	58
<b>Lehrstuhl für Städtebau und Entwerfen und Institut für Städtebau und europäische Urbanistik (städtebau)</b> .....	<b>60</b>
Städtebauliche Weiterentwicklung von Bahnhofsumfeldern im Sinne des Transit Oriented Development – Eine Untersuchung der Transformationsregion Rheinisches Revier .....	60
<b>Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe (TEER)</b> .....	<b>62</b>
Ganzheitliche Nachhaltigkeitsbewertung von Mobilitätsalternativen .....	62
Erzeugung synthetischer Kraftstoffe als Alternative zu fossilen Treibstoffen .....	64
<b>Institut für Umweltforschung (UBC)</b> .....	<b>66</b>
Analyse mobilitätsbedingter organischer Schadstoffe in Feinstäuben und im Oberflächenabfluss städtischer Straßen .....	66
<b>Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie (WiGeo)</b> .....	<b>68</b>
Implementierung von Smart Mobility in ländlichen Räumen .....	68
Analyse wertebasierter Ansätze zur Unterstützung nachhaltiger Mobilität in urbanen kollektiven Wohnformen – anhand des Fallbeispiels der kollektiven Wohnformen in Aachen.....	70
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>72</b>
<b>Kontakt</b> .....	<b>73</b>



## Das Forschungskolleg

Die Gestaltung zukunftsfähiger Mobilitätssysteme ist eine langfristige und komplexe Aufgabe großer gesellschaftlicher Tragweite. Im Rahmen des NRW Forschungskollegs ACCESS! wurden daher Lösungen erarbeitet, die Technologie, Mobilitätsbedarfe, gesellschaftliche Ansprüche und Umweltziele integrieren. Mit diesem Ziel forschten insgesamt 23 Promovierende von 13 verschiedenen Lehrstühlen der RWTH Aachen University im Zeitraum von Oktober 2016 bis Dezember 2024 gemeinsam. Das vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW geförderte Graduiertenkolleg vereinte Wissenschaftler:innen aus den Fachgebieten der Sozial-, Wirtschafts-, Natur- und Ingenieurwissenschaften, der Medizin sowie zahlreiche Partner:innen aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft.

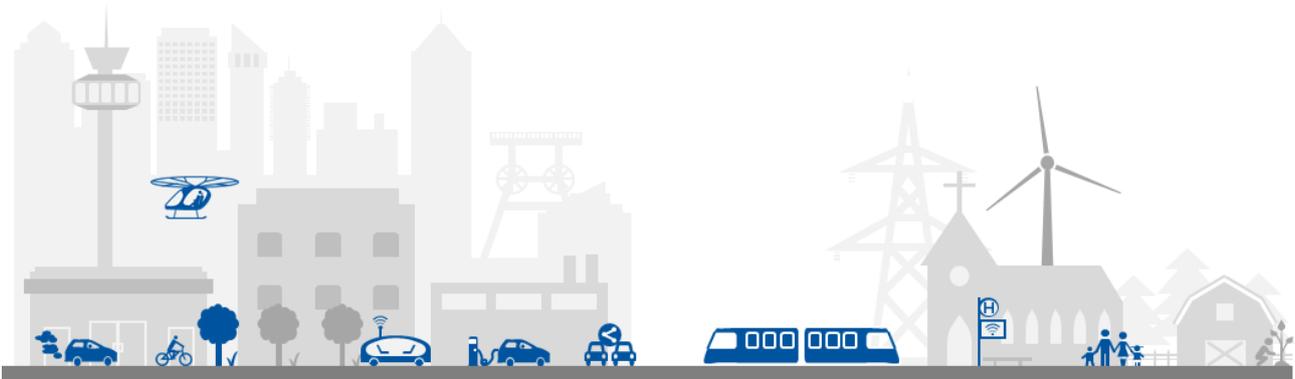


Abbildung I: Grafische Darstellung der behandelten Themen im Kolleg.

### Beteiligte Lehrstühle

#### Lehrstuhl für Operations Management

Sprecherin des Kollegs:  
Prof. Dr. rer. pol. Grit Walther

Nicolas Dirks, Dr. rer. pol.  
Laura Frank, Dr. rer. pol.



Antonia Klopfer, M.Sc.  
Vladimir Stadnichuk, M.Sc.



#### Lehrstuhl für Communication Science

Prof. Dr. phil. Martina Ziefle  
Vivian Lotz, Dr. phil.



#### Lehrstuhl für Controlling

Prof. Dr. rer. pol. Peter Letmathe  
Frank Baumgärtner, Dr. rer. pol.  
Maren Paegert, M.Sc.





### Forschungszentrum für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit

Prof. Dr. med. Thomas Kraus  
Karl Jagielski, M. Sc.



### Lehr- und Forschungsgebiet Kulturgeographie

Prof. Dr. phil. Carmella Pfaffenbach  
Eric Suder, Dr. rer. nat.  
Annika Herberg, Dr. rer. nat.



### Lehrstuhl für Personal- und Organisationspsychologie

Prof. Dr. Bettina Wiese  
Anna Streitz, Dr. phil.  
Ruth Noppeney, Dr. phil.



### Lehrstuhl und Institut für Städtebau

Prof. Dipl.-Ing. Christa Reicher  
Christian Larisch, M. Sc.



### Institut für Umweltforschung

Prof. Dr. rer. nat. Andreas Schäffer  
Hanna Fuchte, Dr. rer. nat.



### Gender und Diversity in den Ingenieurwissenschaften

Prof. Dr. phil. Carmen Leicht-Scholten  
Jennifer Bosen, Dr. phil.



### Institut für Luft- und Raumfahrtssysteme

Prof. Dr.-Ing. Eike Stumpf  
Michael Husemann, M. Sc.  
Ansgar Kirste, M. Sc.



### Lehrstuhl und Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr

Prof. Dr.-Ing. Tobias Kuhnimhof  
Christine Lindner, Dr. Ing.  
Laura Merten, M. Sc.



### Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe

Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker  
Julia Streitz, M. Sc.  
Joel da Silva Felix, M. Sc.



### Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie

Prof. Dr. phil. Martina Fromhold-Eisebith  
Sophia Gross-Fengels, Dr. rer. nat.  
Gina Dohmen, M. Sc.



## Forschungsdesigns

Das Forschungskolleg ACCESS! umfasste zwei Förderphasen, die von 2016 bis 2020 und von 2021 bis 2024 andauerten. In der ersten Förderphase wurde die zentrale Frage „Welche Mobilität werden wir uns zukünftig leisten?“ bearbeitet. Diese Hauptfrage wurde in vier spezifische Unterfragen unterteilt, um unterschiedliche Aspekte der zukünftigen Mobilität zu beleuchten. Erstens wurde untersucht, welche technologischen und infrastrukturellen Potenziale vorhanden sind, um die Frage „Welche Mobilität können wir uns zukünftig leisten?“ zu beantworten. Zweitens wurde vor dem Hintergrund der Frage „Welche Mobilität wollen wir uns zukünftig leisten?“ analysiert, welche Potenziale bei Anbietern und Nachfragern existieren. Drittens wurde aus der Perspektive von Gesellschaft und Wirtschaft die Frage untersucht „Welche Mobilität müssen wir uns zukünftig leisten?“, um gesellschaftliche und wirtschaftliche Notwendigkeiten zu identifizieren, die die Gestaltung zukünftiger Mobilität beeinflussen. Schließlich wurden unter der Frage „Welche Mobilität dürfen wir uns zukünftig leisten?“ Umwelt- und Gesundheitsaspekte erforscht.

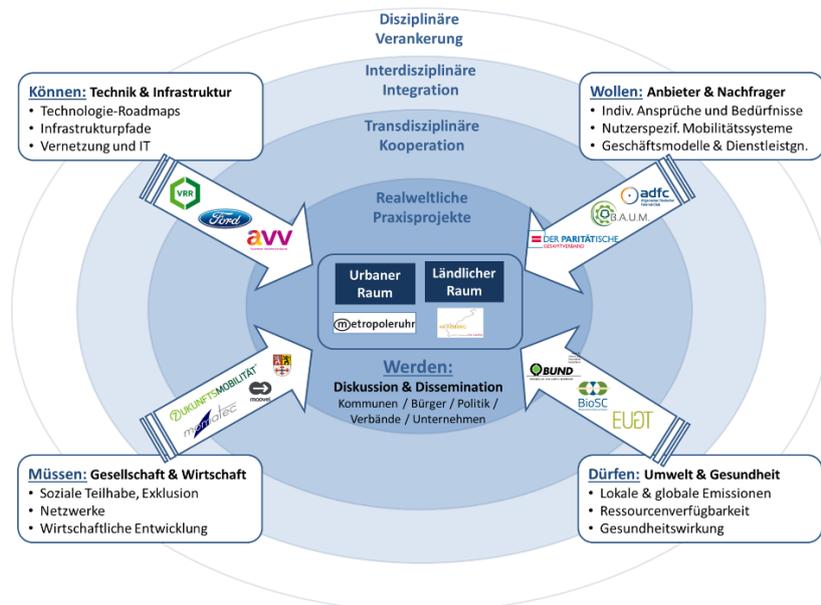


Abbildung II: Überblick über die Forschungsthemen der ersten Förderphase.

Nachdem in der ersten Förderphase Potenziale verschiedener Mobilitätsformen identifiziert und Visionen für die zukünftige Mobilität entwickelt wurden, erarbeitete die zweite Förderphase unter dem Forschungsthema „Transformationspfade zu einer nachhaltigen Mobilität“ konkrete Entwicklungspfade für nachhaltigere Mobilitätskonzepte. Die Forschung gliederte sich dabei in drei Ebenen: Regionales Mobilitätssystem, Kommunale Mobilitätskonzepte und Serviceorientierte Technologie(-pfade). Im Bereich des Regionalen Mobilitätssystems wurden Handlungsempfehlungen für die Verkehrswende auf Systemebene entwickelt, indem u. a. Planungsansätze und ein neues Herstellungsverfahren für synthetische Kraftstoffe entwickelt wurden. Im Rahmen der Kommunalen Mobilitätskonzepte konzentrierte sich die Forschung auf die Perspektiven der beteiligten Akteure. Bei den Serviceorientierten Technologiepfaden stand die Entwicklung von Technologien, Geschäftsmodellen und Servicekonzepten im Mittelpunkt.



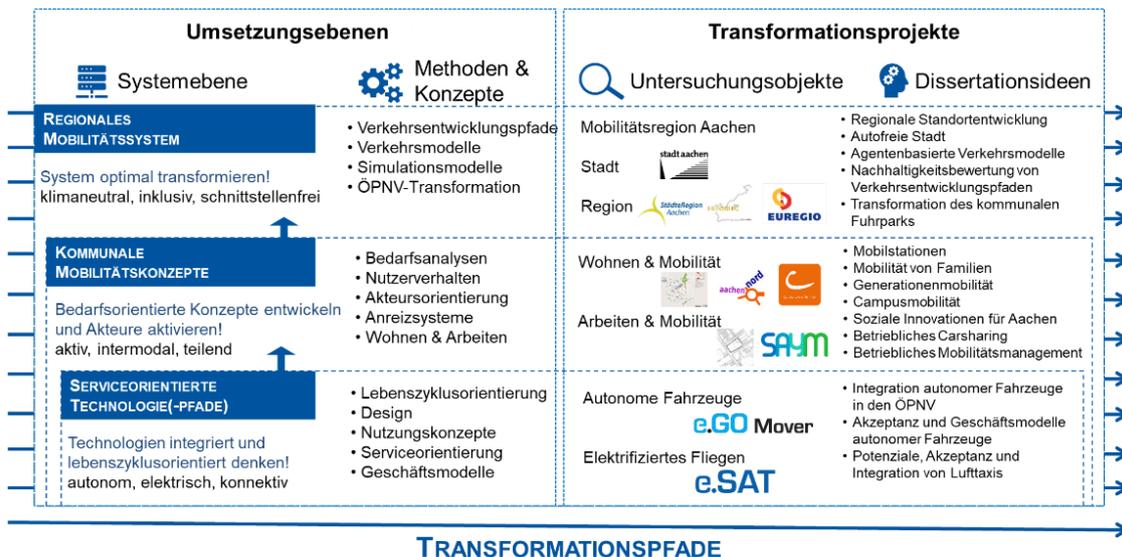


Abbildung III: Überblick über die Forschungsthemen der zweiten Förderphase.

Während jeder Förderphase arbeiteten Promovierende von elf Lehrstühlen sowohl im Rahmen ihrer eigenen Dissertationen als auch in interdisziplinären Gruppen an den beschriebenen Forschungsthemen. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit wurde zusätzlich durch einen engen transdisziplinären Austausch mit Praxispartnern aus den Modellregionen Stadt Aachen, Kreis Heinsberg und Metropole Ruhr bereichert. Darüber hinaus fand ein internationaler Austausch zu grenzübergreifenden Mobilitätsthemen in der Euregio Maas-Rhein statt.

Über beide Förderphasen wurden dabei unter anderem folgende Ergebnisse erzielt:

- Die Verbesserung und Neu-Erhebung von Mobilitätsdaten, einschließlich Mobilitätserhebungen sowie Standort- und Erreichbarkeitsanalysen, erlaubt die Ableitung des kommunalen Handlungsbedarfs zur Gewährleistung gesellschaftlicher Mindestansprüche und zur Gestaltung intermodaler Mobilitätskonzepte. Durch die Entwicklung quantitativer Entscheidungsunterstützungsmodelle konnten diese Erkenntnisse zusätzlich präzisiert werden.
- Die empirische Erhebung von Mobilitätsbedarfen verschiedener Gruppen, wie Pendlern, jungen Familien und mobilitätseingeschränkten Personen, sowie die Analyse von Nutzeranforderungen, beispielsweise der Nutzer des Multi-Bus-Systems und der Einwohner des Kreises Heinsberg, ermöglichten die Segmentierung von Kundengruppen. Zusätzlich wurden durch mehrere Conjoint-Analysen Kundenanforderungen detailliert erfasst und akteursorientierte Mobilitätsdienstleistungen sowie passende Geschäftsmodelle entwickelt.
- Die Analyse und Bewertung neuer Mobilitätskonzepte, darunter Smart-Mobility-Ansätze im ländlichen Raum, flottenübergreifendes Carsharing und intermodale Mobilstationen, erlaubten die Ableitung von Potenzialen und die Identifizierung von Erfolgsfaktoren. Daraus wurden konkrete Handlungsempfehlungen für die Umsetzung und Integration dieser innovativen Konzepte entwickelt, um die zukünftige Mobilitätslandschaft effizient und nachhaltig zu gestalten.



## Inter- und Transdisziplinäre Forschung

Im Rahmen des NRW Forschungskollegs ACCESS! arbeiteten die Promovierenden intensiv in Teams an interdisziplinären Fragestellungen, die die Zusammenarbeit von Expertinnen und Experten aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen erfordern, sowie an transdisziplinären Fragestellungen, die das Wissen und die Erfahrungen von Akteurinnen und Akteuren außerhalb der Wissenschaft, wie beispielsweise Praxispartnern oder der Öffentlichkeit, integrieren.

In der ersten Förderperiode von ACCESS! wurden vier Praxisprojekte durchgeführt, wobei Mobilitätsthemen in enger Kooperation mit Praxispartnern vor Ort untersucht wurden. Durch Befragungen und quantitative Analysen wurden Verbesserungspotenziale in den Bereichen öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV), Fahrradnutzung, Mobilitätsplattformen und mobilitätsbezogene Technologien identifiziert. Aus diesen Erkenntnissen wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet, um die Mobilität in den untersuchten Regionen effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Abbildung IV gibt einen Überblick über die vier Praxisprojekte.

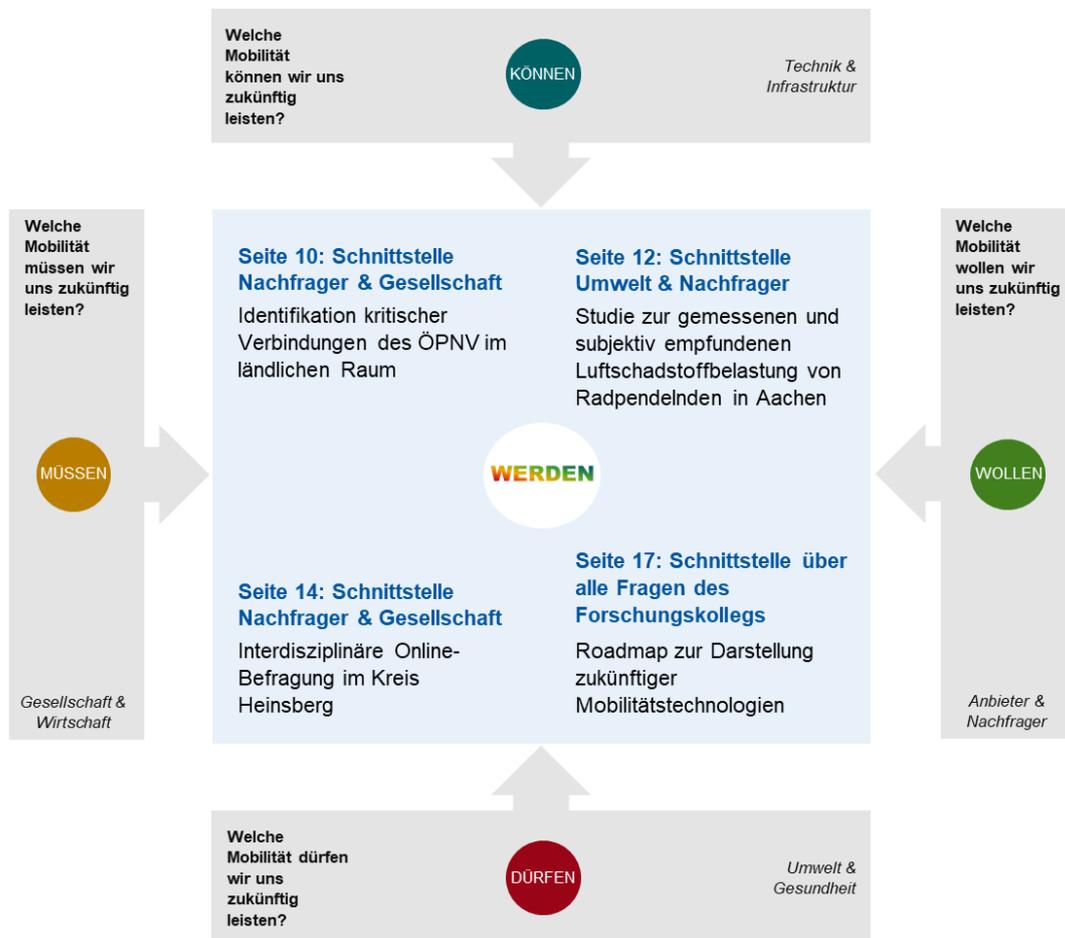


Abbildung IV: Überblick über die Praxisprojekte des Forschungskollegs in der ersten Förderphase.



In der zweiten Förderphase wurden Transformationsprojekte durchgeführt, die analog zu den Praxisprojekten der ersten Förderphase inter- und transdisziplinäre Fragestellungen bearbeiteten. Die vier durchgeführten Transformationsprojekte sind in Abbildung V jeweils einer Transformationsebene zugeordnet. Teilweise haben die Transformationsprojekte Fragestellungen aus den Praxisprojekten der ersten Förderphase weitergeführt oder konkretisiert. Ein Beispiel hierfür ist das Transformationsprojekt „How do incentives impact the intention to use mobility as a service platforms? A choice-based conjoint analysis.“. In der ersten Förderphase wurde im Rahmen des Praxisprojekts „Interdisziplinäre Online-Befragung im Kreis Heinsberg“ eine interdisziplinäre Befragung zu zukünftigen Mobilitätsformen im Kreis Heinsberg durchgeführt. Dabei wurde unter anderem die Bedeutung von Mobilitätsplattformen hervorgehoben, die verschiedene Mobilitätsmodi in einer App vereinen. Die Ausgestaltung einer solchen App wurde im genannten Transformationsprojekt analysiert. In einer empirischen Studie wurden Aspekte ermittelt, die für die potenziellen Nutzerinnen und Nutzer einer solchen App besonders wichtig sind.

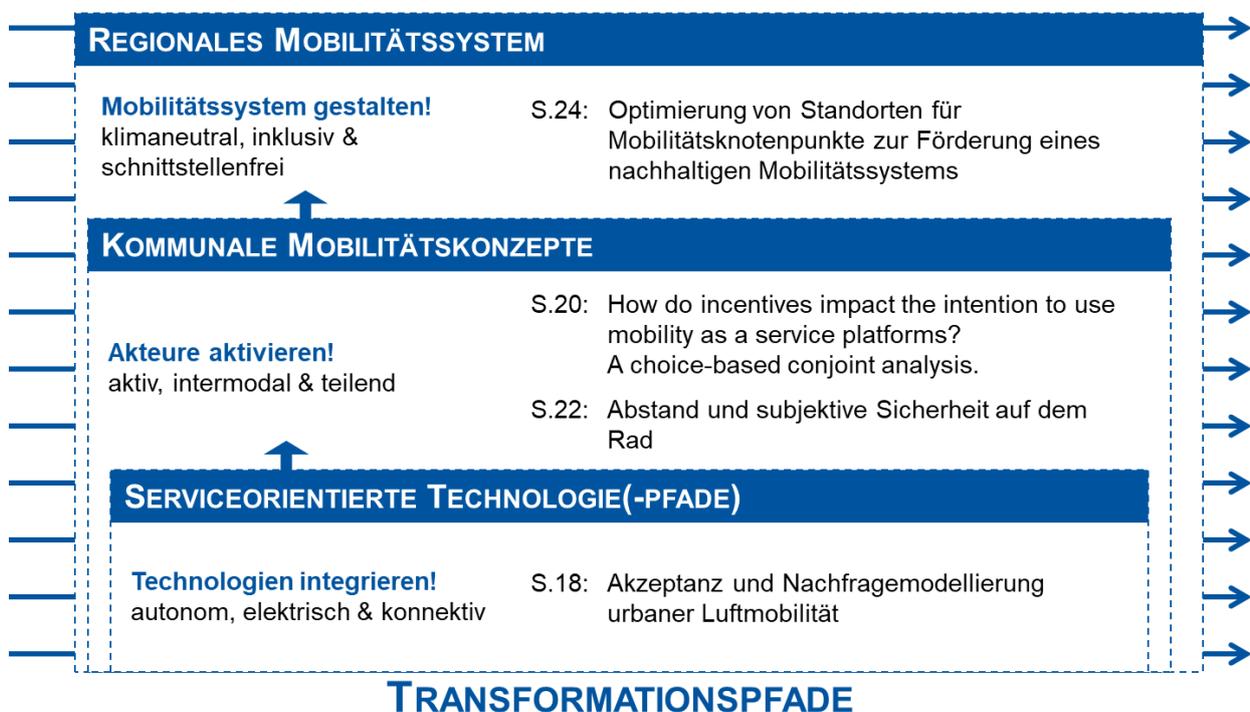


Abbildung V: Überblick über die Transformationsprojekte der Forschungskollegs in der zweiten Förderphase.

Im Folgenden werden die Praxis- sowie Transformationsprojekte im Detail vorgestellt.



## Praxisprojekte

Dr. Frank Baumgärtner, Lehrstuhl für Controlling

Dr. Nicolas Dirks, Lehrstuhl für Operations Management

Dr. Laura Frank, Lehrstuhl für Operations Management

### Identifikation kritischer Verbindungen des öffentlichen Personennahverkehrs im ländlichen Raum

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) im ländlichen Raum ist häufig durch geringe Abdeckung, niedrige Frequenzen und lange Fahrzeiten gekennzeichnet. Als Folge sind sowohl Arbeitsplätze als auch Orte des täglichen Bedarfs mit dem ÖPNV im ländlichen Raum nur eingeschränkt erreichbar. Dies resultiert in Staus, hohen Emissionen sowie sozialer Ausgrenzung von Einwohner:innen ohne Zugang zu einem privaten Fahrzeug. Zur Erhöhung der Erreichbarkeit im ländlichen Raum erwägen Entscheidungsträger daher Maßnahmen zur Verbesserung des vorhandenen ÖPNV-Angebots, wie beispielsweise die Einführung bedarfsorientierter Mobilitätskonzepte. Ein erster Schritt hierfür besteht in der Identifikation sogenannter kritischer Verbindungen. Die Identifikation kritischer Verbindungen hängt sowohl von der Mobilitätsnachfrage als auch vom bestehenden ÖPNV-Angebot der Verbindungen ab. Die Mobilitätsnachfrage resultiert hierbei aus vielfältigen Bedürfnissen und beinhaltet sowohl Verbindungen zu individuellen Arbeitsplätzen als auch zu verschiedenen Points of Interest (POIs).

Vor diesem Hintergrund bestand das Ziel dieser Studie in der Entwicklung einer Methodik zur Identifikation kritischer ÖPNV-Verbindungen im ländlichen Raum. Die zugrunde liegende Methodik wurde gemeinsam mit Verkehrsplanern der Kreisverwaltung Heinsberg in einem agilen Entwicklungsprozess entwickelt. Es wurde die Mobilitätsnachfrage dem bestehenden ÖPNV-Angebot gegenübergestellt und alle Verbindungen nach ihrer Priorität hinsichtlich des Handlungsbedarfs zur Verbesserung des ÖPNV-Angebots klassifiziert.

In Abbildung 1a sind die kritischsten 2 % der Verbindungen zu Arbeitsplätzen dargestellt, für die eine ÖPNV-Geschwindigkeit von 11 km/h unterschritten wird. Diese bilden 27 % der gesamten Mobilitätsnachfrage zu Arbeitsplätzen ab. Dabei wird deutlich, dass die identifizierten kritischen Kanten eine geringe Distanz aufweisen und überwiegend zusammenhängend sind. Dies lässt darauf schließen, dass eine Verbesserung der ÖPNV-Geschwindigkeit zu Arbeitsplätzen durch geringe Änderungen im bestehenden ÖPNV (z. B. alternative Buslinien) erreicht oder durch eine Einführung bedarfsorientierter Konzepte verbessert werden kann.

Analog wurden die kritischen Kanten zu POIs im Kreis Heinsberg analysiert. Abbildung 1b verdeutlicht, dass die meisten Startknoten eine gute Anbindung zu Supermärkten aufweisen. Allerdings existieren in Randgebieten Startknoten mit hoher ÖPNV-Reisezeit zu einem Supermarkt. Mit dem Ziel der Stärkung des ÖPNV-Angebots innerhalb des Kreisgebiets Heinsberg müssten somit kritische Verbindungen zu POIs in Randgebieten



verbessert werden. Abbildung 1c stellt die identifizierten kritischsten 2 % der Kanten zu POIs im Kreis Heinsberg dar. Die identifizierten kritischen Kanten sind überwiegend zusammenhängend und weisen im Gegensatz zu den kritischen Kanten zu Arbeitsplätzen längere Distanzen auf.

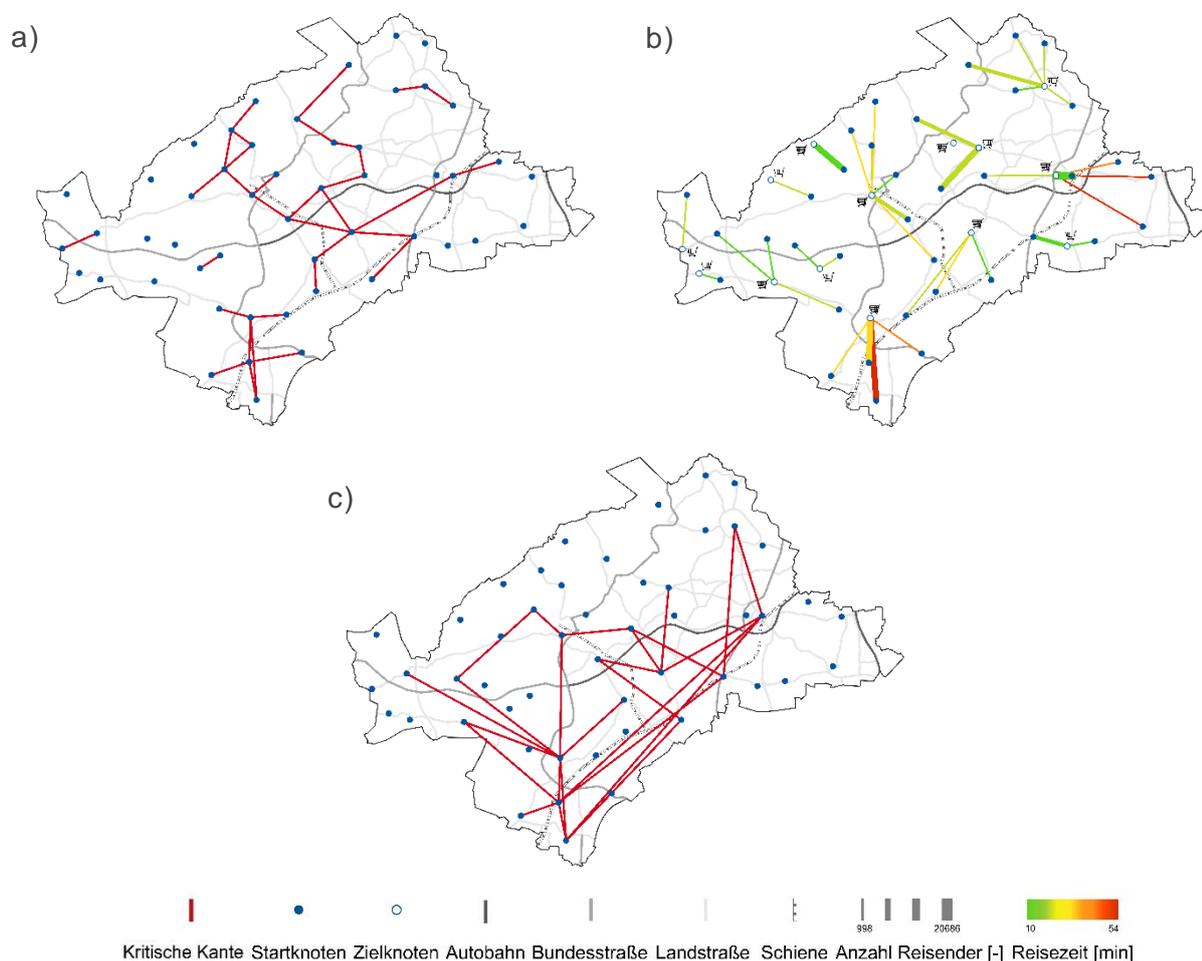


Abbildung 1: a) Darstellung der identifizierten kritischen Kanten zu Arbeitsplätzen im Kreis Heinsberg, b) Veranschaulichung des ÖPNV-Angebots und der Mobilitätsnachfrage der Kanten zu POIs der Kategorie Supermarkt, c) Darstellung der identifizierten kritischen Kanten zu POIs im Kreis Heinsberg<sup>1</sup>

Das Zusammenführen aller identifizierten kritischen Kanten ergibt, dass sich 7 der 49 kritischen Kanten zu Arbeitsplätzen mit den 49 kritischen Kanten zu POIs überschneiden. Es wird deutlich, dass kaum Überschneidungen in den identifizierten kritischen Kanten beider Perspektiven bestehen. Es besteht demnach ein Zielkonflikt zwischen POIs und Arbeitsplätzen in der ÖPNV-Planung.

<sup>1</sup> Dirks, N., Frank, L., Baumgärtner, F., Walther, G., Letmathe, P. (2020): Identifikation kritischer Verbindungen des öffentlichen Personen-nahverkehrs im ländlichen Raum. In: gis.Science, Volume 2, Issue 33, Pages 72 - 80.



Dr. Jennifer Bosen, Gender und Diversity in den Ingenieurwissenschaften  
Dr. Hanna Fuchte, Institut für Umweltforschung

## **Studie zur gemessenen und subjektiv empfundenen Luftschadstoffbelastung von Radpendelnden in Aachen**

Die Luftverschmutzungsproblematik sowie die Debatte um Fahrradmobilität sind aktuell relevante Themengebiete im öffentlichen Diskurs. Auch im wissenschaftlichen Kontext sind sie viel untersucht, meist jedoch in sehr disziplinärer Herangehensweise. Unsere Studie erzielt eine inter- und transdisziplinäre Erforschung der Thematik in Aachen, indem sie sozialwissenschaftlich erfasste Zusammenhänge von Umwelt-/Gesundheitsbewusstsein und Fahrradmobilitätsverhalten mit einer standortspezifischen Einschätzung der Belastung auf Grundlage von Partikelmessung und -analyse kombiniert. Dazu wurde auch mit der WWU Münster und dem ADFC kooperiert.

Im Fokus der Studie steht die detaillierte, interdisziplinäre Erfassung von erlebten, wie auch gemessenen Parametern die Radpendler\*innen entlang einer Aachener Pendelroute vom Aachener Hauptbahnhof bis zum RWTH Campus Mitte beeinflussen. Hierfür wurden im naturwissenschaftlichen Teil der Studie zunächst mit Hilfe eines Messfahrrads mit mobiler Partikel-Messtechnik Partikelmassen- und Partikelanzahlkonzentrationen entlang der Route gemessen und Partikelhotspots lokalisiert. An diesen wurden im Anschluss Feinstaubproben aus der Luft gesammelt und auf partikelgebundene organische Schadstoffe hin analysiert. So konnte eine detaillierte Messung der Schadstoffbelastung auf der Route erfolgen.

Die Messfahrten dienten außerdem der genauen ethnografischen Beobachtung der Route, die das Feld des soziologischen Teils der Studie ausmacht. Der soziologische Teil erhob das Erleben der Route durch Alltagsradler:innen. Es wurden zehn Fahrradfahrende rekrutiert, die in leitfadengestützten qualitativen Interviews über ihre detaillierten, langfristigen Erlebnisse auf der Route berichteten. Dabei wurde nach dem Erleben von Luftverschmutzung gefragt, es ergaben sich aber auch andere Schwerpunkte in den Interviews, allen voran die subjektiv empfundene Verkehrssicherheit und die Fahrradkultur in Aachen.

Die Ergebnisse der Feinstaubmessungen wurden als Research Paper in Atmospheric Environment eingereicht<sup>2</sup>. Sie enthalten hochauflösende Daten zur Partikelverteilung entlang der Route, die eine Aussage über lokale Belastungen ermöglichen. Für die Standorte mit besonders hoher Belastung liegen Analysedaten zur genaueren Zusammensetzung der Feinstäube vor.

Die Ergebnisse der Interviewstudie wurden inhaltsanalytisch ausgewertet und mit denen der Schadstoffbelastungsstudie kombiniert. Hier entstand ein Research Paper zu

---

<sup>2</sup> Fuchte, H., Paas, B., Auer, F., Bayer, V., Achten, C., Schäffer, A., Smith, K. (2022): Identification of ambient particulate matter a mobile platform and the analysis of 48 PAH along an urban cycle path. In: Atmospheric Environment 271. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118912>.



Beeinflussungsfaktoren von Alltagsradler:innen, welches in einem interdisziplinären Journal aus dem Bereich Transport veröffentlicht wurde.<sup>3</sup>



Abbildung 1: v. l. n. r. Fabian Auer (Bio5), Jennifer Bosen (GDI), Hanna Fuchte (Bio5), Benedikt Haumer (ADFC); durch Fahrrad vertreten: Bastian Paas (AG Klimatologie Uni Münster)

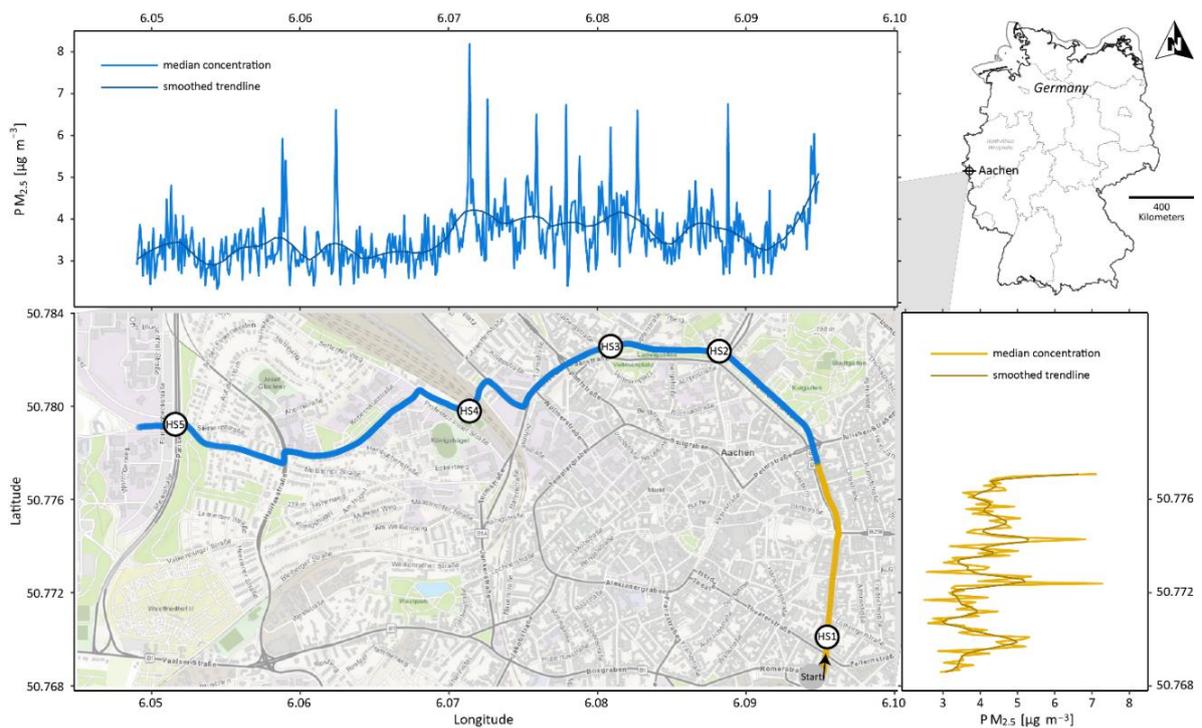


Abbildung 2: Gemessene Feinstaub (PM<sub>2.5</sub>)-Konzentrationen entlang der Radroute in Aachen und ermittelte Hotspots.

<sup>3</sup> Bosen, J., Fuchte, H.E. und Leicht-Scholten, C. (2023): Cycling to work and making cycling work: What makes committed utility cyclists despite perceived risks of air pollution and traffic? In: Journal of Transport & Health 28, 101519. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2022.101519>.



Dr. Sophia Gross-Fengels  
 Dr. Ruth Noppeney  
 Julia Streitz  
 Dr. Eric Suder

## Interdisziplinäre Online-Befragung im Kreis Heinsberg

Die Gestaltung zukunftsfähiger Mobilitätssysteme ist eine langfristige und komplexe Aufgabe von großer gesellschaftlicher Tragweite. Im Rahmen des Forschungskollegs ACCESS! haben vier Fachrichtungen in interdisziplinärer Zusammenarbeit eine Online-Befragung mit aktuellen forschungsrelevanten Fragestellungen durchgeführt (Mai 2018 bis August 2018). Ergänzend zur Haushaltsbefragung des Kreises Heinsberg (2018) beleuchtet die Befragung unterschiedliche Aspekte zum Thema Mobilität. Ziel war es, das (digitale) Mobilitätsverhalten der Bewohner:innen Heinsbergs zu erfassen, ihre Mobilitätseinstellungen und -typen zu analysieren und ihre Meinung zu innovativen Mobilitätsangeboten zu erfragen. Ausgewählte empirische Ergebnisse werden nachfolgend skizziert.

Der Online-Fragebogen wurde zusätzlich zur kreisinternen Mobilitätsuntersuchung 2018 „Mobil im Kreis Heinsberg“ entwickelt. Die Inhalte leiten sich aus Erkenntnissen laufender Forschungsprojekte ab und wurden komplementär zu Fragestellungen des Kreises entworfen. Zielgruppe der Befragung waren die Bewohner:innen des Kreises als Mobilitätsnutzende und -nachfragende. Die Befragung wurde als standardisierte, quantitative Online-Befragung durchgeführt. Nachfolgend werden die Studienergebnisse der Bereiche Nachhaltige Mobilität, Mobilitätstypen, Digitalisierung sowie Alternative Mobilitätsangebote erläutert.

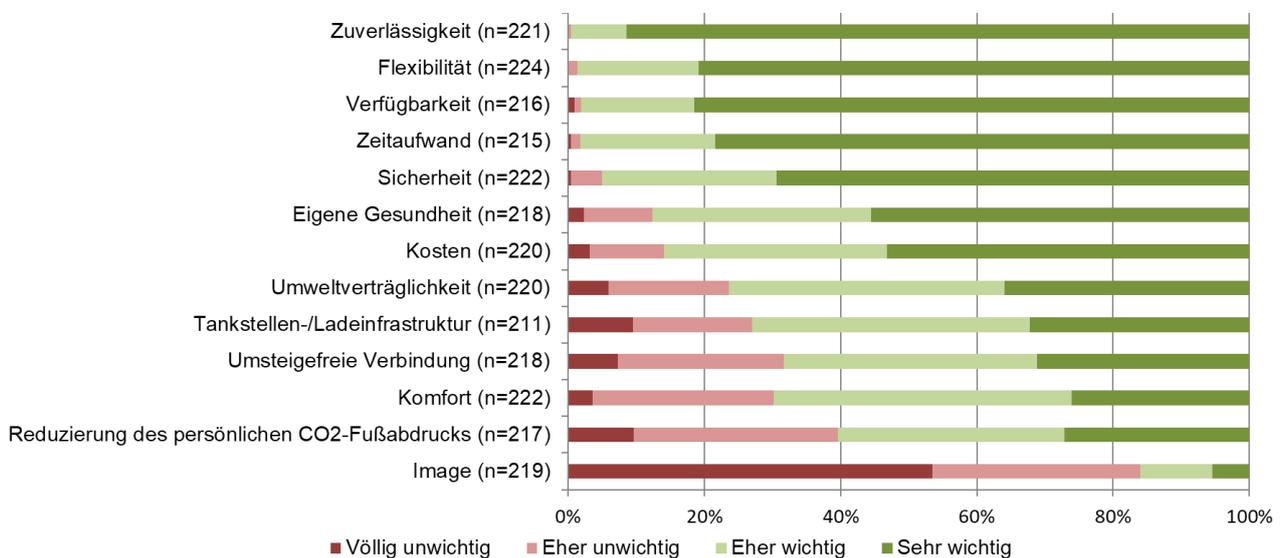


Abbildung 1: Antworten auf die Frage „Welche Faktoren sind bei der Wahl des Verkehrsmittels wichtig?“

Bei der Einrichtung nachhaltiger Mobilitätsmaßnahmen sehen die Teilnehmenden vor allem die Kosten für Nutzer:innen, Emissionen und Barrierefreiheit der Technologie sowie



die Inklusion aller Bevölkerungsgruppen als gesamtgesellschaftlich relevante Kriterien an. Relevante Faktoren bei der persönlichen Verkehrsmittelwahl sind vor allem Zuverlässigkeit, Flexibilität und Verfügbarkeit. Umweltaspekte sind hingegen weniger relevant. Weitere Faktoren sind vor allem für bestimmte demographische Gruppen relevant. Die eigene Gesundheit ist verhältnismäßig häufig für ältere Teilnehmende und Frauen ein bedeutsamer Faktor. Der Faktor Komfort wird dagegen häufiger von männlichen Teilnehmern als relevanter Faktor genannt und das Image des Verkehrsmittels ist eher jüngeren Mobilitätsnutzenden bei der Wahl des Verkehrsmittels wichtig.

Im Rahmen der Analyse verschiedener Mobilitätstypen wurden die Teilnehmenden der Online-Befragung in sechs Gruppen geclustert. Der größte Teil der Befragten kann den „Auto-Fans“ zugeordnet werden, gefolgt von „Flexiblen Individualisten“. Die „mobilen Multimodalen“ und „wenig Mobilen“ machen jeweils 17 % der Befragten aus. „(Un-)abhängige ÖV-Nutzende“ und „Innovative Multimodale“ sind nur 10 bzw. 8 %. Abbildung 2 beschreibt die Mobilitätstypen näher.

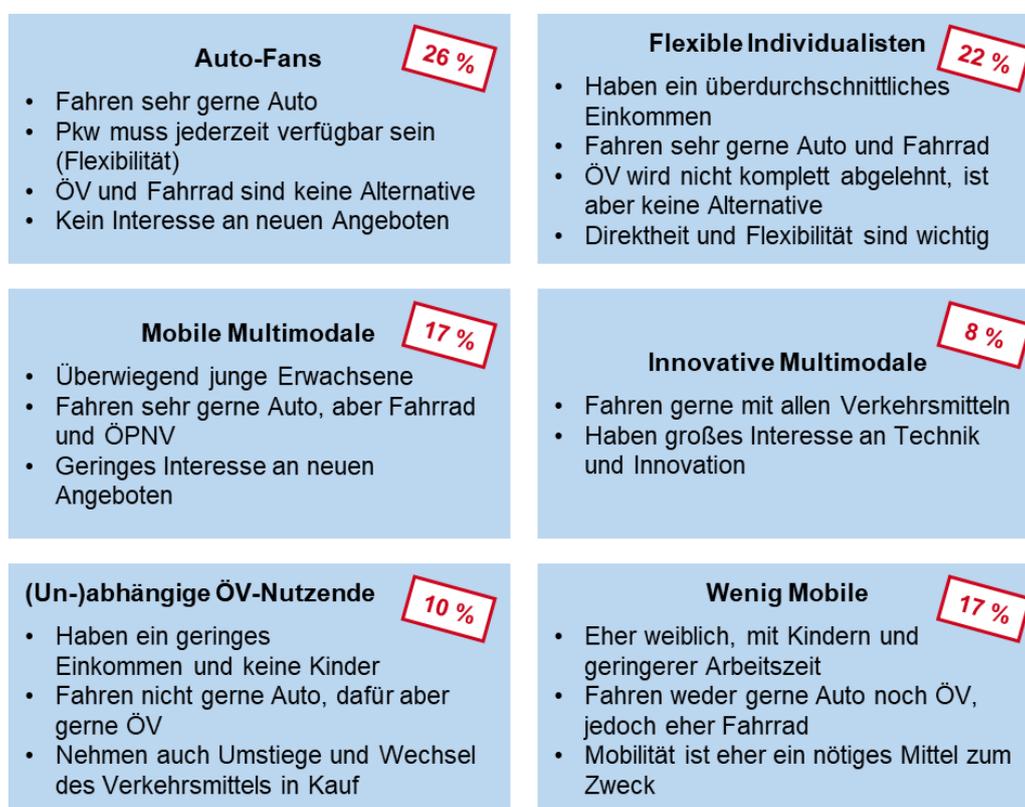


Abbildung 2: Beschreibung der ermittelten Mobilitätstypen

Die Digitalisierung prägt das Mobilitätsverhalten der meisten Befragten. Fast alle Teilnehmenden verfügen über ein Smartphone (96,3 %) und haben dauerhaft Zugang zu mobilem Internet (91,0 %). Außerdem nutzen die meisten Teilnehmenden globale Mobilitätsplattformen (z. B. Google Maps 62,3 %, DB Navigator 35 %) für die Routenplanung und Buchung von Tickets. Regionale Angebote wie AVV Connect werden bisher kaum genutzt. Junge



Nutzende stellen dabei nicht die größte Gruppe, das Durchschnittsalter für die Nutzung digitaler Plattformen liegt bei durchschnittlich 42 Jahren.

Obwohl die meisten Teilnehmenden die alternativen Mobilitätsangebote in der Region kennen bzw. von ihnen gehört haben, werden sie insgesamt sehr wenig in Anspruch genommen. Am meisten - und über alle Altersklassen hinweg - wird der Multibus als Alternative zum privaten PKW genutzt. Außerdem nutzen relativ viele Befragte private Mitfahrgelegenheiten, wenn auch auf insgesamt niedrigem Niveau. Als Gründe für die geringen Nutzungsraten alternativer Mobilitätsformen werden vor allem das mangelnde Informationsangebot, die Gewohnheit den privaten PKW zu nutzen, als auch zu hohe Preise der alternativen Angebote genannt. Außerdem geben die Teilnehmenden an, dass es den Alternativen an Flexibilität fehlt. Komplizierte online-Anmeldevorgänge halten die Teilnehmenden nicht von einer Nutzung ab. Die Bereitschaft in Zukunft autonom fahrende Busse zu nutzen besteht bei mehr als der Hälfte der Befragten. Die Akzeptanz ist dabei vor allem bei Befragten unter 30 Jahren hoch; aber auch in allen anderen Altersgruppen ist die Mehrheit der Befragten zur Nutzung autonomer Busse bereit.

Auf Basis der Datenauswertung wurden Handlungsempfehlungen für die kommunale Praxis im Kreis Heinsberg abgeleitet. Es sollten insbesondere die „Auto-Fans“, „Flexiblen Individualisten“ und „Mobile Multimodale“ angesprochen werden. Neben der grundlegenden Schaffung eines Bewusstseins für Nachhaltigkeit sollten möglichst niedrigschwellig positive Erfahrungen mit alternativer Mobilität ermöglicht werden, wie beispielsweise durch Testangebote. Die Verknüpfung bestehender Angebote gewährleistet erhöhte Zuverlässigkeit, Flexibilität und Verfügbarkeit. Dabei tragen sowohl eine übergreifende Taktung, als auch die einheitliche Abrechnung der verschiedenen Mobilitätsoptionen besonders zu Komfort und Zweckmäßigkeit der Nutzung bei.

## Pressemeldungen

Aachener Nachrichten (29.05.2018): <http://www.aachener-nachrichten.de/lokales/kreis-heinsberg/der-kreis-heinsberg-nimmt-die-mobilitaet-unter-die-lupe-1.1906170>

Rheinische Post (05.06.2018): <http://www.pressreader.com/germany/rheinische-post-erkelenz/20180605/281749860043485>



Michael Husemann, Institut für Luft- und Raumfahrtssysteme  
 Julia Streitz, Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe

## Roadmap zur Darstellung zukünftiger Mobilitätstechnologien

Für den Entwurf zukünftiger Mobilitätskonzepte werden geeignete Technologien benötigt, die die Umsetzung solcher Konzepte erleichtern oder gar erst ermöglichen. Hierbei gilt es vor allem, die sich fortlaufend verändernden Anforderungen von Mobilitätsnachfragern und Gesellschaft sowie die aus den Technologien resultierenden Umweltprobleme zu berücksichtigen. Bei der Gestaltung neuer Mobilitätskonzepte sollten daher auch völlig neue und ggf. bislang unübliche Mobilitätskonzepte berücksichtigt werden. Wichtig ist hierbei die Entwicklung ganzheitlicher Lösungen, die ein intermodales Transportnetz und somit effiziente Mobilitätsangebote gestatten.

Für die Entwicklung ganzheitlicher Lösungen bedarf es jedoch der Entwicklung grundsätzlicher Voraussetzungen für zukünftige Mobilitätstechnologien. Um diese zu identifizieren und zu klassifizieren, wurde eine Delphi-Studie durchgeführt. Zunächst wurden drei Themenschwerpunkte festgelegt: Lufttaxi-Transportsysteme, Antriebe für den städtischen Verkehr und nachhaltige und innovative Mobilität im ländlichen Raum. Die Grundlage für die Delphi-Studie bildete ein Szenario je Themenschwerpunkt, die durch qualitative Experteninterviews identifiziert wurden. Die Delphi-Studie selbst bestand aus zwei Online-Fragebögen, die sowohl explorative als auch explanative Erkenntnisse produzierten. Die erste Umfrage diente zur Bewertung der erstellten Szenarien hinsichtlich ihrer Realitätsnähe und der Erfassung nötiger Voraussetzungen, um die Szenarien zu erreichen. In der zweiten Umfrage sollten die Teilnehmenden die Relevanz und Dringlichkeit der zuvor formulierten Voraussetzungen einschätzen. Auf Grundlage der Umfragen konnte eine Transformationsmatrix erstellt werden, die mögliche Umsetzungspfade aufzeigt.

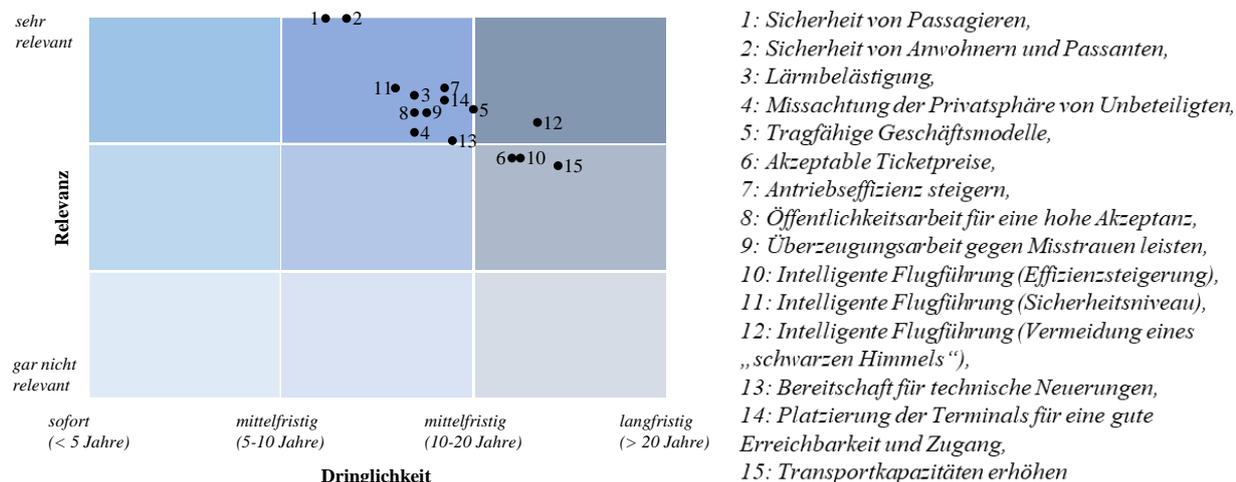


Abbildung: Bewertung der verschiedenen Voraussetzungen im Szenario „Lufttaxi-Transportsysteme“ als Ergebnis der Delphi-Studie<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Husemann, M., Streitz, J. (2020): Voraussetzungen für zukünftige Mobilitätstechnologien In: Internationales Verkehrswesen 72(4), Seiten 68-71.



## Transformationsprojekte

Vivian Lotz, Lehrstuhl für Kommunikationswissenschaften  
Ansgar Kirste, Institut für Luft- und Raumfahrtssysteme

### Akzeptanz und Nachfragemodellierung urbaner Luftmobilität

Urbane Luftmobilität erfährt als mögliche Antwort auf die zunehmende Überlastung von Verkehrsinfrastrukturen in Ballungsräumen vermehrt Aufmerksamkeit von Forschung und Öffentlichkeit. Während frühe Studien sich intensiv mit Mikroaspekten, wie den Leistungsmerkmalen dieser Technologie, auseinandersetzen, weitet sich der Forschungshorizont nun vermehrt aus und bezieht die übergeordneten System- und Servicedimensionen in die Betrachtung mit ein. Hierbei sind eine detaillierte Untersuchung und Quantifizierung der Nutzerakzeptanz sowie ihrer Einflussfaktoren – bisher ein vernachlässigter Aspekt – von entscheidender Bedeutung. Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Akzeptanz und Nachfragemodellierung urbaner Luftmobilität“ im Rahmen von *ACCESS!* knüpft genau hier an, mit dem Ziel, die Nachfrage nach urbaner Luftmobilität und die komplexen Wechselwirkungen individueller Entscheidungen auf die Verkehrsmittelwahl zu ergründen.

Um der Frage nachzugehen, verwenden wir folgende aufeinander aufbauende Methoden:

1. Zunächst bilden die Erkenntnisse einer Interviewstudie mit Laien und Experten (N=16) den Ausgangspunkt. Die gewonnenen Daten helfen, relevante Einflussgrößen und Akzeptanzfaktoren zu identifizieren. Die Ausgestaltung von relevanten Luftmobilitätsszenarien und für realistische Abschätzungen der Gestaltungsparameter werden hingegen die Ergebnisse eines agentenbasierten Simulationsansatzes im Fallstudienbeispiel der Metropolregion Rhein-Ruhr genutzt (Kirste et al., 2023).
2. Um ein realitätsnahes Bild von Verbraucherverhalten zu zeichnen, werden mittels zweier Choice-Based-Conjoint (CBC) Studien Entscheidungsmuster, Akzeptanz, Zielkonflikte und Nutzergewohnheiten empirisch erfasst. CBC Studien versuchen reale Entscheidungen in einer Umfrage zu imitieren. Hierbei werden den Teilnehmenden verschiedene Optionen zu Mobilitätsangeboten vorgelegt. Zwischen diesen muss dann eine Wahl getroffen werden. Aus den getroffenen Entscheidungen können anschließende Präferenzmuster und Trade-Off Entscheidungen berechnet werden. Geplant sind zwei Studien. Zunächst liegt der Fokus auf Luftmobilität-Angeboten für Pendlerstrecken und dem Einfluss der Umweltfreundlichkeit des Angebotes (N=135, vgl., Lotz et al., 2023). Anschließend berücksichtigen wir die Wahl urbaner Luftmobilität im Kontext konkurrierender Verkehrsträger genauer (N=221).
3. Abschließend werden die empirischen Daten der Nutzerpräferenzen in die agentenbasierten Simulationsparameter der Nutzenmodellierung quantitativ überführt. Diese umfassen unter anderem Präferenzen für Reisezeiten und Ticketpreise des Luftmobilitätsystems. Folglich kann die Gesamtverkehrssimulation aktuellen



Entscheidungsmustern angepasst werden. Durch dieses Vorgehen versprechen wir uns eine bessere Validität der Simulationsresultate und eine frühzeitige Identifikation von Akzeptanzbarrieren. Der interdisziplinäre Modellierungsansatz erweitert den wissenschaftlichen Stand der Gesamtsystembewertung von urbaner Luftmobilität und ermöglicht eine methodische Übertragbarkeit auf Simulationen von anderen Forschungsinstitutionen. Hierzu wird zukünftig eine weitere Publikation fertiggestellt.

Insgesamt erlaubt uns das Vorgehen, Nutzerverhalten realitätsnah abzubilden und in einem weiterführenden Schritt Verhaltensmuster in Abhängigkeit unterschiedlicher Nutzerprofile zu erklären (siehe Abbildung).

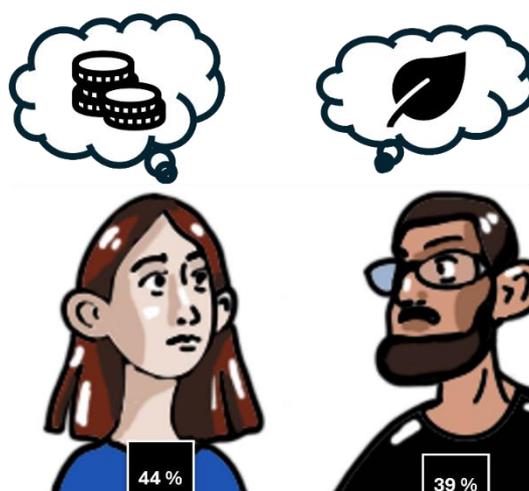


Abbildung: Es wurden verschiedene Nutzertypen auf Basis der Entscheidungsmuster identifiziert (Latent Class Analysis). Hier sind zwei davon exemplarisch abgebildet. Circa 44 % der Befragten haben in erster Linie auf Grundlage der Kosten entschieden. 39 % hingegen war der Umwelteinfluss besonders wichtig.

Erste Erkenntnisse weisen darauf hin, dass bei vielen Personen eine grundsätzliche Bereitschaft zur Nutzung besteht, solange ein deutlich spürbarer Mehrwert – sei es preislich, zeitlich oder ökologisch – gegenüber bestehenden Alternativen erkennbar ist. Grundsätzlich sind etablierte Verkehrsmittel aber präferiert. Als technisch relevant können wir vor allem den Automatisierungsgrad der Vehikel feststellen. Weitere Ergebnisse zeigen, dass sich der Einfluss von Akzeptanzfaktoren zwischen potentiellen Nutzenden unterscheidet. Während einige klare Preisoptimierer sind, legen immer mehr Leute auch Wert auf den Umweltfaktor ihres Verkehrsmittels – zumindest dann, wenn dieser einfach verständlich dargestellt wird. Für urbane Luftmobilität gilt es nun passende Anwendungsszenarien mit spürbarem Mehrwert zu finden.

Kirste, A., Husemann, M., & Stumpf, E. (2023). Analysis of Sustainability Specifications of Urban Air Mobility Fleet Operations using Agent-based Transportation Simulation. In AIAA AVIATION 2023 Forum. American Institute of Aeronautics and Astronautics. <https://doi.org/10.2514/6.2023-3264>

Lotz, V., Kirste, A., Lidynia, C., Stumpf, E., & Ziefle, M. (2023). User Acceptance of Urban Air Mobility (UAM) for Passenger Transport: A Choice-Based Conjoint Study. International Conference on Human-Computer Interaction, 296–315. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-35678-0\\_20](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-35678-0_20)



Antonia Klopfer, Lehrstuhl für Operations Management  
 Gina Dohmen, Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie  
 Maren Paegert, Lehrstuhl für Controlling  
 Dr. Ruth Noppeney, Institut für Psychologie

## How do incentives impact the intention to use mobility as a service platforms? A choice-based conjoint analysis.

Mobility as a Service (MaaS) verspricht die nahtlose und maßgeschneiderte Integration der Mobilitätsdienste in einer bestimmten Region mittels einer digitalen Plattform, über die Nutzer ihre Fahrten planen, buchen und bezahlen können. Obwohl frühere Untersuchungen darauf hindeuten, dass MaaS die Treibhausgasemissionen senken und die Zugänglichkeit des Verkehrssystems verbessern kann, sind die Nutzerzahlen nach wie vor gering. Dies könnte u.a. daran liegen, dass MaaS-Systeme häufig ein geringes Maß an integrierten Services aufweisen, z.B. keine gemeinsame Kundenbetreuung und eingeschränkte Preismodelle, und keine Anreize für nachhaltiges Reiseverhalten bieten. Nutzungsanreize werden seit langem eingesetzt, um die Attraktivität von Innovationen zu erhöhen, aber es fehlt an entsprechender Forschung im Kontext von MaaS. Der Einsatz von Anreizen kann die Mobilitätsentscheidungen von Reisenden beeinflussen und die Nutzung von MaaS-Plattformen fördern, wenn die Anreize den Präferenzen der potenziellen Nutzer entsprechen.

Vor diesem Hintergrund präsentieren wir die Ergebnisse eines Auswahlexperiments, in dem die Befragten zwischen verschiedenen MaaS-Plattformen wählen, die sich hinsichtlich der enthaltenen Anreize unterscheiden. Dabei werden unterschiedliche ökonomische, soziale und ökologische Anreize gegeneinander abgewogen und Erkenntnisse über deren Attraktivität für potentielle Nutzer generiert. Um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie Anreize die MaaS-Nutzung steigern können, werden drei verschiedene Kategorien betrachtet, welche jeweils zwei konkrete Anreize und eine „Keine“-Option enthalten (vgl. Abbildung 1).

Ökonomische Anreize		
keine ✘	übertragbares Mobilitätsbudget €€	lokaler Gutschein 
Soziale Anreize		
keine ✘	Teilen auf Social Media 	Gamification / Rankings 
Ökologische Anreize		
keine ✘	Anzeige gesparter Emissionen 	ausschließlich E-Mobilität 

Abbildung 1: Attribute und Anreize Choice-Experiment



Bei der Wahl der Anreize werden Faktoren betrachtet, die vom Systemanbieter direkt beeinflusst werden können. Jeder Teilnehmer wird gebeten, aus drei präsentierten MaaS-Systemen zwölfmal seine bevorzugte Konfiguration auszuwählen (vgl. Abbildung 2). Auf diese Weise wird jede der verschiedenen Level-Kombinationen mindestens einmal berücksichtigt. Zusätzlich werden den Teilnehmern Fragen zu ihrem sozioökonomischen und soziodemographischen Hintergrund sowie zu ihrer Einstellung gegenüber Nachhaltigkeit, Digitalisierung und grüner Mobilität gestellt.

**Welches MaaS-System ist für Sie am attraktivsten?**

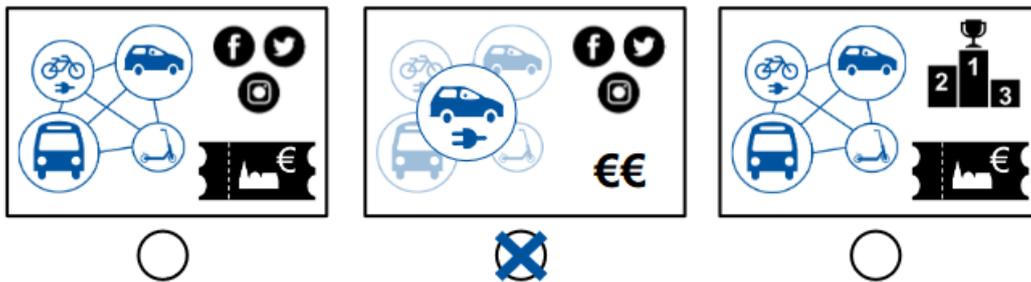


Abbildung 2: Beispielauswahl Stimuli

Das Auswahlexperiment zeigt, dass sowohl ökologische als auch ökonomische Anreize eine hohe Bedeutung haben, während soziale Attribute eine relativ geringe Bedeutung haben. Bei den ökonomischen Anreizen hat das „übertragbare Mobilitätsbudget“ den höchsten Präferenzwert, und wird gegenüber der Stufe „keine“ stark bevorzugt. Im Vergleich wird der Anreiz „lokaler Gutschein“ gegenüber „keine“ leicht bevorzugt. Bei den ökologischen Anreizen wird die „Verfügbarkeit innovativer Mobilitätsdienstleistungen“ gegenüber „keine“ stark und gegenüber der „Darstellung der eingesparten Emissionen“ leicht bevorzugt. Bei den sozialen Anreizen ist besonders auffällig, dass die Teilnehmer „keinen“ Anreiz gegenüber der Möglichkeit, ihre MaaS-Nutzung auf sozialen Medien zu teilen, bevorzugen. „Gamification/Rankings“ wird mäßig gegenüber dem „Teilen auf sozialen Medien“ und leicht gegenüber „keine“ bevorzugt. Wichtig ist, dass die Präferenzen der Teilnehmer bei diesen Attributen zwischen den Ebenen und auch leicht innerhalb der Untergruppen variieren, was darauf hindeutet, dass die Praktiker ihre Zielgruppe spezifizieren müssen, um wirksame Anreize zu integrieren.

Die vorliegende Studie trägt zum Verständnis der Anreize für die Nutzung von MaaS bei und gibt Impulse für die Forschung zur Optimierung von MaaS-Plattformen. Die Ergebnisse dienen darüber hinaus als Grundlage für politische Entscheidungsträger und Unternehmen mit dem Ziel, die Nutzerzahlen von MaaS-Systemen zu erhöhen und die Nachhaltigkeit des Verkehrssektors zu verbessern. Die Studie wurde im Rahmen der „Operations Research Proceedings 2024“ veröffentlicht<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Klopfer, A., Dohmen, G., Paegert, M., Noppeney, R. und Walther, G. (2025): How do incentives impact the intention to use mobility as a service platforms? A choice-based conjoint analysis. In: Operations Research Proceedings 2024. <https://link.springer.com/book/9783031925740>.



## Abstand und subjektive Sicherheit auf dem Rad

Das Fahrrad als Alltagsverkehrsmittel gilt als zentraler Bestandteil einer Mobilitätswende hin zu einer nachhaltigen Mobilitätskultur. Bisherige Untersuchungen zur Radmobilität zeichnen sich durch eine disziplinäre Herangehensweise und einen starken Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur aus, während subjektive Sicherheitsaspekte und Entscheidungsfaktoren für das Radfahren weitgehend vernachlässigt werden. Hinzu kommen negative Auswirkungen zunehmender räumlicher Konflikte zwischen Verkehrsteilnehmenden in Hinsicht auf die alltägliche Nutzung des Rads. Diese Ausgangslage macht eine umfassende sowie inter- und transdisziplinären Erforschung der Radmobilität notwendig, die einerseits die Sicherheit beim Radfahren aus verschiedenen Perspektiven betrachtet und andererseits zivilgesellschaftliches Engagement einbindet.

Die Studie zielt darauf, diese Forschungslücken zu schließen und Wissen über das subjektive Sicherheitsempfinden von Radfahrenden in der Stadt Aachen zu generieren. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf Überholvorgängen. Ferner besteht das Ziel, die wissenschaftlichen Erkenntnisse dem ADFC Aachen/Düren e. V. und der Bürgerinitiative „Fahrradfreundliches Haaren e. V.“ zur Verfügung zu stellen, mit denen transdisziplinär für diese Studie zusammengearbeitet wurde. Um diese Forschungsziele zu erreichen, haben wir eine Kombination aus drei Forschungsmethoden verwendet: Messbare Gefahrensituationen wurden mit der SimRa-App mit GPS-Daten und Daten des Smartphone-Bewegungssensors dokumentiert (s. Abbildung 1). Ergänzend dazu wurden Überholabstandsdaten mit OpenBike-Sensoren (OBS) durch GPS- und Ultraschallsensoren erhoben (s. Abbildung 1). Persönliche Erfahrungen und Einschätzungen zur Sicherheit beim Radfahren wurden mithilfe zweier Erhebungsrunden qualitativer Interviews mit den Studienteilnehmenden untersucht.

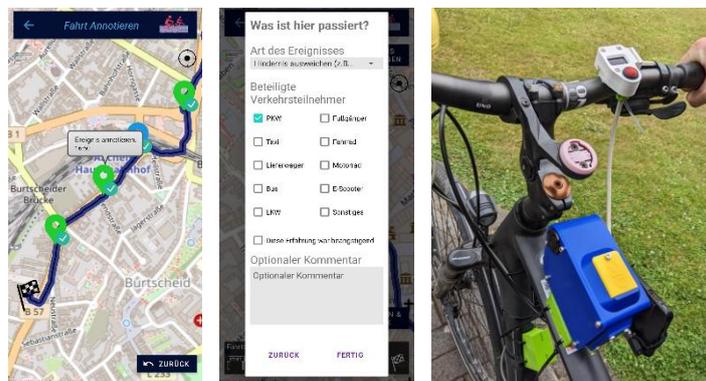


Abbildung 1: SimRa-App (links, Mitte) und OpenBikeSensor (rechts) (Aufnahmen des Projektteams).

Vor Studienbeginn wurde die Region Aachen in der SimRa-App freigeschaltet. Darüber hinaus wurden die OBS in mehreren Workshops durch das Projektteam und freiwillige Bastler\*innen gebaut und im Anschluss durch das Projektteam getestet. Daraufhin wurden potenzielle Teilnehmende über einen Aufruf in der Lokalzeitung und im Lokalradio aufgerufen. Aufgrund der Anzahl der OBS war die Teilnahme auf zehn Personen beschränkt; insgesamt haben sich jedoch rund 60 Studieninteressierte beworben. Die Teilnehmenden wurden so



ausgewählt, dass durch sie möglichst viele Diversitätskategorien (u. a. Alter, Geschlecht, Tätigkeit, Haushaltstyp) abgebildet werden. Die Studie begann mit einem Einstiegsinterview, in dem unter anderem die Erwartungen an die Studie und die Alltagsmobilität thematisiert wurden. Daraufhin wurden an die Fahrräder der Teilnehmenden die OBS montiert (u. a. beim Aachener Fahrradtag 2023), womit die sechswöchige Erhebungsphase mit den OBS und – wenn möglich – mit der SimRa-App begann. Beendet wurde die Erhebungsphase mit einem ausführlichen Abschlussinterview, in dem über die Erfahrungen während der Erhebungsphase und die subjektiven Sicherheitserlebnisse gesprochen wurde. Die SimRa-Daten wurden datenschutzkonform von dem SimRa-Team der TU Berlin ausgewertet und die Interviews nach Vorgaben der qualitativen Inhaltsanalyse in Kombination mit den OBS- und SimRa-Daten der Studienteilnehmenden analysiert.

Zu den Faktoren, die das Sicherheitsempfinden beim Radfahren in Aachen beeinflussen, gehören unter anderem die Art der Radverkehrsführung, andere Verkehrsteilnehmende und das Verkehrsaufkommen, die Tageszeit, der Wegezweck und die Geschwindigkeit. Sicher fühlen sich die Teilnehmenden beispielsweise auf baulich getrennten Radwegen. Unsicher fühlen sie sich beispielsweise auf Radschutzstreifen, bei engen Überholvorgängen<sup>6</sup>, bei Vorfällen mit größeren Fahrzeugen, bei entgegenkommendem Verkehr in für den Radverkehr freigegebenen Einbahnstraßen oder beim Transport von Kindern. Gemessene Überholabstände von Teilnehmerin Stefanie auf einem Straßenabschnitt sind exemplarisch in folgender Abbildung 2 zu sehen:

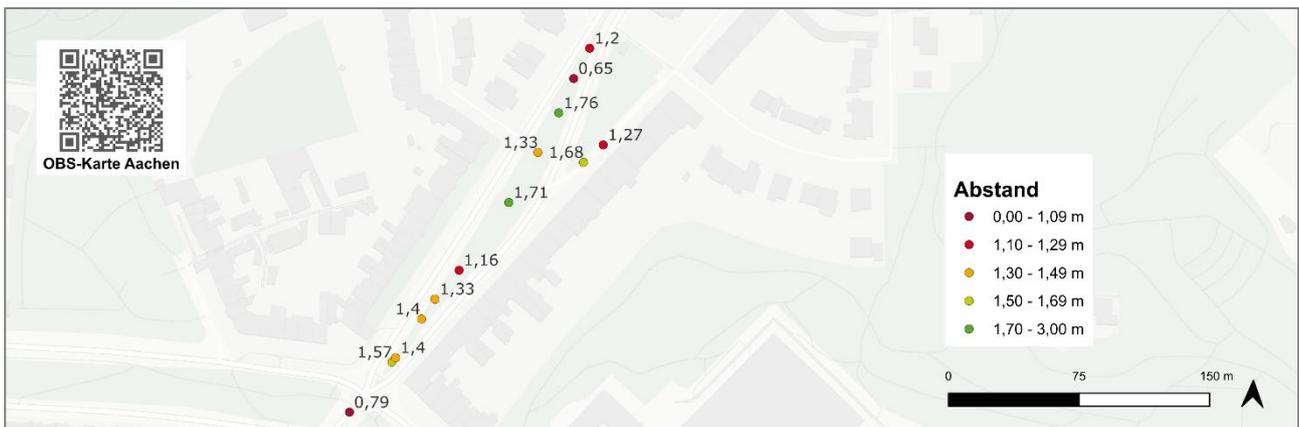


Abbildung 2: OpenBikeSensor-Karte mit Überholabstandsdaten von Stefanie (Pseudonym) (eigene Darstellung auf Grundlage von OBS-Mitwirkende 2024).

Konfrontationen mit Autofahrenden, in denen Radfahrende verbal angegriffen oder von der Fahrbahn gedrängt wurden, beeinflussen das Sicherheitsgefühl nachhaltig. Hier zeigt sich das Thema Macht als zentrale Komponente der subjektiven Sicherheit. Infrastrukturen, die Radfahrende nicht ausreichend schützen, verstärken die technologische Überlegenheit der Autofahrenden und vergrößern das Machtungleichgewicht zwischen Autofahrenden und Radfahrenden.

<sup>6</sup> Laut § 5 Abs. 4 StVO müssen Radfahrende innerorts mit einem Abstand von 1,50 m überholt werden.



Vladimir Stadnichuk, Lehrstuhl für Operations Management  
Laura Merten, Lehrstuhl und Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr  
Christian Larisch, Lehrstuhl für Städtebau und Entwerfen

## Optimierung von Standorten für Mobilitätsknotenpunkte zur Förderung eines nachhaltigen Mobilitätssystems

In den letzten Jahren haben sich die Rahmenbedingungen für den Verkehr in städtischen Gebieten erheblich verändert. Da der Verkehrssektor in Deutschland einen großen Beitrag zu den Treibhausgasemissionen des Landes leistet, muss er diese Emissionen deutlich reduzieren, um mit dem Pariser Klimaschutzabkommen im Einklang zu stehen.

Eine vielversprechende Lösung sind multimodale Mobilitätshubs – Knotenpunkte, an denen verschiedene Verkehrsmittel bequem gewechselt werden können. Sie bieten Zugang zum öffentlichen Nahverkehr sowie zu Sharing-Angeboten wie Bike- oder Car-Sharing. Durch gut platzierte Mobilitätshubs kann der öffentliche Verkehr effizienter genutzt und die Attraktivität gesteigert werden, was wiederum zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-intensiven Individualverkehrs führt. Die Ermittlung guter Standorte ist jedoch eine herausfordernde Aufgabe, da die komplexen Interaktionen zwischen den unterschiedlichen Verkehrsmodi berücksichtigt werden müssen.

Um diese Komplexität zu bewältigen und Entscheidungsträger zu unterstützen, haben wir einen interdisziplinären Ansatz zur Ermittlung neuer Standorte für Mobilitätshubs entwickelt. Dieser kombiniert Methoden der Verkehrsplanung mit Ansätzen aus dem Operations Research. In einem ersten Schritt werden die benötigten Verkehrsdaten unter Einsatz eines Geografischen Informationssystems (GIS) ermittelt und verarbeitet. Anschließend verwenden wir ein quantitatives Optimierungsmodell zur Bestimmung geeigneter Standorte für neue Mobilitätshubs unter Berücksichtigung der Routen- und Moduswahl der Nutzer. Im Gegensatz zur traditionellen Gewinnoptimierung zielt unser Modell darauf ab, durch Mobilitätshubs die Nachhaltigkeit des Verkehrsnetzes zu verbessern.

Im Rahmen unserer Zusammenarbeit mit der Stadt Aachen im Forschungskolleg ACC-CESS! haben wir eine Fallstudie für die Stadt Aachen angefertigt. Unsere Ergebnisse zeigen unter anderem, dass die Implementierung von Bike-Sharing-Stationen erheblich zur Entwicklung eines nachhaltigeren Verkehrsnetzes beitragen kann, während Einweg-Carsharing-Stationen für Aachen nicht wesentlich zur Nachhaltigkeit beitragen, jedoch gerne genutzt werden, wenn Car-Sharing-Stationen verfügbar sind.

In der Abbildung ist exemplarisch die von uns ermittelte Verteilung von 10, 20 und 30 Bike-Sharing-Stationen abgebildet. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Implementierung von Bike-Sharing-Stationen zunächst im Stadtzentrum konzentriert beginnt und sich mit zunehmender Anzahl der Stationen auf weitere Gebiete ausdehnt. Dabei ist wichtig



hervorzuheben, dass wir von elektrischen Bike-Sharing ausgehen, weshalb auch weiter entfernte Bike-Sharing-Stationen komfortabel mit den elektrischen Fahrrädern erreichbar sind.

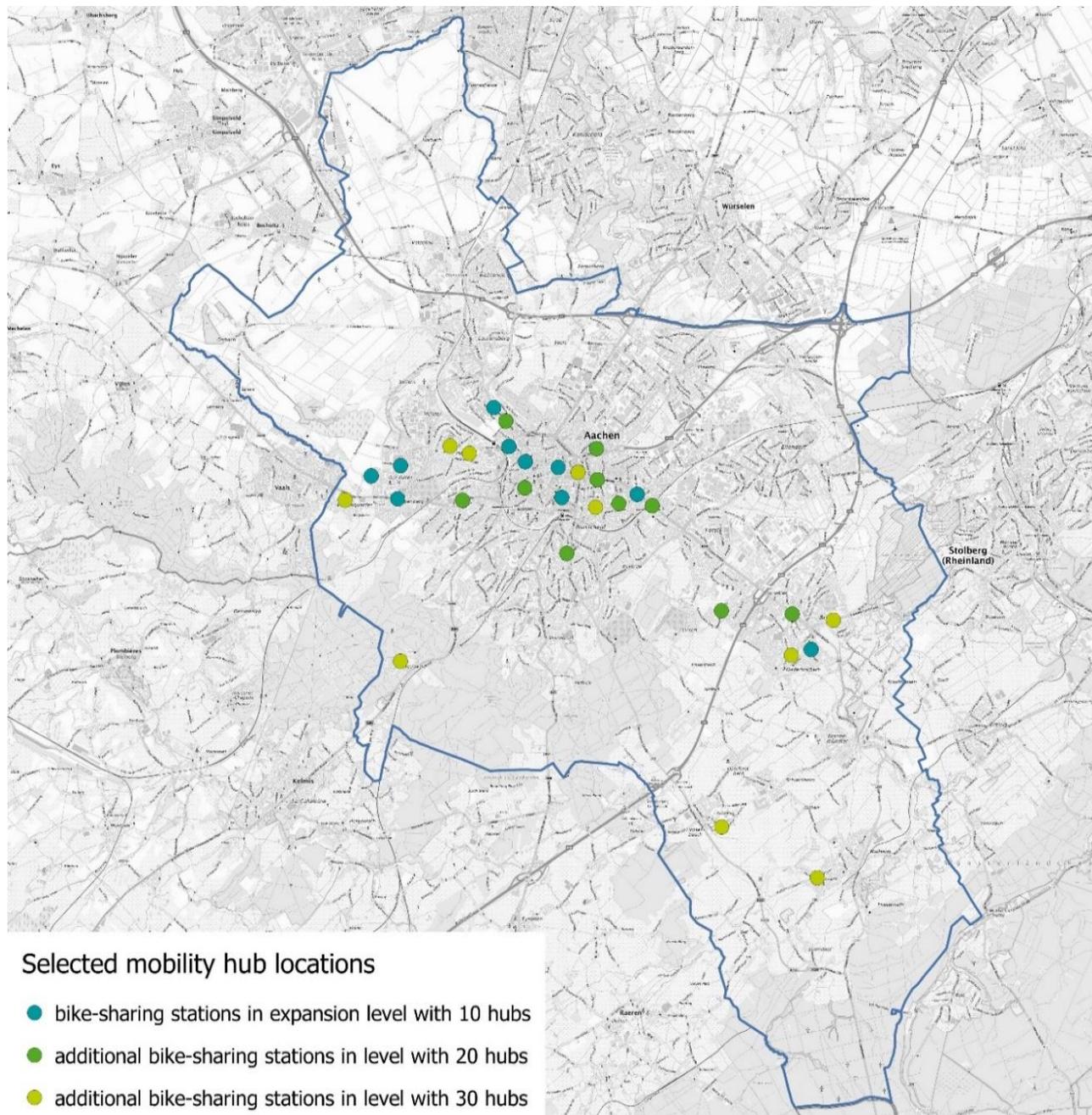


Abbildung: Mögliche Verteilung von Bike Sharing Stationen in Aachen<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Stadnichuk, V., Merten, L., Larisch, C. und Walther, G. (2024): Optimisation of mobility hub locations for a sustainable mobility system. In: Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 26. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101193>.



## Die Promotionsvorhaben

Die Promovierenden arbeiteten während der Laufzeit von ACCESS! an ihren Dissertationen, die sich in jeder Förderphase an den jeweiligen Forschungsthemen orientierten, um die Kohärenz der Forschung innerhalb des Kollegs zu gewährleisten. Abbildung VI zeigt die Dissertationsthemen der ersten Förderphase, eingeordnet in die Dimensionen *können*, *wollen*, *müssen* und *dürfen*. Mithilfe dieser vier Dimensionen wurden die verschiedenen Perspektiven der relevanten Akteure eingenommen und bearbeitet. Aufgrund der stärker umsetzungsorientierten Ausrichtung der zweiten Förderphase wurden drei hierarchische Transformationsebenen eingeführt: Serviceorientierte Technologie(-pfade), Kommunale Mobilitätskonzepte und Regionales Mobilitätssystem (s. Abbildung VII).

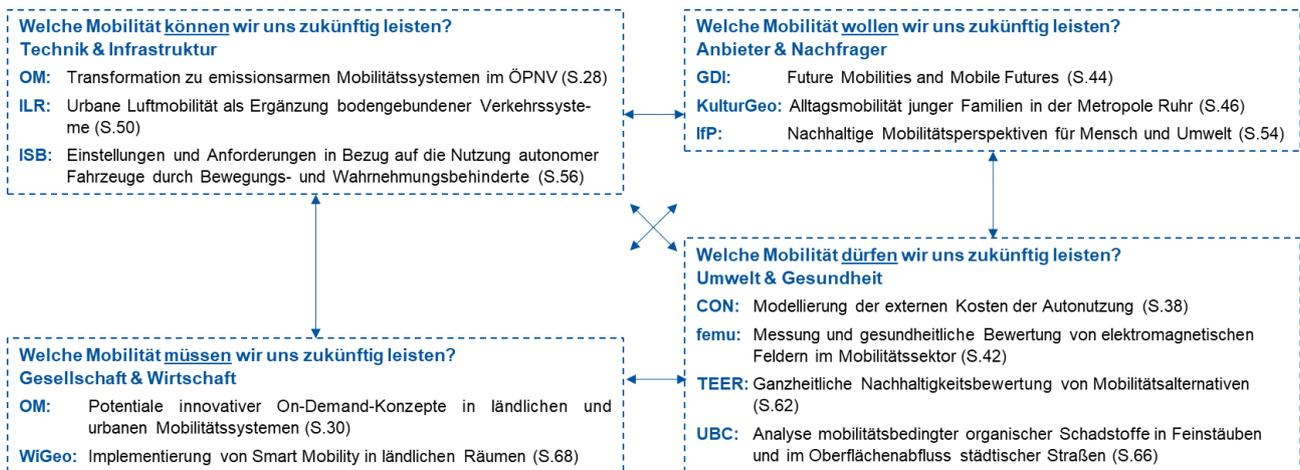


Abbildung VI: Einordnung der Promotionsthemen in die Dimensionen der ersten Förderphase.

Obwohl die Promotionsvorhaben disziplinär ausgerichtet sind und jeweils einer Dimension bzw. Ebene zugeordnet wurden, gingen die Untersuchungsbereiche der Vorhaben oft über die Grenzen der eigenen Disziplin, Dimension und Ebene hinaus. Beispielsweise ist die Arbeit „Einstellungen und Anforderungen in Bezug auf die Nutzung autonomer Fahrzeuge durch Bewegungs- und Wahrnehmungsbehinderte“ des Instituts für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (ISB) der ersten Förderphase zwar unter Technik und Infrastruktur eingeordnet, aber darüber hinaus spielen die Bedürfnisse von Nutzenden eine wichtige Rolle. Darüber hinaus betrachtet die Arbeit „Operative und strategische Planung im Mobilitätssektor“ des Lehrstuhls für Operations Management (OM) in der zweiten Förderphase vor allem die Systemebene, muss aber auch die kommunale Infrastruktur und das Verhalten der Akteure berücksichtigen.



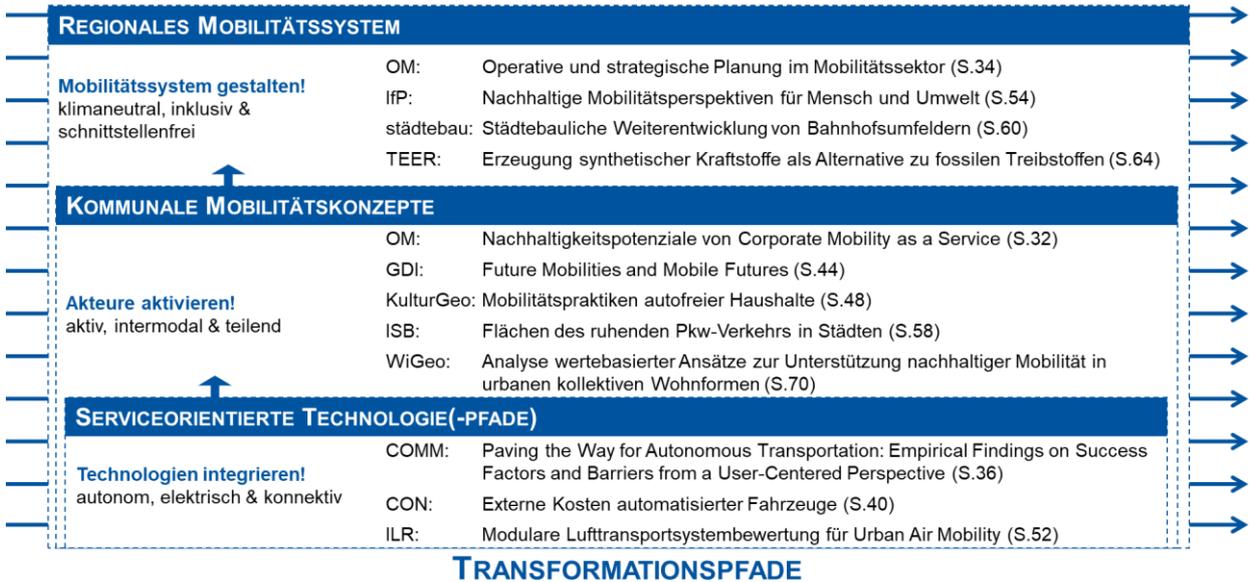


Abbildung VII: Einordnung der Promotionsthemen in die Transformationsebenen der zweiten Förderphase.

Über die Förderung der Promotionsthemen hinaus folgte das NRW Forschungskolleg ACCESS! einem Qualifizierungskonzept, um die Promovierenden ganzheitlich aus- und weiterzubilden und ihnen exzellente Perspektiven für eine Anstellung nach Fertigstellung ihrer Dissertation zu eröffnen (s. Abbildung VIII). Essenzielle Bestandteile des Qualifizierungskonzepts waren in beiden Förderphasen interdisziplinäre Fach- und Methodenkompetenzen, transdisziplinäre Kooperations- und Kommunikationskompetenzen sowie die wissenschaftliche Qualifizierung.

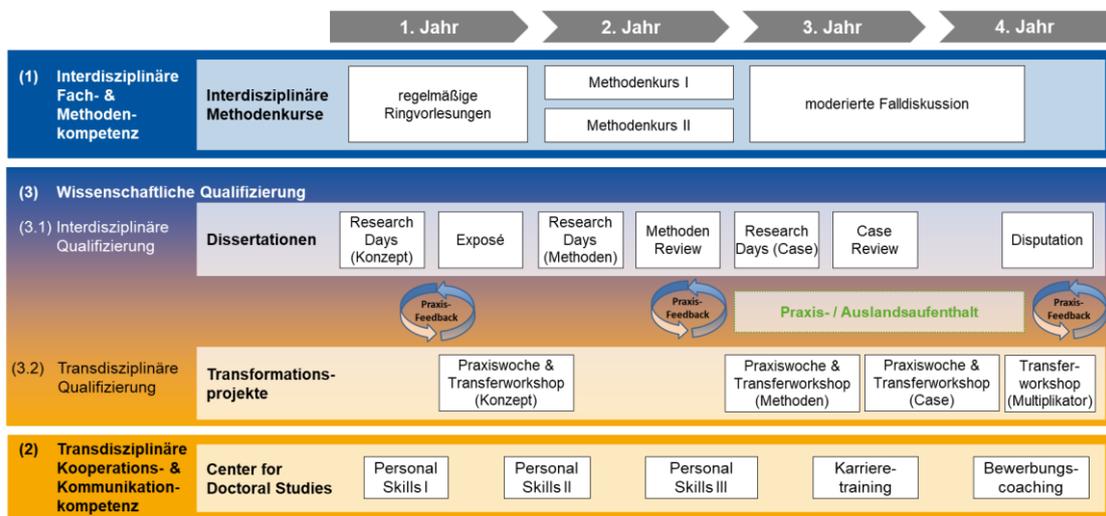


Abbildung VIII: Qualifizierungskonzept der zweiten Förderphase.



## Lehrstuhl für Operations Management (OM)

### 1. Förderphase

Dr. Nicolas Dirks, Prof. Dr. Grit Walther

### **Transformation zu emissionsarmen Mobilitätssystemen durch Integration innovativer Konzepte**

Aufgrund der gesundheitsgefährdenden Luftqualität in vielen Innenstädten gewinnen Mobilitätssysteme mit geringeren Emissionen zunehmend an Bedeutung. Dafür müssen innovative Konzepte in bestehende Mobilitätssysteme integriert werden. Auf der technologischen Seite wird der Integration von Elektrofahrzeugen, unter anderem in den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), ein hohes Potenzial beigemessen. Auf der systemischen Seite ist die Integration von On-Demand Angeboten in den ÖPNV vielsprechend, um intermodale Mobilität zu ermöglichen und damit den individuellen Pendelverkehr in Innenstädte zu reduzieren.

Vor diesem Hintergrund besteht die Zielsetzung dieser Dissertation in der Entwicklung von Konzepten zur Integration technologischer und systemischer Innovationen in den ÖPNV. Eine Studie zur Bewertung und Bestimmung eines Transformationsprozesses zur Integration von batterieelektrischen Bussen in urbane Busnetzwerke wurde durchgeführt. Hierfür wurde eine neuartige Methodik zur Bestimmung eines kostenoptimalen Transformationsprozesses entwickelt, die die Flottenplanung, die Positionierung von Ladeinfrastruktur sowie die operative Planung beinhaltet. In dieser wird das Problem stark abstrahiert und als sogenanntes Ganzzahliges Lineares Programm dargestellt, wobei Eingabedaten wie Art der Ladeinfrastruktur oder Reichweite von den unterschiedlichen Modellen der E-Busse als Parameter im Modell auftauchen. Dies erlaubt es durch Variation der Eingabeparameter unterschiedliche Szenarien zu untersuchen.

In einer groß angelegten Case Study für den Raum Aachen wird das Busnetzwerk der Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG (ASEAG) untersucht und konkrete Handlungsempfehlungen für die Elektrifizierung des Busnetzwerkes in der Stadt Aachen abgeleitet. So muss eine Transformation zu einer E-Bus-Flotte genauestens durchplant werden, da die Investitionen in die Ladeinfrastruktur schon zu Beginn des Planungshorizonts getätigt werden müssen. Ein Beispiel über die mögliche Verteilung der Ladesäulen über den Untersuchungsraum ist in Abbildung 1 gegeben.

Als eines der Hauptergebnisse kann aus Abbildung 2 abgelesen werden, dass vor allem bei längeren Strecken sich E-Busse als deutlich kostengünstigere und umweltfreundlichere alternative zu Dieselnissen darstellen, da hier meistens im Anschluss längere Ladezeiten möglich sind. Auf der anderen Seite sind für Kurzstrecken mit hoher zeitlicher Intensität Dieselnisse beim aktuellen Stand der Technik immer noch unersetzbar.





## 1. Förderphase

Dr. Laura Frank, Prof. Dr. Grit Walther

### **Potenziale innovativer On-Demand-Konzepte in ländlichen und urbanen Mobilitätssystemen**

Innovative Mobilitätskonzepte sind wesentliche Treiber im Wandel des Mobilitätssektors und stellen öffentliche sowie private Entscheidungsträger vor neue Herausforderungen. Insbesondere On-Demand-Konzepte werden stetig weiterentwickelt und neue Lösungen für ländliche und urbane Mobilitätssysteme diskutiert. Beispielsweise reduziert die Bündelung der Mobilitätsnachfrage in On-Demand-Konzepten den erforderlichen Fahrzeugbestand und entlastet damit die Verkehrsinfrastruktur in Städten. Im ländlichen Raum können On-Demand-Konzepte den öffentlichen Personennahverkehr insbesondere auf der letzten Meile stärken und somit die Erreichbarkeit verbessern.

Vor diesem Hintergrund besteht die Zielsetzung der Dissertation in der Analyse des Potentials innovativer On-Demand-Konzepte in ländlichen und urbanen Mobilitätssystemen. In einer ersten Studie wird das Potential eines On-Demand-Konzepts für betriebliche sowie private Mobilität analysiert. Zur Befriedigung beider Nachfragetypen wird auf eine integrierte Carsharingflotte zugegriffen, um durch die Bündelung privater und betrieblicher Nachfrage den insgesamt benötigten Fahrzeugbestand zu reduzieren. Um die Reduktion des Fahrzeugbestands zu ermitteln, die sich aus der Bündelung privater und geschäftlicher Mobilitätsnachfrage ergeben kann, wurde ein mathematisches Optimierungsmodell entwickelt. Dabei erlaubt das Modell Unternehmen, Carsharing-Fahrzeuge temporär am Geschäftsstandort zur exklusiven Nutzung für Mitarbeiter des Unternehmens zu blockieren, um Mobilitätsspitzen zuverlässig zu decken. Das Modell berücksichtigt auch Umverteilungen von Fahrzeugen zwischen Zonen, um das räumlich-zeitliche Gleichgewicht von Fahrzeugangebot und -nachfrage zu gewährleisten. Außerdem wird ein Verfahren vorgestellt, das die Komplexität des Optimierungsmodells reduziert.

In einer Fallstudie wurde das Modell beispielhaft auf die Stadt München angewendet. In der Analyse wurden zum einen unterschiedliche Nachfrageszenarien für private sowie betriebliche Nutzer analysiert. Zum anderen wurden wie in der Abbildung dargestellt verschiedene Integrationsszenarien berücksichtigt, die sich hinsichtlich der temporären Blockierung der Fahrzeuge für Unternehmen unterscheiden. Hierbei werden in Abgrenzung zum Ausgangsszenario ohne Integration und zum Best-Case-Szenario der permanenten Integration drei weitere Szenarien betrachtet, bei denen zwischen 08:00-16:00, 08:00-12:00 oder 12:00-16:00 Uhr eine exklusive Flotte für Unternehmen blockiert wird. Betriebliche Fahrten, die außerhalb der geblockten Periode liegen, werden mit öffentlich zugänglichen Carsharing-Fahrzeugen bedient. Die Ergebnisse zeigen u. a. eine Reduktion des Fahrzeugbestandes um bis zu 35 % durch die permanente Integration von Fahrzeugen. Wie die Abbildung zeigt, kann zudem die Anzahl der Umverteilungen von Fahrzeugen reduziert werden. Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus, dass das Wochenende besonders ins Gewicht fällt, da die



Autos einer konventionellen Unternehmensflotte an diesen Tagen in der Regel nicht genutzt werden.

Im Rahmen der Dissertation wurde außerdem die Studie „Improving Rural Accessibility by Locating Multimodal Mobility Hubs“ in Kooperation mit Nicolas Dirks und Prof. Dr. Grit Walther im *Journal of Transport Geography* veröffentlicht. Die Studie untersucht das Potential einer Integration von On-Demand-Angeboten in den bestehenden öffentlichen Personennahverkehr für den ländlichen Raum. Eine weitere interdisziplinäre Studie zur „Identifikation kritischer Verbindungen des öffentlichen Personennahverkehrs im ländlichen Raum“ mit Nicolas Dirks, Frank Baumgärtner, Prof. Dr. Grit Walther und Prof. Dr. Peter Letmathe wurde in *gis.Science* veröffentlicht. Eine weitere Studie zur Analyse multimodaler Flotten ist aktuell in Arbeit.

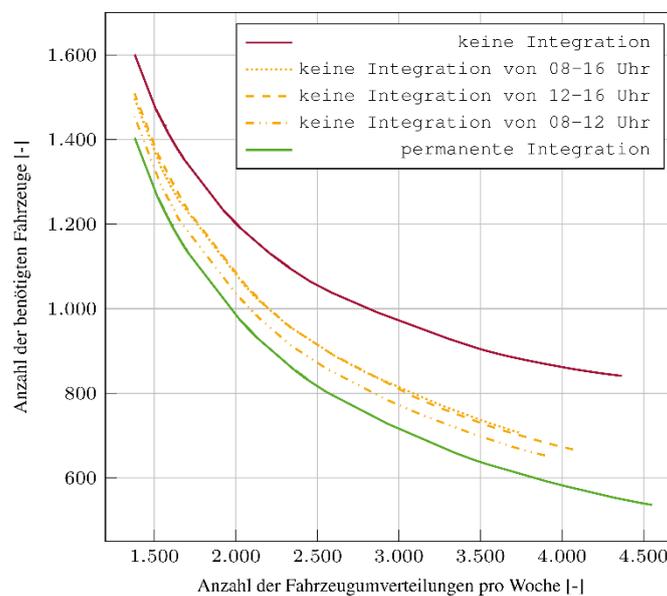


Abbildung: Einsparungen von Fahrzeugen und Fahrzeugumverteilungen bei integriertem Carsharing für private und betriebliche Nutzer für verschiedene Integrations-szenarien

Die Dissertation profitiert insbesondere von der Vernetzung mit der Geographie, da sich geographische Informationssysteme als gute Ergänzung zu den Methoden des Operations Managements erwiesen haben. Innerhalb des Projekts zur Verbesserung der Erreichbarkeit in ländlichen Mobilitätssystemen wurde durch die Integration geographischer, betriebswirtschaftlicher sowie mathematischer Modelle eine innovative und ganzheitliche Methodik für die Erreichbarkeitsbewertung entwickelt.



## 2. Förderphase

Antonia Klopfer, Prof. Dr. Grit Walther

### Nachhaltigkeitspotenziale von Corporate Mobility as a Service

Unternehmen stehen vor der Herausforderung, ihre Mobilität effizient und nachhaltig zu gestalten. Gerade in Deutschland nehmen Firmenwagen einen großen Anteil des Fahrzeugbestands ein und verursachen hohe Emissionen sowie weitere Umweltauswirkungen wie Lärm und Luftverschmutzung. Unternehmensmobilität beeinflusst nicht nur den Ressourcenverbrauch und die Klimabilanz, sondern auch die Lebensqualität in Städten und Gemeinden. Corporate Mobility as a Service (CMaaS) kann diese Probleme verringern und gleichzeitig die Kosten der Unternehmensmobilität verringern. In CMaaS-Systemen werden klassische, exklusive Mobilitätsangebote, bspw. eigene oder geleaste Fahrzeuge, mit öffentlichen Mobilitätsdiensten wie Carsharing, Bikesharing oder Taxis kombiniert (s. Abbildung 1). Dadurch kann der Fahrzeugbestand von Unternehmen reduziert und die Auslastung der noch existierenden Fahrzeuge erhöht werden. Außerdem kann das Angebot zuverlässiger Alternativen zum eigenen Auto dazu führen, dass Beschäftigte ihr Mobilitätsverhalten sowohl im geschäftlichen als auch im privaten Umfeld ändern. Trotz seines Potenzials wurde CMaaS bislang kaum wissenschaftlich untersucht. Deshalb verfolgt dieses Forschungsvorhaben das Ziel, die Nachhaltigkeitspotenziale von CMaaS systematisch zu erfassen und zu quantifizieren. Die Ergebnisse sollen sowohl betriebliche Mobilitätsmanager als auch politische Entscheidungsträger dabei unterstützen, besser informierte Entscheidungen zur Gestaltung ihres und unseres Mobilitätssystems treffen.

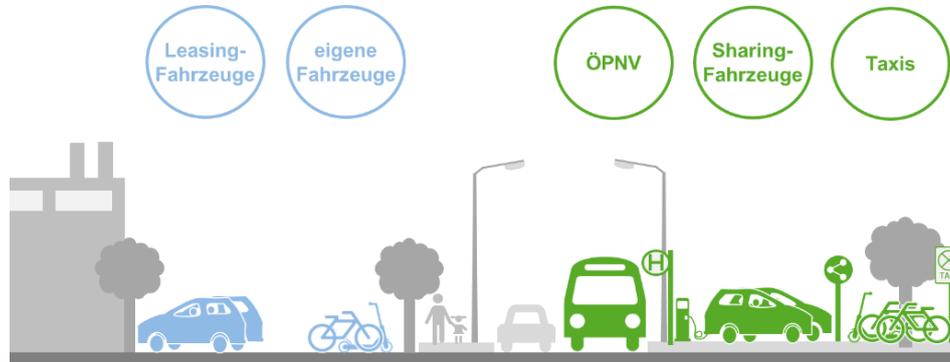


Abbildung 1: Beispiel für die Zusammensetzung eines CMaaS-Systems mit exklusiven (blau) und öffentlichen (grün) Mobilitätsdiensten.

Um die Potenziale von CMaaS zu untersuchen, wurden mehrere Methoden eingesetzt. Zunächst wurde ein mathematisches Modell entwickelt, das auf Basis des Mobilitätsbedarfs eines Unternehmens die optimale Zusammensetzung der Fahrzeugflotte ermittelt. Dabei werden verschiedene Zielfunktionen berücksichtigt, um herauszufinden, wie exklusive und öffentliche Dienste unter verschiedenen Prioritäten am besten kombiniert werden können. Zur Bestimmung von Kosten, Emissionen und sozialen Kosten wurde eine interne Kostenbewertung, ein Life Cycle Assessment und eine soziale Kostenanalyse durchgeführt. Das Life Cycle Assessment (LCA) quantifiziert und vergleicht systematisch die



klimatelevanten Emissionen verschiedener Fahrzeug- und Antriebsarten. Die sozialen Kosten der Mobilität beinhalten neben den internen Kosten, bspw. Anschaffungs- und Betriebskosten, auch die externen Kosten für die Gesellschaft, bspw. Unfall-, Lärm- oder Staukosten. Die Ergebnisse dieser Analysen wurden über die Zielfunktionen in das Optimierungsmodell integriert.

Die Ergebnisse zeigen, dass CMaaS in mehrerer Hinsicht vorteilhaft sein kann. Unternehmen, die ihre exklusiven Fahrzeuge um öffentliche Mobilitätsangebote ergänzen, senken ihre Mobilitätskosten im Durchschnitt um rund ein Viertel (s. Abbildung 2). Gleichzeitig können die Treibhausgasemissionen erheblich reduziert werden, insbesondere wenn elektrische Fahrzeuge oder Fahrräder eine größere Rolle spielen. Auch die sozialen Kosten für die Allgemeinheit, etwa durch entfallene Parkflächen oder geringere Lärmbelastung, nehmen deutlich ab. Allerdings hängt das Ausmaß der Einsparungen von der jeweiligen Mobilitätsnachfrage, der gewählten Zielfunktion und den verfügbaren Mobilitätsdiensten ab. So unterscheiden sich die ermittelten CMaaS-Systeme bedeutend, wenn ein Unternehmen seine internen Kosten minimiert von dem ermittelten System unter Minimierung der Emissionen. Fahrräder und Sharing-Fahrzeuge sind jedoch unter jeder Zielfunktion elementare Bestandteile der CMaaS-Systeme und zeigen, dass die Transformation von autobasierten Unternehmensflotten zu CMaaS unter jeder betrachteten Zielfunktion vorteilhaft ist.

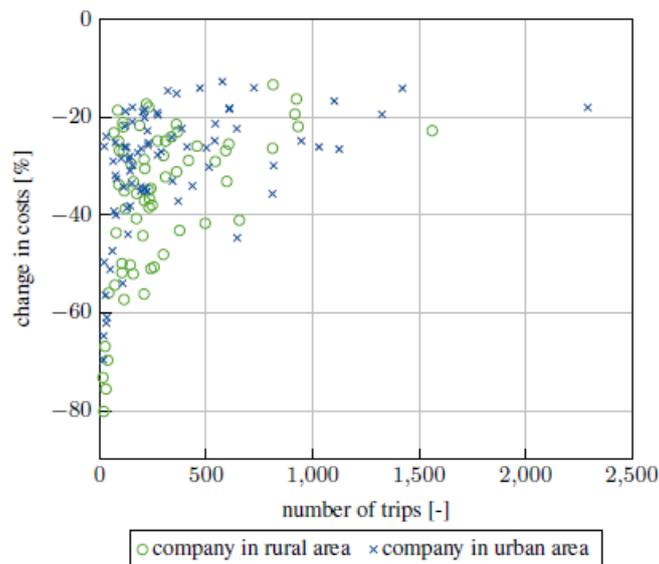


Abbildung 2: Gegenüberstellung der möglichen Kostenreduktionen mit CMaaS (y-Achse) und der Anzahl an Fahrten eines Unternehmens (x-Achse), aufgeschlüsselt für Unternehmen aus ländlichen (grün) und städtischen (blau) Regionen.

Link zur Veröffentlichung: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104011>



## 2. Förderphase

Vladimir Stadnichuk, Prof. Dr. Grit Walther

### Operative und strategische Planung im Mobilitätssektor

Die Gestaltung nachhaltiger und benutzerfreundlicher Verkehrssysteme ist eine der großen Herausforderungen unserer Zeit. In vielen Städten weltweit stehen Planer vor der Aufgabe, den öffentlichen Raum effizient zu nutzen und gleichzeitig die Bedürfnisse der Bewohner zu berücksichtigen. Ein zentraler Aspekt dabei ist die Integration von Nutzerpräferenzen in die Planung von Verkehrsnetzwerken.

Bilevel-Optimierung ermöglicht es, diese Nutzerpräferenzen systematisch in Optimierungsmodelle einzubeziehen, indem sie die Interaktion zwischen übergeordneten Planungsentscheidungen und den Reaktionen der Nutzer modelliert. Die Zielsetzung dieser Dissertation besteht darin, das Potenzial von Bilevel-Optimierung zur Lösung von Problemen des Transportnetzdesigns zu evaluieren. Dabei sollen Methoden entwickelt werden, die es ermöglichen, diese Bilevel-Modelle auch für große Instanzgrößen handhabbar zu machen und anschließend auf reale Anwendungen zu übertragen.

Im Rahmen der Dissertation wird als konkretes Anwendungsbeispiel die Planung autofreier Zonen in München betrachtet. Autofreie Zonen können zur Reduktion von Emissionen beitragen, den öffentlichen Raum lebenswerter machen und alternative Verkehrsmittel fördern. In einer Großstadt wie München mit ihrem hohen Verkehrsaufkommen und den damit verbundenen Umweltproblemen kann eine gut durchdachte Verteilung solcher Zonen einen erheblichen positiven Einfluss haben. Jedoch können falsch platzierte autofreie Zonen auch zu negativen Effekten wie der Verlagerung des Verkehrs auf Alternativrouten führen, welche dann stark überlastet sind.

Um Entscheidungsträger bei der Planung von autofreien Zonen zu unterstützen, wurde ein Bilevel-Modell entwickelt, welches Entscheidungen der Nutzer des Verkehrsnetzwerks antizipieren kann. Dadurch können wir vorhersagen, wie bestimmte autofreie Zonen in verschiedenen Bereichen den Verkehrsfluss beeinflussen werden. Auf dieser Grundlage lässt sich die Verteilung der autofreien Zonen optimieren, wobei unterschiedliche Kriterien berücksichtigt und deren Einfluss untersucht werden kann.

In Abbildung 1 ist exemplarisch die optimale Verteilung von acht autofreien Zonen unter unterschiedlichen Annahmen dargestellt. Wenn Alternativrouten nicht zu sehr durch den Ausweichverkehr beansprucht werden sollen, so platziert unser Modell die Zonen eher im innersten Stadtzentrum von München. Im Gegenteil: Wenn z.B. durch Ausbauarbeiten Straßenkapazitäten erweitert werden können, so werden die autofreien Zonen um den Innenring herum platziert, was wiederum zu großen Verlagerungen der Verkehrsströme führt. Obwohl die zweite Lösung zu insgesamt geringerem Autoverkehr im betrachteten Verkehrssystem führt, ist die erste Lösung vom Akzeptanzaspekt her bevorzugbar. Der Vorteil der entwickelten Methode ist, dass wir die Einflüsse solcher Kriterien messen und somit Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger herleiten können.



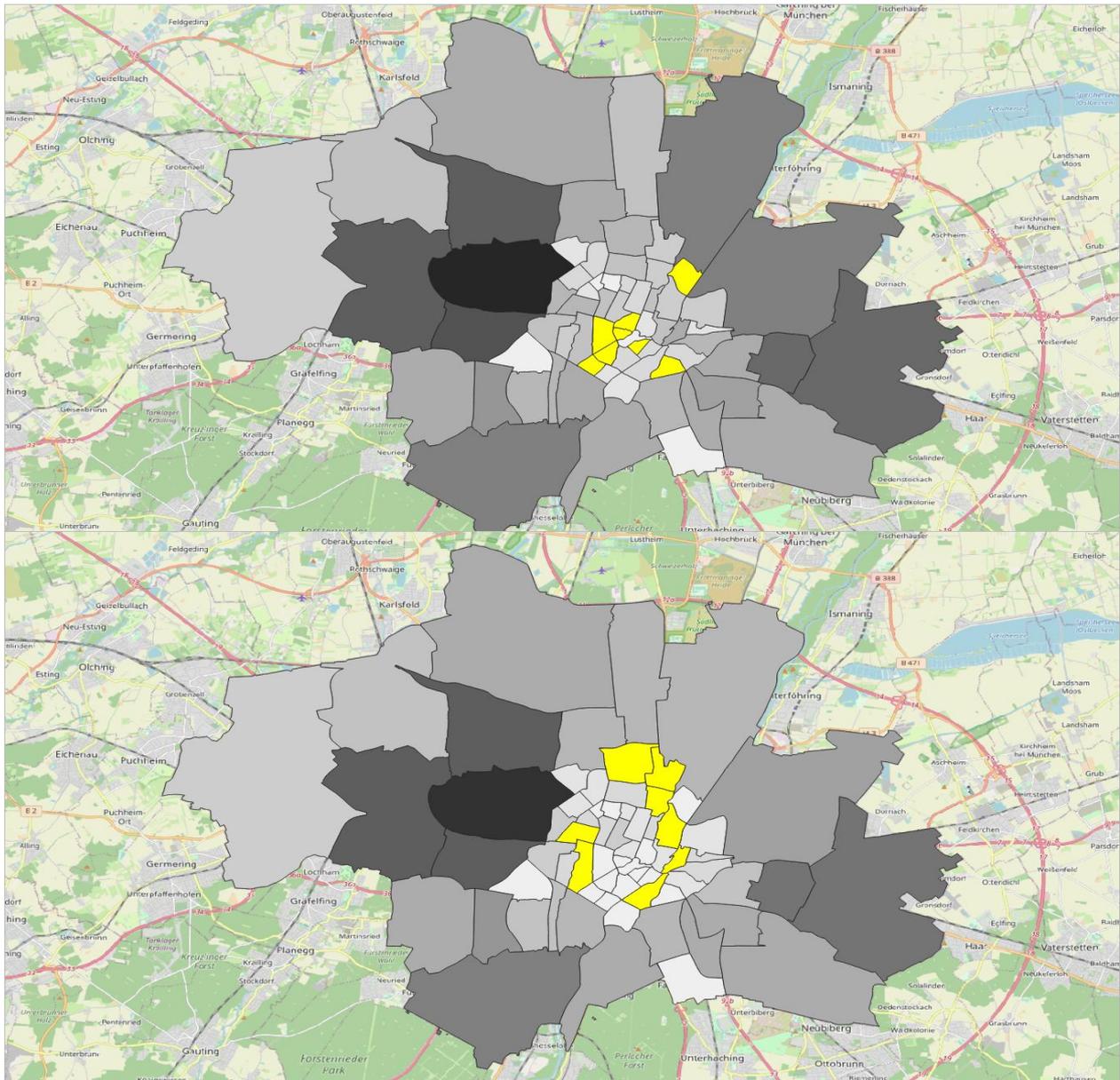


Abbildung: Vergleich der optimalen Verteilung von autofreien Zonen (in Gelb), wenn alternative Routen nicht überlastet werden dürfen (oben), im Gegensatz zu Situationen, in denen alternative Routen ausgebaut werden können, um den neuen Verkehrsfluss abzufangen (unten). Die Graustufen geben den erwarteten Autoverkehr in den jeweiligen Zonen an (von keinem Autoverkehr in Weiß bis hin zu hoher Verkehrsauslastung in Schwarz).

## Lehrstuhl für Kommunikationswissenschaften (COMM)

### 2. Förderphase

Dr. Vivian Lotz, Prof. Dr. Matina Ziefle

### **Wegbereiter für den autonomen Verkehr: Empirische Befunde zu Akzeptanzfaktoren**

Mobilität und deren Gewährleistung sind essentiell in unserer globalisierten Welt (BMDV, 2023). Ein einfacher Zugang zu Arbeitsstätten und wichtigen Dienstleistungen wirkt sich maßgeblich auf unsere Lebensqualität aus. Aber, mehr Menschen, die sich über immer weitere Distanzen von A nach B bewegen wollen, ist aber immer auch eine Herausforderung.

In Deutschland ist das Verkehrsaufkommen zwischen 1991 und 2019 um fast 34% gestiegen (BMDV, 2024). Nachdem wir durch die Pandemiesituation in den Jahren nach 2020 einen kurzen Einbruch erlebt haben, sind wir nun bereits wieder fast auf dem Niveau von zuvor.

#### **Technischer Fortschritt als Lösung?**

Gleichzeitig mit unseren Mobilitätsbedürfnissen entwickeln sich auch die technischen Möglichkeiten weiter. Viele unserer heutigen Herausforderungen – Klimaschutz, Verkehrssicherheit, schlechte Anbindung ländlicher Gebiete, überfüllte Verkehrsnetze in urbanen Regionen – könnten mit Hilfe neuer technischer Errungenschaften gelöst werden (Fagnant & Kockelman, 2015; Hwang et al., 2021; Mersky & Samaras, 2016; Wadud et al., 2016). Ein möglicher Ansatz ist Automation. Sie soll unsere Mobilität sicherer, umweltfreundlicher und zugänglicher machen. So die Hoffnung. Aber, während die technologische Entwicklung stetig voranschreitet und in zahlreichen Ländern bereits erste Systeme getestet werden, bleiben einige Bedenken bestehen. Von wem wird Sie genutzt werden, in welcher Form macht sie in Deutschland Sinn und wie können wir sie den Bedürfnissen der Menschen entsprechend gestalten?

#### **Zusammenspiel aus Technikakzeptanz und Nutzerzentrierung.**

Diese Dissertation nähert sich der Fragestellung aus einer nutzerzentrierten Perspektive. Theorien aus der Technikakzeptanzforschung werden mit Prozessen der nutzerzentrierten Gestaltung verknüpft. Mit Hilfe von Interviews, Umfragen, Nutzertests und einem Entscheidungsexperiment sollen zwei Forschungslücken geschlossen werden: [1] Interaktionsgestaltung für automatisierte Verkehrsmittel und [2] eine verkehrsträgerübergreifende Untersuchung der Akzeptanz und der Rolle von Automation für Akzeptanz. Für beide Aspekte werden Anforderungen identifiziert, Akzeptanz und Wahrnehmung als Funktionen relevanter Einflussfaktoren modelliert und Alternativ-Konzepte bewertet.

#### **Weder Enthusiasmus noch Ablehnung.**

Obwohl die erzielten Ergebnisse zeigen, dass Automation im Verkehrssektor nicht grundsätzlich abgelehnt wird, kann auch nicht gerade von großem Enthusiasmus gesprochen werden – wie auch schon in früheren Studien (z.B. Bansal et al., 2016; Kyriakidis et al., 2015). So lässt sich die durchschnittlich eher mittlere bis leicht positive Nutzungsbereitschaft



für verschiedene autonome Verkehrsmittel als eine vorsichtige „abwarten und sehen, wo die Reise hingehet“ Haltung interpretieren ( $N=221$ ). Wie so oft ist es eine Frage der konkreten Gestaltung. Dies gilt sowohl für die automatisierten Verkehrsmittel an sich, als auch für die Interaktion mit ebendiesen.

Aus der Arbeit lassen sich dazu, wie das konkret aussehen sollte, ein paar Schlüsse ziehen. Da es sich um viele kleine Einzelergebnisse handelt, sollen hier nur beispielhafte Ausschnitte vorgestellt werden.

### **Gestaltungshinweise für autonome Verkehrsmittel ( $N=221$ ).**

Nutzungsbereitschaft für autonome Verkehrsmittel ist maßgeblich daran geknüpft, ob man in dem System einen Nutzen sieht, das Nutzungserlebnis positiv empfindet und davon ausgeht, dass es sicher ist. Aber auch konkrete Service Parameter haben einen Einfluss – allen voran die Kosten, Reisezeiten und die Zuverlässigkeit.

### **Gestaltungshinweise für die Interaktion mit autonomen Verkehrsmitteln ( $N=1163$ ).**

Empfundene Sicherheit spielt auch im Kontext der Interaktion mit autonomen Verkehrsmitteln eine zentrale Rolle. Deren Wahrnehmung hängt dabei davon ab, wie man das System erlebt (z.B. Leistung), von der individuellen Prädisposition (d.h. Ängstlichkeit) und - so lassen Interviewkommentare vermuten - inwiefern Sicherheit rechtlich abgesichert ist (z.B. Haftung,  $N=33$ ). Neben der Sicherheit spielt hier aber auch das soziale Umfeld und dessen Meinung eine entscheidende Rolle.

### **Einfluss von Nutzenden und Kontexten.**

Zusätzlich zur Gestaltung konnten auch Einflüsse der Nutzenden (z.B. Geschlecht) und des Anwendungskontextes (z.B. Verkehrssituation und Zustand vorhandener Infrastruktur) gefunden werden. Interessant ist beispielsweise, dass Autobesitzer tendenziell positiver gegenüber autonomen PKW eingestellt waren als Personen ohne Auto ( $p<.010$ ,  $N=221$ ). Dies widerspricht früheren Forschungsergebnissen (vgl. Liljamo et al., 2018) – Es wäre aber durchaus als ein positives Zeichen zu interpretieren. So deutet es doch darauf hin, dass Nutzende anderer Verkehrsmittel eher nicht zu autonomen PKW-Mobilitätsangeboten überlaufen.



## Lehrstuhl für Controlling (CON)

### 1. Förderphase

Dr. Frank Baumgärtner, Prof. Dr. Peter Letmathe

### Modellierung der externen Kosten der Autonutzung

Vor dem Hintergrund des Klimawandels, der gesundheitsgefährdenden Luftqualität in urbanen Räumen und der Endlichkeit konventioneller Energieträger geraten alternative Antriebssysteme zusehends in den Fokus der Öffentlichkeit. Gerade elektrifizierte Fahrzeugantriebe werden gefördert, da sie lokal weitestgehend emissionsfrei sind. Vor diesem Hintergrund besteht die Zielsetzung der Dissertation in einer umfangreichen ökologischen Bewertung verschiedener, realer Autos mit diversen Antriebskonzepten aus Well-to-Wheel-Perspektive. Die Bewertung erfolgt mittels externer Kosten.

Die Promotion erfolgt kumulativ. Der erste Artikel „External costs of the Dieselgate – Peccadillo or substantial consequences?“ wurde 2020 im Journal *Transportation Research Part D: Transport and Environment* veröffentlicht. Der zweite Artikel “External costs of electricity generation in 27 European countries from 2010 – 2030: Pathway towards sustainability or business as usual?“ befindet sich aktuell (Stand Mai 2021) im Reviewverfahren beim Journal *Nature Sustainability*. Ein dritter Artikel soll im Laufe des Jahres bei der Zeitschrift *Nature Energy* oder *Nature Sustainability* eingereicht werden. Weiterhin wurden Ergebnisse eines inter- und transdisziplinären Projekts zur Verbesserung der Erreichbarkeit in ländlichen Mobilitätssystemen in der *gis.Science* veröffentlicht.

Die Ergebnisse des ersten Artikels zeigen, dass die erhöhten Stickoxidemissionen eine starke Auswirkung auf die Vorteilhaftigkeit des Dieselmotors haben. Ein Diesel-Pkw kann aus Well-to-Wheel-Perspektive unter Einhaltung der Prüfstand-Emissionen teils selbst mit den externen Kosten eines Elektrofahrzeugs konkurrieren, fällt jedoch unter Annahme realer Emissionen in allen Gruppen auf den letzten Platz zurück wie Abbildung 1 verdeutlicht.

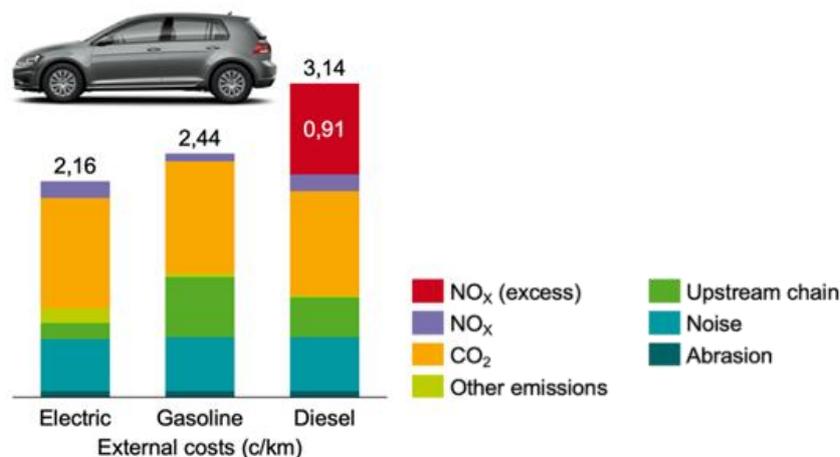


Abbildung 1: Vergleich der externen Kosten verschiedener Antriebskonzepte des VW Golf pro km



Durch manipulierte Abgasemissionen entsteht ein jährlicher Schaden von ca. 2,5 Mrd. €, das Ergebnis wurde auch vom Magazin „Der Spiegel“ in einem Bericht vom 13.11.2020 aufgegriffen. Ein weiteres Ergebnis war die hohe Relevanz der Stromproduktion vor dem Hintergrund der Energiewende für die externen Kosten eines Elektroautos. Deshalb wurden in der zweiten Studie die externen Kosten der Stromproduktion für die in Abbildung 2 dargestellten 27 Länder und deren Entwicklung von 2010 bis 2030 analysiert. Eine Besonderheit ist, dass hier erstmals sowohl länderabhängige Kostensätze als auch Emissionen von Erzeugertechnologien und Energie-Mixe angenommen werden.

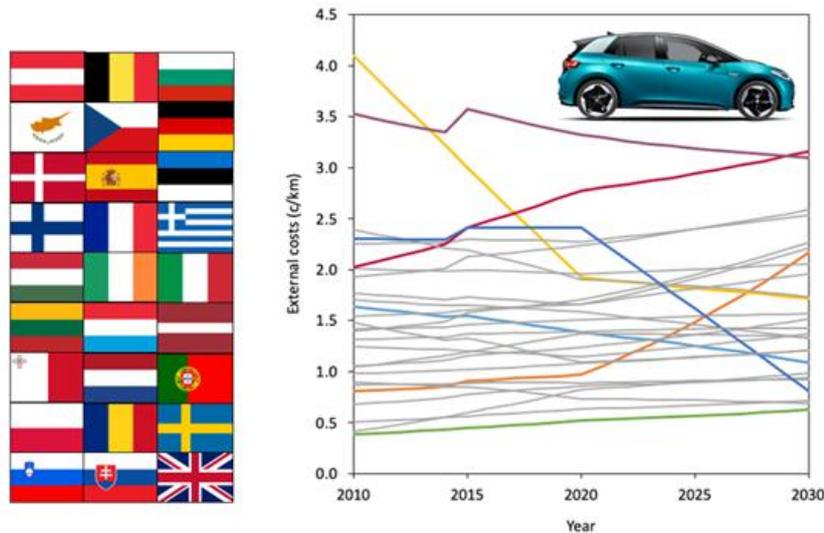


Abbildung 2: Darstellung der 27 modellierten Länder im zweiten und dritten Artikel sowie Vergleich der externen Kosten pro km und deren zeitliche Entwicklung in den modellierten Ländern für das Elektroauto VW ID3

Durchschnittlich betragen die externen Kosten ca. 8 Cent pro kWh, jedoch variieren sie stark zwischen den Ländern und unterliegen teilweise einem enormen Wandel. Im dritten Artikel werden die Auswirkungen der nationalen Energiesysteme auf die Mobilität untersucht. Während in vielen Ländern die zunehmende Elektrifizierung im Transportbereich positiv zu bewerten ist, gibt es auch Länder in denen selbst bis 2030 aus Sicht der externen Kosten kein Elektroauto lohnenswert ist. Andere Länder durchlaufen jedoch beachtenswerte Entwicklungen innerhalb des 20-jährigen Intervalls. Die Ergebnisse werden in der zweiten Grafik von Abbildung 2 visualisiert.



## 2. Förderphase

Maren Paegert, Prof. Dr. Peter Letmathe

### Externe Kosten automatisierter Fahrzeuge

Der hohe Anteil des Verkehrssektors an den deutschen Treibhausgasemissionen in Verbindung mit steigenden Mobilitätsanforderungen und politischen Zielsetzungen macht den Einsatz emissionsarmer, neuartiger Mobilitätslösungen notwendig. Der Einsatz automatisierter Fahrzeugtechnologie verspricht u.a. eine bessere Ausnutzung von Straßenkapazitäten, ein gleichmäßigeres Verkehrsverhalten und Unfallreduktionspotenziale. Dem gegenüber steht eine potenziell gesteigerte Nachfrage sowie Verdrängung emissionsärmerer Verkehrsmittel. Vor diesem Hintergrund bewertet diese Dissertation die ökologischen, sozialen und ökonomischen Effekte automatisierter Fahrzeuge aus verschiedenen Blickwinkeln.

Um die Effekte zu quantifizieren, werden externe Kosten berechnet, welche die Schäden für die Umwelt und Gesellschaft abbilden, welche nicht vom Verursacher getragen werden. Dies sind beispielsweise entstandene Gesundheitsschäden durch Feinstäube. Der Betrachtungsrahmen ist hierbei eine erweiterte well-to-wheel Perspektive, welche die Fahrzeugnutzung sowie die Kraftstoffbereitstellung (bspw. Benzin oder Strom) einschließt. Je nach Blickwinkel wird zudem die Fahrzeugproduktion inkludiert. Letztlich können so die Effekte automatisierter Fahrzeuge quantitativ anhand von Kostenbeträgen aufgezeigt werden. Die Abbildung zeigt die durchschnittlichen Effekte der Fahrzeugautomatisierung auf die externen Kosten batterieelektrischer Fahrzeuge im urbanen Raum. Die Dissertation erfolgt kumulativ, die gezeigten Ergebnisse stammen aus einer bereits veröffentlichten Forschungsarbeit, welche entsprechend in die Gesamtdissertation einfließt.

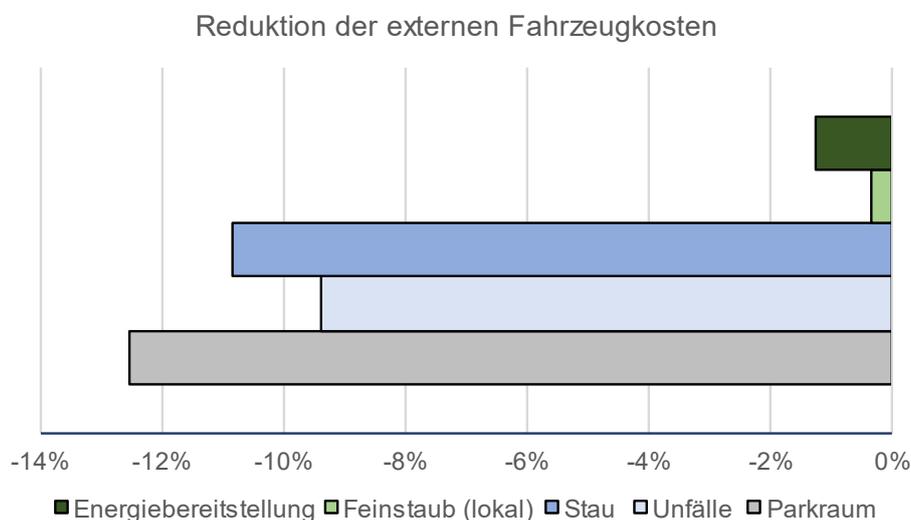


Abbildung: Effekt der Fahrzeugautomatisierung auf die externen Fahrzeugkosten, Abbildung nach Letmathe und Paegert (2024) <sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Letmathe, P., Paegert, M. (2024). External effects of urban automated vehicles on sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140257. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140257>



Die Ergebnisse lassen sich anhand der drei Nachhaltigkeitsperspektiven in ökologische (grün), soziale (blau) und ökonomische Effekte (grau) gliedern. Es wird deutlich, dass die Externalitäten insbesondere durch soziale und ökonomische Faktoren getrieben werden, was die Wichtigkeit einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbewertung unterstreicht. Insgesamt hat die Fahrzeugautomatisierung das (durchschnittliche) Potenzial, die externen Kosten um 34% zu senken. Darüber hinaus schließt die Arbeit Sensitivitätsanalysen, z.B. im Hinblick auf die Fahrzeuggröße und auf einen zunehmenden Anteil grüner Energien, ein.

Während die erste Arbeit einen technologieorientierten Blickwinkel auf Einzelfahrzeugebene einnimmt, beschäftigen sich die weiteren Forschungsarbeiten mit weiteren, übergeordneten Blickwinkeln und Aspekten automatisierter Fahrzeugnutzung. Mit der Verfügbarkeit automatisierter Fahrzeuge wird ein erhöhtes Verkehrsaufkommen erwartet. Im Hinblick auf diesen Rebound-Effekt untersucht eine weitere Forschungsarbeit die Fragestellung, wie viel zusätzliches Verkehrsaufkommen auftreten „darf“, um etwaige positive Externalitäten nicht zu Nichte zu machen. Der Schnittpunkt der genannten gegenläufigen Effekte hängt hierbei von dem genutzten Fahrzeugkonzept (Fahrzeugbesitz oder geteilte Fahrzeuge) sowie von dem räumlichen Kontext (urban oder ländlich) ab. Im Hinblick auf ökologische und soziale Externalitäten erlauben z.B. geteilte Fahrzeuge, insbesondere in ländlichen Gebieten, ein höheres Verkehrsaufkommen als die anderen Konzepte.

Die Fragestellung einer weiteren Forschungsarbeit richtet sich auf das Zusammenspiel automatisierter Fahrzeuge mit anderen Verkehrsmodi. Dabei werden die Externalitäten von Automobilen, Bussen, Fahrrädern und Fußgängern betrachtet. Das Zusammenspiel der verschiedenen Modi im Rahmen der Alltagsmobilität verändert sich mit der Verfügbarkeit automatisierter Fahrzeuge. Ob dadurch nachhaltigkeitsbezogene Vor- oder Nachteile auftreten, hängt davon ab, welche Verkehrsmodi durch automatisierte Fahrzeuge verdrängt oder vermehrt genutzt werden, also letztlich von der Entwicklung der Verkehrsmittelnutzung. Die Arbeit zeigt verschiedene Nutzerprofile auf, wobei sich eine gemeinsame Nutzung automatisierter Fahrzeuge mit öffentlichen Verkehrsmitteln sowie eine Erhöhung von aktiver Mobilität (Radfahren, zu Fuß gehen) als besonders vorteilhaft erweisen.

Insgesamt werden im Rahmen der Dissertation die Effekte automatisierter Fahrzeuge quantitativ anhand von Kostenbeträgen aufgezeigt. In den kumulativen Forschungsarbeiten werden sowohl die technologiebasierten Aspekte, als auch anwendungsbezogene Fragestellungen im Hinblick auf das Verkehrsaufkommen sowie das alltägliche Mobilitätsverhalten untersucht.



## Forschungszentrum für elektromagnetische Umweltverträglichkeit (femu)

### 1. Förderphase

Kai Jagielski, Prof. Dr. Kraus

### Messung und gesundheitliche Bewertung von elektromagnetischen Feldern im Mobilitätssektor

Durch den Zuwachs elektrischer Anwendungen im Alltag, wie z. B. der Elektromobilität, bestehen vermehrt damit verbundene elektromagnetische Felder (EMF). EMF haben ab einer bestimmten Stärke nachgewiesene und unmittelbar gesundheitliche Wirkungen, wie beispielsweise Wärmewirkungen oder Nervenstimulationen. Zum Schutz der Allgemeinbevölkerung vor diesen Wirkungen, unabhängig vom Arbeitsschutz, wird anhand der Grenzwerte der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) eine gesundheitliche Bewertung aktueller und neu eingeführter elektrisch betriebener Fahrzeugmodelle durchgeführt.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird ein mobiles und batteriebetriebenes Magnetfeld-Messsystem aufgebaut. Das Messsystem wird genutzt, um aktuell im Betrieb befindliche Elektrofahrzeuge in Deutschland zu vermessen und auf Grundlage der ICNIRP-Grenzwerte zu bewerten. Aktuell verfügt kein frei erwerbliches Messgerät über die Möglichkeit Magnetfelder über einen hinreichend großen Zeitraum aufzuzeichnen und alle weiteren messtechnischen Anforderungen zu erfüllen.

Bisher wurden sechs rein elektrisch betriebene Fahrzeugmodelle vermessen. Hierzu zählen die Modelle Renault Zoe, Renault Kangoo Express Z.E., Smart electric drive, Mitsubishi i-MiEV, BMW i3 und Tesla Model S. Aktuell werden Messungen an weiteren relevanten Fahrzeugmodellen durchgeführt, um repräsentative Ergebnisse für den deutschen Straßenverkehr zu ermitteln. Darüber hinaus wurde das kabelgebundene Laden der Fahrzeuge ebenfalls vermessen, da es aufgrund der Nähe des Nutzers zum Ladestrom am Ladekabel zu potenziell hohen einwirkenden Magnetfeldern kommen kann.

Die Auswertung der bisherigen Messungen zeigte, dass die Fahrzeuge größtenteils konform mit den Grenzwerten der ICNIRP sind, jedoch kam es vereinzelt zu kurzzeitigen Grenzwertüberschreitungen in räumlich begrenzten Bereichen. Diese traten vor Allem bei Zustandsänderungen des Fahrzeugs, wie beispielsweise Beschleunigung, oder dem An- und Ausschalten von diversen elektrischen Funktionen, wie z. B. der Sitzheizung, auf. Deutlich stärkere Felder traten beim induktiven Laden der Fahrzeuge auf, welche im Bereich der Hand am Ladestecker in Erscheinung traten. Bisher wurden nur Ladesysteme mit Ladeleistungen von maximal 22 kW vermessen. In der Zukunft muss sich noch zeigen, wie die Magnetfeldexpositionen an Ladesystemen mit höherer Ladeleistung von beispielsweise 350 kW aussehen.



Im Rahmen des kumulativen Promotionsvorhabens sind zwei Publikation in peer-reviewed Journalen vorgesehen. Die erste Publikation, welche aktuell in Bearbeitung ist, behandelt das Messsystem und die Auswertung der ersten fünf Fahrzeug-Messungen. Nachfolgende Messungen an weiteren Elektrofahrzeugen und an elektrisch betriebenen Bussen des ÖPNV sollen in einer zweiten Publikation in einem peer-reviewed Journal erscheinen.

Das Forschungsthema liegt in einem einzigartigen Schnittstellenbereich zwischen der Elektrotechnik, mit der Erzeugung von elektromagnetischen Feldern durch elektrische Anlagen, und der Medizin, mit der gesundheitlichen Wirkung von elektromagnetischen Feldern auf den Menschen. Die Bearbeitung des Forschungsthemas wird maßgebend von dem intensiven Austausch sowohl mit den Promovierenden des Forschungskollegs als auch mit den Akteuren und Expert:innen dieser Fachbereiche auf Konferenzen und Fachtagungen geprägt. Somit besteht ein starker interdisziplinärer Austausch und Einfluss auf das Dissertationsthema. Zudem bilden die Ergebnisse der Untersuchungen eine Entscheidungsgrundlage für die internationale und nationale Legislative. Diese muss auf Grundlage der wissenschaftlichen Erkenntnisse Grenzwerte für elektromagnetische Felder festlegen und den wirtschaftlichen Nutzen gegenüber dem gesundheitlichen Risiko abwägen. Hierfür besteht ein reger Austausch zu Politiker:innen und Entscheidungsträger:innen in Deutschland, welche mit Interesse die Ergebnisse des Dissertationsprojektes verfolgen und besonders auf Konferenzen und Tagungen wichtigen Input für das Forschungsvorhaben liefern.



## Gender und Diversity in den Ingenieurwissenschaften (GDI)

### 1. und 2. Förderphase

Dr. Jennifer Bosen, Prof. Dr. Carmen Leicht-Scholten

### Future Mobilities and Mobile Futures

Aktuelle Ereignisse wie die COVID-19-Pandemie haben gezeigt, dass Herausforderungen um Mobilität und Immobilität global miteinander verknüpft sind und Gesellschaften auf unterschiedliche Arten beeinflussen können. In der Soziologie wurde Mobilität lange Zeit vor allem als soziale Mobilität verstanden, also als vertikale Bewegung auf der sozialen Leiter und durch soziale Klassen. Verkehrsmobilität und ihre Bedeutung als räumliche Mobilität erfuhr in der Soziologie hingegen bisher nur begrenzte Aufmerksamkeit. Angesichts der aktuellen Forderung nach sozial-nachhaltigeren Mobilitätssystemen gewinnt ein soziologisches Verständnis von Mobilität jedoch zunehmend an Bedeutung. Die soziologische Verknüpfung von sozialer und räumlicher Mobilität kann einen Beitrag zur Forschung für eine nachhaltige, inklusive und gerechte Zukunft leisten.

Im allgemeinen theoretischen Rahmen der Dissertation werden also zunächst verschiedene Konzepte der sozialen und räumlichen Mobilität vorgestellt. Es wird erläutert, wie diese Konzepte und Theorien mit den drei Themen Nachhaltigkeit, Verkehr und Zeitlichkeit zusammenhängen. Diese drei Themen werden dann in drei Veröffentlichungen ausführlicher behandelt.

In der ersten Veröffentlichung „Sustainable Mobility Cultures and the SDGs: Towards an Interdisciplinary Approach“<sup>9</sup> wird das Thema Nachhaltigkeit theoretisch und konzeptionell mit dem Mobilitätsdiskurs verknüpft, indem die Konzepte Mobilitätskultur und nachhaltige Entwicklung miteinander verbunden werden. Dies geschieht über eine Diskussion der „Leaving no one behind (LNOB)“ Prämisse im Kontext der Normativität von nachhaltiger Entwicklung und der Relevanz eines inter- und transdisziplinären Ansatzes für eine nachhaltige Mobilitätswende. Die erste Veröffentlichung untersucht demnach die Verknüpfungen von Nachhaltigkeit und Verkehrsmobilität theoretisch und argumentiert für eine inklusive und sozial-nachhaltige Mobilitätsgestaltung.

Veröffentlichung zwei „Cycling to work and making cycling work: What makes committed utility cyclists despite perceived risks of air pollution and traffic?“<sup>10</sup> untersucht dann die nachhaltige Mobilitätswende am Beispiel urbanen Radfahrens empirisch. Die Veröffentlichung präsentiert Ergebnisse einer inter- und transdisziplinären Studie. Hier sind Interviews mit Radfahrenden in Aachen die Datengrundlage. Die Veröffentlichung gibt einen detaillierten Einblick in die subjektive Sicherheit von Radfahrenden in Aachen und identifiziert soziale und kulturelle Faktoren, die eine nachhaltige Mobilitätskultur beeinflussen.

<sup>9</sup> Bosen J and Leicht-Scholten C (2020) Sustainable mobility cultures and the SDGs: Towards an interdisciplinary approach. In: Leal Filho W, Azul AM, Brandli L, Özuyar PG and Wall T (eds) *Sustainable Cities and Communities. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*: Cham: Springer, pp. 1–9.

<sup>10</sup> Bosen J, Fuchte HE and Leicht-Scholten C (2023b) Cycling to work and making cycling work: What makes committed utility cyclists despite perceived risks of air pollution and traffic? *Journal of Transport & Health* 28: 101519.



Die dritte Veröffentlichung „Adolescence Locked Down? Morphing Temporality as a Strategy to Construct Hope and Control in Visions of the Future by Adolescent Girls Under Lockdown“<sup>11</sup> legt dann den Fokus auf die soziale Mobilität und auf Zeitlichkeit als Thema. Zeitlichkeit und Zeit sind Skalen der Mobilität, die in den letzten Jahren an Popularität gewonnen haben, aber noch nicht ausreichend erforscht sind. Ein soziologisches Teilgebiet, das sich schon länger mit Konstruktionen von Zeitlichkeit und Zeit befasst, ist allerdings die Jugendsoziologie. Die dritte Veröffentlichung stellt die Ergebnisse einer Studie vor, in der empirisch untersucht wurde, wie potenziell sozial-mobile Mädchen während des COVID-19 Lockdowns ihre Zukunft konstruierten. Es wurde ein theoretisches Konzept entwickelt, das die Strategie beschreibt, die die Mädchen anwenden, um ihre Handlungsfähigkeit und Selbstidentität während des Lockdowns zu bewahren. Dieses Konzept heißt „morphing temporality“<sup>3</sup>.

Die Dissertation endet mit einer Diskussion ausgewählter Aspekte der drei Veröffentlichungen. Hier wird erörtert, wie ausgewählte Themen der Veröffentlichungen miteinander verknüpft werden können und welche Perspektiven sich daraus für die weitere Forschung ableiten lassen. Es wird argumentiert, dass zur Erreichung einer nachhaltigen, gerechten und inklusiven Zukunft neue Kombinationen von Zeitlichkeit, Nachhaltigkeit und Verkehr über und innerhalb räumlicher und sozialer Mobilitäten geschaffen werden müssen. Die Dissertation trägt somit zum soziologischen Stand der Forschung über zukünftige Mobilitäten und mobile Zukünfte bei.



<sup>11</sup> Bosen J (2023) Adolescence locked down? Morphing temporality as a strategy to construct hope and control in visions of the future by adolescent girls under lockdown. *Sociology*.



## Lehr- und Forschungsgebiet Kulturgeographie (KulturGeo)

### 1. Förderphase

Dr. Eric Suder, Prof. Dr. Carmella Pfaffenbach

### Alltagsmobilität junger Familien in der Metropole Ruhr

Dieses Dissertationsvorhaben untersuchte Mobilitätspraktiken von Familien mit Kindern im Kita- und Grundschulalter. Aus bestehenden Analysen war bekannt, dass Familien mit kleinen Kindern den Pkw im Vergleich zu anderen Bevölkerungsgruppen häufiger nutzen. Zudem wurde von der Annahme ausgegangen, dass sie in besonderem Maße mit Herausforderungen wie einem begrenzten Zeitbudget und eingeschränkten finanziellen Mitteln konfrontiert sind. Es wurde herausgearbeitet, mit welchen Benachteiligungen im Alltag (z. B. striktes Zeitmanagement, begrenzte Teilhabemöglichkeiten) solche Familien konfrontiert sind, die aus finanziellen Gründen nicht über einen Pkw verfügen.

Um die Mobilitätspraktiken von Familien sowie Hintergründe der Verkehrsmittelwahl besser verstehen zu können, wurde eine qualitative Interview-Studie konzipiert, die den inhaltlichen Schwerpunkt der Dissertation bildet. Mittels Kontaktaufnahme über Grundschulen, Kindergärten und soziale Medien konnten in 35 Interviews insgesamt 40 Mütter und Väter aus vier Kommunen der Metropole Ruhr – von der Großstadt Oberhausen bis zur Gemeinde Hünxe – interviewt werden. Ergänzend zur Interview-Studie wurde im Rahmen eines Master-Projektseminars am Geographischen Institut eine ergänzende Fragebogen-Erhebung mit 1.062 Befragten durchgeführt.



Abbildung: Alltagsmobilität von Familien mit und ohne Pkw (Fotos: E. Suder)

Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Vereinbarkeit von Familie und Beruf nach wie vor als schwierig erweist. Dies gilt insbesondere, wenn sich die Abholzeiten in Kindergarten und Grundschule nur schwer mit den Arbeitszeiten der Eltern vereinbaren lassen.



Exklusionstendenzen wurden in solchen Familien festgestellt, die über ein geringes Einkommen verfügen und/oder keinen Zugriff (auch leihweise) auf einen Pkw haben. Ein flexibles und kostengünstiges Mobilitätssystem sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Vereinbarkeit von Familie und Beruf (z. B. flexible Arbeits- sowie Kinderbetreuungszeiten) könnten dazu beitragen, die Mobilitätssituation junger Familien weiter zu verbessern und die von den Interviewten vor allem auf dem Arbeitsweg empfundene Abhängigkeit vom Pkw zu reduzieren.

Die Promotion wurde im Juli 2020 erfolgreich abgeschlossen. Neben der Dissertation, die als Monographie verfasst wurde, wurden zwei Artikel in den Fachzeitschriften *Erdkunde – Archive for Scientific Geography* und *Zeitschrift für Angewandte Geographie* mit wissenschaftlicher Qualitätssicherung veröffentlicht. Darüber hinaus wurden Vorträge über den Stand der Dissertation auf verschiedenen nationalen und internationalen Tagungen gehalten: Jahrestagung des Pegasus-Netzwerks, Deutscher Kongress für Geographie, Jahrestagung der American Association of Geographers und Arbeitskreis Verkehr der Deutschen Gesellschaft für Geographie.



Geographisches  
Institut

**RWTH**AACHEN  
UNIVERSITY



## 2. Förderphase

Dr. Annika Herberg, Prof. Dr. Carmella Pfaffenbach

### Mobilitätspraktiken autofreier Haushalte

Seit dem Beginn der Massenmotorisierung Ende der 1950er Jahre haben sich Alltagsmobilität und Lebensstile in Deutschland stark auf den privaten Pkw ausgerichtet. Ein „System der Automobilität“<sup>12</sup> ist entstanden. Die negativen Effekten dieser Entwicklung, die unter anderem Emissionen und Verkehrsunfälle umfassen, machen nicht nur technische Lösungsansätze notwendig, sondern bedürfen auch im Rahmen einer Mobilitätswende einer weniger autoabhängigen Mobilität. Einen Gegenpol im System der Automobilität und Vorbilder für eine nachhaltige und weniger autoabhängige Mobilitätspraxis bilden Personen, die freiwillig ohne eigenes Auto leben und mit dem Fahrrad, ÖPNV, Leih-Pkw oder zu Fuß mobil sind. Im Gegensatz zum Autobesitz wurde die Autofreiheit wenig erforscht. Daher bilden die Mobilitätspraktiken autofreier Haushalte das zentrale Untersuchungsthema dieser Dissertation.

Ein Ziel der Dissertation ist es, das Wissen über die wenig erforschte Gruppe der freiwillig autofreien Haushalte zu erweitern und auf dieser Grundlage Maßnahmen zur Förderung einer autounabhängigen Mobilität und der Mobilitätswende abzuleiten. Dafür wurden themenzentrierte Leitfadeninterviews mit 43 Mitgliedern autofreier Haushalte in der Stadt Aachen und im Aachener Umland geführt, die mit selbstgezeichneten Karten ergänzt wurden.

Im Rahmen der Untersuchung konnte eine Vielfalt an Mitgliedern autofreier Haushalte untersucht werden, die von Studierenden über Berufstätige ohne Kinder und mit Kindern bis hin zu Rentner\*innen reichen. Die Untersuchung zeigt, dass ein autofreies Leben in unterschiedlichen Lebenslagen und Lebensphasen praktikierbar ist. Zudem ist ein autofreies Leben in verschiedenen Einkommensklassen möglich und hat im Vergleich zum Autobesitz finanzielle Vorteile, wobei ein höheres Einkommen mehr Möglichkeitsspielräume bietet. Die untersuchten Personen leben sowohl in der Aachener Stadtmitte als auch den Aachener Stadtrandbezirken und im Aachener Umland. Es wird deutlich, dass es allen untersuchten Wohnstandorten möglich ist, autofrei zu leben, wobei sich jeweils verschiedene Vor- und Nachteile an den Wohnstandorten ergeben. Besonders positiv für die Autofreiheit sticht Aachen-Mitte aufgrund der kurzen Wege und vielfältigen Mobilitätsangebote hervor.

Allen Teilnehmenden gemein sind im Verhältnis zur deutschen Gesamtbevölkerung kurze Wege im Alltag, was sowohl Ursache als auch Folge der Autofreiheit sein kann. Bei vielen Teilnehmenden bildet das Fahrrad das Hauptverkehrsmittel im Alltag, wobei sie auch zu Fuß gehen oder auf den ÖPNV (insb. Bus) oder das Leih-Auto zurückgreifen. Auf Grundlage der regelmäßigen wöchentlichen Verkehrsmittelnutzung im Alltag konnten fünf autofreie Mobilitätstypen gebildet werden, die in der Abbildung dargestellt sind. Mit Blick auf bestehende Forschungsergebnisse zu autofreien Haushalten wird angenommen, dass in Städten mit

<sup>12</sup> Kutter, E. (2014): Siedlungsstruktur und Verkehr: Zum Verständnis von Sachzwängen und individueller Verkehrserreichbarkeit in Stadtregionen. In: Canzler, W./Knie, A./Schwedde, O. (Hrsg.) (2014): Handbuch Verkehrspolitik. Wiesbaden: Springer VS Wiesbaden, 1-21.



Straßen- oder U-Bahnangebot der ÖPNV eine bedeutendere Rolle in der Alltagsmobilität autofreier Haushalte einnimmt als in Aachen und im Aachener Umland.



Abbildung: Autofreie Mobilitätstypen (eigene Darstellung).

Wie die Mobilitätstypen bereits andeuten, fallen die Fahrräder und das Fahrradequipment der Teilnehmenden besonders vielfältig aus. Doch auch Autos sind in vielen Haushalten nutzbar, insbesondere durch das soziale Umfeld oder Carsharing-Anbieter. Die meisten Teilnehmenden nutzen diese Autos sehr gezielt, vor allem für seltene Transporte oder Freizeitaktivitäten. So bewerten die Teilnehmenden das Auto auch überwiegend praktisch und selten emotional. Im Gegensatz dazu wird das Fahrrad sowohl praktisch als auch häufig emotional bewertet.

Für ihre autofreie Alltagsmobilität entwickeln die Teilnehmenden besondere Kompetenzen und Strategien im Alltag, wozu unter anderem grundlegende Alltagsstrategien (z. B. Planung der Alltagswege), Strategien für eher autoabhängige Anlässe (z. B. frühe eigenständige Mobilität der Kinder, die Nutzung von Einkaufslieferdiensten) oder Strategien zur Wahl des Wohnstandortes, der Alltagsziele und der Verkehrsmittel zählen.

Die Teilnehmenden bewerten die Autofreiheit positiv und sehen sie meist als Freiheit an. Es konnten fünf Motivgruppen für die Autofreiheit identifiziert werden: individuelle Bedarfe und Vorteile (z. B. Kosteneinsparungen), Altruismus (z. B. Umweltschutz), Verkehrsmittel des Umweltverbundes (z. B. gute Alternativen zum Auto), Autokritik (z. B. Wahrnehmung des Autos als Last) sowie weitere mobilitätsbezogene Gründe. Die Mobilitätsbiographien und -sozialisation der autofreien Teilnehmenden verdeutlichen, dass autofreie Mobilitätspraktiken sowohl mit einer autounabhängigen als auch einer autoabhängigen Mobilitätsbiographie möglich sind. Mit den *Nicht-Einsteiger\*innen* (noch nie ein eigenes Auto besessen), den *Nicht-wieder-Anschaffer\*innen* (kein neues Auto angeschafft) und den *bewussten Abschaffer\*innen* (Auto bewusst abgeschafft) können drei Wege in die Autofreiheit festgestellt werden.

Identifizierte Ansätze zur Förderung einer autounabhängigen Mobilität und der Mobilitätswende umfassen Pull- und Push-Maßnahmen. So sollten unter anderem der öffentliche Raum umverteilt, kurze Wege ermöglicht, der Kauf von Fahrrädern gefördert und niederschwellige Testmöglichkeiten für unterschiedliche Verkehrsmittel im Alltag angeboten werden, um die Mobilität ohne privates Auto zu fördern.



## Institut für Luft- und Raumfahrtssysteme (ILR)

### 1. Förderphase

Michael Husemann, Prof. Dr. Eike Stumpf

## Urbane Luftmobilität als Ergänzung bodengebundener Verkehrssysteme

### Potenzialanalyse eines fiktiven Lufttaxi-Netzwerks in der Metropolregion Ruhr mittels agenten-basierter Simulation systemrelevanter Rahmenbedingungen

Kleinstflugzeuge, häufig als Lufttaxi bezeichnet, bieten den Vorteil kurzer Reisezeiten infolge bodenunabhängiger und somit direkter Luftverbindungen. Mittels Implementierung umweltfreundlicher, meist elektrifizierter Antriebskonzepte sollen zudem lokale Schadstoffemissionen vermieden und Lärmemissionen signifikant gesenkt werden können. Mit Erreichen eines hinreichenden Reifegrades vor allem im Bereich der Antriebs- und Flugsteuerungstechnologien entsteht nun die Idee zur regulären Einbeziehung des niederen Luftraums bei der Entwicklung zukünftiger urbaner und regionaler Mobilitätslösungen. Analog zu Ride-Sharing-Systemen und deren On-Demand-Buchungskonzepte können Passagiere Lufttaxis nutzen und ihre Abflugsorte unter Angabe des Flugziels individuell festlegen.

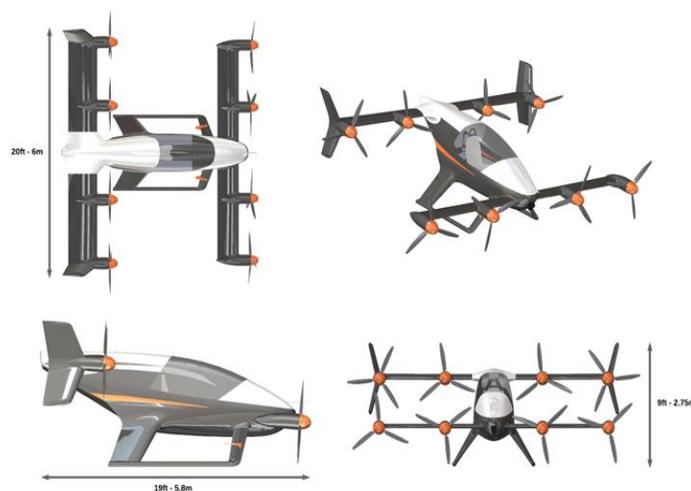


Abbildung 1: Darstellung eines Lufttaxi-Entwurfs (Airbus S.A.S)

Im Gegensatz zum Fortschritt des Vehikelentwurfs steht die Erforschung einer effizienten Einsatzplanung samt multimodaler Verknüpfung mit konventionellen Verkehrssystemen weitestgehend aus. Hier gilt es profitable Betriebskonzepte zur Potenzialabschätzung eines urbanen Lufttaxi-Systems aufzustellen, beispielsweise bezogen auf die erforderliche Flottengröße, Ladevorrichtungen an den Stationen oder auch Identifikation adäquater Leistungsparameter der Vehikel in Abhängigkeit des zu untersuchenden Einsatzraums. Für die agentenbasierte Transportsimulation MATSim (Multi-Agent Transport Simulation) wurde bereits eine Erweiterung erstellt, mit deren Hilfe Vor- und Nachteile einzelner Systemkonstellationen analysiert werden können. Im Zuge dieses Dissertationsprojekts soll



die Möglichkeit zur Optimierung eines fiktiven Lufttaxi-Systems unter Beibehaltung der ursprünglichen Leistungsniveaus untersucht werden. Neben der Verbesserung des Algorithmus für die Zuteilung der Vehikel auf Nutzeranfragen werden auch Möglichkeiten zur Reduzierung der Flottengröße in Abhängigkeit der individuellen Systemparameter abgeschätzt. Erste Studien zeigen, dass die Wahl des Zuteilungsalgorithmus sowie eine optimierte Routenplanung zu einer geringeren Anzahl von Leerflügen führt und Betriebskosten somit signifikant gesenkt werden können.

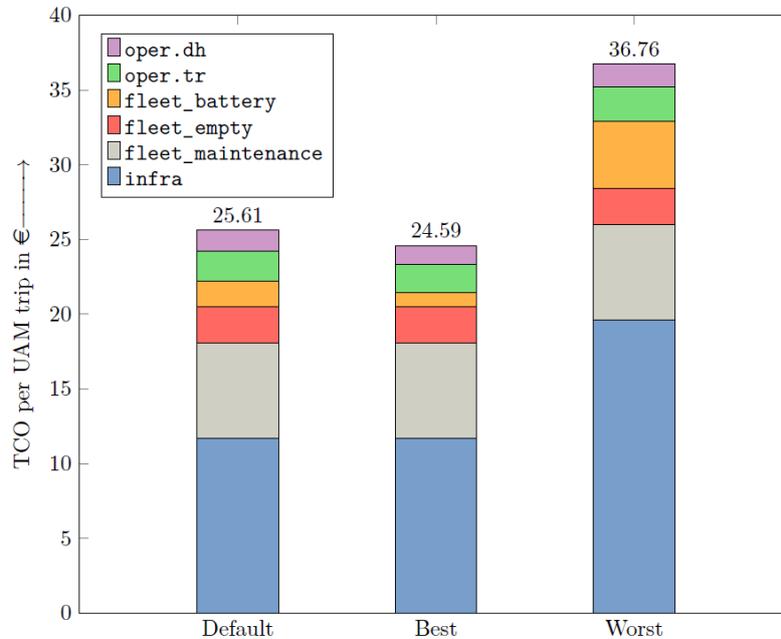


Abbildung 2: Übersicht der Betriebskosten eines Lufttaxi-Transportsystems für verschiedene Betriebsszenarien





Im ersten Modul der Gesamtsystembewertung werden Nachfragedaten und Mobilitätsparameter der jeweiligen Verkehrsmittel auf Flottenlevel simuliert. Besonders relevant ist dabei die Modellierung von Batterie- und Energieverbrauchsparemern um einen realistischen UAM-Flottenbetrieb abzubilden. Da umfangreiche agentenbasierte Transportsimulationen als Grundlage dienen und sehr rechenintensiv sind wird ebenfalls ein Ersatzmodell des UAM-Flottenbetriebs auf Basis aktueller *Machine Learning* Ansätze hinzugefügt.

Die simulierten Flugdaten und Flottenmodelle werden schließlich im zweiten Modul mit weiteren Optimierungsmodellen ausgewertet. In diesem *Postprocessing*-Schritt können somit Preissetzungsstrategien, Gesamtkostenauswertungen und Nachhaltigkeitsaspekte analysiert werden. Die Gesamtbewertung umfasst somit eben die in der Forschungslücke hervorgehobenen Perspektiven (Flottenbetreiber, Kunden und Umwelt) und lässt sich multidimensional auf den Vehikelentwurf anwenden.

Die Fallstudienresultate für ein Szenario in der Metropolregion Rhein-Ruhr zeigen, dass die Einführung eines UAM-Systems zum aktuellen Zeitpunkt als nicht profitabel und ebenfalls nicht gesamtheitlich sinnvoll bewertet werden kann. Grund hierfür sind neben den Investitionskosten und Kosten der Flugsicherung insbesondere ein sehr geringer Marktanteil, der zu kaum einer Entlastung des bodengebundenen Verkehrs beitragen kann.

Dennoch kann UAM als Transportsystem unter bestimmten Entwicklungen eine profitable Anwendbarkeit aus Betreiberperspektive bieten. Hierfür sind eine kontinuierliche Weiterentwicklung der batteriespezifischen Energiedichten, eine vollautonome Flugsteuerung, eine steigende Nutzerakzeptanz und weltweite Anwendungsgebiete zur weiteren Kostenreduktion durch Skaleneffekte entscheidend. Für ein solches zukünftiges UAM-Szenario der Metropolregion Rhein-Ruhr sind folgende technische und betriebliche Parameter relevant: eine mittlere Anzahl (70) an Skyports um viele Flugverbindungen zu ermöglichen; ein geringer Grenzwert der Lärmemissionen (75 dB in 100m Abstand) zu vertikal startenden Vehikeln; durchschnittliche Ticketpreise (1,20 – 1,70 € pro Passagierkilometer) vergleichbar zu Taxifahrten; dynamische Preisgestaltung um eine hohe Auslastung der Vehikel zu ermöglichen; sogenannte *Lift+Cruise* oder *Tilt-X* Konzepte mit einem auftrieberzeugenden Flügel; mittlere Wartungskosten (50 – 80 € pro Flugstunde).

Die ökologische Nachhaltigkeit im Kontext der Lebenszyklusanalyse liegt bei hohen Auslastungen der Vehikel potentiell unterhalb individuell genutzter Elektroautos, sodass im Kontext der Dekarbonisierung kein negativer, aber auch nur ein schwach positiver, Effekt ermittelt werden kann. In zukünftigen Arbeiten können weltweite UAM-Szenarien vergleichbar analysiert werden. Dabei sind die Teilmodule im Postprocessing-Schritt mit verschiedenen optionalen technischen und methodischen Detailgraden versehen und können je nach Datenverfügbarkeit entsprechend eingesetzt werden.



## Institut für Psychologie (IfP)

1. und 2. Förderphase

Dr. Ruth Noppeney, Prof. Dr. Bettina Wiese

### **Nachhaltige Mobilitätsperspektiven für Mensch und Umwelt – eine psychologische Betrachtung**

Ziel des Promotionsvorhabens ist es, Nachhaltigkeit im Mobilitätssektor aus einer psychologischen Perspektive zu untersuchen. Das Verständnis vom individuellen Erleben und Verhalten soll vertieft, und ggfs. Maßnahmen zur möglichen Einstellungs- und Verhaltensänderung abgeleitet werden. Die Dissertation umfasst zwei übergeordnete Themen: Die Reduktion des Individualverkehrs und das individuelle Erleben von Homeoffice und berufsbedingtem Pendeln. Im Folgenden werden zwei Studien vorgestellt, die das individuelle Erleben von Homeoffice und berufsbedingtem Pendeln untersuchen.

#### **Erleben im Homeoffice**

Das Homeoffice ist nicht zuletzt durch die COVID-19-Pandemie in vielen Betrieben erprobt, und längerfristig implementiert worden. Bisherige Forschungsarbeiten zeigen, dass die Arbeit im Homeoffice für die Betroffenen sowohl vorteilhaft als auch herausfordernd sein kann. Eher im Hintergrund stand dabei bisher der Einfluss überdauernder Bedürfnisse und Motive, in derer Ausprägung Personen sich voneinander unterscheiden. Aufbauend auf motiv- und bedürfnistheoretischen Modellen (Deci & Ryan, 200; McClelland, 1965) und unter Verwendung einer berufsspezifischen Methode der Motivmessung (Burk & Wiese, 2018) wurde im Rahmen einer Abschlussarbeit wurde der Zusammenhang zwischen Bedürfnissen nach Anschluss Leistung, Macht und Autonomie auf der einen Seite und Arbeitszufriedenheit und Produktivität im Homeoffice auf der anderen Seite untersucht. Die Ergebnisse dieser Online-Fragebogenstudie mit 192 Erwerbstätigen mit Homeoffice-Erfahrung zeigten, dass ein hohes Leistungsmotiv in einem positiven Zusammenhang mit der Arbeitszufriedenheit und der wahrgenommenen Produktivität im Home-Office steht. Für das Bedürfnis nach Autonomie, das ja im Homeoffice in besonderem Maße erfüllt werden sollte, fand sich erwartungskonform eine höhere Arbeitszufriedenheit. Ein Zusammenhang mit der Produktivität fand sich jedoch nicht. Für Personen mit ausgeprägtem Autonomiebedürfnis scheint es wichtig, Strategien zu entwickeln, um in einer leistungsförderlichen Form mit den gegebenen und von ihnen geschätzten Freiheiten des Homeoffice umzugehen.

#### **Interventionsstudie zum positiveren Erleben des berufsbedingten Pendelns**

Während eines sechswöchigen Forschungsaufenthalts im Jahr 2023 an der UIT Tromsø, Norwegen in Kontakt mit Dr. Dana Unger (Associate Professor in Work and Organizational Psychology) wurde ein Forschungsvorhaben entwickelt, welches zum Ziel hat, das Erleben von berufsbedingtem Pendeln für Individuen zu verbessern.

Konkret wurde im Rahmen einer Masterarbeit eine Interventionsstudie durchgeführt, an der 164 Personen teilnahmen, die als Berufspendler:innen regelmäßig öffentliche Verkehrsmittel nutzen. Im Rahmen eines randomisierten Kontrollgruppendedesigns erhielten die Teilnehmer:innen Material zum Selbststudium (15-minütige Präsentation mit Audiospur sowie ein



Handout), das entweder Hilfestellungen zur selbstbestimmteren und bedürfnisorientierten Nutzung der Pendelzeit sowie zur kognitiven Neubewertungen von stressauslösenden Situationen enthielt (Experimentalgruppe) oder rein faktenorientiertes Informationsmaterial zum berufsbedingten Pendeln (Kontrollgruppe). Es schloss sich eine zweiwöchige Tagebuchphase (online) mit täglichen Kurzbefragungen zum Pendelerleben an (inkl. Befragungen am Ende der beiden Wochen). Zudem wurde eine Woche später eine Follow-Up-Erhebung durchgeführt.

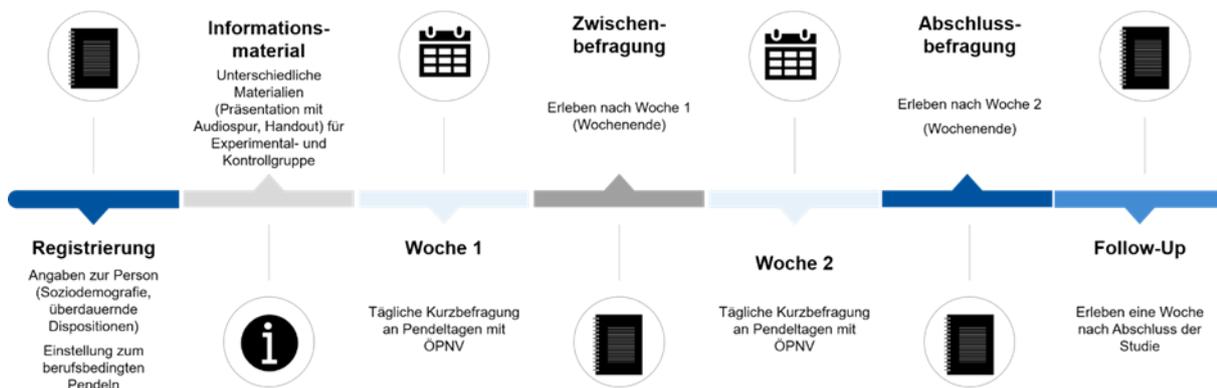


Abbildung: Schematischer Überblick über den Ablauf der Studie

Die Ergebnisse zeigen, dass diese recht niedrighschwellige Interventionsform ermöglicht, die Bedürfnisbefriedigung (hier vor allem in Hinblick auf das Autonomiebedürfnis) während des berufsbedingten Pendelns zu verbessern und das pendelbezogene Stresserleben zu reduzieren. Für die Experimentalgruppe zeichnet sich zudem eine Reduktion des negativen Affekterlebens während des Pendelns ab.

#### Quellen:

Burk, C. L., & Wiese, B. S. (2018). Professor or manager? A model of motivational orientations applied to preferred career paths. *Journal of Research in Personality*, 75, 113-132. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2018.06.002>

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268. [https://doi.org/10.1207/S15327965pli1104\\_01](https://doi.org/10.1207/S15327965pli1104_01)

McClelland, D. C. (1965). Toward a theory of motive acquisition. *American Psychologist*, 20(5), 321-333. <https://doi.org/10.1037/h0022225>



## Lehrstuhl und Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (ISB)

### 1. Förderphase

Dr. Christine Lindner, Prof. Dr. Tobias Kuhnimhof

## Einstellungen und Anforderungen in Bezug auf die Nutzung autonomer Fahrzeuge durch Bewegungs- und Wahrnehmungsbehinderte

### Eine Studie im Untersuchungsraum Aachen

Autonome Fahrzeuge bieten das Potenzial für neue Lösungsansätze für eine barrierefreie und sozial inklusive Mobilität. Da sie keine Anforderungen an die Qualifikation der Nutzer als Fahrer stellen, eröffnen sie Menschen mit Behinderung eine neue Möglichkeit, individuell und eigenständig unterwegs zu sein. In Studien zur Akzeptanz hochautomatisierter Fahrzeuge wird der Faktor der Mobilitätseinschränkung nicht erfasst, sodass der Nutzen autonomer Fahrzeuge für Menschen mit Mobilitätseinschränkung anhand bestehender Forschungsergebnisse nicht abschätzbar ist.

Um diese Forschungslücke zu schließen, wurde im Untersuchungsraum Aachen eine qualitative Interviewstudie mit 36 Menschen mit Geh-, Seh- oder Hörbehinderung durchgeführt. Die Anwendung qualitativer Forschungsmethoden ermöglichte die Analyse der bestehenden Mobilitätsmuster der Befragten, die Identifikation von Defiziten im bestehenden Mobilitätsangebot in Relation zur jeweiligen Behinderung, sowie die Evaluation der Verbesserungspotenziale durch autonome Shuttlesysteme. Darüber hinaus wurden persönliche Einstellungen zur Technologie, individuelle Anforderungen an die barrierefreie Systemgestaltung sowie die Nutzungsabsicht der Befragten ermittelt.

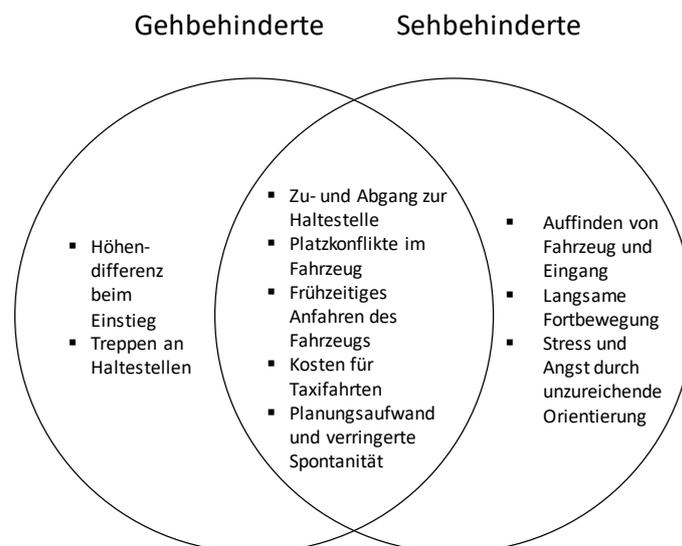


Abbildung: Schwierigkeiten bei der Nutzung des ÖPNV für Geh- und Sehbehinderte



Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Befragten in der Ausübung ihrer Mobilität überwiegend an den ÖPNV gebunden sind. Komfort und Barrierefreiheit des bestehenden Aachener ÖPNV-Angebots werden überwiegend negativ bewertet, wobei sich die Probleme von Geh- und Sehbehinderten bei der Nutzung der ÖPNV-Angebote teilweise überschneiden (s. Abbildung). Der Nutzen einer sinnvollen Alternative sowie die prinzipielle Offenheit, ein autonomes Shuttlesystem zu nutzen, wurde durch die meisten Befragten bestätigt. Bei der wahrgenommenen Bedienbarkeit ergab sich ein weites Spektrum an Antworten. Ältere Menschen äußerten mitunter Skepsis hinsichtlich der Sicherheit und moderner Buchungsoptionen wie Online-Buchung oder Smartphone-Apps, hatten jedoch selten datenschutzrechtliche Bedenken. Jüngere Befragte zeigten sich unabhängig von der bestehenden Körperbehinderung tendenziell technikaffiner hinsichtlich moderner Buchungssysteme, äußerten jedoch eher Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes.



## 2. Förderphase

Laura Merten, Prof. Dr. Tobias Kuhnimhof

### Flächen des ruhenden Pkw-Verkehrs in Städten

Parkende Autos nehmen große Flächen in Anspruch. Dabei stehen Parkplätze insbesondere in Städten in einer hohen Flächenkonkurrenz mit anderen Nutzungen des öffentlichen Raums, wie Radinfrastruktur, Begrünung und Außengastronomie. Neue Mobilitätsangebote, Klimaanpassungsmaßnahmen und steigende Ansprüche an den Straßenraum verstärken diese Flächenkonkurrenz. Dabei stellt der Parkraum eine der wenigen potenziell variablen Größe im Straßenraum dar, so dass eine Umnutzung von Parkplätzen in vielen Städten diskutiert wird. Gleichzeitig wird eine Wegnahme von Parkplätzen von vielen Akteuren mit Sorge betrachtet, insbesondere von Einzelhändlern und Anwohnern, die eine schlechtere Erreichbarkeit und wirtschaftliche Einbußen fürchten.

In diesem Kontext untersucht die Dissertation den vorhandenen Parkraum in Städten sowie dessen Wirkungen aus unterschiedlichen Perspektiven. Im Zentrum der Arbeit steht dabei die folgende Forschungsfrage: Wie kann die geeignete Anzahl öffentlicher, halböffentlicher und privater Parkstände ermittelt werden, so dass verkehrsplanerische und städtebauliche Ziele erreicht werden? Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde zunächst eine Literaturrecherche und eine Bestandsaufnahme des vorhandenen Parkraums und der Parkstrategien in ausgewählten Städten durchgeführt. Zudem wurden wichtige Teilaspekte des Parkraums in Städten als Fokusthemen ausgewählt, um deren Hintergründe und Wirkungen im Detail zu analysieren.

Als erstes Fokusthema untersuchte die Dissertation die Bedeutung von Parkplätzen für den Einzelhandel in Innenstädten. Hierfür wurden Mietangebote von Einzelhandelsimmobilien in der Aachener Innenstadt ausgewertet und ein Parkraumkataster erstellt. Mithilfe eines räumlichen Regressionsmodells konnte unter Beachtung weiterer Einflussfaktoren, wie der Größe und Ausstattung der Immobilie, der Lage an einer Fußgängerzone sowie weiterer Erreichbarkeitsvariablen, der Einfluss der öffentlichen Parkstände auf den Mietspreis untersucht werden. Das Modell zeigte, dass sich die Nähe zu einem Parkhaus sowie das Vorhandensein ausreichend öffentlicher Parkstände in fußläufiger Entfernung zur Einzelhandelsimmobilie positiv auf den Mietpreis auswirkt, während öffentliche Parkstände im direkten Umfeld jedoch eine negative Wirkung haben. Diese Ergebnisse unterstützen daher den Ansatz, Parkstände im Straßenraum im Umfeld von Einzelhandelsimmobilien in Innenstädten zu reduzieren und Parkplätze stattdessen in Parkhäusern zu bündeln. Zudem zeigte das Modell, dass sich Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung und die Sicherstellung einer guten Erreichbarkeit mit dem öffentlichen Personennahverkehr positiv auf den Einzelhandel in Innenstädten auswirken können. Eine genauere Beschreibung der Daten, des Modells und der Ergebnisse ist in (Merten und Kuhnimhof 2023) zu finden.

Als weiteres Fokusthema wurden Stellplatzsatzungen und deren Wirkungen betrachtet. Sehr vielen Städte weltweit nutzen Stellplatzsatzungen als Steuerungsinstrument, um festzulegen, wie viele private Stellplätze beim Bau oder Umbau von Gebäuden herzustellen sind. Solche Mindestforderungen können jedoch auch zu einem Überangebot an Stellplätzen führen und sich negativ auf die Mobilität in Städten auswirken. Um die Angemessenheit



von Stellplatzsatzungen zu bewerten, wurden 12 europäische Städte ausgewählt, deren Stellplatzsatzungen verglichen und deren Forderungen ins Verhältnis zur Anzahl privater Pkw, als Indikator für die Stellplatznachfrage, gesetzt wurden. Dabei zeigten sich große Unterschiede sowohl zwischen den Städten als auch innerhalb der Städte. Manche Städte, darunter viele deutsche Städte, haben Mindestforderungen, die die Stellplatznachfrage insbesondere in dicht besiedelten, zentral gelegenen Stadtgebieten deutlich übersteigen und so zu einem Überangebot von privaten Stellplätzen führen würden. Im Gegensatz dazu besitzen andere Städte jedoch sehr restriktive Stellplatzsatzungen, deren Mindestforderungen deutlich unter der Stellplatznachfrage liegen. Diese restriktiven Städte setzen ihre Stellplatzsatzungen daher vermutlich als Instrument ein, um den Pkw-Besitz zu reduzieren und nutzen häufig ergänzende Maßnahmen, wie die Limitierung von Bewohnerparkausweisen, um eine Verlagerung der Parknachfrage auf öffentliche Parkplätze zu vermeiden.

Doch auch innerhalb der Städte gibt es große Unterschiede hinsichtlich der Stellplatzforderungen und deren Übereinstimmung mit der Stellplatznachfrage, wie die Abbildung am Beispiel von Aachen zeigt.

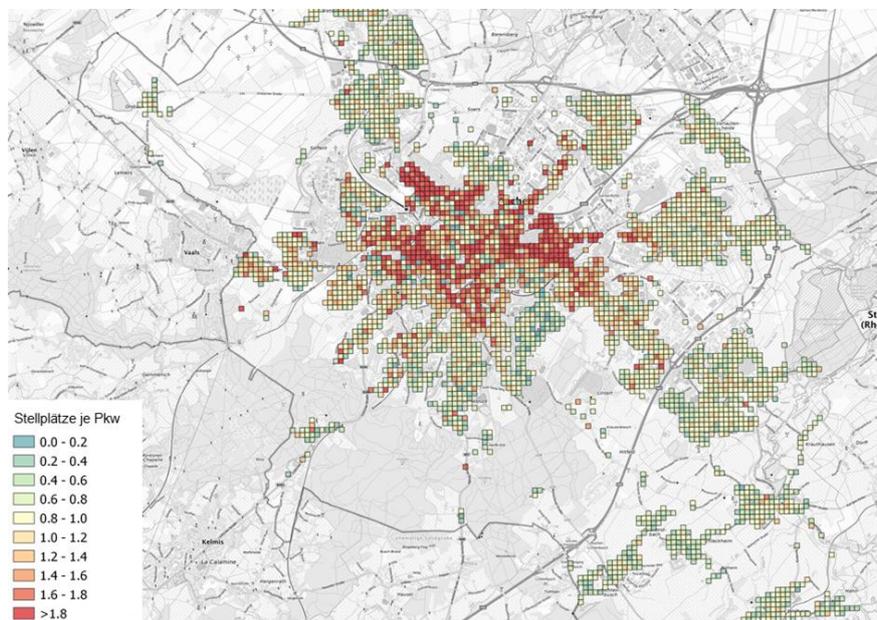


Abbildung: Mindestanzahl geforderter Stellplätze je Pkw in Aachen (Hintergrundkarte: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2023)

Während in der Aachener Innenstadt deutlich mehr als ein Stellplatz je gemeldetem Pkw gefordert wird, unterschreitet die geforderte Stellplatzanzahl am Stadtrand die Pkw-Anzahl deutlich. Eine genauere Beschreibung, weitere Auswertungen sowie eine Diskussion der Auswirkungen von Stellplatzsatzungen ist in (Merten und Kuhnimhof 2024) zu finden.



## Lehrstuhl für Städtebau und Entwerfen und Institut für Städtebau und europäische Urbanistik (städtebau)

### 2. Förderphase

Christian Larisch, Prof. Christa Reicher

### **Städtebauliche Weiterentwicklung von Bahnhofsumfeldern im Sinne des Transit Oriented Development – Eine Untersuchung der Transformationsregion Rheinisches Revier**

Mit dem Kohleausstieg steht das Rheinischen Revier vor einer zeitkritischen Transformationsaufgabe. Diese umfasst nicht nur die wirtschaftliche Umstrukturierung und die Diskussion zur künftigen Energiegewinnung und Nachnutzung der Tagefolgelandschaften, sondern auch die Frage wie sich die Siedlungsentwicklung und die Verkehrsinfrastruktur weiterentwickelt. Die Region will nachhaltige Modellregion werden und erhält im Rahmen des Strukturwandels umfassende Fördermittel des Bundes. Bei einem Blick auf die bestehenden Siedlungsstrukturen und das Verkehrsverhalten ist das Rheinische Revier vom selbst erhobenen Anspruch der Nachhaltigkeit zurzeit weit entfernt. Die Region ist durch Dörfer, sowie Klein- und Mittelstädte mit niedriger baulicher Dichte und einem geringen Grad an Nutzungsmischung gekennzeichnet – Eigenschaften einer stark verkehrsinduzierenden Struktur. Die niedrige Dichte und zersiedelte Landschaft generieren längere Wegedistanzen, welche unattraktiv für die nachhaltigeren Verkehrsmittel wie Rad oder Öffentlicher Verkehr sind und dementsprechend oft mit dem Motorisierten Individualverkehr (MIV) zurückgelegt werden.

Einer der planerischen Ansätze zur nachhaltigen Weiterentwicklung der bestehenden Strukturen ist Transit Oriented Development (TOD). TOD beschreibt die gezielte Siedlungsentwicklung um Haltepunkte eines leistungsfähigen Öffentlichen Nahverkehrs (ÖV). Neben einer kompakten, verdichteten und durchmischten Siedlungsstruktur sollen auch Fußgänger\*innen- und fahrradfreundliche Strukturen entwickelt werden. Verschiedene Nutzungen wie Arbeiten, Wohnen, Dienstleistungen und Freizeiteinrichtungen sollen dabei im Einzugsbereich des Haltepunktes etabliert werden. Durch die Kombination von vielfältigen, kompakten Strukturen und einem leistungsfähigen öffentlichen Verkehr sollen hohe nahräumliche Qualitäten geschaffen und gleichzeitig automobiler Abhängigkeiten reduziert werden.

Vor diesem Hintergrund widmet sich die Arbeit der Frage, inwieweit die bestehenden Bahnhofsumfelder im Rheinischen Revier entsprechend der TOD Idee weiterentwickelt werden können. Aufbauend auf dem theoretischen Unterbau gliedert sich die Empirie der Arbeit in drei Säulen (siehe Abbildung 1). Auf der regionalen Ebene (Säule 1) werden anhand von Bodennutzungsdaten Archetypen von Bahnhofsumfeldern abgeleitet. Der quantitative Ansatz soll nicht nur ein tieferes Verständnis für den Status Quo in der Region schaffen, sondern auch dazu beitragen sich wiederholende Probleme und Chancen zu identifizieren. Diese Erkenntnisse können sowohl direkt in planerische Prozesse eingespeist werden, als auch Mehrwerte für die Analyse auf dem lokalen Level bieten. Diese bildet die zweite Säule. Hier werden ausgewählte Fallbeispiele entlang des Erftkorridors (Grevenbroich, Bedburg und



Bergheim-Glesch) analysiert. Hier wird der Status Quo hinsichtlich seiner Potenziale zur Weiterentwicklung im Sinne von TOD untersucht. Dazu dienen verschiedene qualitativer Methoden wie z. B. Experteninterviews oder Kartierungen. Diese Informationen ergänzen die Ergebnisse der regionalen Perspektive, verleihen diesen mehr Tiefe und adressieren entscheidende Faktoren, welche im Rahmen der quantitativen Analyse außen vor blieben. Die dritte Säule bildet die Untersuchung ausgewählter TOD Good Practice Beispiele aus dem In- und Ausland. Hier sollen Erfolgsfaktoren identifiziert werden, welche im Anschluss hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf das Rheinische Revier diskutiert werden.

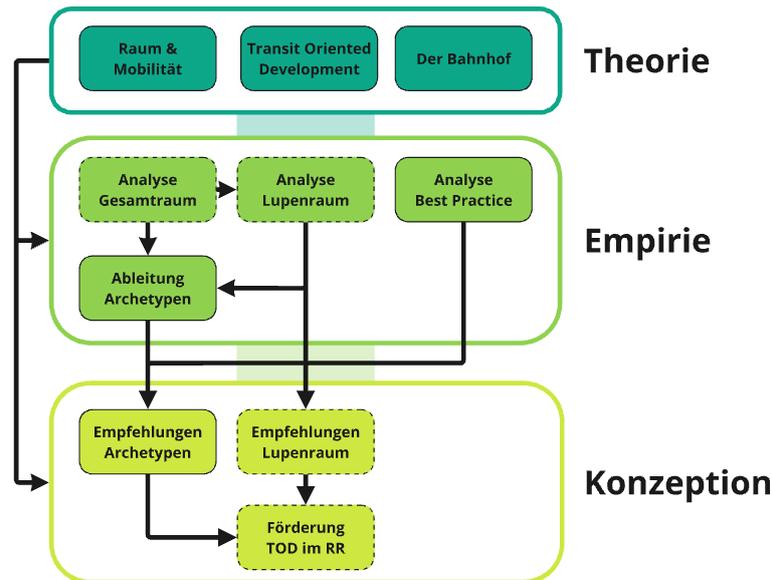


Abbildung: Aufbau der Dissertation

Abschließend werden die Erkenntnisse aus den drei Empiriesträngen zusammengeführt und daraus Handlungsempfehlungen für die Stadt- und Regionalentwicklung abgeleitet. Die konsequentere Umsetzung von TOD im Rheinischen Revier soll langfristig u. a. zu einem nachhaltigeren Verkehrsverhalten, einer geringen Flächeninanspruchnahme und einer höheren Lebensqualität beitragen.



## Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe (TEER)

### 1. Förderphase

Julia Streitz, Prof. Dr. Peter Quicker

### Ganzheitliche Nachhaltigkeitsbewertung von Mobilitätsalternativen

Für die Bewertung von Verbrennungs- und Elektromotoren werden in der Kraftfahrzeugbranche häufig unterschiedliche Bilanzräume zu Grunde gelegt. Dies führt zu intransparenten Nachhaltigkeitsbewertungen, die sowohl für Verbraucher als auch für die Politik irreführend sein können. Vor diesem Hintergrund besteht die Zielsetzung der Dissertation „Ganzheitliche Nachhaltigkeitsbewertung von Mobilitätsalternativen“ in der Erweiterung bzw. Vereinheitlichung der Systemgrenzen solcher Betrachtungen, um eine ganzheitliche Bewertung des komplexen Gesamtsystems durchzuführen, die sowohl den Lebenszyklus des Transportmittels (von Herstellung bis End-of-Life) als auch den gesamten Konversionspfad der bereitgestellten Energieträger berücksichtigt (vgl. Abbildung 1).

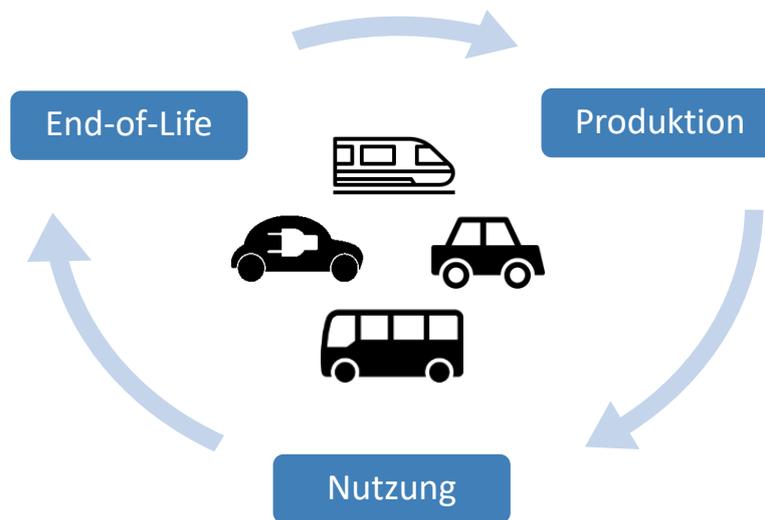


Abbildung 1: Lebenszyklus der analysierten Transportmittel (vereinfacht)

Nach einer Definition der zu untersuchenden Mobilitätssysteme werden diese entlang des gesamten Lebenszyklus analysiert und die relevanten Stoff- und Energieströme modelliert. So entsteht ein modulares Datenmodell, das spätere Erweiterungen für z. B. andere Transportmittel oder innovative Kraftstoffe erleichtert. Anhand dieses Modells erfolgt anschließend im Rahmen einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbewertung die multikriterielle Bewertung. Dafür wird ein Kriterienkatalog aufgestellt, der sowohl umwelttechnische als auch wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte berücksichtigt. Um die Robustheit und Zuverlässigkeit der Daten zu untersuchen, wird anschließend eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Mit der Entwicklung von Szenarien werden auch mögliche zukünftige Entwicklungen untersucht.



Durch den Aufbau des Modells und der verwendeten Daten ist es möglich, eine Single-Score-Bewertung für jeden untersuchten Konversionspfad zu erstellen. Diese gibt die Nachhaltigkeit des jeweiligen Betrachtungsgegenstandes wider. In einem Vergleich dieser Bewertungen ist es möglich, verschiedene Mobilitätssysteme anhand ihrer Nachhaltigkeit zu vergleichen und entsprechende transparente Grundlagen für langfristige Strukturentscheidungen für Politik und Gesellschaft bereitzustellen. Zudem können durch den modularen Aufbau des Modells die Phasen des Lebenszyklus identifiziert werden, in denen der stärkste Handlungsbedarf besteht, z. B. durch den anteilig größten CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Zusätzlich liegen vergleichende Ergebnisse von verschiedenen Bioenergiekonversionspfaden vor. Diese ermöglichen eine Einordnung der Biokraftstoffherstellung im Vergleich zu anderen Biomassenutzungspfaden (z. B. für die Strom- oder Wärmeerzeugung).

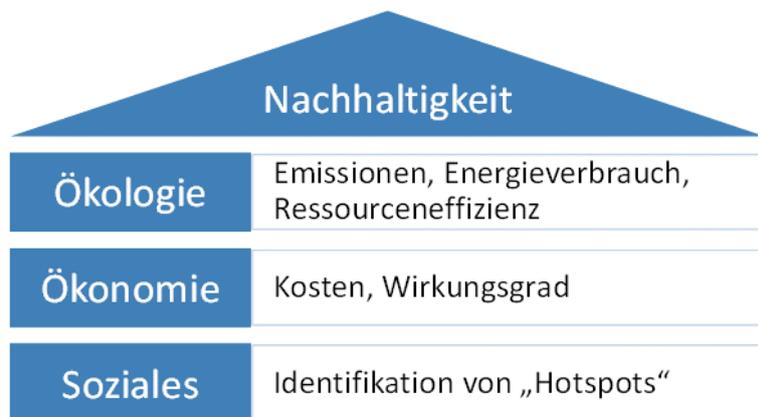


Abbildung 2: Analysekriterien der drei Säulen der Nachhaltigkeit



## 2. Förderphase

Joel da Silva Félix, Prof. Dr. Peter Quicker

### Erzeugung synthetischer Kraftstoffe als Alternative zu fossilen Treibstoffen

Im Rahmen der Verkehrswende im Individualverkehr mit Personenkraftwagen (PKW) liegt der Fokus zunehmend auf batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen (Battery Electric Vehicle, BEV), da diese lokal emissionsfrei sind und im Zusammenhang mit der Energiewende sowie dem damit einhergehenden Ausbau nachhaltiger Energiesysteme vorteilhafte Synergien bieten. Neben BEV stehen mit E-Fuels ( $\text{CO}_2$ -neutrale synthetische Kraftstoffe aus Wasserstoff und  $\text{CO}_2$ ) betriebene PKW zur Diskussion. Schiffe, Flugzeuge und Lastkraftwagen (LKW), die aufgrund ihrer Bedeutung für den Güterverkehr eine zentrale Rolle in der Wirtschaft spielen, zählen zu den schwer elektrifizierbaren Transportmitteln. Derzeit fehlen jedoch Alternativen, um diese zukünftig klimaneutral betreiben zu können. Ähnliches gilt auch für energieintensive Industriezweige wie die chemische Industrie oder die Metallerzeugung und -bearbeitung.

Biokraftstoffe bieten eine klimaneutrale Alternative, um eine nachhaltige Mobilität auch in diesen Bereichen zu fördern. Die Erzeugung ist im Gegensatz zu den E-Fuels nicht überwiegend strombasiert, sondern beruht auf der Verwendung von Biomasse, also nachwachsenden Rohstoffen. Die Herstellung erfolgt beispielsweise über die Erzeugung von Synthesegasen ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ) und die anschließende Kraftstofferzeugung mittels Methanol- oder Fischer-Tropsch-Synthese. Die Produktion von qualitativ hochwertigen Synthesegasen ist ein wichtiger Baustein zur Herstellung von synthetischen Kraftstoffen. Synthesegase können aus festen, flüssigen oder gasförmigen kohlenwasserstoffhaltigen Edukten gewonnen werden.

Der Fokus des Forschungsvorhabens lag auf der Entwicklung, dem Bau und der Erprobung eines innovativen Verfahrens zur Erzeugung hochreinen Synthesegases auf Basis biogener Reststoffe. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des Verfahrenskonzeptes. Die Versuchsanlage zur Bewertung des thermochemischen Prozesses für die Produktion von hochreinen Synthesegasen wurde im Technikum des LuF TEER errichtet. Hierbei dienen biogene Reststoffe (z. B. Landschaftspflegeholz, Reststoffe aus der Landwirtschaft oder Nahrungsmittelproduktion) als Ausgangsmaterial zur Gasifizierung im Reaktor bei besonders hohen Temperaturen, wobei das Gasifizierungsmittel variiert wird. Es entstehen gasförmige Produktströme, insbesondere Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) und Kohlenstoffmonoxid ( $\text{CO}$ ), sowie evtl. Methan ( $\text{CH}_4$ ) zur Weiterverarbeitung in den oben genannten Syntheseprozessen. Das hergestellte Methanol kann anschließend als Plattformchemikalie in der chemischen Industrie oder als Biokraftstoff für Schiffe, Flugzeuge oder LKW genutzt werden. Neben der Herstellung von Methanol ist über die Fischer-Tropsch-Synthese auch die Erzeugung einer Vielzahl weiterer synthetischer Kohlenwasserstoffe möglich. Als Nebenprodukt fällt ein Biomassekarbonisat an, das in verschiedenen Anwendungen, z. B. in Land- und Forstwirtschaft oder der Metallurgie stofflich genutzt werden kann. Durch die Einbindung



eines Teils des beim Pflanzenwachstum aufgenommenen Kohlenstoffs in das Biomassekarbonisat wird der Atmosphäre CO<sub>2</sub> dauerhaft entzogen (Biochar Carbon Removal, BCR).

Hinsichtlich des gestaltungs- und umsetzungsorientierten Ansatzes von ACCESS! 2.0 zur Entwicklung neuer Transformationspfade zu einer nachhaltigen Mobilität, wurde im vorliegenden Forschungsvorhaben vor allem der Produktpfad der Biofuels für schwere Transportmittel, Schiffe oder Flugzeuge betrachtet. So sollen ein Beitrag zum Fortschritt hin zur Klimaneutralität geleistet und erneuerbare Ressourcen erschlossen werden.

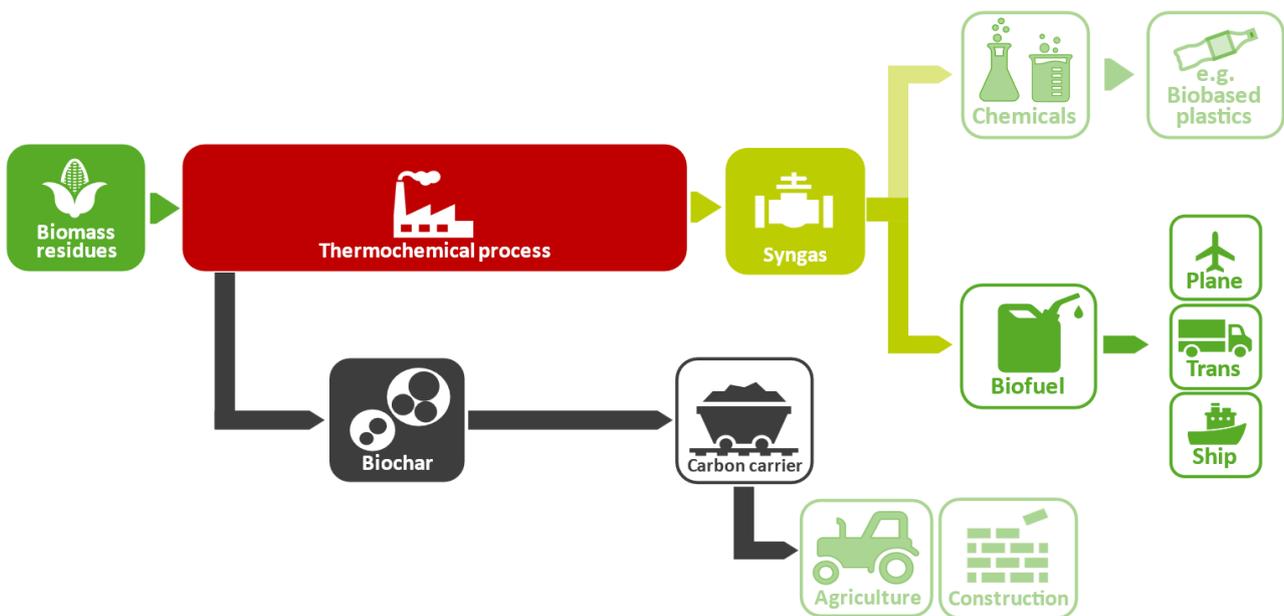


Abbildung: Schematische Darstellung des innovativen Verfahrenskonzeptes zur Herstellung von hochreinen Synthesegasen sowie Biomassekarbonisaten aus biogenen Reststoffen



## Institut für Umweltforschung (UBC)

### 1. Förderphase

Dr. Hanna Fuchte, Prof. Dr. Andreas Schäffer

### Analyse mobilitätsbedingter organischer Schadstoffe in Feinstäuben und im Oberflächenabfluss städtischer Straßen

Mobilität und Erreichbarkeit sind wichtige Voraussetzungen für gesellschaftliche Teilhabe und eine dynamische Wirtschaft. Zur gleichen Zeit wirkt sich Verkehr jedoch vor allem im städtischen Raum auch negativ auf Mensch und Umwelt aus. Durch Auspuffemissionen, Reifen- und Bremsabriebe entstehen u. a. Feinstaubpartikel und eine Vielzahl an diese gebundener Schadstoffe. Ihre Schadwirkung auf den Menschen, auf Tiere und Pflanzen, auf Böden und infolge ihrer Deposition und ihres Weitertransports mit dem Niederschlagswasser auch auf Gewässer sind zwar rückläufig, jedoch lange nicht unbedenklich. Europäische wie nationale Gesetzgebungen fordern daher die Umsetzung schadstoffmindernder Strategien. Neben der Verbesserung von Technologien, Fahr- und Produktverboten und sozialen Innovationen, wie intelligenten Mobilitätssystemen, bieten auch immissionsmindernde Maßnahmen, wie eine stadtplanerisch gut durchdachte grüne Infrastruktur oder Hotspot-vermeidende Radwegeplanung vielversprechende Möglichkeiten. Maßnahmen wie diese setzen jedoch eine ausreichende Kenntnis der Belastungssituation und des Zusammenspiels an Einflussfaktoren in den Städten voraus. Diese Forschungsarbeit widmete sich der Entwicklung von geeigneten Werkzeugen und Methoden, Schadstoffe im Verkehrskontext zu erfassen und zu charakterisieren und ermöglicht einen detaillierten Einblick in die Belastungssituation ausgewählter Standorte in Aachens Innenstadt. Sowohl in luftgetragenen Partikeln als auch in der Wasser- und Partikelfraktion von Straßenablaufproben wurde ein breites Spektrum an organischen Substanzen gemessen, das Aufschluss über die Höhe der Konzentrationen, über mögliche Quellen sowie die Toxizität der Standortproben gab. Zunächst wurde eine Passive-Sampling-Methode zur Messung frei gelöster und somit bioverfügbarer Konzentrationen organischer Schadstoffe in der Wasserphase entwickelt und getestet und in Environmental Science & Technology veröffentlicht (Abbildung 1).

Im Anschluss wurde eine ‚Falle‘ zur Beprobung von Straßenabläufen entworfen, mit der Passive-Sampling-Methode kombiniert und über vier Wochen in fünf Sinkkästen entlang des Aachener Alleenrings eingesetzt. In den hieraus resultierenden Wasser-, Sediment- und Passiv-Sammler-Proben (Abbildung 2) wurde zunächst ein breites Set an typischen Markern für Kraftstoffverbrennung gemessen (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, PAK). Hier gaben vor allem einige der unbekannteren, nicht regulierten PAK neue Einblicke in Bezug auf die Quellencharakterisierung und zeigten einen hohen Anteil an der Kanzerogenität der Proben.

In weiteren Analysen konnten in den Oberflächenabflussproben zudem hohe Mengen an Reifen- und Plastikinhaltstoffen und Korrosionsinhibitoren nachgewiesen werden. Neben



diesen Verkehrsschadstoffen waren außerdem Industriechemikalien und Pestizide aus urbaner Nutzung (z. B. Dächer, Häuserfassaden) messbar. Besonders unerwartet im Straßenablauf war das Auftreten von aus Hausabwässern bekannten Substanzen, darunter Süßstoffe (z. B. Cyclamat), Stimulantien (z. B. Koffein) und einige Pharmazeutika. Die Ergebnisse der Studie sollen als research paper in Environmental Pollution eingereicht werden. Zuletzt wurde in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit der AG Klimatologie der WWU Münster und dem Lehrstuhl GDI der RWTH eine Studie zur Fahrradmobilität durchgeführt, in deren Rahmen am Alleenring zudem hochauflösende Daten zur Feinstaubverteilung und zu PAK-Gehalten von Luftpartikeln an höherbelasteten Standorten erhoben wurden.

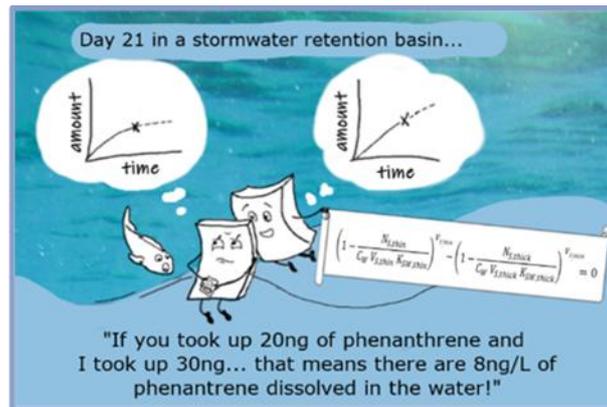


Abbildung 1: Neue Passiv-Sammler (PS)-Kalibrierungsmethode; PS dienen der Messung bioverfügbarer Konzentrationen in der Wasserphase (Fuchte et al. 2020)

Abbildung 2: Der Straßenablauf wurde über vier Wochen in neu entwickelten „Straßenablauffallen“ gesammelt und auf verkehrsbedingte und weitere urbane Mikroschadstoffe untersucht



## Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie (WiGeo)

### 1. Förderphase

Dr. Sophia Gross-Fengels, Prof. Dr. Martina Fromhold-Eisebith

## Implementierung von Smart Mobility in ländlichen Räumen

### Innovative Lösungen und potenzielle Regionalwirkungen für den Kreis Heinsberg

Die Dissertation hat das Phänomen Smart Mobility (SMo) in räumlicher Perspektive aus Sicht der Innovationsforschung untersucht und auf den Kreis Heinsberg als Fallstudienregion angewandt. Ziel der Arbeit war es unter anderem hemmende und fördernde Faktoren bei einer Implementierung von SMo in ländlichen Räumen zu identifizieren, sowie herauszuarbeiten, wie das Innovationsfeld SMo definiert werden kann und welche der Lösungen sich – adaptiert – für den ländlichen Raum eignen. Ein weiteres Erkenntnisinteresse lag in der Frage nach potenziellen Auswirkungen von SMo Lösungen für die Regionalentwicklung ländlicher Räume. Ausgehend von einer Analyse institutioneller Chancen und Barrieren der Einführung von SMo, sowie der Nutzerbedarfe und Adoptionsbedingungen in der Fallstudienregion, sollten für den Kreis Heinsberg geeignete SMo Innovationen identifiziert werden.

Bei der Bearbeitung wurde ein Mixed Methods Ansatz verwendet. Hierbei bilden qualitative, explorative Experteninterviews den methodischen Schwerpunkt und werden durch eine interdisziplinäre quantitative Online-Befragung, sowie Auswertungen von Mobile Network Data ergänzt. Die Interviewmitschnitte wurden transkribiert, kodiert und computergestützt (MAXQDA) entsprechend der strukturierenden Inhaltsanalyse ausgewertet.

Die wichtigsten hemmenden Faktoren der Innovationsimplementierung sind Kommunikationsbarrieren und fehlende Marketingmaßnahmen, knappe kommunale Budgets, sowie mögliche Kannibalisierungseffekte. Fördernde Faktoren sind dagegen Angebote mit lokaler Identität und regionale Kooperationen (PPP), die systematische Integration neuer Angebote in bestehende Systeme, die Einrichtung niedrighschwelliger Testgelegenheiten und lokales „New Entrepreneurship“ für die Einführung von Smart Mobility. Die Umfrage im Kreis Heinsberg hat ergeben, dass alternative Mobilitätsangebote bislang kaum genutzt werden. Darunter wird der Multibus, ein mit Kleinbussen betriebenes bedarfsorientiertes Angebot, noch am häufigsten (wenn auch auf geringem Niveau) nachgefragt. Positiv hervorzuheben ist, dass mehr als die Hälfte der Befragten sich vorstellen kann, einen autonom fahrenden Bus zu nutzen. Zur digitalen Routenplanung greifen die Nutzenden vor allem auf globale Plattformen zurück, obwohl es auch lokale Dienste gibt. Dies kann vor allem auf fehlende Marketingmaßnahmen zurückgeführt werden.



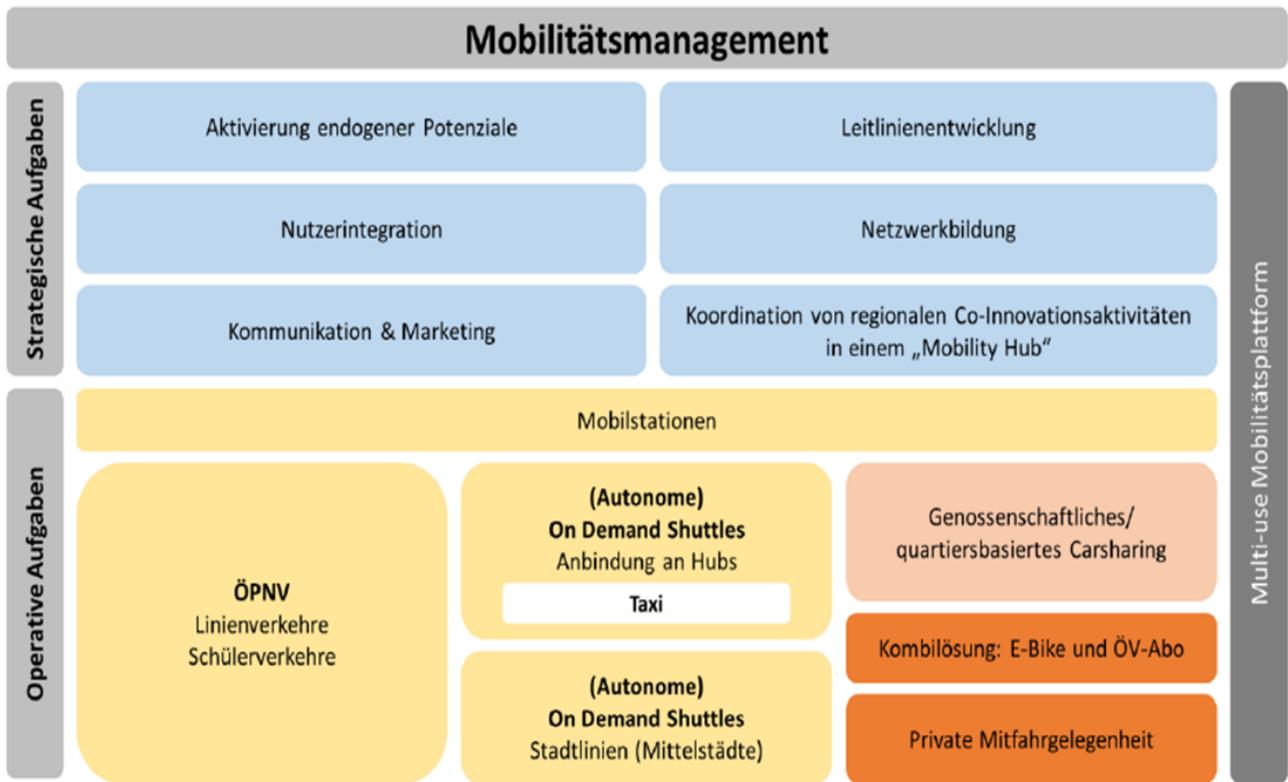


Abbildung: Smart Mobility Strategie für ländliche Räume

Auf Basis der Erkenntnisse aus der Fallstudie wurde eine „Smart-Mobility-Strategie“ für ländliche Räume entworfen. Hierbei soll eine Multi-use Mobilitätsplattform entstehen, welche die unterschiedlichen Mobilitätsangebote (ÖPNV, On Demand Angebote und Sharing Anbieter) in einem zentralen Angebot vereint. Der Ansatz umfasst sowohl operative Bausteine smarterer Services wie die Koordination der unterschiedlichen Anbieter, als auch wichtige strategische Aufgaben des Mobilitätsmanagements im ländlichen Raum. Als wichtigste Punkte können hierfür die Nutzerintegration, Aktivierung endogener Potenziale oder auch das Einrichten von Mobilstationen als praktische Orte zum Wechsel des Verkehrsmittels hervorgehoben werden.



## 2. Förderphase

Gina Dohmen, Prof. Dr. Martina Fromhold-Eisebith

### **Analyse wertebasierter Ansätze zur Unterstützung nachhaltiger Mobilität in urbanen kollektiven Wohnformen – anhand des Fallbeispiels der kollektiven Wohnformen in Aachen.**

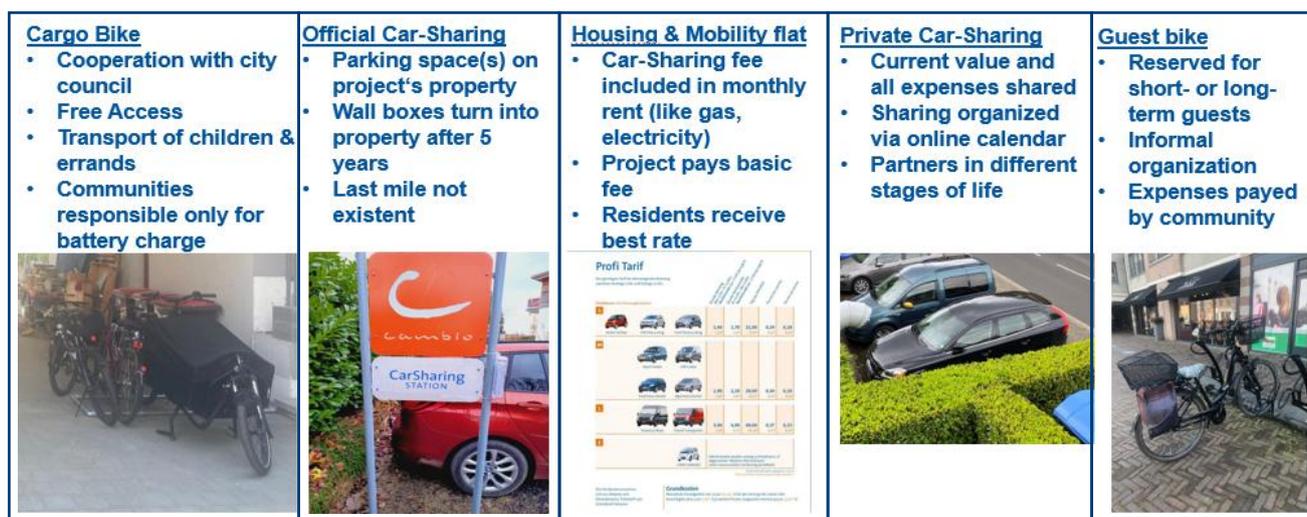
Im Jahr 2019 wurden 25% der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Europäischen Union vom Transportsektor verursacht, wovon 71% auf den Straßenverkehr entfielen. Im Gegensatz zum Transportsektor haben die anderen Sektoren Bauwirtschaft, verarbeitendes Gewerbe, Haushalte und Energiewirtschaft in der EU ihre Emissionen gegenüber dem Niveau von 1990 deutlich gesenkt. Die Forschung zur Verkehrswende hat sich bisher auf Dekarbonisierung konzentriert und dabei versäumt, die sozialen Anforderungen und die Sozialverträglichkeit zu berücksichtigen. Dabei ist Mobilität ein gesellschaftlich höchst relevantes Thema, welches mit verschiedenen Interessen- und Zielkonflikten konfrontiert ist. Verkehrspolitische Ziele tragen bisher nicht zur Verringerung der Verkehrsleistung oder des Verkehrsaufkommens bei und vernachlässigen soziale Aspekte, was sich in gehemmter Teilhabe und geringen Nutzerzahlen nachhaltiger Verkehrsmittel niederschlägt.

Mein Dissertationsprojekt adressiert diese Forschungslücke. Es nutzt wertebasierte Ansätze wie proximities und soziale Netzwerkforschung, um unterstützende Faktoren für nachhaltige Mobilität zu analysieren. Und es setzt dort an, wo sich Menschen bereits in anderen Lebensbereichen bewusst für mehr Nachhaltigkeit entschieden haben: in kollektiven Wohnformen. Für solche Wohnformen im ländlichen Raum wurde bereits bewiesen, dass deren Bewohner nachhaltiger leben und sich nachhaltiger bewegen als Menschen aus herkömmlichen Wohnformen. Dagegen sind kollektive Wohnformen im urbanen Raum noch nicht ausgiebig erforscht worden. Und das obwohl die Trends zur Individualisierung und Singularisierung in Städten, welche in fehlenden Unterstützungsnetzwerken und gesteigertem Mobilitätsbedarf resultieren, die Erforschung kollektiver urbaner Wohnformen besonders interessant macht.

Als Fallbeispiel eignen sich besonders die kollektiven Wohngemeinschaften in Aachen. Die westdeutsche Stadt bietet als Ballungsraum folgende Herausforderungen in Bezug auf Mobilität, Infrastruktur und rechtliche Rahmenbedingungen: Zum einen wird der ÖPNV aufgrund der geringen Dichte, Frequenz und des schlechten Preis-Leistungs-Verhältnisses als ungeeignete Alternative zum motorisierten Individualverkehr angesehen. Darüber hinaus ist das Fahrrad in Aachen ein beliebtes Verkehrsmittel, welches jedoch mit einem hohen Risikopotenzial verbunden ist. Weiterhin stellen die besonders strengen Regelungen zur Stellplatzbindung in Aachen ein großes Hindernis für die Kombination von Wohnen und nachhaltiger Mobilität dar. Trotz all dieser Hindernisse haben Menschen in gemeinschaftlichen Wohnformen in Aachen innovative Strategien für nachhaltige Mobilität umgesetzt und weiterentwickelt. Mit Hilfe moderner Methoden, wie z.B. Fußverkehrschecks, Walking-Interviews und sozialen Netzwerkkarten, werden diese Strategien auf der Ebene der Wohngemeinschaft untersucht.



Erste Ergebnisse zeigen, wie in der Forschung bereits oft bewiesen, dass auch in kollektiven Wohnformen die primären und kurzfristigen Beweggründe für eine Änderung des Mobilitätsverhaltens häufig Lebensereignisse wie ein Wohnortwechsel, Jobwechsel, der Eintritt in den Ruhestand, die Geburt eines Kindes oder ein Unfall sind. Sekundäre, langfristige Beweggründe in Form von sogenannten Spheres of Change entwickeln sich jedoch häufig durch die Einflüsse, denen die Bewohner in den kollektiven Wohnformen ausgesetzt sind. Solche Einflüsse können zum Beispiel durch die Beobachtung von Mitbewohnern entstehen, die eine Vorbildfunktion in puncto nachhaltige Mobilität einnehmen. Des Weiteren vor allem auch durch gemeinsames Engagement für bestimmte Ziele, die nachhaltige Mobilität und ihre Integration in den Alltag betreffen. Beispiele für Mobilitätsinnovationen, die durch dieses gemeinsame Engagement und die Vorbildfunktionen entstanden sind, zeigt Grafik 1.



Grafik 1: Ausgewählte Mobilitätsinnovationen aus Aachens kollektiven Wohnformen

Für die Entstehung und die Ausprägung dieses gemeinsamen Engagements und der Diffusion vorgelebter nachhaltiger Verhaltensweisen spielt der Shared Sense of Solidarity innerhalb der kollektiven Wohngemeinschaften eine wesentliche Rolle. Meine Untersuchungen haben gezeigt, dass dieser in verschiedenen kollektiven Wohnprojekten sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. Dies lässt sich zum Beispiel durch unterschiedliche Rechtsformen erklären, die in stark voneinander abweichenden Besitzverhältnissen und Abstimmungsverfahren resultieren. Auch die Zugänglichkeit, Lage und Organisation der Begegnungsräume sowie die Art und Regelmäßigkeit der darin stattfindenden spontanen und geplanten Treffen haben einen wichtigen Einfluss auf den Shared Sense of Solidarity. Daraus lassen sich Empfehlungen ableiten, wie gesellschaftliche und soziale Barrieren für nachhaltigen Mobilität abgebaut und die Nutzerzahlen nachhaltiger Verkehrsmodi erhöht werden können. Zudem lassen sich wichtige Erkenntnisse für die Verknüpfung von urbanem Wohnen und Mobilität gewinnen.



## Zusammenfassung

Das NRW Forschungskolleg ACCESS! hat sich von 2016 bis 2024 in zwei Förderphasen der Herausforderung gewidmet, nachhaltige Mobilitätssysteme zu erforschen und zu gestalten. Ein bedeutender Aspekt des Kollegs war die inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit. Die Promovierenden arbeiteten nicht nur innerhalb ihrer eigenen Disziplinen, sondern auch in interdisziplinären Gruppen sowie im Austausch mit Praxispartnern aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Dies ermöglichte eine ganzheitliche Betrachtung der Herausforderungen im Mobilitätssektor und führte zu praxisnahen Lösungen. In diesem inter- und transdisziplinären Umfeld forschten über acht Jahre insgesamt 24 Promovierende von 13 verschiedenen Lehrstühlen der RWTH Aachen University, gefördert vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen.

Die zentrale Fragestellung des Kollegs lautete in der ersten Förderphase „Welche Mobilität werden wir uns zukünftig leisten?“ Diese Frage wurde in vier spezifische Unterfragen unterteilt, um die technologischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Dimensionen zukünftiger Mobilität umfassend zu beleuchten. Die Promovierenden der ersten Förderphase konzentrierten sich darauf, Potenziale verschiedener Mobilitätsformen zu identifizieren und Visionen für die Zukunft zu entwickeln. In der zweiten Förderphase wurden konkrete Transformationspfade erarbeitet, die Handlungsempfehlungen zur Realisierung dieser Potenziale bieten. Dabei lag der Fokus auf drei hierarchischen Umsetzungsebenen: Serviceorientierte Technologie(-pfade), Kommunale Mobilitätskonzepte und Regionales Mobilitätssystem.

Für die praktische Umsetzung von mobilitätsbezogenen Innovationen sind die Implikationen, die aus den vorgestellten Forschungsvorhaben abgeleitet werden können, besonders relevant. Die grundlegende und wahrscheinlich wichtigste Feststellung ist, dass es kein „weiter so“ geben kann, da es zahlreiche Möglichkeiten zur Verbesserung unseres Mobilitätssystems gibt. Diese Möglichkeiten zeigen auch, dass der Wandel vielschichtig passieren muss und es keine Technologie gibt, die die Defossilifizierung des Verkehrssektors im Alleingang umsetzen kann. Einerseits hat das Kolleg gezeigt, dass Verbrennungsmotoren zu hohen externen Kosten führen, die von der Gesellschaft zu tragen sind. Andererseits zeigt sich aber, dass viele Jugendliche weiterhin ein eigenes Auto haben wollen oder im ländlichen Raum darauf angewiesen sind. An verschiedenen Stellen zeigt sich die Unzulänglichkeit des aktuellen Mobilitätsangebots: die hohen ökologischen und sozialen Folgen von autobasierter Unternehmensmobilität, die Gefahren, denen man sich auf dem Fahrrad oder zu Fuß aussetzt und den hohen Kosten für das Parkraummanagement. Gleichzeitig wurden im Kolleg vielversprechende Lösungen erforscht: das Leben autofreier Haushalte, Mobilitätslösungen in urbanen kollektiven Wohnformen und multimodale Mobilität. Ein vielseitiges, integriertes und defossilifiziertes Mobilitätsangebot ist notwendig, um unsere mobilitätsbezogenen Probleme zu lösen – insbesondere für den ländlichen Raum, in dem viele Menschen auf ihr Auto angewiesen sind. ACCESS! hat gezeigt, dass intelligent vernetzte On-Demand-Konzepte einen bedeutenden Beitrag leisten können.



Das gesamte Kolleg möchte sich herzlich für die Unterstützung des Ministeriums für Kultur und Wissenschaft (MKW) des Landes Nordrhein-Westfalen und aller beteiligten Unternehmen, Verbände und Unterstützer:innen bedanken! Ohne die vielseitigen Diskussions- und Reflexionsmöglichkeiten hätten die Ergebnisse des Kollegs nicht erreicht werden können. Dabei gilt auch ein besonderer Dank den Professorinnen und Professoren, die die Kollegiat:innen an vielen Stellen unterstützt und gezielt gefördert haben.

## Kontakt

Sprecherin des Kollegs:  
Prof. Dr. Grit Walther  
[walther@om.rwth-aachen.de](mailto:walther@om.rwth-aachen.de)

Koordination:  
Antonia Klopfer, M. Sc.  
Vladimir Stadnichuk, M.Sc.  
[access@om.rwth-aachen.de](mailto:access@om.rwth-aachen.de)

[www.accessnrw.rwth-aachen.de](http://www.accessnrw.rwth-aachen.de)

Lehrstuhl für Operations Management  
Kackertstraße 7  
52072 Aachen

## Förderkennzeichen

Das NRW Forschungskolleg ACCESS! wird gefördert vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft (MKW) Nordrhein-Westfalen unter dem Förderkennzeichen 321-8.03.07-127598.

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



