

Herausgegeben von

Jens Schippl
Uta Burghard
Nora Baumgartner
Barbara Engel
Martin Kagerbauer
Eckhard Szimba



Städtebauliche und sozioökonomische Implikationen neuer Mobilitätsformen

Beiträge aus

PROFILREGION MOBILITÄTSSYSTEME KARLSRUHE

Jens Schippl, Uta Burghard, Nora Baumgartner, Barbara Engel,
Martin Kagerbauer, Eckhard Szimba (Hrsg.)

Städtebauliche und sozioökonomische Implikationen neuer Mobilitätsformen

Beiträge aus: Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe

Städtebauliche und sozioökonomische Implikationen neuer Mobilitätsformen

Beiträge aus: Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe

herausgegeben von:

Jens Schippl

Uta Burghard

Nora Baumgartner

Barbara Engel

Martin Kagerbauer

Eckhard Szimba

Diese Veröffentlichung ist entstanden im Rahmen der Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe, gefördert aus Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst und des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg und als nationales Leistungszentrum aus Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft.

Impressum



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
KIT Scientific Publishing
Straße am Forum 2
D-76131 Karlsruhe

KIT Scientific Publishing is a registered trademark
of Karlsruhe Institute of Technology.
Reprint using the book cover is not allowed.

www.ksp.kit.edu



This document – excluding parts marked otherwise, the cover, pictures and graphs – is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>



The cover page is licensed under a Creative Commons Attribution-No Derivatives 4.0 International License (CC BY-ND 4.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.en>

Print on Demand 2021 – Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier

ISBN 978-3-7315-1110-6

DOI 10.5445/KSP/1000134617

Einführung und Überblick

Urbane Mobilitätssysteme sind im Wandel – angesichts der Tatsache, dass sowohl Mobilitätssysteme als auch Städte schon immer einem Wandel unterliegen, ist das zunächst eine triviale Aussage. Doch viele Experten gehen davon aus, dass sich urbane Mobilitätssysteme in den nächsten Jahrzehnten deutlich stärker ändern werden als dies in den letzten Jahrzehnten der Fall war. Die Städte in Deutschland sind weitgehend gebaut und werden sich in ihrer Grundstruktur weiterhin eher langsam wandeln. Allerdings könnte sich die Art, wie Mobilität organisiert wird und wie heutige Verkehrsflächen, einschließlich Parkflächen, genutzt werden, durchaus schneller ändern.

Ein entscheidender Treiber ist die Digitalisierung bzw. Automatisierung des Mobilitätssektors, die viele verbesserte und neue Optionen bietet, Mobilität effizienter und attraktiver zu gestalten (z.B. mit Car-Sharing, Leihrädern, flexiblen Shuttle-Bussen, App-basiertem Zugang zum ÖV, oder, perspektivisch, mit autonomen Fahrzeugen). Viele dieser Optionen stoßen auf ein wachsendes Interesse bei den Nutzern. Zu weiteren Treibern der Veränderung gehören u.a. das wachsende Bewusstsein für Klimaschutz, Gesundheitsschutz und für eine hohe Lebensqualität im städtischen Umfeld.

Viele Städte streben schon länger eine nachhaltige Entwicklung des Mobilitätssystems an und zielen darauf ab, die Anzahl und Nutzung privater Pkw in urbanen Räumen zu reduzieren, um mehr Raum für andere Verkehrsmittel zu schaffen sowie die Aufenthaltsqualität des öffentlichen Raums zu erhöhen. Trotz sichtbarer Erfolge sind auch heute noch viele urbane Flächen vom ruhenden und fließenden Pkw-Verkehr belegt. Doch neue Mobilitätsoptionen könnten, wenn sie denn genutzt würden, zu einem Rückgang des Interesses am Pkw führen. Weniger Pkw würden wiederum Flächen für andere verkehrliche, bauliche oder weitere Nutzungsmöglichkeiten freimachen. Hier könnte durch einen Wandel urbaner Mobilität ein Gestaltungspotential entstehen, das neue Möglichkeiten für die Stadtentwicklung eröffnet. Voraussetzung ist, dass neue Mobilitätsformen gegenüber dem privaten Pkw so attraktiv werden, dass sie sich durchsetzen können und dass in diesem Zuge insbesondere der Bedarf nach Parkflächen zurückgeht. Es deutet also einiges darauf hin, dass sich in nächster Zeit ein „Window of Opportunity“ auftut, das die Gelegenheit bietet, urbane Mobilität und das städtische Umfeld relativ schnell und nachhaltig zu wandeln. Dazu braucht es ein gutes Verständnis der Entwicklungspfade und Gestaltungsspielräume. Genau hierzu möchten die im vorliegenden Band enthaltenen Papiere einen Beitrag leisten. Räumlicher Fokus ist dabei Karlsruhe und in mehreren Papieren die Karlsruher Oststadt.

Entstanden sind die Beiträge im Rahmen des Forschungsvorhabens Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe, einem Netzwerk der Karlsruher Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Mobilitätsforschung, die gemeinsam in einem Leistungszentrum effiziente, intelligente und integrierte Lösungen entwickeln. Den wissenschaftlichen Kern bilden die Gründungspartner Karlsruher Institut für Technologie (KIT), die in Karlsruhe ansässigen Fraunhofer-Institute ICT, IOSB, ISI und IWM, die Hochschule Karlsruhe und das FZI Forschungszentrum Informatik. Die Forschungsarbeiten werden vom Land Baden-Württemberg gefördert.

Im Rahmen des Profilregion-Teilprojekts »Urbane Mobilität im Wandel« erforschten zahlreiche Forscher:innen unterschiedliche Aspekte der urbanen Mobilität. Innerhalb dieses Teilprojektes wurde in den Jahren 2019-2021 das Arbeitspaket „Städtebauliche und sozioökonomische Implikationen neuer Mobilitätsformen“ durchgeführt, auf das alle bis auf den letzten der Beiträge dieses Sammelbands zurückgehen. In diesem Arbeitspaket wurden in zwei Schwerpunkten interdisziplinär, mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen, Entwicklungspotenziale und Folgen neuer Mobilitätsformen mit Bezug zur Karlsruher Oststadt untersucht. Der erste Schwerpunkt beschäftigt sich explizit mit den Wechselwirkungen zwischen innovativen Mobilitätsformen und städtebaulichen Entwicklungen sowie mit Möglichkeiten und Herausforderungen für deren Bewertung aus Nachhaltigkeitsperspektive. Er umfasst die folgenden vier Beiträge:

1. *Szenarien für die Karlsruher Oststadt. Umnutzung von Verkehrsflächen als Beitrag zu einer nachhaltigen Quartiersentwicklung* (Barbara Engel, Daniel Grenz)
2. *Wer parkt hier wie lange? Eine Parkraumuntersuchung in der Karlsruher Oststadt* (Rosannah Seger, Gabriel Wilkes, Martin Kagerbauer)
3. *Soziale Akzeptanz von neuen Mobilitätsangeboten und städtebaulichen Veränderungen. Ergebnisse einer Interviewstudie* (Jens Schippl, Uta Burghard, Andreas Czech, Maïke Puhe)
4. *Indikatoren zur Bewertung zukünftiger urbaner Mobilitätsszenarien* (Tobias Rueb, Nora Baumgartner, Kira Schumacher)

Der zweite inhaltliche Schwerpunkt fokussiert auf die Veränderung der Nutzerkosten durch autonome Fahrzeuge und deren Auswirkungen auf die Mobilität. Er umfasst zwei Beiträge:

5. *Wie ändern sich Mobilitätskosten durch die Automatisierung im Verkehr?* (Eckhard Szimba, Lukas Leisener)
6. *Modellierung autonomer Fahrzeuge durch veränderte Verkehrsmittelwahlparameter – Fallbeispiel Karlsruhe-Oststadt* (Gabriel Wilkes, Eckhard Szimba, Martin Kagerbauer)

Der letzte Beitrag ist ebenfalls im Rahmen von Profilregionen Mobilitätssysteme entstanden, allerdings in der vorhergehenden Förderphase. Inhaltlich schließt der Beitrag an das zweite Schwerpunktthema an:

7. *Automation-driven transformation of road infrastructure: a multi-perspective case study* (Max Reichenbach, Barbara Engel, Torsten Fleischer, Martin Hartmann, Martin Kagerbauer, Nikolas Rogge, Jens Schippl, Eckhard Szimba)

Insgesamt bestätigen die Beiträge, dass die meisten neuen Mobilitätsdienstleitungen erhebliche Potentiale mitbringen, um das Mobilitätssystem nachhaltig zu ändern. Es wird aber auch an vielen Stellen deutlich, dass es einer politischen Flankierung und Gestaltung Bedarf, um diese Potentiale zu heben. Das gilt insbesondere für das automatisierte Fahren, das grundsätzlich auch den motorisierten Individualverkehr stärken könnte. Weiter zeigen die Beiträge auf, wie wichtig es ist, mobilitätsbezogene, städtebauliche und raumplanerische Perspektiven zu integrieren, um die großen Chancen zu nutzen, welche die Digitalisierung und Automatisierung des Mobilitätssektors mit sich bringen.

Es bedarf klarer und umfassender Zielvorgaben, die aufzeigen, wohin und wie sich die urbane Mobilität unter Berücksichtigung der zu erwartenden Änderungen und Dynamiken entwickeln soll. Diese Ziele oder Leitbilder müssen gleichzeitig von einem Großteil der Bürger:innen mitgetragen werden, denn ohne ein gewisses Maß an sozialer und politischer Akzeptanz wird die Umsetzung entsprechender Maßnahmen schwer oder gar unmöglich. In einem Positionspapier aus dem Jahr 2018 mit dem Titel „Nachhaltige Städtische Mobilität für alle. Agenda für eine Verkehrswende aus kommunaler Sicht“ fordert der Deutsche Städtetag sehr treffend: *„Es bedarf eines breiten politischen und gesellschaftlichen Konsenses für eine nachhaltige Mobilität für alle“*. Attraktive neue Mobilitätsangebote und attraktive Perspektiven für die Stadtgestaltung sollten dazu beitragen, dass so ein Konsens erreichbar und politisch umsetzbar werden kann.

Die Herausgeber:innen: Jens Schippl, Nora Baumgartner, Uta Burghard,
Barbara Engel, Martin Kagerbauer, Eckhard Szimba

Inhaltsverzeichnis

Einführung und Überblick.....	i
Szenarien für die Karlsruher Oststadt. Umnutzung von Verkehrsflächen als Beitrag zu einer nachhaltigen Quartiersentwicklung	1
<i>Barbara Engel, Daniel Grenz</i>	
Kurzfassung.....	1
1 Stadtraum und (autonome) Mobilität.....	1
2 Potenziale für die Umgestaltung.....	4
2.1 Grün- und Freiraumstruktur.....	5
2.2 Äußere und innere Erschließung.....	6
2.2.1 Parktyp Tiefgarage	6
2.3 Straßenräume und ruhender Verkehr.....	6
2.3.1 Parken im öffentlichen Raum	7
2.3.2 Einseitiges Parken	8
2.3.3 Beidseitiges Parken längs.....	7
2.3.4 Beidseitiges Parken längs und quer	9
2.3.5 Beidseitiges Parken quer.....	9
2.3.6 Beidseitiges Parken und zusätzliches Parken auf dem Mittelstreifen	9
2.3.7 Parken auf privaten Liegenschaften	10
2.3.8 Parken im Innenhof.....	10
2.3.9 Parktyp Hochgarage.....	11
3 Szenarien für die Umgestaltung	11
3.1 Annahmen und Rahmenbedingungen	12
3.1.1 Klimaangepasste und nachhaltige Quartiersentwicklung.....	13
3.1.2 Grüne statt graue Straßenräume.....	14
3.1.3 Urban Gardening und städtisches Wohnzimmer.....	15
3.1.4 Gemeinschaftsgärten und Nachbarschaftsparks	16
3.1.5 Parken	18
4 Resümee und Ausblick.....	18
Literatur	19
Bildnachweise	20

Wer parkt hier und wie lange?

Eine Parkraumuntersuchung in der Karlsruher Oststadt 21

Rosannah Seger, Gabriel Wilkes, Martin Kagerbauer

Kurzfassung 21

1 Problemstellung 21

2 Untersuchungsgebiet und Methodik 22

3 Ergebnisse 25

4 Fazit 30

Literatur..... 30

Soziale Akzeptanz von neuen Mobilitätsangeboten und städtebaulichen

Veränderungen. Ergebnisse einer Interviewstudie 31

Jens Schippl, Uta Burghard, Andreas Czech, Maïke Puhe

Kurzfassung 31

1 Einleitung 32

2 Konzeptioneller Hintergrund 37

2.1 Stabilität und Veränderbarkeit von Mobilitätsverhalten und
Alltagskonfigurationen 37

2.2 Soziale Akzeptanz..... 39

3 Methode 40

3.1 Untersuchungsraum..... 41

3.2 Untersuchungsgruppen: Personen mit und Personen ohne Kinder 42

3.3 Empirisches Vorgehen..... 43

3.3.1 Instrumente der Datenerhebung..... 44

4 Zur Analyse sozialer Netzwerkkonfigurationen 48

4.1 Motivation..... 49

4.2 Zeitliche Flexibilität 49

4.3 Räumliche Flexibilität 51

4.4 Reflexionstiefe 52

5 Ergebnisse – die Veränderbarkeit von Beziehungen 53

5.1 Die Widerstandstypologie..... 53

5.2 Substituierbarkeit..... 53

5.3 Raum-zeitliche Flexibilität 53

5.4	Die Typologie.....	54
6	Soziale Akzeptanz von neuen Mobilitätsangeboten	57
6.1	Carsharing	58
6.2	E-Scootersharing	59
6.3	Bikesharing	60
6.4	Ridepooling	60
7	Zwischenfazit: Alltagsgestaltung und die Bewertung neuer Mobilitätsdienstleistungen	61
7.1	Wohnstandort und soziale Akzeptanz von städtebaulichen Änderungen	62
7.2	Bewertung der Kriterien zur Wohnstandortwahl	62
7.3	Soziale Akzeptanz der städtebaulichen Änderungen	64
8	Diskussion und Schlussfolgerungen	68
	Literatur	71
	Anhang 1	74
	Indikatoren zur Bewertung zukünftiger urbaner Mobilitätsszenarien	77
	<i>Tobias Rueb, Nora Baumgartner, und Kira Schumacher</i>	
	Kurzfassung	77
1	Einleitung.....	77
2	Literaturüberblick	79
2.1	Nachhaltige Mobilität: Ziele und Leitbilder.....	79
2.2	Nachhaltigkeitsbewertung im Anwendungsfall	80
2.3	Mobilitätsbewertung unter Einbindung von Szenarien	81
2.4	Einordnung des eigenen Ansatzes	82
3	Anwendungsbeispiel Karlsruher Oststadt	83
3.1	Charakterisierung des Untersuchungsraums	83
3.2	Bestimmung des Pkw-Verkehrsaufkommens im Quartier	84
4	Szenario-Erstellung und -Analyse im Anwendungsfall.....	85
4.1	Feldbestimmung und inhaltliche Ausgestaltung.....	85
4.2	Identifikation von Schlüsselfaktoren.....	86
4.3	Analyse exogener Schlüsselfaktoren.....	88
4.4	Anpassung im Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs	88
5	Methodik der Indikatorberechnung.....	90

6 Ergebnisse	93
7 Bewertung und Diskussion	99
Literatur.....	101
Wie ändern sich Mobilitätskosten durch die Automatisierung im Verkehr?	107
<i>Eckhard Szimba, Lukas Leisener</i>	
Kurzfassung	107
1 Einleitung	108
2 Referenzfahrzeuge und berücksichtigte Kostenkomponenten.....	108
3 Monetäre Kosten	110
3.1 Annahmen.....	110
3.2 Ergebnisse.....	111
4 Zeitkosten	112
5 Anwendung auf die Pendlerrelation Graben-Neudorf – Karlsruhe Oststadt	112
6 Zusammenfassung und Implikationen für die Politik.....	114
Literatur.....	115
Modellierung autonomer Fahrzeuge durch veränderte Verkehrsmittelwahlparameter – Fallbeispiel Karlsruhe-Oststadt.....	117
<i>Gabriel Wilkes, Eckhard Szimba, Martin Kagerbauer</i>	
Kurzfassung	117
1 Hintergrund und Fragestellung.....	117
2 Methodik	118
2.1 Verkehrsnachfragemodellierung mit mobiTopp	118
2.2 Verwendetes Verkehrsmodell.....	120
2.3 Modellierung der autonomen Fahrzeuge	121
3 Ergebnisse und Diskussion.....	122
3.1 Simulationsergebnisse	122
3.2 Diskussion	123
4 Fazit	124
Literatur.....	125

Automation-driven transformation of road infrastructure: a multi-perspective case study	127
<i>Max Reichenbach, Barbara Engel, Torsten Fleischer, Martin Hartmann, Martin Kagerbauer, Nikolas Rogge, Jens Schippl, Eckhard Szimba</i>	
Abstract	127
1 Introduction.....	127
2 Operational design domains for L4 vehicles	130
3 Case study description	132
4 Effects on traffic flow and travel times	134
4.1 Methodology.....	134
4.2 Results	135
4.2.1 Freeway Segments	135
4.2.2 At-grade intersections	135
4.2.3 Neighborhood	137
4.2.4 Impact on travel times	138
5 Effects on travel time related user benefits	139
5.1 Methodology.....	139
5.2 Results	140
6 Impact on urban development	142
6.1 Perspectives for spatial transformation of streetscapes	142
6.2 District and classification of streets and parking zones	144
6.3 Examples for spatial transformations of the street space	144
6.4 Benefits for the Oststadt district.....	146
7 Discussion	148
7.1 Limitations and potential areas of conflict.....	149
8 Outlook.....	150
Acknowledgements.....	151
References	152

Szenarien für die Karlsruher Oststadt. Umnutzung von Verkehrsflächen als Beitrag zu einer nachhaltigen Quartiersentwicklung

Barbara Engel^{1*}, Daniel Grenz¹

¹ *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Insitut Entwerfen von Stadt und Landschaft (IESL), Professur Internationaler Städtebau und Entwerfen, Karlsruhe, Deutschland*

* *Corresponding author: barbara.engel@kit.edu*

Kurzfassung

Mit der Beanspruchung großer Flächen für fahrende und parkierende Fahrzeuge hat der private Autoverkehr beträchtliche Auswirkungen auf das Ortsbild, aber auch die Lebensqualität in den Städten. Derzeit wird diskutiert, dass zukünftig neue, autonome Mobilitätsangebote, z.B. in Form kleiner und flexibler, selbstfahrender Shuttle-Busse, die Zahl an privaten Pkw und damit insbesondere den Bedarf nach Stellplätzen zurückgehen lassen könnten. In diesem Beitrag wird am Beispiel der Karlsruher Oststadt untersucht, welche neuen städtebaulichen Möglichkeiten sich ergeben könnten, wenn Parkplätze im Quartier nicht mehr benötigt würden. Wie die Ergebnisse zeigen, böte die Reduzierung von parkenden Kfz im öffentlichen Raum und auf privaten Liegenschaften große Chancen für einen Raumgewinn – mehr Platz für andere Verkehrsteilnehmer, für vielfältige Nutzungen und mehr Grün. Gleichzeitig wird deutlich, dass diese Flächen aufgrund ihrer Kleinteiligkeit und Fragmentiertheit sich nur für bestimmte Nutzungen eignen. Auch wenn die konkrete Umgestaltung einer weiteren Betrachtung und Planung bedarf, werden die vorhandenen Potenziale für die Aufwertung von Stadträumen deutlich.

1 Stadtraum und (autonome) Mobilität

Mobilität, Verkehr und Stadtstruktur sind eng miteinander verknüpft. Geprägt von politischen, gesellschaftlichen, technologischen und wirtschaftlichen Veränderungen stehen Siedlungs- und Verkehrsstrukturen in engen Abhängigkeiten. Raum- und

Siedlungsstrukturen sind wichtige Determinanten des Verkehrsverhaltens – gleichzeitig haben neue Mobilitätsformen die Räume von Städten und Stadtregionen verändert. Das Mobilitätsverhalten der Menschen wirkt direkt auf die Inanspruchnahme von Flächen, Energie und Rohstoffen. Alltagsmobilität wird beeinflusst von der Raumstruktur einer Stadt oder Region und den möglichen Erreichbarkeiten, d.h. dem vorhandenen Verkehrsangebot. Die Eigenschaften der Stadtstruktur, der gebaute Raum der Stadt bilden eine wichtige Grundlage für Mobilitätsentscheidungen von Haushalten und Unternehmen, sie befördern oder schließen bestimmte Verkehrsformen aus.

Heute haben wir es mit einer Stadtgesellschaft zu tun, die mannigfaltige Lebensstile und Familienformen aufweist sowie von einer großen sozialkulturellen Aufspreizung geprägt ist.¹ Entsprechend divers ist auch das individuelle Mobilitätsverhalten, das von Lebensstilen und persönlichen Präferenzen sowie der gebauten Umgebung und vorhandenen Verkehrsangeboten abhängt. Darüber hinaus wirken sich der demografische Wandel wie auch ein geändertes Werte- und Umweltbewusstsein auf das Verkehrsverhalten der Menschen aus. Bei vielen Menschen ist ein neues Mobilitätsverhalten zu beobachten. Vor allem junge Städter sind immer häufiger ohne eigenes Auto mobil. Die Zahl der Carsharing-Fahrzeuge und der Carsharing-Nutzer steigt stetig. Speziell in Ballungsräumen verliert das Auto mehr und mehr seine Funktion als Statussymbol. Gleichzeitig eröffnen soziale und technische Innovationen neue Gestaltungsoptionen für eine attraktive und nachhaltige Mobilität.

Gleichzeitig beansprucht nach wie vor der fließende und ruhende Autoverkehr heute in den meisten Straßen den Großteil des öffentlichen Raums. Für Fußgänger und Radfahrer stehen meist nur schmale Randbereiche zur Verfügung. Oft sind Gehwege und Radwege zugeparkt, Shared Space-Situationen sind auf Parkanlagen und Plätze beschränkt. Mit der Beanspruchung großer Flächen für fahrende und parkierende Fahrzeuge und in der Beeinträchtigung des öffentlichen Raumes und seiner Zweckentfremdung hat der private Autoverkehr beträchtliche Auswirkungen auf das Ortsbild, aber auch die Lebensqualität in den Städten. Emissionen von Lärm und Abgasen belasten die Umwelt, gefährden die Gesundheit ihrer Bewohner und mindern die Lebensqualität in der Stadt. Einige Städte sind durch den Fahrzeugverkehr so stark beansprucht, dass die Schadstoffbelastung in der Luft die zulässigen Höchstwerte überschreitet.

Viele Experten erwarten, dass die fortschreitende Digitalisierung zu sehr starken Änderungen im Mobilitätssystem und damit auch im Stadtraum führen wird. Das gilt

¹ Canzler 2013, S. 69

insbesondere für die Einführung automatisierter Fahrzeuge, auch wenn bisher offen bleibt, wann und in welcher Form diese Fahrzeuge realisiert werden.²

Die derzeit diskutierten Entwicklungspfade automatisierten Fahrens sind vielfältig und sollen an dieser Stelle nicht weiter thematisiert werden. Grundlegende Annahme ist jedoch, dass der Bedarf an Flächen für den ruhenden Verkehr in Städten erheblich zurückgeht. Das gilt besonders für den Fall, dass sich vollautomatisierte Fahrzeuge durchsetzen und gleichzeitig kollektiv genutzt werden, z.B. in Form kleinerer, flexibler Shuttlebusse, welche über App kurzfristig bestellbar sind und die Fahrgäste in einem Bedienegebiet überall abholen und überall hinbringen³. Ein Fahrer wäre in diesem Szenario nicht mehr erforderlich, das Fahrzeug kann sich im Bedienegebiet selbständig zurechtfinden. Entsprechende autonome Shuttles werden derzeit in Deutschland (z.B. im Karlsruher Stadtteil Weiherfeld-Dammerstock) und vielfach auch in anderen Ländern getestet. Das kürzlich vom Bundestag verabschiedete „Gesetz zum autonomen Fahren“ soll die Entwicklung und Einführung solcher Angebote unterstützen.

Mit der technologischen Entwicklung im Bereich automatisierten Fahrens ergeben sich neben organisatorischen auch städtebauliche Fragen und Aufgaben: hinsichtlich der Neugestaltung von Verkehrsräumen, der Umnutzung und -gestaltung von nicht mehr benötigten Parkflächen, bezüglich der Platzierung von Sammelparkeinrichtungen an anderer Stelle u.v.m. Nicht nur sind Überlegungen wichtig, die sich aus den Anforderungen veränderter Verkehrsflüsse ergeben, sondern auch solche, die sich aus dem stadträumlichen Kontext an das automatisierte Fahren ergeben – nicht alles, was technologisch machbar ist, ist ggf. aus städtebaulicher oder stadtgeseellschaftlicher Perspektive erwünscht. Vor diesem Hintergrund stehen weder die technischen und organisatorische Voraussetzungen für die Umsetzung der oben skizzierten Entwicklungsoptionen für automatisiertes Fahren, noch deren verkehrliche Folgen im Mittelpunkt dieses Beitrags. Es geht vielmehr um die neuen städtebaulichen Möglichkeiten, die sich ergeben, wenn die Parkflächen nicht mehr benötigt würden.

Dieser Beitrag dokumentiert Ergebnisse, die im Rahmen des Forschungsprojektes „Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe“, gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst und vom Ministerium für Finanzen und Wirtschaft des Landes Baden-Württemberg seit 2016 erarbeitet wurden. In Zusammenarbeit mit Kollegen des Institutes für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), des Institutes für Verkehrswesen (IFV), des Institutes für Volkswirtschaftslehre (ECON) am Karlsruher Institut für

² Thomopoulos, Givoni, 2015; Fleischer, Schippl 2018

³ vgl. Canzler, Knie 2016; Friedrich, Hartl, 2016

Technologie sowie des Fraunhofer Institutes für System- und Innovationsforschung (ISI) hat die Professur Internationaler Städtebau (ISTB) mögliche Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf den Stadtraum untersucht. Grundlegende Annahme der Untersuchung war, dass nicht mehr benötigte Stellplatzflächen für PKW sowohl im öffentlichen als auch im privaten Raum für andere Nutzungen zur Verfügung stehen und somit ein Mehrwert an Nutzungs- und Gestaltungsraum für die Bewohner generiert werden könnte.

Als Untersuchungsareal diente die Oststadt, ein Stadtteil, der in vielerlei Hinsicht typisch und vergleichbar mit vielen anderen deutschen und europäischen Städten ist. In der Studie wurde der Frage nachgegangen, welche Potenziale Stellplätze für die Umgestaltung und Rückgewinnung als Lebensräume besitzen. Ziel war es einerseits zu untersuchen, welche Möglichkeiten sich durch den Wegfall von Stellplätzen für die Umnutzung, eine funktionale Ergänzung, aber auch bauliche Erneuerung und Verdichtung von Baustrukturen ergeben. Welche Rahmenbedingungen geben die vorhandene spezifische Stadtstruktur und die Nachbarschaften vor? Auch die privaten Parkplatzflächen böten ein vielfaches Mehr an Raum für die Bewohner, würde man sie zur Disposition stellen: Ergänzende Wohn- und Nachbarschaftsräume, private oder gemeinschaftliche Gärten sind nur einige der räumlichen Optionen.

2 Potenziale für die Umgestaltung

Der Anblick vieler Straßen in Karlsruhe wird von langen Reihen parkender Autos geprägt, die Oststadt bildet hier keine Ausnahme. Zwar ist der Stadtteil wie ganz Karlsruhe überhaupt aufgrund seiner Lage und Größe prädestiniert zum Fahrradfahren, eine adäquate Infrastruktur wie separate Fahrspuren oder ausreichende Abstellmöglichkeiten fehlen jedoch. Eine vielfältige Bewohnerschaft und verschiedenste Nutzungen machen die Oststadt zu einem vitalen Stadtteil, doch kommt der Großteil des öffentlichen Raumes fahrenden und parkenden Autos zugute. Der Straßenquerschnitt priorisiert die Durchfahrt des motorisierten Verkehrs, Gehwege sind oft schmale Randbereiche.

Mit der Einführung des automatisierten Fahrens könnten Flächen im öffentlichen Raum, die derzeit als Autostellplätze genutzt werden, umgestaltet und umgenutzt werden.⁴ Auch auf privatem Grund, in Innenhöfen, Hoch- und Tiefgaragen gibt es Flächenpotenziale, die für neue Nutzungen zur Verfügung stehen könnten. Die Reduzierung oder der

⁴ vgl. Heinrichs 2015, S. 231

gänzliche Abbau von parkenden Kfz im öffentlichen Raum und auf privaten Liegenschaften böte große Chancen für einen Raumgewinn – mehr Platz für andere Verkehrsteilnehmer, für vielfältige Nutzungen und mehr Grün. Möglich wären eine Verbreiterung von Gehwegen oder die Einordnung von separaten Fahrbahnen für Radfahrer. Die Anpflanzung von Bäumen und Beeten könnte eine Verbesserung des Klimas erzielen. Es könnten attraktive Aufenthaltsbereiche für Begegnung, Kommunikation und, Erholungsflächen entstehen – ein Mehr an Lebensqualität im Quartier.

Das Untersuchungsgebiet mit einer Größe von circa 45 Hektar weist hauptsächlich gründerzeitliche Typologien mit einer Geschosshöhe von drei bis fünf Vollgeschossen sowie einem Dachgeschoss auf. Neben der überwiegenden Wohnnutzung finden sich in vielen Erdgeschosszonen kleinere Läden oder andere gewerbliche Einheiten, vereinzelt Baufelder sind gänzlich gewerblich genutzt oder mit Sondernutzungen belegt.

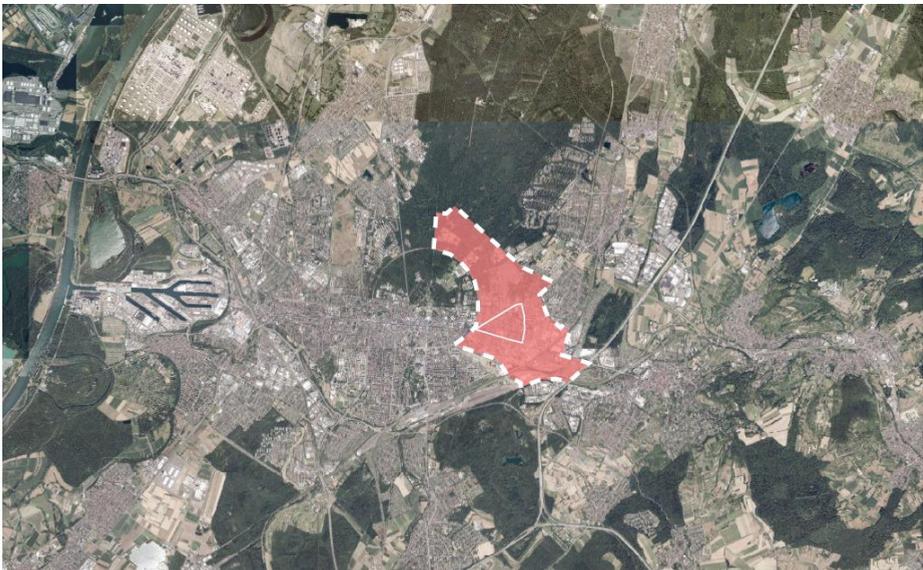


Abbildung 2.1: Das Untersuchungsgebiet in der Oststadt

2.1 Grün- und Freiraumstruktur

Die Oststadt verfügt insbesondere im Norden mit Hardtwald, Hauptfriedhof, und den Schrebergärten um die Hagsfelder über großräumige Frei-, und Erholungsräume, während im Süden die großen Parkflächen (Otto-Dullenkopf-Park, alter Friedhof) und das alte Schlachthofgelände dominieren. Im urbanen Kerngebiet der Oststadt, zu dem auch das Untersuchungsgebiet zählt, sind vor allem kleine Plätze zu finden.

2.2 Äußere und innere Erschließung

Das Quartier ist durch die S- und Straßenbahn mit Stationen auf der Durlacher Allee (Durlacher Tor, Gottesauer Platz und Tullastraße) vom Sü, den Stationen Karl-Wilhelm-Platz und Hauptfriedhof im Norden sowie durch die Haltestellen Hauptfriedhof/Tullastraße und Rintheimer Straße im Osten umseitig gut öffentlich erschlossen. Die Binnenerschließung erfolgt jedoch ausschließlich mit Privatfahrzeugen.

Am nordöstlichen Rand des betrachteten Quartiers liegt die Höpfner Brauerei – der verursachte Zulieferverkehr und Arbeitsverkehr wird in dieser Untersuchung jedoch ausgeklammert. Im gesamten Quartier ist die Geschwindigkeit auf 30 km/h begrenzt und es gilt Rechts-vor-links-Verkehr. Ein Kreisverkehr am Kreuzungspunkt von Gerwigstraße und Georg-Friedrich-Straße sowie einige Zebrastreifen regeln den Verkehr zusätzlich.

2.2.1 Parktyp Tiefgarage

Bei vielen der Blöcke aus der Oststadt, in denen es zu Kriegszerstörungen kam, wurden zum Großteil zwischen 1960 und 1990 beim Wiederaufbau Tiefgaragen unter die Innenhöfe gebaut. Es handelt sich um ein- bis zweigeschossige Garagenbauten, die insgesamt circa 13.000 m² Fläche im Untersuchungsgebiet ausmachen. Aufgrund der Erschließungslogik mit langer Rampe und Erschließungswegen zwischen den Parkplätzen in der Tiefgarage und der maximalen Ausnutzung der Dimensionen des jeweiligen Blocks hat dieser Typ eine relativ große Mindestfläche von 700 m² und kann bei zweigeschossigen Typen bis zu 5.000 m² erreichen, wie beispielsweise bei der Tiefgarage unter dem ehemaligen Mosch-Center.

2.3 Straßenräume und ruhender Verkehr

Die Binnenerschließung des Quartiers erfolgt über die Quartiersstraßen. Diese sind überwiegend zweispurig, mit Ausnahme der Rudolfstraße und der Bernhardstraße, die als einspurige Einbahnstraße nur von Süd nach Nord zu befahren ist, mit je einem Fahrstreifen für jede Fahrtrichtung. Im östlichen Teil der Gerwigstraße sowie in der Veilchenstraße sind die Spuren durch einen breiten Mittelstreifen getrennt, der zum Teil begrünt und zum Teil für den ruhenden Verkehr reserviert ist. Im Quartier selbst gibt es keine ausgewiesenen Radwege. Die Fußwegbreiten variieren zwischen 1 Meter und 2,5 Metern. Die straßenseitigen Gebäude werden im Regelfall von der Straße aus erschlossen, die Gebäude in den Blockinnenbereichen über zahlreiche Durchbrüche sowohl für den Anlieferungsverkehr als auch für Kunden und Bewohner.

Straßenräume und Stellplatzflächen kartiert und in Schnitt und Aufsicht analysiert. Anschließend wurde entsprechend der Anordnung der Stellplätze eine Kategorisierung vorgenommen. Ziel dabei war es, Typen zu identifizieren, die bei zukünftigen Betrachtungen einen schnellen Rückschluss auf mögliche Umnutzungen der Parkflächen in Bezug auf Fläche und Funktion zulassen.

Je nach Anordnung der Stellplätze ergeben sich unterschiedliche Umnutzungspotenziale.

2.3.2 Einseitiges Parken

Diesen Typ gibt es nur am Kreuzungspunkt der Gerwigstraße /Sternbergstraße. Es wird einseitig längs zur Fahrtrichtung geparkt. Die Stellplatzflächen sind beidseitig von Verkehrsflächen begrenzt: Gehweg auf der einen und Fahrspur auf der anderen Seite. Größe und Proportion ermöglichen nach einer Transformation verschiedene Nutzungen, sowohl kommerzieller als auch kultureller Natur, auch eine Begrünung ist denkbar. Aufgrund der Lage der Parkplätze im Kreuzungsbereich und die daraus resultierende doppelten Frequenz kommt eine erhöhte Sichtbarkeit hinzu. Da die Kreuzungsbereiche stark einsehbar sind, eignet sich der Raum nicht für Räume die einen hohes Maß an Privatheit erfordern. Außerdem eignen sich die Räume nicht für die Einordnung von z.B. Rad- oder anderen Verkehrswegen da punktuell Bäume die Verbindungen unterbrechen. Es ist ein Flächenpotenzial von 2 bis 6 m² pro laufendem Straßenmeter vorhanden, im gesamten Quartier sind es insgesamt rund 275 m². Die Proportionen der freigegebenen Flächen liegen zwischen 4,5 m x 7,5 m und 4,5 m x 27,5 m.

2.3.3 Beidseitiges Parken längs

Es kann beidseitig entlang der Fahrtrichtung geparkt werden. Die Parkplätze liegen zwischen Fahrbahn und Gehweg. Hier würden nur schmale Flächen mit einer Breite von circa 2 m nutzbar – gleichzeitig flankieren diese Flächen quasi durchgängig den Straßenraum. Damit bieten sich für eine Umgestaltung vor allem für lineare Funktionen, wie die Etablierung von Verkehrswegen, die Erweiterung von Straßenräumen oder Gehwegen an, aber auch die Pflanzung von straßenbegleitenden Bäumen. Für bauliche Maßnahmen sind die Flächen eher ungeeignet. Durchschnittlich ist in dieser Kategorie ein Flächenpotenzial von 4 m² pro laufendem Straßenmeter vorhanden – insgesamt 2.387 m² mit Proportionen zwischen 2 m x 10 m und 2 m x 165 m.

2.3.4 Beidseitiges Parken längs und quer

Auf beiden Seiten der Straße ist Parken möglich – einmal entlang der Fahrtrichtung und einmal quer zur Fahrtrichtung. Die Qualitäten dieses Typs sind vielschichtig. Es ergibt sich einseitig die Möglichkeit, die Parkplätze längs zur Straße zu einem Netz zu verbinden, da diese nicht durch Bepflanzungen unterbrochen werden. Während auf der gegenüberliegenden Seite sich die Proportionen der frei werdenden Flächen gut für bauliche Interventionen eignen, sich eine Vernetzung der Parkflächen wegen der Unterteilung der Parkfläche mit Bäumen aber schwieriger gestaltet. Die Proportionen der zur Disposition stehenden Flächen eignen sich gut für kleine räumliche Interventionen, wie beispielweise Sitzgelegenheiten oder Hochbeete, für größere bauliche Maßnahmen sind die Flächen nur eingeschränkt nutzbar. In dieser Kategorie ergibt sich ein Flächenpotenzial von ca. 6 bis 7 m² pro laufendem Straßenmeter, insgesamt belegt dieser Parkplatztyp 6.090 m². Davon sind 2.445 m² längs zur Fahrbahn ausgerichtet und 3.645 m² quer. Die Proportionen der Parkflächen längs zur Fahrbahn bewegen sich im Bereich zwischen 2 m x 10 m und 2 m x 120 m. Die Proportionen der quer liegenden Parkflächen liegen im Bereich zwischen 5 m x 5,5 m und 6 m x 57 m.

2.3.5 Beidseitiges Parken quer

Auf beiden Seiten der Straßen kann quer zur Fahrtrichtung geparkt werden. Die Parkflächen werden in unregelmäßigen Abständen von Bepflanzungen unterbrochen und grenzen an beiden Seiten an Verkehrsflächen. Mit einer Tiefe von bis zu 6 m sind sie aber auch für bauliche Interventionen geeignet. Aufgrund der Lage – gut einsehbar und gut erreichbar und einer folglich relativ hohen Frequentierung durch Fußgänger eignet sich der Raum für besonders für kommerzielle Nutzungen, wie z.B. Kioske. Aufgrund der klaren Sequenzen ist dieser Typ ungeeignet für die Erweiterung des Verkehrsnetzes. Für qualifizierte Grünräume eignen sich die frei werdenden Flächen aufgrund ihrer Proportion die selten das Verhältnis von 1:8 überschreitet und des hohen absolutem Flächenpotentials, gut. Es ist ein Flächenpotenzial von circa 10 bis 12 m² pro laufendem Straßenmeter vorhanden, insgesamt sind dies 5.684 m² mit Flächen von Proportionen im Bereich von 5 m x 5 m bis 5 m x 40 m.

2.3.6 Beidseitiges Parken und zusätzliches Parken auf dem Mittelstreifen

Es wird auf beiden Seiten entlang der Fahrtrichtung geparkt und zusätzlich auf oder entlang eines Mittelstreifens. Es wird in drei bis vier Reihen geparkt. Entweder stehen alle Fahrzeuge längs zur Fahrtrichtung oder drei Reihen stehen in Fahrtrichtung und eine

Reihe quer zur Fahrbahn. Die Flächen an der Verkehrsinsel, die freigegeben werden, haben meist den größtmöglichen Abstand zur bestehenden Bebauung und sind daher – noch besser als der Typ „Parken beidseitig quer“ für bauliche Maßnahmen. Jedoch sind aufgrund der schlechten Erreichbarkeit solche Nutzungen ungeeignet, für die ein hohes Maß an Laufkundschaft erforderlich ist. Dieser Typ besitzt ein Flächenpotenzial von 8 bis 10 m² pro laufendem Straßenmeter, insgesamt werden 5.846 m² belegt. Die sich ergebenden Proportionen liegen zwischen 5 m x 40 m und 5 m x 120 m bei den Parkplätzen quer zur Fahrbahn bzw. bei 2 m x 115 m längs zur Fahrbahn.

2.3.7 Parken auf privaten Liegenschaften

Bei den Parkraumtypen auf privatem Grund wurden drei Typen identifiziert, das Parken im Innenhof sowie die Hoch- und die Tiefgarage.



Abbildung 2.3: Strukturkarte Parkraumtypen

2.3.8 Parken im Innenhof

Viele Innenhöfe der Blockrandbebauungen dienen dem Abstellen von Autos. Hierzu gehören Parkplätze, die unter freiem Himmel oder nur unter einem auskragenden Dach in den privaten Flächen stehen. Die Größen dieser Stellplatzflächen variieren zwischen einem Parkplatz für ein bis zwei Autos bis hin zu größeren Abstellflächen für 10 PKW, die in

der Regel den Mitarbeitern bzw. Besuchern und Gewerbetreibenden dienen. Dementsprechend variiert die Fläche der einzelnen Subtypen. Sie reicht von 2,5 m x 5 m (12,5 m²) für den Parkplatz eines einzelnen Autos bis hin zu einer Fläche von 15 m x 15 m (225 m²) für einen größeren Parkplatz von Gewerbetreibenden wie im westlichen Bereich des exemplarischen Blocks, wobei hier die Erschließungsfläche einberechnet ist. Insgesamt handelt es sich bei dieser Fläche um eine Gesamtfläche von 5000 m².

2.3.9 Parktyp Hochgarage

Im Untersuchungsgebiet gibt es keine Parkhäuser. Mit Hochgaragen sind in dieser Untersuchung eingeschossige Garagenbauten gemeint. Die Hochgaragen sind jeweils durch ein Dach, drei – in der Regel tragende – Wände und ein Schwing- oder Rolltor zur Einfahrt abgeschlossen. Es lässt sich nicht eindeutig sagen, ob alle bestehenden Hochgaragen auch tatsächlich zum Parken genutzt werden oder nicht auch bzw. teilweise als Lagerfläche dienen. Einzelne Hochgarage hat die Maße von 2,5 x 5 m (12,5 m²), in der größten vorhandenen additiven Anordnung von 5 Hochgaragen, haben sie insgesamt die Maße 5,5 m x 15 m (82 m²).

3 Szenarien für die Umgestaltung

Im Rahmen der Studie wurde untersucht, welche Möglichkeiten sich für eine Aufwertung der Stadträume im Quartier ergeben, wenn Parkflächen im Quartier aufgrund automatisierter Mobilitätsangebote nicht benötigt würden.

Ziel war es, Möglichkeiten der Neuorganisation der Straßenräume zu untersuchen. Dabei standen folgende Fragen im Fokus: Können Stadträume, die bisher für den Verkehr reserviert waren, für andere Nutzungen (wieder) gewonnen werden? Gibt es bauliche Potenziale auf den frei werdenden Flächen und wenn ja, für welche Nutzungen? Welche Möglichkeiten für eine neue Zonierung von Straßen- und Verkehrsräumen, Begegnungs- und Aufenthaltsräumen ergeben sich? Darüber hinaus wurden auch die Gestaltungspotenziale von Stellplatzflächen auf privaten Grundstücken, in Innenhöfen und Tiefgaragen untersucht.

3.1 Annahmen und Rahmenbedingungen

Grundannahme der folgenden Szenarien ist, dass im betrachteten Quartier keine dezentral verteilten Parkplätze mehr notwendig sind.⁵ Wir nehmen an, dass automatisiert navigierende Fahrzeuge einen Großteil der bisherigen Pkw- Fahrten im Quartier ersetzen können. Dadurch geht der Bedarf an Parkplätzen für Besitz und Nutzung privater Pkw so stark zurück, das entsprechende private und öffentliche Parkflächen nicht mehr benötigt.

Derzeit ist noch von einer langen Übergangszeit auszugehen, bis Fahrzeuge mit unterschiedlichen Automatisierungsstufen L1–L53 nach SAE standard J3016 “Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems” zugelassen sind.⁶ Dennoch erscheint es plausibel, die Auswirkungen in einem räumlich abgeschlossenen Quartier unter einem vollständigem Automatisierungsgrad, also einem räumlich begrenztem L4 Szenario „The driving mode specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task even if a human driver does not respond appropriately to a request to intervene“ zu betrachten.⁷ Denn es ist anzunehmen, dass solche neuen Mobilitätszonen – ähnlich der Einrichtung von Umweltzonen – relativ leicht umgesetzt werden können.⁸

Um auszuloten, welche Möglichkeiten sich für die Aufwertung von Stadträumen, welche Qualitäten und Mehrwerte sich für das Quartiersleben ergeben, wurden einige Szenarien für die Oststadt skizziert. Wie könnte die Oststadt von übermorgen aussehen, wenn Stellplätze für andere Nutzungen zur Verfügung stünden? Die Szenarien zeigen im Sinne eines „Was wäre, wenn ...?“ mögliche Entwicklungen, denkbare Zukünfte auf. Es sind keine konkreten Planungen oder Umsetzungsvorschläge, sondern radikale Interpretationen von Morgen, die in ihrer überspitzten Darstellung mögliche Qualitäten abbilden. Konkrete finanzielle, rechtliche und bautechnische Rahmenbedingungen bleiben hierbei ebenso außen vor wie die Eigentumsverhältnisse.

Das vorhandene Flächenpotenzial bedeutet möglichen Raumgewinn, der für unterschiedliche Nutzungen und neue Gestaltungen transformiert werden kann – für andere verkehrliche Zwecke, für gewerbliche und Wohnnutzungen oder für mehr Grün- und öffentlichen Raum. Das Parken im öffentlichen Raum umfasst 1.883 Stellplätze und 23.500 m² Fläche.

⁵ vgl. McDonald und Rodier 2015, S. 227.

⁶ vgl. Matthaei et al. 2015, S. 1139ff.

⁷ Ebenda

⁸ Glotz-Richter 2017, S. 39.

In den Tiefgaragen und Stellplatzflächen in Innenhöfen finden sich Flächenpotenziale mit rund 18.000 m².

Die Umnutzungspotenziale sind von unterschiedlicher Quantität und Qualität. Gerade die Tiefgaragen bieten mit ihren großen zusammenhängenden Flächen andere Möglichkeiten als die Stellplätze im öffentlichen Raum, die eher kleinteilige Flächen aufweisen. Insbesondere die Firmenparkplätze haben einschließlich ihrer Erschließungsfläche aufgrund ihrer Größe das Potenzial, größere Mehrwerte für die Bewohner des jeweiligen Blocks bzw. die gesamte Nachbarschaft zu bieten. Jedoch sind die Eigentumsverhältnisse zu berücksichtigen, die eine Umnutzung der Anlagen erschweren dürften.

In dem für die vertiefte Betrachtung ausgewählten Block zwischen Rintheimer Straße, Sternbergstraße, Essenweinstraße und Georg-Friedrich-Straße sind die drei identifizierten privaten Parktypen der Oststadt – offene Stellplätze im Innenhof, Hochgarage, Tiefgarage – vorhanden. Außerdem ist der Block ein typisches Beispiel für die Bebauung eines gründerzeitlichen Quartiers. Zur Straßenseite ist er fast vollständig durch Gebäude geschlossen und im Innenhof ist der Block mit ein- bis dreigeschossigen Gebäuden mit Gewerbenutzungen bebaut. Dazwischen liegen viele fragmentierte Freiräume, die jedoch aufgrund ihrer geringen Größe kaum Mehrwerte aufweisen und eher Rest- als Aufenthaltsflächen sind. In den 1980er Jahren wurde der westliche Teil des Innenhofs mit einer Tiefgarage und einer Hochgarage auf gleicher Höhe ergänzt. Die Tiefgarage bildet mit 1300 m² vor den Stellplätzen im Innenhof (800 m²), denen im öffentlichen Raum (800 m²) und der Hochgarage (100 m²) das größte Flächenpotenzial. Ein Blick auf die feine Parzellierung des Blocks bestätigt, dass es vielfältige Eigentümer- und damit auch Interessengruppen gibt, die im Falle einer tiefergehenden Planung einzubinden wären.

3.2 Klimaangepasste und nachhaltige Quartiersentwicklung

Lebensqualität in einem Quartier entsteht in ganz erheblichem Maße durch attraktive öffentliche Räume, die Raum für Sport, Spiel und den sozialen Austausch bieten und die auf neue Mobilitätsansprüche ausgerichtet sind. Viele Städte verfolgen daher das Ziel, Platz- und Straßenräume so zu gestalten, dass sie den Anforderungen von Bewohnern, Besuchern und Passanten als Begegnungs- und Aufenthaltsfläche besser gerecht werden. Zunehmend wird der Fuß- und Radverkehr durch Premiumfußwege und Radvorrangrouten gefördert, die Flächen für den ruhenden Verkehr im öffentlichen Raum werden reduziert. Solche Umgestaltungs- und Aufwertungsmaßnahmen kommen nicht nur dem Quartier selbst zugute, sondern wirken sich auch positiv auf das Umfeld aus, sind damit wichtige Impulsgeber für weitere städtebauliche Entwicklungen.

Grünflächen sind unersetzlich als Orte der Begegnung und gesellschaftlicher Teilhabe, für Gesundheit, Naturerfahrung und das Stadtklima. Die Funktionen und Effekte von Stadtgrün sind vielfältig: Urbane Parks, Grünflächen und Gärten verbessern die Luftqualität und das Stadtklima, sie dämpfen Lärm, sind Lebensraum für Tiere und Pflanzen und tragen so zum Artenschutz und zum Erhalt der Biodiversität bei, sind Reserveflächen für Hochwasser- beziehungsweise Starkregenereignisse und leisten einen Beitrag zur Grundwasserneubildung und zum Bodenschutz. Auch aus sozialen Gründen ist das Stadtgrün von besonderem Wert – dort treffen sich Menschen aus allen Bevölkerungsgruppen und -schichten. Deshalb erfahren Grünräume, Wasserflächen sowie unbebaute Flächen im urbanen Umfeld eine hohe Wertschätzung quer durch alle Gesellschaftsgruppen. Sie sind zudem Orte der Erholung und der Umweltbildung, sie können das nachbarschaftliche Miteinander und die Integration sozialer und kultureller Milieus fördern sowie das Wohlbefinden und die Lebensqualität in der Stadt verbessern. Grünflächen bieten Orte für Kommunikation und Bewegung, sind Naturerfahrungs- und Ruheraum für die Stadtgesellschaft und wichtiger Gegenpol zur urbanen Betriebsamkeit und zur virtuellen und abstrakten Welt, die das Alltags- und Berufsleben durchdringt.

Der Klimawandel stellt eine der großen Herausforderungen für die Stadtplanung des 21. Jahrhunderts dar. Ein radikaler Rückbau von Stellplätzen hin zu unversiegelten Flächen, mit einem zusätzlichen Angebot von Gartenflächen und Baumpflanzungen könnte dem Quartier einen gänzlich neuen – grünen – Charakter verleihen. Die Einordnung von erleb- baren Grünräumen und grüner und blauer Infrastruktur könnten das Mikroklima verbessern und somit einen Beitrag zur Erfüllung der Klimaschutzziele von Karlsruhe leisten, aber auch die Identifikation mit dem Stadtteil durch soziale Teilhabe fördern. Viele Städte verfolgen das Ziel, mehr Grün- und naturnahe Flächen in der Stadt für die Bewohner zur Verfügung zu stellen – die Maßnahmen reichen vom Gärtnern an der Baumscheibe und auf Restflächen bis hin zu größeren Umbauprojekten, die Straßenräume zugunsten von Grün- und Wasseranlagen reduzieren.

3.2.1 Grüne statt graue Straßenräume

Flächen für den fließenden und ruhenden Verkehr werden zugunsten der Einordnung von Gartenflächen und Baumpflanzungen zurückgebaut und entsiegelt. Erhalten bleiben die Möglichkeiten zur Durchquerung der Straße durch Fußgänger und Radfahrer sowie die Anlieferung. So könnten aus den heutigen Durchgangsräumen Orte der Begegnung und des Austauschs werden. Die Alleen im Quartier böten schattige Bereiche und ermöglichen durch die Anreicherung der Luft mit Feuchtigkeit die zunehmende Überhitzung des Quartiers zu reduzieren. Ferner würden eine Begrünung das Binden von Stäuben und

Kohlendioxid sowie die Freisetzung von Sauerstoff fördern und damit die Lebensqualität im Quartier erhöhen.⁹

Straßen mit einem derzeit sehr hohen Anteil an Parken, wie z.B. das östliche Ende der Gerwigstraße würden sogar genug Raum für die Ausbildung eines Boulevards bilden. Der Fußgänger- und Fahrradbereich könnte abgeschirmt vom Autoverkehr unter Bäumen entlang geführt werden.

Würde man alle Parkplätze im öffentlichen Straßenraum entsiegeln und bepflanzen, würde sich eine Fläche von insgesamt 21.000 m² zusätzlicher Grünfläche, d.h. insgesamt von 28.000 m² im Quartier ergeben. Diese Fläche kann bei Sturmregen die Kanalisation entlasten und würde gleichzeitig ein ausgeglicheneres Mikroklima im Stadtteil unterstützen.



Abbildung 3.1: Strukturkarte mehr grün

3.2.2 Urban Gardening und städtisches Wohnzimmer

Stellplätze im öffentlichen Raum, hier beispielhaft für die Essenweinstraße und die Gerwigstraße betrachtet – werden in wohnungsnahen, gemeinschaftlichen oder auch öffentlichen Grünräumen zu verwandelt. In Anlehnung an andere gründerzeitliche Quartiere in Karlsruhe werden kleine Vorgärten angeordnet, die von den Bewohnern gemeinschaftlich genutzt werden, aber auch individuell einzelnen Wohnungen zugeordnet werden

⁹ vgl. Peters 2017, S. 24ff.

könnten. Diese zusätzlichen Grünflächen im unmittelbaren Wohnumfeld wären ein Zugewinn nicht nur für ein klimaangepasstes und klimaschützendes Bauen, sondern böten den Bewohnern auch Flächen für das Gärtnern im eigenen oder gemeinschaftlichen Garten, sei es als ein Stück der Selbstversorgung oder Selbstverwirklichung. Auch ein Angebot von Flächen im Sinne des Urban Gardening oder Urban Farmings bis hin zu professionellen Containerfarmen wären denkbar. Die frei werdenden Flächen hätten das Potenzial, zur Selbstversorgung des Stadtteils beizutragen. Interessierte Bürger aus dem Quartier, aber auch aus den angrenzenden Stadtteilen könnten hier gemeinsam die ehemals grauen Straßenräume begrünen. Die Vorgärten bilden eine wertvolle Pufferzone zwischen öffentlichem und privatem Raum aus. Gleichzeitig fördern sie die Begegnung von Bewohnern, sei es beim gemeinsamen Gärtnern oder beim Plausch mit Nachbarn und Passanten.



Abbildung 3.2: Mögliche Transformationen der Essenweinstraße. Statt Stellplätze grüne Vorgärten und Aufenthaltsbereiche

3.2.3 Gemeinschaftsgärten und Nachbarschaftsparks

Im Vordergrund des Szenarios steht die Bereitstellung wohnungsnaher, ruhiger grüner Freiräume. Alle privaten Stellplätze im Innenhof werden hierfür entsiegelt und die Hochgarage zurückgebaut. Die Tiefgarage bleibt in ihrer bisherigen baulichen Form bestehen, wird nun aber als Quartiersgarage ausgewiesen. Der Blockrand entlang der Essenweinstraße wird durch die Anpflanzung von Bäumen oder baulich geschlossen. Um sowohl ökologisch wirksame wie auch vielfältig nutzbare Freiflächen zu erhalten, werden Nebengebäude im Innenbereich des Blocks entfernt. Es entsteht eine große, geschützte und ruhige grüne Freifläche, in der Kinder unbeaufsichtigt spielen und sich die Bewohner zum

Grillen treffen können. Zwei charakteristische Gebäude des 19. bzw. frühen 20. Jahrhunderts werden mit Nachbarschaftstreff und Geräteschuppen für die Gemeinschaft nutzbar gemacht.



Abbildung 3.3: Szenario Grün

Bei der Variante „Gemeinschaftsgarten“ wird der neu entstandene Freiraum in zwei Zonen gegliedert – mit privaten Gärten im Osten sowie den Gemeinschafts- oder Mietergärten im Westen. Räumliche und funktionale Schnittstelle bietet ein gemeinschaftlich nutzbarer Bereich mit Grillplatz und einem Nachbarschaftstreff, der sich auch für Veranstaltungen mieten lässt.

Die Variante „Nachbarschaftspark“ sieht die nahezu vollständige Entsiegelung und Begrünung des Innenhofs vor. Im Osten bietet eine Wasserfläche zusätzliche Aufenthalts- und Abkühlungsmöglichkeiten. Mit den begrünten, baumbewachsenen Bereichen, aber auch den Wasserflächen entstehen abkühlende Zonen in der Sommerhitze und dringend benötigte Versickerungsflächen für das Regenwasser. Im Garten des Cafes kann man bei einem Getränk und Snacks entspannen. Im tiefer liegenden Bereich im Nordwesten des

Blocks findet sich anstatt der ehemaligen Hochgaragen ein Gewächshaus, das gemeinschaftliches Gärtnern bei Wind und Wetter ermöglicht.

3.2.4 Parken

Nicht berücksichtigt sind in der vorliegenden Betrachtung die Stellplätze, die möglicherweise trotz autonomen Fahrens dauerhaft verbleiben sollen, wie beispielsweise Ladezonen für Gewerbeeinheiten oder Parkzonen für Anlieferung und Kunden. Welche Haltebereiche sind für das Ein- und Aussteigen für die autonomen Fahrzeuge erforderlich. Es müsste untersucht werden, welche räumlichen und baulichen Anforderungen für das Aufnehmen und Absetzen von Personen im Straßenraum notwendig sind, auch um die Bedürfnisse mobilitätseingeschränkter Personen zu berücksichtigen. Wo wären die Stellplätze für die autonomen Fahrzeuge gut platziert – innerhalb des Quartiers, ggf. verbunden mit einem Mobilitätshub für das Quartier, der unterschiedliche Umsteigemöglichkeiten und Versorgungseinrichtungen bündelt, oder an anderer Stelle in der Stadt?

In jedem Fall wäre eine Konzentration von ruhendem Verkehr in Parkhäusern und Quartiersgaragen sinnvoll, um die Flächeninanspruchnahme zu reduzieren. Wie könnten die Quartiersgaragen für autonome Fahrzeuge in das Quartier räumlich und funktional integriert werden, damit sie nicht nur gesichtslose Parkgaragen werden, sondern einen räumlich qualitativen und ggf. auch durch die Mischung mit weiteren Nutzungen funktionalen Beitrag für das Quartier leisten? In diesem Zusammenhang müsste auch über Fragen der Bewirtschaftung nachgedacht werden.

4 Resümee und Ausblick

Auch wenn es numerisch und auf den ersten Blick so aussieht, als würde viel nutzbare Fläche durch die Umnutzung der Parkflächen gewonnen werden – immerhin mehr als 20.000 m² auf öffentlichem Grund und 18.000 m² auf privaten Liegenschaften stünden für neue Nutzungen zur Verfügung –, so wird auch deutlich, dass diese Flächen aufgrund ihrer Lage und Dimensionen – in ihrer Kleinteiligkeit und Fragmentiertheit – sich nur für bestimmte Nutzungen eignen und einer besonderen Betrachtung bedürfen. Größere bauliche Maßnahmen erscheinen kompliziert und kostspielig. Gleichzeitig wären die Gewinne für den öffentlichen Raum beachtlich und kleine, ggf. auch temporäre bauliche Interventionen könnten vorhandene Nutzungsdefizite ausgleichen. Zusammenhängende Flächen finden sich vor allem im privaten Raum.

Bis das automatisierte Fahren Realität werden kann, bedarf es weiterer Klärungen und Abstimmungen auf vielen Ebenen. Neben den prioritär zu entwickelnden technologischen Voraussetzungen, um die Nutzung der Automatisierungsstufen 4 und 5 erreichen zu können, sind auch notwendige Folgeinfrastrukturen zu entwickeln und rechtliche Grundlagen zu schaffen.

Die Szenarien sind keine konkreten Entwurfsvorschläge, sondern dienen dazu, Möglichkeiten aufzuzeigen und Impulse für die Neugestaltung der Stadträume in der Oststadt zu geben. Weitere Planungsschritte müssten folgen, denen eine Abstimmung mit den Bewohnern vorausgehen müsste, um Ziele für die Weiterentwicklung der Oststadt zu definieren. Zahlreiche Belange im Zusammenhang mit der Umwidmung von Flächen müssten geklärt werden. Sollen die in ihrer Funktion umgewidmeten Flächen auch eigentumsrechtlich übertragen werden? Wer käme für die Pflege von zusätzlichen Grünflächen auf, sollten Flächen für das Urban Gardening privatisiert oder in gemeinschaftlichem Besitz verantwortet werden? Welche anderen Modelle zur Nutzungsübertragung wären denkbar und für welchen Zweck geeignet – beispielsweise mit einem Pachtvertrag und für welche Zeiträume?

In jedem Fall wäre es erforderlich, die einzelnen Maßnahmen, auch wenn sie zunächst nur kleinteilig erscheinen, in ein größeres Gesamtkonzept einzubinden. Lohnend könnten zunächst eine provisorische Umnutzung und Umgestaltung von Stellplätzen sein, um vor Ort und in Echtzeit, aber zunächst zeitlich begrenzt die Praktikabilität der Umgestaltung der Stadträume zu testen. Auf diese Weise könnten notwendige Voraussetzungen ermittelt, Zwänge, Schwierigkeiten und Herausforderungen der Interventionen auch in ihren Wechselwirkungen erkannt werden, um darauf aufbauend mit einer konkreten Planung beginnen zu können.

Literatur

- Canzler, W.: Verkehr beginnt im Kopf. In: Braum, M.; Klauser, W. (Hrsg): Baukultur Verkehr. Orte, Prozesse, Strategien. Park Books, Zürich 2013, S. 66–75.
- Canzler, W., Knie, A., 2016. Mobility in the age of digital modernity: why the private car is losing its significance, intermodal transport is winning and why digitalisation is the key. *Appl. Mobilities* 1, 56–67. <https://doi.org/10.1080/23800127.2016.1147781>
- Fleischer, T., Schippl, J., 2018. Automatisiertes Fahren: TATuP Z. Für Tech. Theor. Prax. 27, 11–15. <https://doi.org/10.14512/tatup.27.2.11>
- Friedrich, M. & Hartl, M. (2016): MEGAFON. Modellergebnisse geteilter autonomer Fahrzeugflotten des öffentlichen Nahverkehrs. Stuttgart: Universität Stuttgart. Zugriff

- am 24.07.2018. Verfügbar unter <https://www.vdv.de/megafon-abschlussbericht-20161212.pdf>
- Glötz-Richter, Michael: Wenn Autos autonom werden. Automatisiertes Fahren in der Stadt und Verkehrsentwicklungsplanung. In: *PlanerIN* 5/17, S. 36–39.
- Heinrichs, Dirk: Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In: Maurer M., Gerdes J., Lenz B., Winner H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg 2015, S.219–240. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45854-9_11, abgerufen 20.11.2020.
- Matthaei, Richard, Reschka, Andreas, Rieken, Jens, Dierkes, Frank, Ulbrich, Simon, Winkle, Thomas und Maurer, Markus: Autonomes Fahren. In: Winner, H., Hakuli, S., Lotz, F., Singer, C. (Hrsg.): *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*. Springer Vieweg, Wiesbaden 2015, S. 1139–1165.
- McDonald, Shannon und Rodier, Caroline: Envisioning Automated Vehicles within the Built Environment: 2020, 2035, and 2050. In: Beiker, S.; Meyer, G. (Hrsg.): *Road Vehicle Automation 2*. Berlin, Heidelberg 2015, S. 225–233.
- Peters, Terri: Superarchitecture: Building for Better Health. In: *Architectural Design* 87/2, S. 24–31.
- Thomopoulos, N., Givoni, M., 2015. The autonomous car—a blessing or a curse for the future of low carbon mobility? An exploration of likely vs. desirable outcomes. *Eur. J. Futur. Res.* 3, 14. <https://doi.org/10.1007/s40309-015-0071-z>

Bildnachweise

Abb. 2.1: Luftbild: Daniel Grenz, Jona Thiele

Abb 2.2, 2.3: Strukturkarte_Parkraumtypen: Daniel Grenz, Michael Wicke

Abb. 3.1: Struktur_Grünräume: Daniel Grenz, Jona Thiele

Abb 3.3. Strukturkarte_mehr Grün: Daniel Grenz, Jona Thiele

Wer parkt hier und wie lange?

Eine Parkraumuntersuchung in der Karlsruher Oststadt

Rosannah Seger¹, Gabriel Wilkes^{1}, Martin Kagerbauer¹*

¹ *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Verkehrswesen (IfV), Karlsruhe, Deutschland*

** Corresponding author: gabriel.wilkes@kit.edu*

Kurzfassung

Parkende Fahrzeuge beanspruchen viel Platz im öffentlichen Raum. In dieser Studie wird am Beispiel eines Teils der Karlsruher Oststadt untersucht, wie der öffentliche Parkraum in Anspruch genommen wird. Hierzu wurde eine Erhebung von 657 Parkständen im Oktober und November 2020 durchgeführt. Die Untersuchung zeigt, dass abhängig von Umfeldnutzung bzw. Zentralität und Wochentag die Auslastung und Parkdauern sehr unterschiedlich sind. Zwischen 82 und 90 % der parkenden Fahrzeuge sind auf Anwohnende zurückzuführen. Je nach Lage und Wochentag sind zwischen 15 und 39% der parkenden Fahrzeuge als dauerparkende Fahrzeuge zu klassifizieren. Wird eine Perspektive der Flächennutzung eingenommen, wird den erhobenen Daten berechnet, dass 39% der Fläche durch Fahrzeuge in Anspruch genommen wird, die mindestens während 52 Stunden nicht bewegt werden. Die Untersuchung liefert damit wichtige Grundlagen, um zielgerichtet mögliche Maßnahmen zu entwickeln.

1 Problemstellung

In urbanen Gebieten herrscht häufig eine starke Konkurrenz von verschiedenen Nutzungsansprüchen im öffentlichen Raum. Aufgrund von politischen bzw. gesellschaftlichen Zielen, wie der Steigerung der Verkehrssicherheit, Klimaschutz, Nachverdichtung und Erhöhung der Aufenthaltsqualität, verschärft sich diese Situation aktuell. Um diese Ziele zu erreichen wird daher auch eine Flächenreduzierung für den ruhenden Verkehr diskutiert. Zur Entwicklung von geeigneten Maßnahmen ist präzises Wissen über die bestehende Nutzung des öffentlichen Straßenraums hinsichtlich des Parkens erforderlich. Ein Teil der Oststadt, einem Stadtteil von Karlsruhe, dient in der vorliegenden Studie als Fallbeispiel,

um die Nutzung der öffentlichen Parkflächen in einem verdichteten Stadtquartier detailliert zu ermitteln und analysieren. Dies erfolgt anhand einer Parkraumerhebung, dessen Ergebnisse im Folgenden zusammenfassend dargestellt werden.

2 Untersuchungsgebiet und Methodik

Das Untersuchungsgebiet liegt in der zentral gelegenen und dicht bebauten Oststadt der „Fächerstadt“ Karlsruhe. Der Bereich wird von den Straßen Durlacher Allee – Karl-Wilhelm-Straße/Haid-und-Neu-Straße – Tullastraße begrenzt. Im Untersuchungsgebiet herrscht eine große Dichte unterschiedlicher Nutzungen wie Gewerbe, Wohnen, Gastronomie und Einzelhandel. Im Rahmen einer Ortsbegehung des Untersuchungsgebiets wurden zehn repräsentative Straßenzüge für die Parkraumerhebung ausgewählt, so dass diese zum einen alle sechs verschiedenen Bewirtschaftungsformen (ohne Parkregulierung, mit Parkschein, Anwohnerparken, mit Parkschein oder Anwohnerparken, Parkscheibe 1 h, Parkscheibe 2 h) und zum anderen auch die diversen Nutzungsstrukturen sowie die unterschiedlichen Lagen des Untersuchungsgebietes widerspiegeln.

Die Lage wird in dieser Studie unterschieden zwischen „zentrumsnah“ und „außerhalb“. Mit „zentrumsnah“, ist die Nähe zum Stadtzentrum Karlsruhe gemeint. Konkret wird der Bereich des Untersuchungsgebiets westlich der Georg-Friedrich-Straße, einschließlich beider Seiten dieser Straße, als „zentrumsnah“ bezeichnet. Der Bereich östlich der Georg-Friedrich-Straße wird als „außerhalb“ angegeben. Das Erhebungsgebiet wurde in vier ähnlich große Zonen unterteilt, die jeweils räumlich zusammenhängen, gleichzeitig jedoch unterschiedliche Umfeldnutzungen aufweisen. Zone 1 ist der Mittelpunkt der geschäftlichen Tätigkeiten im Untersuchungsgebiet, eine große Menge von Einzelhandelsbetrieben, Gastronomie und weiteren Nutzungen mit Publikumsverkehr ist hier zu finden. Zone 2 stellt noch belebte Seitenstraßen dar. Hierbei sind einzelne Betriebe mit Publikumsverkehr und Gastronomie zu finden, Wohnnutzung überwiegt jedoch. Die Umfeldnutzungen in Zone 3 sind Büro und Wohnen. Zone 4 liegt in einem Wohngebiet.

In der Parkraumerhebung wurden insgesamt 657 Parkstände im öffentlichen Straßenraum erhoben. Abbildung 2.1 zeigt das Untersuchungs- und Erhebungsgebiet mit der genauen Lage der erhobenen Parkstände.

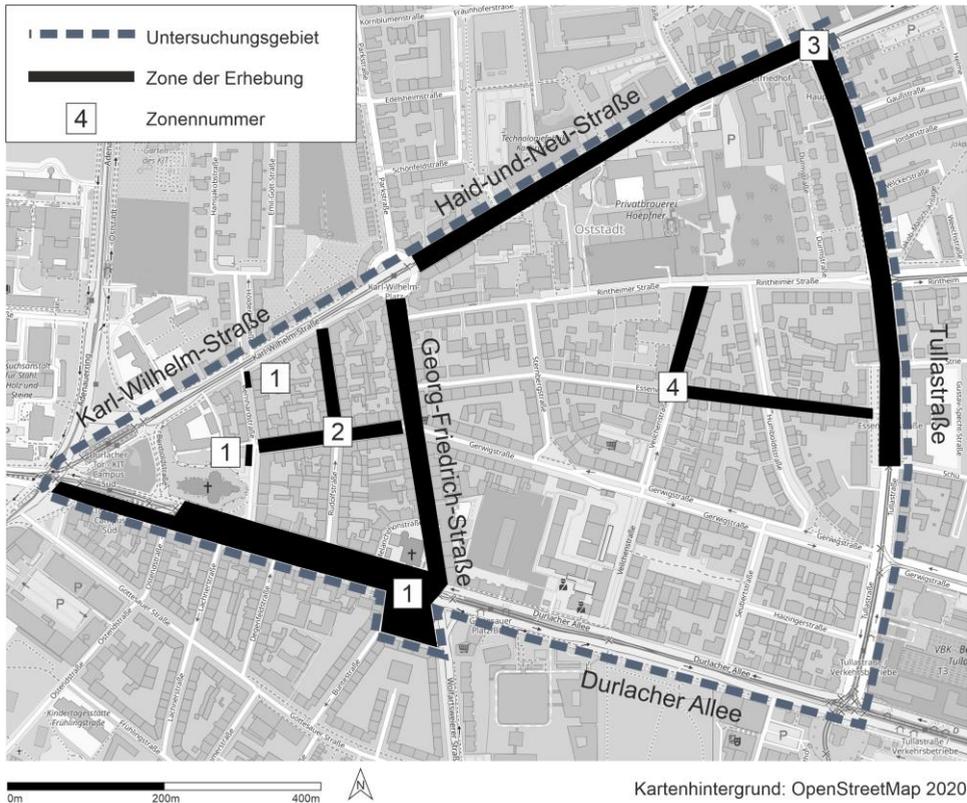


Abbildung 2.1: Übersicht über das Untersuchungsgebiet und die Zonen der Parkraumerhebung

Die Methodik der Parkraumerhebung wurde an die Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE) angelehnt [FGSV 2012, S. 27 f.]. Es wurden zwei Erhebungen durchgeführt, mit der Zielsetzung, den Unterschied der Nutzung des Parkraums unter der Woche und am Wochenende zu ermitteln sowie die Gruppen AnwohnerInnen und Nicht-AnwohnerInnen zu differenzieren. Die Zählstunden waren in beiden Erhebungen von 5 bis 23 Uhr. In einem Zeitintervall von jeweils zwei Stunden wurden alle Parkvorgänge erhoben, dabei wurden zu jeder vollen, ungeraden Stunde zwischen 5 bis 23 Uhr eine Erhebungsrunde begonnen. Der erste Erhebungszeitraum war am Dienstag, den 20. Oktober 2020 um 23 Uhr, am Mittwoch und Donnerstag, den 21. und 22. Oktober 2020 von 5 bis 23 Uhr und am Freitag, den 23. Oktober 2020 um 5 Uhr. Die zweite Erhebung erfolgte am Samstag, den 21. November 2020 von 5 Uhr bis 23 Uhr. Es wurden fast alle im Straßenverkehr zugelassene ruhende Fahrzeuge (Elektro-Roller bzw. Elektro-Scooter ausgenommen) sowie motorisierte Zweiräder auf den öffentlichen Parkflächen sowie falschparkende Fahrzeuge anhand ihrer (anonymisierten) Kennzeichen erfasst und unterschieden. Die Erhebung liegt

zwar generell im durch die Corona-Pandemie beeinflussten Zeitraum, jedoch galten zum Zeitpunkt der ersten Erhebung nur wenige rechtliche Einschränkungen (insbesondere waren Gastronomie, Schulen/Kitas und Freizeiteinrichtungen geöffnet und Treffen von bis zu 20 Personen erlaubt).

Tabelle 2.1: Anzahl der regulären Parkstände nach Bewirtschaftungsformen

Teilgebiet	Ohne Einschränkungen	Parkschein	Bewohnerparkausweis	Parkschein oder Bewohnerparkausweis	Park-scheibe (1 und 2h)	Summe
Zone 1	99 (51 %)	35 (18 %)	4 (2 %)	42 (22 %)	13 (7 %)	193
Zone 2	-	18 (11 %)	68 (43 %)	74 (46 %)	-	160
Zone 3	146 (95 %)	7 (5 %)	-	-	-	153
Zone 4	151 (100 %)	-	-	-	-	151
∑ Zonen	396 (60 %)	60 (9 %)	72 (11 %)	116 (18 %)	13 (2 %)	657

Es existieren unterschiedliche Parkraumbewirtschaftungsformen in den Bereichen der Erhebung. Die genaue Anzahl der Parkstände nach Bewirtschaftungsformen sowie die Anzahl der regulären Parkstände und der Falschparkenden-Positionen je Gebiet sind in Tabelle 2.1 dargestellt. Im gesamten Erhebungsgebiet überwiegen die Parkstände ohne Parkregulierungen mit 60 % (396 Parkstände). In den zentrumsnahen Zonen 1 und 2 gibt es insgesamt gemischte Bewirtschaftungsformen, da dort größerer Parkdruck vorhanden ist und daher mehr über Parkregulierungen gesteuert wird. Hingegen sind in Zone 3 95 % der Parkstände (146 Parkstände) und in der Zone 4 100 % der Parkstände (151 Parkstände) ohne Parkregulierung. Der Grund hierfür liegt wahrscheinlich in dem geringeren Parkdruck in den beiden etwas weiter außerhalb liegenden Zonen.

3 Ergebnisse

Die Anzahl der AnwohnerInnen in jedem Gebiet, die während der ersten Erhebung auf den regulären Parkständen bzw. auf den Falschparkendenpositionen parken, wurden für die drei Nächte unter der Woche gemittelt, sie sind in Tabelle 3.1 dargestellt. Falschparkenden-Position ist eine erfasste Position, an der Fahrzeuge während der Parkraumerhebung ordnungswidrig abgestellt wurden. Als AnwohnerInnen wurde definiert, wenn das gleiche Kennzeichen um 23 Uhr und um 5 Uhr des Folgetages erhoben wurde.

Es ist zu erkennen, dass unmittelbar anliegende Wohngebiete, wie es teilweise in der Zone 2 und vor allem in der Zone 4 gegeben ist, die höchsten Anwohnenden-Anteile aufweisen. Der maximal prozentuale Anteil der Anwohnenden auf regulären Parkständen liegt bei 90 % in der Zone 4. Die Umfeldnutzung von Gewerbegebiet und die Lage an Hauptstraßen in der Zone 3 führen zu etwas weniger Anwohnenden. Die gemischte Nutzungsstrukturen der zentrumsnahen Zone 1 verursacht den geringsten Anwohnenden-Anteil auf regulären Parkständen von 82 %. Es kann daraus geschlossen werden, dass die Anwohnenden für die höchsten Auslastungen in den späten Abendstunden bis in die frühen Morgenstunden verantwortlich sind. Dies ist vermutlich auch auf das gesamte Untersuchungsgebiet der Karlsruher Oststadt übertragbar. Erhöhter Parkdruck in den Nächten führt wiederum zu Anwohnenden, die ihr Fahrzeug ordnungswidrig abstellen.

Tabelle 3.1: Menge und Anteile der Anwohnenden der Parkstände bzw. Falschparkenden-Positionen je Gebiet

Teilgebiet	Anzahl der Anwohnenden (Anwohnenden-Anteil) auf den Parkständen	Anzahl der Falschparkenden-Positionen	Anzahl der Anwohnenden (Anwohnendenanteil) auf den Falschparkenden-Positionen
Zone 1	158 (82 %)	21	7 (32 %)
Zone 2	143 (89 %)	17	7 (41 %)
Zone 3	133 (87 %)	10	1 (7 %)
Zone 4	135 (90 %)	12	8 (64 %)
∑ Zonen	569 (87 %)	60	22 (37 %)

Die Auslastung der Parkstände gibt Auskunft über die Belastungsspitzen in räumlicher und zeitlicher Verteilung. Die Auslastung ist das Verhältnis von Belegung und Kapazität. Abbildung 3.1 zeigt die belegten Parkstände im gesamten Erhebungsgebiet im Tagesverlauf für Mittwoch, Donnerstag und Samstag. Zusätzlich wird in dem Diagramm die Anzahl der falschparkenden Fahrzeuge als Balken dargestellt. Die Auslastung wird mit der Kategorisierung des Parkdrucks nach EVE bewertet (FGSV 2012).

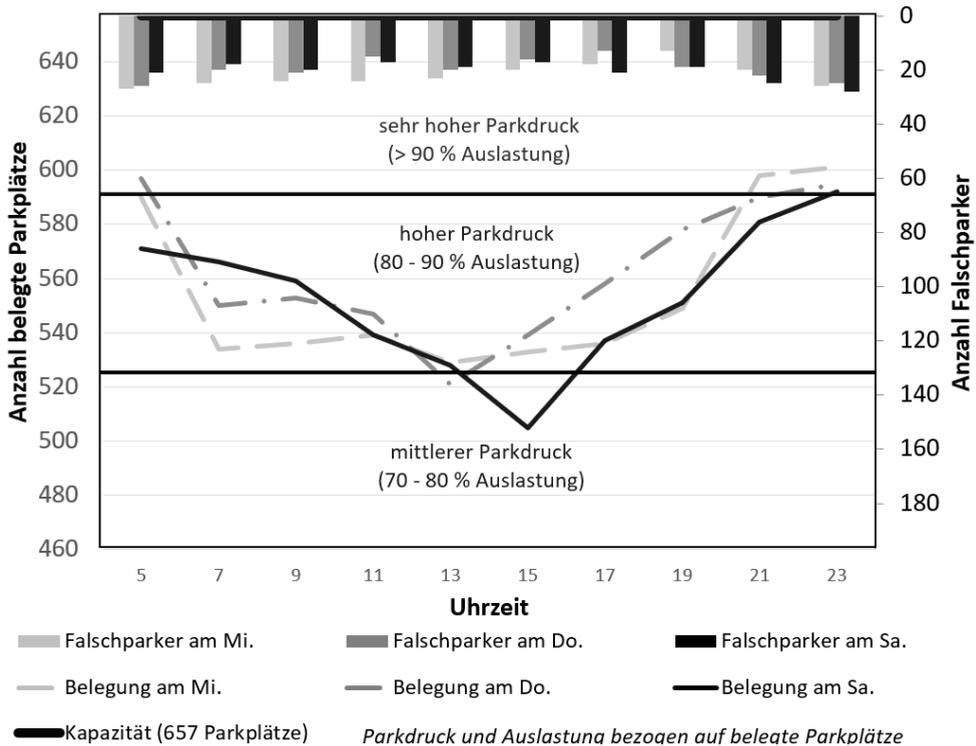


Abbildung 3.1: Anzahl belegter Parkstände, Anzahl Falschparkenden und Auslastung im gesamten Erhebungsgebiet am Mittwoch, Donnerstag und Samstag

Die Auslastung im gemittelt über das gesamte Erhebungsgebiet liegt demnach zwischen 77 % und 91 %. Die Spitzenwerte von ungefähr 600 belegten Parkständen werden unter der Woche zu den späten Abendstunden ab 21 Uhr und um 5 Uhr morgens erreicht. Es herrscht damit sehr hoher Parkdruck und es ist davon auszugehen, dass sich dies über Nacht nicht ändert. Zu fast allen anderen Zeitpunkten an den Arbeitstagen herrscht hoher Parkdruck. Am Samstag ist der Parkdruck außer von 13 bis 15 Uhr immer mindestens hoch. Erhöhter Parkdruck generiert zudem die meisten falschparkenden Fahrzeuge.

Auffällig ist jedoch, dass auch wenn der Parkdruck gering ist, es trotzdem zu ordnungswidrig abgestellten Fahrzeugen kommt. Tagsüber sind hohe Differenzen zwischen belegten Parkständen und der Kapazität festzustellen. Selbst wenn der gesamte ruhende Verkehr, also inklusive der Falschparkenden auf regulären Parkständen parken würde, stehen immer noch zu allen Zeitpunkten freie Parkstände zur Verfügung.

Umschläge sind der Wechsel von Fahrzeugen auf Parkständen. Dabei liegen zwei Maxima vor, um 9 Uhr und 17 bis 19 Uhr unter der Woche. Dies kongruiert mit den Spitzenstunden des Kfz-Verkehrs und sind auf die Umfeldnutzung des Arbeitens zurückzuführen (FGSV 2012, S. 28). Der Arbeitsalltag führt zu mehr Umschlägen (bis zu 37 % in Zone 1), als der Freizeitverkehr am Wochenende (bis zu 33 % in der Zone 1). Die Anzahl der Umschläge wird demnach von der Uhrzeit, Nutzungsstruktur und Lage sowie von den unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen stark beeinflusst. Je mehr die Zone von der Umfeldnutzung des Wohnens geprägt ist und je weiter außerhalb sie liegt, desto geringer ist die Zahl der Umschläge (Zone 2, 3 und 4). Der höchste Umschlag (in %) im Erhebungsgebiet ist auf den Parkständen mit Parkschein (Höchstparkdauer von zwei Stunden) in der zentral gelegenen Zone 1 (33 %) zu finden und ist auf die diversen Umfeldnutzungen zurückzuführen.

Die Erhebung an den Wochentagen (also den Erhebungstagen Mittwoch und Donnerstag) zeigt, dass in den unterschiedlichen Zonen deutlich unterschiedliche Parkdauern vorliegen. Tabelle 3.2 stellt die Anteile der Parkvorgänge nach Parkdauer je Gebiet unter der Woche und am Samstag gegenüber. Die zentral gelegenen Zonen 1 und 2 weisen mit 40 % oder mehr den größten Anteil an Kurzzeitparkenden auf. Im Gegensatz dazu ist in den außerhalb liegenden Zonen 3 und 4 der größte Anteil an Dauerparkenden vorhanden (28 % oder mehr). Aus der Erhebung am Wochenende ist zu erkennen, dass der Anteil an Kurzzeitparkenden sinkt und vermehrt Mittelzeitparkende vorzufinden sind. Dies ist damit zu erklären, dass an Arbeitstagen vermehrt kleinere und kürzere Erledigungen durchgeführt werden, am Samstag hingegen werden Tätigkeiten wie Einkauf, Besuche und Freizeit vermehrt durchgeführt. Der Anteil an Langzeitparkenden ist in beiden Erhebungen ähnlich hoch. Der Anteil an Dauerparkenden ist in fast allen Zonen am Samstag höher als am Wochenende.

Tabelle 3.2: Anteile der Parkvorgänge nach Parkdauer der ersten (an den Wochentagen Mittwoch und Donnerstag) und zweiten (am Samstag) Erhebung je Gebiet

Teil- gebiet	2 h (Kurzzeit- parkende)	4 - 6 h (Mittel- zeitparkende)	8 - 10 h (Lang- zeitparkende)	10 h (Dauer- parkende)
	Wochentage Samstag	Wochentage Samstag	Wochentage Samstag	Wochentage Samstag
Zone 1	40 % 32 %	28 % 29 %	17 % 19 %	15 % 20 %
Zone 2	43 % 36 %	22 % 31 %	14 % 11 %	22 % 22 %
Zone 3	29 % 15 %	26 % 30 %	18 % 20 %	28 % 35 %
Zone 4	22 % 13 %	24 % 29 %	21 % 19 %	33 % 39 %
Σ Zonen	35 % 26 %	25 % 30 %	17 % 17 %	23 % 27 %

Schließlich soll die Inanspruchnahme des Parkraums mit der jeweiligen Parkdauer kombiniert werden. Abbildung 3.2 stellt hierfür die Parkvorgänge mit ihrer in der Erhebung bestimmten Parkdauer zu den jeweiligen Erhebungszeitpunkten von Dienstag um 23 Uhr bis Freitag um 5 Uhr im gesamten Erhebungsgebiet dar. Freie Parkstände gibt es am meisten tagsüber (bis maximal 114 Parkstände). Tagsüber werden viele Parkstände von Fahrzeugen mit eher kurzen Parkdauern belegt. Knapp ein Viertel (23 %) der Parkstände bzw. 153 Stück werden über den gesamten Erhebungszeitraum jedoch von denselben Fahrzeugen belegt. Wird nur die Belegung tagsüber (7 bis 21 Uhr) analysiert (siehe Abbildung 3.3) zeigt sich: 23% der Fläche wird durch Fahrzeuge belegt, die bis zu 10 Stunden parken, während 63 % des Parkraums von Fahrzeugen belegt wird, die mindestens 12 Stunden parken. An diesen Werten ist zu sehen, dass viele Parkstände durch Fahrzeuge mit sehr langen Parkdauern belegt werden. Fahrzeuge mit kurzen Parkdauern machen zwar den größeren Anteil an Parkvorgängen aus. Wird die Belegung im Zeitverlauf in den Blick genommen zeigt sich jedoch, dass Fahrzeuge mit langer Parkdauer die meiste Fläche beanspruchen.

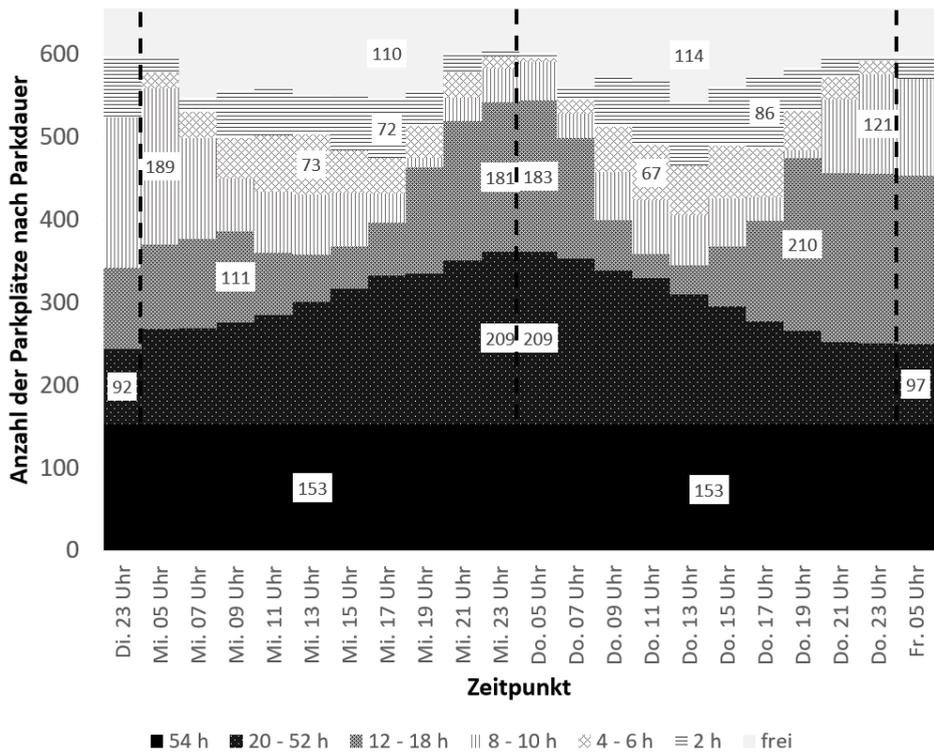


Abbildung 3.2: Belegung aller Parkstände nach Parkdauer im zeitlichen Verlauf (Wochentags-Erhebung)

**Belegung des Parkraums nach Parkdauer
(tagsüber - von 7 bis 21 Uhr)**

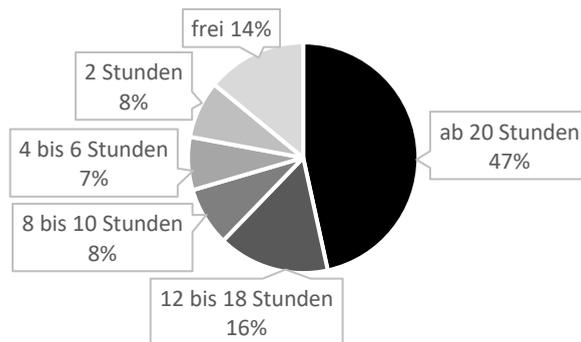


Abbildung 3.3: Belegung aller Parkstände nach Parkdauer, zusammengefasst (Wochentags-Erhebung)

4 Fazit

Die Nutzungsstruktur des Parkraums in der Oststadt in Karlsruhe ist divers. Die Bewirtschaftungsform, Lage und Umfeldnutzung haben Einfluss auf die Nutzung des Parkraums. Aus der Erhebung wird ersichtlich, dass die höchsten Auslastungen von den späten Abendstunden bis zu den frühen Morgenstunden auf die AnwohnerInnen zurückzuführen sind. Je näher zum Zentrum und je mehr unterschiedliche Umfeldnutzungen vorhanden sind, desto höher ist die Anzahl der Umschläge im Tagesverlauf. Die Lage der Parkstände hat einen großen Einfluss auf die Parkdauer. Zentral gelegene Gebiete weisen vermehrt Kurzzeitparkende auf während außerhalb liegende Gebiete verstärkt Dauerparkende vorweisen.

Aus der Analyse der Parkstandbelegung nach Parkdauer wurde ersichtlich, dass der Parkraum zu einem großen Anteil durch Fahrzeuge mit Parkdauern von mehreren Tagen belegt wird. Politisch-gesellschaftlich muss entschieden werden, ob es beabsichtigt ist, dadurch den öffentlichen Raum in Anspruch zu nehmen. Mobilitätskonzepte, wie beispielsweise Carsharing, könnten hier Abhilfe schaffen, um, durch kollektive Nutzung von selten genutzten (privaten) Fahrzeugen, Flächen zu gewinnen, die zur Attraktivierung der Aufenthaltsqualität beitragen.

Literatur

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [FGSV] (2012): *Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE)*. Bd. 125. Köln.

OpenStreetMap (2020). OpenStreetMap, <http://openstreetmap.org> (Zugriffsdatum: 02.11.2020).

Soziale Akzeptanz von neuen Mobilitätsangeboten und städtebaulichen Veränderungen.

Ergebnisse einer Interviewstudie

Jens Schippl ^{1*}, Uta Burghard ², Andreas Czech ¹, Maike Puhe ¹

¹ *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruhe, Deutschland*

² *Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, Deutschland*

* *Corresponding author: jens.schippl@kit.edu*

Kurzfassung

Viele Städte zielen darauf ab, die Anzahl und Nutzung privater Pkws zu reduzieren, um mehr Raum für andere Verkehrsmittel zu schaffen sowie die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum zu erhöhen. Die Digitalisierung bringt hier neue Optionen, die über Apps den Zugang zu Alternativen zum eigenen Pkw erleichtern oder neue Angebote ermöglichen (z.B. Leih-Elektroroller, Leihräder, flexible Shuttlebusse oder Car-Sharing). Dennoch stellt sich die Frage, ob für die Realisierung einer „Verkehrswende“ nicht auch restriktive Maßnahmen für den MIV (z.B. Wegnahme von Parkplätzen) erforderlich sind und unter welchen Bedingungen diese akzeptiert werden. Vor diesem Hintergrund beleuchten wir in diesem Papier die These, dass die drei Faktoren neue Mobilitätsangebote, Restriktionen für den MIV und städtebauliche Aufwertungen in ihrem Zusammenwirken eine urbane Mobilitätswende ermöglichen können. Insbesondere interessiert uns, wie unterschiedliche Menschen mit ihren spezifischen Alltagskonfigurationen zu diesen drei Faktoren und ihren unterschiedlichen Ausprägungen stehen. Dazu wurden im Karlsruher Stadtteil Oststadt in 13 Interviews mit Anwohner:innen untersucht, inwieweit sich die Akzeptanz restriktiver Maßnahmen für den Pkw-Verkehr erhöht, wenn diese Maßnahmen mit neuen Mobilitätsangeboten und/oder mit städtebaulichen Aufwertungen im Wohnumfeld einhergehen. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere Car-Sharing das Potential hat zu einer Alltagsgestaltung ohne eigenen Pkw beizutragen. Städtebauliche „Aufwertungen“ werden meist mit steigender Lebensqualität verbunden – aber es gibt unterschiedliche Vorstellungen wie aufgewertet werden sollte. Restriktionen für private Pkw

werden auch kritisch gesehen. Viele schätzen aber eine Umwidmung von Parkflächen eher positiv ein - vor allem wenn gleichzeitig Parkmöglichkeiten (Parkhäuser) am Stadteilrand entstehen sollten.

1 Einleitung

Nachhaltige Mobilität, einschließlich Dekarbonisierung des Verkehrs, sind weithin anerkannte Ziele, die in der Regel auch in den Verkehrsentwicklungsplänen deutscher Städte verankert sind. Viele Städte zielen darauf ab, die Anzahl und Nutzung privater Pkw in urbanen Räumen zu reduzieren, um mehr Raum für andere Verkehrsmittel zu schaffen, lokale Emissionen zu verringern und die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum zu erhöhen. Auch der Deutsche Städtetag hat das Thema in einem Positionspapier aufgegriffen (Horn et al. 2018) und weist darauf hin, dass in den letzten Jahrzehnten in vielen Städten eine deutliche Verschiebung des Modal Split weg vom motorisierten Individualverkehr (MIV) und hin zum sogenannten „Umweltverbund“, d.h. öffentlicher Verkehr, Sharing-Konzepte und nichtmotorisierte Verkehrsmittel, erreicht werden konnte. Dies gilt auch für die Stadt Karlsruhe.

Dennoch vollzogen sich diese Änderungen bisher eher in kleinen, inkrementellen Schritten, eine wirkliche Transformation urbaner Mobilitätsmuster im Sinne einer Verkehrswende blieb aus. Nach wie vor prägt in den meisten urbanen Bereichen der MIV das Verkehrsgeschehen (Nobis und Kuhnimhof 2018). Zudem belegt sowohl der fließende, aber insbesondere der ruhende Verkehr einen erheblichen Teil innerstädtischer Freiflächen, die dann keiner anderen Nutzung zur Verfügung stehen. Schon lange wird darauf hingewiesen, dass nachhaltige Verkehrsentwicklung mit einem Wandel der Flächennutzung und Stadtgestaltung zusammen gedacht werden muss (Banister 2002; Stanley et al. 2017). In letzter Zeit häufen sich Berichte aus europäischen Städten wie z.B. Barcelona, Oslo oder Paris, in denen der Autoverkehr zurückgedrängt wird, um Flächen anderen Nutzungsoptionen zuzuführen. Jan Gehl nennt seine einschlägige Publikation „Städte für Menschen“ und zeigt u.a. an den Beispielen Melbourne und Kopenhagen, wie bauliche Änderungen von Verkehrswegen und öffentlichen Flächen neue Nutzungsmuster entstehen lassen und „mehr Leben in die Stadt bringen“ (Gehl 2016, S. 29). Andere Beispiele und Studien zeigen, wie eine Umwandlung insbesondere von Parkflächen zu einer städtebaulichen Aufwertung genutzt werden kann (Kirschner und Lanzendorf 2020; Notz 2017).

Nun lassen sich insbesondere im Bereich der urbanen Mobilität seit einiger Zeit Entwicklungen und Trends beobachten, die Anlass zur Erwartung geben, dass neue, oft digital gestützte Angebote die Alternativen zum MIV so attraktiv machen, dass es in den Städten weniger private Pkw und entsprechend weniger Flächenverbrauch durch Autoverkehr geben wird (Canzler und Knie 2016). Dazu gehören Angebote für Car,- Scooter- und Bike-Sharing, wie auch eine vereinfachte Nutzung des klassischen ÖPNV über Apps. Wenn auch noch im Pilotstadium, so gibt es derzeit in Deutschland wie in anderen Ländern zahlreiche Versuche mit autonomen Shuttles, die über App gebucht werden und perspektivisch eine sehr flexible und kostengünstige Ergänzung des ÖPNV bieten könnten (vgl. z.B. eva-shuttle.de in Karlsruhe). Dies wird auch „Ridepooling“ genannt. Der Deutsche Städtetag sieht hier ebenfalls neue Chancen für einen tiefgreifenden Modal Shift: „Die Digitalisierung des Stadtverkehrs bietet erhebliche Chancen, neue stadtverträgliche Mobilitätsformen zu etablieren und die vorhandenen Verkehrssysteme zu stärken“ (Horn et al. 2018, S.8). Gleichzeitig weist der Deutsche Städtetag darauf hin, dass sich der ÖPNV verstärkt auf individuelle Bedürfnisse einstellen muss und dass der zukünftige Individualverkehr verstärkt auf „stadtverträglichen Sharing-Systemen“ basieren wird. (Horn et al. 2018, S.5).

Andererseits gibt es aber auch Hinweise darauf, dass sich einschneidende Veränderungen im Sinne einer wirklichen Transition nicht alleine durch Verbesserung bzw. Flexibilisierung auf der Angebotsseite erreichen lassen (Geels et al. 2012; Truffer et al. 2017). Beispielweise zeigt eine Befragung von Schippl und Arnold (2020), dass auch restriktive Maßnahmen erforderlich sein werden, um einen signifikanten Modal Shift, d.h. eine Verschiebung hin zur Nutzung des Umweltverbunds, im Stadtverkehr zu erreichen – trotz fortschreitender Digitalisierung und entsprechender Angebote. Gleichzeitig mangelt es oft an der notwendigen sozialen und politischen Akzeptanz für die Durchsetzung restriktiver Maßnahmen. Das Auto ist nach wie vor ein beliebtes Verkehrsmittel für viele Menschen (Nobis und Kuhnimhof 2018; Wells und Xenias 2015).

Möchte man Veränderbarkeit und Stabilität von Mobilitätsmustern verstehen, so gilt es zudem zu berücksichtigen, dass Mobilitätsentscheidungen nicht nur durch bewusste Kosten-Nutzen Abwägungen geprägt, sondern in teilweise sehr stabile Gewohnheiten und Routinen eingebunden sind (Cass und Faulconbridge 2016b; Urry 2012). Ausgehend von aktuellen Forschungen (Puhe et al. 2021) basiert der in diesem Papier angewendete Forschungsansatz insofern auf der These, dass viele Mobilitätsentscheidungen eng mit der Alltagsgestaltung von Menschen zusammenhängen. Beispielsweise könnte es sein, dass eine Frau ihr Kind zum nahe gelegenen Kindergarten mit dem Pkw fährt, weil sie danach zur Arbeit pendelt, auf dem Rückweg das Kind wieder abholt und zum Turnen in einen anderen Stadtteil bringt. Während der Turnstunde des Kindes geht sie zudem in ihrem Lieblingssupermarkt einkaufen. Auch wenn dieses Beispiel konstruiert ist, macht es doch

deutlich, dass eine Fokussierung auf einzelne Verkehrsmittelwahlentscheidungen in solchen Fällen zu kurz greift, um Stabilität bzw. Veränderbarkeit (z.B. durch neue Mobilitätsangebote) von Mobilitätsentscheidungen zu verstehen. Die Verkehrsmittelwahl ist hier sehr stark mit der Konfiguration des Alltags verbunden. Auch die Abfrage von Einstellungen zu einzelnen Verkehrsmitteln hilft hier nur teilweise weiter. So wäre es gut möglich, dass die Frau im vorangehenden Beispiel nicht gerne Auto und viel lieber Fahrrad fährt, aber die skizzierte Alltagskonfiguration nur mit dem Auto bewältigen kann.

So spricht trotz der vielversprechenden neuen Angebote auch heute noch einiges dafür, dass ein signifikanter Modal Shift, im Sinne einer Mobilitätswende, nur erreichbar ist, wenn Verbesserungen auf der Angebotsseite durch ein aktives Zurückdrängen des privaten Pkw begleitet werden. Schon lange wird diskutiert, dass eine Verkehrswende eine Kombination von Politikmaßnahmen braucht, die Alternativen zum MIV attraktiver machen (oft als „Pull-Maßnahmen“ bezeichnet) und gleichzeitig die Attraktivität des MIV reduzieren (oft als „Push-Maßnahmen“ bezeichnet) Buehler et al. (2017) zeigen konkret für die Städte München, Berlin, Hamburg, Zürich und Wien, dass neben Verbesserungen für ÖPNV, Fahrradfahren und zu Fuß gehen (Pull-Maßnahmen), restriktive Maßnahme zur Minderung der Attraktivität des MIV (Push-Maßnahmen), einen wichtigen Beitrag zur Reduktion des MIV-Anteils am jeweiligen Stadtverkehr über die letzten Jahrzehnte geleistet haben. Wichtige Push-Maßnahme war hier das Parkraummanagement. Oft stößt die Umsetzung solcher Push-Maßnahmen allerdings auf einen Mangel an sozialen und politischer Akzeptanz (Banister 2008; Schippl und Arnold 2020) und damit auf Widerstände. Moshe Givoni und Kollegen (Givoni 2014) greifen dies in einem Ansatz zur Erstellung verkehrspolitischer Maßnahmenbündel explizit auf, bei dem neben der Effektivität von Maßnahmen auch deren Implementierbarkeit ein wichtiges Kriterium darstellt. Implementierbarkeit wird dabei nicht nur technisch oder ökonomisch bestimmt, sondern auch über soziale Akzeptanz von Maßnahmen.

Inzwischen gibt es Studien, die darauf hinweisen, dass sich unter bestimmten Bedingungen durchaus eine gewisse soziale Akzeptanz für die Umnutzung von Verkehrsflächen in urbanen Kontexten einstellen kann. So zeigen Kirschner und Lanzendorf (2020) in einer kürzlich veröffentlichten Studie für Frankfurt-Bornheim, dass Bewohner empfänglicher für Parkraumbewirtschaftung sind als Politiker und Planer vermuten, wenn die Umnutzung von Parkplätzen Platz für andere Nutzer schafft und/oder die Lebensqualität erhöht, z. B. durch zusätzliche Fahrradwege, breitere Gehwege oder Grünflächen.

Demensprechend wird in dem hier vorliegenden Beitrag argumentiert, dass ein gewisses Maß an „sozialer Akzeptanz“ von Maßnahmen zur Reduzierung der Nutzung und des Bestandes an privaten Pkw in Städten eine wichtige Voraussetzung für eine weitreichende

Transformation urbaner Mobilitätsysteme ist. Unter welchen Bedingungen diese soziale Akzeptanz erreicht werden kann, gilt es deshalb verstärkt zu erforschen.

Ausgehend von den oben skizzierten Befunden und Beobachtung, beleuchten wir in diesem Papier die These, dass die drei Faktoren neue Mobilitätsangebote, Restriktionen für den MIV und städtebauliche Aufwertungen in ihrem Zusammenwirken eine urbane Mobilitätswende ermöglichen können (vgl. Abb 1.1). Wie diese verschiedenen Faktoren zusammenwirken und wie sie dabei die soziale Akzeptanz restriktiver Maßnahmen beeinflussen, ist Gegenstand des vorliegenden Forschungsvorhabens. Insbesondere interessiert uns, wie unterschiedliche Menschen mit ihren spezifischen Alltagskonfigurationen zu diesen drei Faktoren und ihren unterschiedlichen Ausprägungen stehen. Dabei geht um das bessere Verständnis von Gründen für eine Akzeptanz bzw. Ablehnung von verkehrlichen und städtebaulichen Maßnahmen zur Restriktion des Pkw-Verkehrs in innenstädtischen Quartieren. Dazu wurden im Karlsruher Stadtteil Oststadt in 13 teilstrukturierten Interviews mit Anwohner:innen untersucht, ob und inwieweit sich die Akzeptanz baulicher/restriktiver Maßnahmen für den Pkw-Verkehr erhöht, wenn diese Maßnahmen mit neuen Mobilitätsangeboten und/oder mit städtebaulichen Aufwertungen im Wohnumfeld einhergehen. Die Auswertung orientiert sich an folgenden Leitfragen:

1. Wie passen neue Mobilitätsangebote zu den Alltagskonfigurationen von Bürger:innen?
2. Welche Bedeutung hat die Mobilitätsinfrastruktur und die Stadtgestaltung für die Lebensqualität im Stadtteil?
3. Inwiefern können neue Mobilitätsangebote oder städtebauliche „Aufwertungen“ auf die Akzeptanz regulativer/baulicher Restriktionen für Pkw wirken?

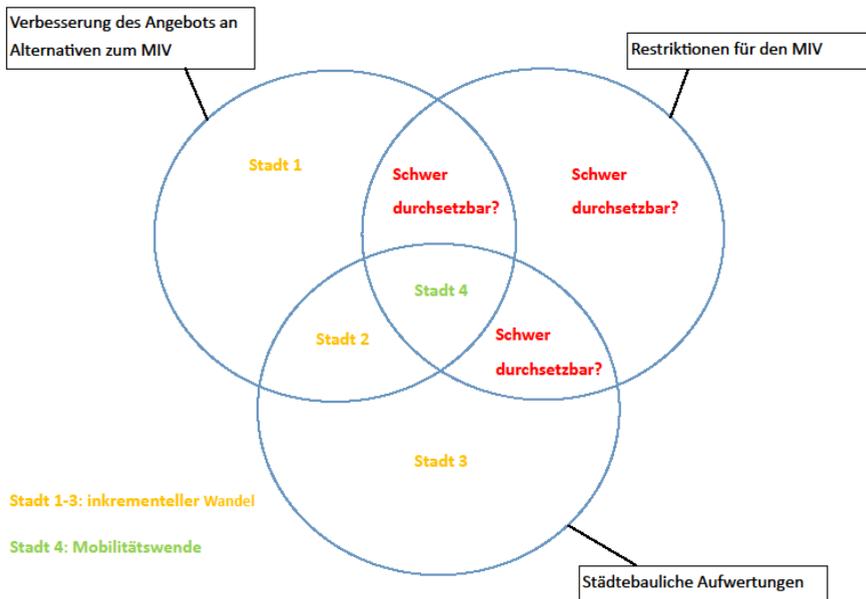


Abbildung 1.1: In der Untersuchung berücksichtigte Faktoren für eine erfolgreiche Mobilitätswende Ausgangsthese: Wenn alle drei Faktoren zusammenwirken, kann eine urbane Mobilitätswende gelingen

Im Kapitel 2 gehen wir näher auf den konzeptionellen Hintergrund des Beitrages ein und heben dabei den Zugang über persönliche soziale Netzwerke und soziale Akzeptanz hervor. Die daraus abgeleitete Interviewmethode ist in Kapitel 3 näher beschrieben. Dort findet sich auch ein Überblick über das Sample und eine kurze Beschreibung des Untersuchungsgebietes. Kapitel 4 geht auf das Analysekonzept zur Auswertung sozialer Netzwerkkonfigurationen nochmals ausführlicher ein, weil es sich um einen neuen Ansatz handelt und das nachfolgende Kapitel drauf aufbaut. Kapitel 5 stellt die Ergebnisse der Interviewstudie vor. Zunächst wird in 5.1 die Veränderbarkeit der Alltagskonfigurationen mittels einer Typologie skizziert, welche die Widerständigkeit von Beziehungen/Aktivitätsmustern gegenüber Veränderungen erfasst. 5.2 bereitet auf, inwiefern die Interviewten neue Mobilitätsangebote bereits in ihre Alltagskonfigurationen einbauen bzw. zukünftig einbauen möchten. Einschätzungen der Interviewten zu Lebensqualität am Wohnstandort sowie zu möglichen städtebaulichen Änderungen finden sich in 5.4 und 5.5. Kapitel 6 schließt den Beitrag mit einer zusammenfassenden Diskussion der Ergebnisse ab.

2 Konzeptioneller Hintergrund

Wie eingangs skizziert und durch die drei Forschungsfragen zugespitzt, versucht die vorliegende Studie besser zu verstehen, unter welchen Bedingungen Bürgerinnen und Bürger in der Karlsruher Oststadt bereit sind, Restriktionen für den MIV zu akzeptieren. Insbesondere interessiert, inwiefern Einführung bzw. Ausbau neuer Mobilitätsangebote und/oder die städtebauliche Umnutzung als notwendige oder gar hinreichende Faktoren für die Akzeptanz von Restriktionen wirken. Daraus erklärt sich auch der explizit explorative, qualitative Ansatz, der nicht nur Einstellungen messen möchte. Vielmehr geht es darum, Begründungsmuster für Einstellungen zu erfassen und zu verstehen, wie die verschiedenen Aspekte (städtebauliche/verkehrliche Faktoren, individuelle/ kollektive Akzeptanz, s.u.) zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Durch die Einbeziehung sowohl neuer Mobilitätsangebote wie auch städtebaulicher Änderungen bzw. Aufwertungen ist der Untersuchungsansatz bewusst breit angelegt. Zudem nehmen wir den Lebensalltag der Menschen als Ausgangspunkt, um ein vertieftes Verständnis für die Zustimmung oder Ablehnung von Änderungen im verkehrlichen oder städtebaulichen Umfeld zu erlangen. Wir gehen davon aus, dass die Akzeptanz solcher Änderungen davon abhängig ist, wie stark das tägliche Leben, also die Alltagsgestaltung, beeinflusst wird. Besonders zwei konzeptionelle Zugänge sind wichtiger Ansatzpunkt der Methodik: soziale Akzeptanz und die soziale Netzwerkanalyse. Beide werden im Folgenden kurz erläutert.

2.1 Stabilität und Veränderbarkeit von Mobilitätsverhalten und Alltagskonfigurationen

Empirisch ist schwer erschließbar, wie noch nicht existierende Mobilitätsangebote genutzt bzw. eventuelle verkehrliche/städtebauliche Änderungen eingeschätzt werden. Oft wird mit Stated-Preference Befragungen gearbeitet, bei denen sich die Befragten zu einer Neuerung äußern, die sie kaum oder noch gar nicht kennen. Hauptkritik an diesem Vorgehen bezieht sich auf den sogenannten „hypothetical bias“, der besagt, dass Befragte dazu neigen, auf hypothetische Szenarien anders zu reagieren als in realen Entscheidungssituationen (Fifer et al. 2014). Zudem gehen viele Experten inzwischen davon aus, dass sich Mobilitätsverhalten nicht nur vor dem Hintergrund individueller Eigenschaften und verkehrsmittelbezogener Präferenzen verstehen lässt, sondern in komplexe soziale Praktiken eingebettet ist und durch diese mitbestimmt wird (Cass und Faulconbridge 2016a). Aktivitäten,- Ziel- und Verkehrsmittelwahlentscheidungen sind auch von Präferenzen und Zwängen der Alltagsgestaltung und vom sozialen und sozio-ökonomischen

Kontext der Menschen abhängig (Freudendal-Pedersen 2009; Manderscheid 2015; Urry 2012). In diesem Verständnis werden mobilitätsbezogene Wahlentscheidungen nicht nur individuell getroffen, sondern sind ebenso Bestandteil sozialer Beziehungen und der Art und Weise, wie sich Gesellschaft organisiert (Sheller und Urry 2006).

In diesem Projekt wurde deshalb versucht, stärker vom Alltag der Menschen, von ihrer realen Lebenswelt auszugehen, um besser zu verstehen, unter welchen Bedingungen welche neuen Mobilitätsangebote und welche städtebaulichen Änderungen für wen und aus welchem Grund interessant sein könnten. Ausgehend von Vorarbeiten (Puhe et al. 2021), wird die Alltagsgestaltung der Befragten vor allem in Beziehung zu neuen Mobilitätsangeboten gesetzt – aber auch im Hinblick auf die Akzeptanz städtebaulicher Maßnahmen berücksichtigt. Die Alltagsgestaltung wird dabei über das Konzept persönlicher sozialer Netzwerke erfasst (Axhausen 2008; Urry 2012).

Ob Änderungen tatsächlich angenommen bzw. begrüßt oder abgelehnt werden, hängt auch damit zusammen, wie Menschen ihren Alltag konfigurieren, d.h. inwiefern diese Änderungen zur Alltagsgestaltung passen, diese erschweren oder vereinfachen könnten. Eng damit zusammen hängt die Frage, wie stabil Alltagskonfigurationen sind, bzw. welche sozialen Beziehungen eines Menschen veränderbar sind, so dass sie zu neuen Mobilitätsangeboten oder zu Änderungen in der städtebaulichen Struktur passen. Wenn zum Beispiel der private Pkw eine zentrale Rolle für die Aufrechterhaltung wichtiger sozialer Beziehungen spielt, werden Restriktionen für den MIV möglicherweise nicht nur die Verkehrsmittelwahl, sondern auch die etablierte Alltagskonfiguration einer Person oder einer Familie betreffen. Vor diesem Hintergrund wurden die Interviews und deren Analyse so angelegt, dass es möglich ist, eine Aussage zur Stabilität der Alltagskonfiguration der Menschen zu treffen. Damit werden die Interviewten in ihren sozialen Kontexten betrachtet, d.h. wir befassen uns neben sozio-demografischen Charakteristika der Studienteilnehmer:innen auch mit den Beziehungsgeflechten, in denen diese leben.

Als Beziehungen untersuchen wir individuelle, korporative und kollektive Akteure, mit denen die Studienteilnehmer:innen verbunden sind. Das können Freunde und Familienangehörige sein, aber auch der Arbeitsplatz, Sportverein oder Supermarkt. Der Fokus liegt weniger auf der Messung von Interaktionshäufigkeiten, Distanzen oder der Anzahl von Beziehungen je Studienteilnehmer:in, sondern vielmehr stehen die unterschiedlichen (subjektiven) Motive und Zwänge, die diese Beziehungen begleiten, im Vordergrund. Geleitet wird dieses Vorgehen von der Annahme, dass sich die Akzeptanz, bzw. Widerständigkeit gegenüber Veränderungen am besten verstehen lässt, wenn die sozialen Kontexte, in denen Mobilitätswahlentscheidungen stattfinden, bekannt sind. Unsere Analyse

richtet sich daher auch explizit auf die Eigenschaften von Interaktionen und sozialen Beziehungen, die das Leben der Akzeptanzsubjekte mitbestimmen.

Die theoretisch-konzeptionellen Grundlagen sind in Puhe et al. (2021) dargelegt. Auf dieser Basis wurden bisher in Karlsruhe und Stuttgart Interviews zur Stabilität und Veränderbarkeit von Mobilitätsverhalten durchgeführt. So liegen zumindest teilweise vergleichbare Daten aus der Karlsruher Südstadt vor. In dem Projekt wurden 2 Gruppen für die Interviews ausgewählt, bei denen wir davon ausgehen, dass sie sich hinsichtlich der Freiheitsgrade in der Alltagsgestaltung unterscheiden:

- Junge Erwachsene ohne Kinder (vermutlich hohe Freiheitsgrade)
- Eltern mit Kindern unter 10 Jahren (vermutlich geringe Freiheitsgrade)

2.2 Soziale Akzeptanz

Der Akzeptanzbegriff wird in der Literatur teilweise sehr unterschiedlich verwendet (vgl. Lucke 1995). Als Rahmung für unser Akzeptanzkonzept gehen wir zunächst von einer Definition von Upham et al. (2015) aus, in der Akzeptanz folgendermaßen umschrieben wird: “a favourable or positive response (including attitude, intention, behaviour and – where appropriate - use) relating to a proposed or in situ technology or socio-technical system, by members of a given social unit (country or region, community or town and household, organization)” (Upham et al. 2015, S. 103).

Akzeptanz kann sich insofern:

- in unterschiedlichen Ebenen zeigen (von der Einstellung bis zum Verhalten bzw. Nutzung),
- auf unterschiedliche Objekte beziehen (eine einzelne Technologie, wie bspw. Windkraft vs. sozio-technisches System, wie bspw. die Energiewende insgesamt),
- bei verschiedenen Akzeptanzsubjekten manifestieren (vom Individuum über Haushalte und Organisationen zu Bevölkerungen eines Landes) sowie
- in verschiedene Akzeptanzdimensionen (Wüstenhagen et al. 2007) unterteilen: sozio-politische (allgemeines gesellschaftliches Klima bzgl. des Akzeptanzobjektes), lokale (Reaktionen von lokal Betroffenen der Errichtung einer bestimmten Infrastruktur) und Marktakzeptanz (Akzeptanz der Marktakteure, d.h. Anbieter und Nachfrager, aber auch Vermittler, wie bspw. Netzbetreiber).
- Zudem wird auch die Nicht-Akzeptanz mitgedacht, d.h. aktive Gegnerschaft als stärkste Form der Nicht-Akzeptanz (Sauer et al. 2005).

In diesem Papier werden 13 Bewohner:innen der Karlsruher Oststadt mit unterschiedlichen Alltagskonfigurationen als Akzeptanzsubjekte untersucht. Die Akzeptanzobjekte stellen zum einen neue Mobilitätsangebote, wie Carsharing, E-Scootersharing, Ridepooling und Bikesharing dar. Zum anderen wird die Akzeptanz städtebaulicher Konzepte mit dem Ziel, den Pkw in der Stadt zurückzudrängen, untersucht. Auch das Zusammenspiel dieser beiden Akzeptanzobjekte soll untersucht werden, d.h. inwieweit die Verbreitung neuer Mobilitätsangebote die Akzeptanz potentieller städtebaulicher Entwicklungen beeinflussen kann. Dabei sollen vor allem zwei Argumentationslinien unterschieden werden, die uns für die Ausgestaltung von politischen Maßnahmen als wichtig erscheinen. In Anlehnung an verschiedene Autoren (Becker und Renn 2019; Lenz und Fraedrich 2015; Wüstenhagen et al. 2007) möchten wir unterscheiden zwischen Einstellungen, die sich:

- auf individuelle Aspekte beziehen (Person X hat ein Auto und sagt, dass sie nicht auf einen Parkplatz verzichten will); Änderung/Neuerung wird als passend/zumutbar oder als unpassend bzw. unzumutbar für die eigene Alltagskonfiguration empfunden
- auf kollektive Aspekte beziehen (Person Y hat kein Auto, findet aber, dass man Menschen, die das Auto zur Alltagsgestaltung brauchen, die Parkplätze nicht wegnehmen sollte); Änderung/Neuerung wird als passend/zumutbar oder als unpassend /unzumutbar für die Alltagskonfiguration anderer empfunden.

Besonders im Hinblick auf die unten skizzierten Einstellungen zu städtebaulichen Änderungen soll es so möglich sein, zwischen individueller Betroffenheit und eher kollektive Perspektiven einnehmenden Argumenten zu unterscheiden. Im Hinblick auf die Akzeptanz von neuen Mobilitätsdienstleistungen werden wir die konkrete Alltagsgestaltung der befragten Personen umfassend in den Blick nehmen und mit der Nutzungsvorstellung dieser Angebote abgleichen. Becker und Renn (2019) unterscheiden neben individuellen und kollektiven Aspekten, als dritte Kategorie, Einstellungen, die sich auf Aspekte der Gerechtigkeit beziehen (Person Z findet Car-Sharing grundsätzlich gut, aber nur so lange es für alle Gruppen nutzbar und bezahlbar ist). Wir vereinfachen hier und interpretieren solche Aspekte der Gerechtigkeit als kollektive Aspekte.

3 Methode

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurden Mobilitätstagebücher erhoben und teilstrukturierte/ leitfadengestützte Interviews durchgeführt. Die Untersuchungsgruppe stellen Personen mit und Personen ohne Kinder dar, die in der Karlsruher Oststadt

wohnen. Pro InterviewpartnerIn wurden zwei Interviews geführt: Im ersten Interview wurden die sozialen Beziehungen und erste Eindrücke zur Verkehrsmittelwahl sowie zu Faktoren der Wohnstandortwahl erhoben. Daraufhin führten die Teilnehmer:innen eine Woche ein Mobilitätstagebuch zur Dokumentation ihres Mobilitätsverhaltens. Im zweiten Interview ging es um die Auswertung des Mobilitätstagebuchs, Einstellungen/ Erwartungen zu neuen Mobilitätsangeboten und die Bewertung potentieller städtebaulicher Änderungen (Restriktionen für den Pkw.-Verkehr). Aufgrund der Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie im Frühjahr 2020 musste die Erhebungsphase abgebrochen werden. Damit konnten nur 13 Teilnehmer:innen interviewt werden. Ursprünglich waren 20 geplant. Abbildung 3.1 veranschaulicht den Ablauf der empirischen Erhebungen.



Abbildung 3.1: Ablauf der empirischen Erhebung

3.1 Untersuchungsraum

Die Karlsruher Oststadt liegt zwischen Durlacher Tor1 und Oststadtring sowie zwischen Hardtwald und Südstadt und hat eine Fläche von 518,59 ha. Neben einer Vielzahl von kleinen Gewerbebetrieben sind auch größere Unternehmen wie die EnBW Energie Baden-Württemberg AG und der Karlsruher Verkehrsverbund (KVV) angesiedelt. Zu den Sehenswürdigkeiten gehören u. a. das Schloss Gottesau, der Botanische Garten des KIT, die Höpfner-Burg sowie der Schlachthof. Darüber hinaus gibt es viele kleinere Parks, Schulen sowie Restaurants und Bars.

In der Karlsruher Oststadt wohnen gegenwärtig 19.809 Einwohner (Stand 2020). Davon sind 44,5% Frauen und 55,5% Männer. Die Altersstruktur setzt sich wie folgt zusammen. Unter 20-Jährige: 2.341; Zwischen 20 und unter 65-Jährige: 14.715; 65-Jährige und Ältere:

¹ In unmittelbarer Nähe zum Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

2.447. Insgesamt gibt es 6.649 Personen mit Migrationshintergrund (34,1%). Die Zahl der Haushalte beträgt 13.397, davon sind 69,4% (9.293) Einpersonenhaushalte und 30,6% (4.104) Mehrpersonenhaushalte. Die Zahl der Haushalte, die aus /Ehe-)Paaren mit Kind(ern) bestehen beträgt 854 (6,4%), die Zahl der Haushalte, die aus (Ehe-)Paaren ohne Kind(er) bestehen 2.296 (17,1%). Der Arbeitslosenanteil liegt bei 2,5%. Es gibt 1.195 Wohngebäude und 10.760 Wohnungen. Die Anzahl an zugelassenen Kraftfahrzeugen in der Oststadt beträgt 10.509, davon sind 8.911 Personenkraftwagen. Es gibt 13 Spielplätze, die beispielbare Fläche in der Oststadt beträgt 28.138 m².

3.2 Untersuchungsgruppen: Personen mit und Personen ohne Kinder

Die folgenden zwei Bevölkerungsgruppen werden in die Studie einbezogen: 1. Jüngere Erwachsene ohne Kinder. Bei dieser Gruppe kann von relativ hohen Freiheitsgraden in der Alltagsgestaltung ausgegangen werden. 2. Erwachsene die mit Kindern im Grundschulalter und jünger in einem Haushalt leben, bei denen von relativ geringen Freiheitsgraden in der Alltagsgestaltung ausgegangen werden kann.

Tabelle 3.1: Überblick Interviews

ID	m/w	Alter	FS	PiHH	e.K.	h.BS	ewt.	PKW-HH	Z-ÖPNV	CS-M
1	w	b	F	4	2	FH/HS	ja	2	nein	nein
2	m	c	F	2	1	FH/HS	ja	1	nein	nein
3	m	b	F	6	4	FH/HS	ja	0	ja	ja
4	w	b	F	3	2	FH/HS	ja	1	nein	nein
5	w	b	F	3	1	FH/HS	nein	0	ja	Ja
6	w	b	F	3	1	FH/HS	ja	1	glg.	Ja
7	w	b	S	3	0	Abitur	nein	0	ja	nein
8	m	a	S	3	0	?	nein	0	ja	ja
9	m	c	S	2	0	FH/HS	ja	0	glg.	nein
10	w	a	S	2	0	Abitur	nein	2	nein	nein
11	w	b	S	2	0	FH/HS	ja	1	glg.	nein
12	w	a	S	3	0	Abitur	ja	0	ja	nein
13	w	b	S	2	0	FH/HS	ja	0	nein	ja

Abkürzungen

m/w: Geschlecht (männlich/weiblich)

Alter: a = 18-29; b = 30-44; c = 45-59; d = 60-74.

FS: Familienstan; F: Familie; S: Single

PiHH: Anzahl Personen im Haushalt

e.K.: eigene Kinder

h.BS: höchster Bildungsabschluss, (FH/HS = Fachhochschul/Hochschulabschluss)

ewt.: erwerbstätig

PKW-HH: Anzahl der im Haushalt vorhandenen PKW auf die Zugriff besteht

Z-ÖPNV: Besitz einer Zeitkarte für den ÖPNV im Haushalt vorhanden (glg. = gelegentlich)

CS-M: Carsharing-Mitgliedschaft im Haushalt vorhanden

3.3 Empirisches Vorgehen

Leitfadengestützte Interviews stellen eine qualitative Erhebungsmethode und ein exploratives Vorgehen dar. Dieser Ansatz wurde gewählt, um Bewertungen und zugrundeliegende Einstellungen der Teilnehmer:innen im Zusammenhang mit dem alltäglichen Mobilitätsverhalten sowie der Bewertung neuer Mobilitätskonzepte und städtebaulicher Änderungen möglichst offen erheben zu können.

Für die Interviews wurde vor der Erhebungsphase ein Leitfaden entwickelt, welcher ausformulierte Fragen in einer bestimmten Abfolge enthält. Solch ein Leitfaden stellt sicher, dass im Interview alle für die Untersuchung relevanten Themenbereiche angesprochen werden und es wird eine Vergleichbarkeit der Interviews erzielt (Kelle und Kluge 1999). Die Reihenfolge sowie die genaue Formulierung der Fragen im Leitfaden sind dabei variabel. Zudem können Nachfragen gestellt werden, sofern bei der Beantwortung einer bestimmten Frage einige interessierende Aspekte offengeblieben sind (Hopf 2013).

Die Rekrutierung der Interviewpartner:innen erfolgte mittels Flyer, die in der Karlsruher Oststadt verteilt wurden. Zudem wurden in den beteiligten Instituten potentielle Teilnehmer:innen per E-Mail kontaktiert. Über einen Link auf dem (digitalen) Flyer gelangten die Interessierten auf eine Plattform, auf der im Rahmen eines Screening-Fragebogens soziodemographische Daten abgefragt wurden. Auf Grundlage dieser Informationen erfolgte die Auswahl der Interviewpartner:innen. Die Teilnehmer:innen wurden so ausgewählt, dass innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen möglichst eine Heterogenität der soziodemographischen Merkmale vorhanden ist.

Die Interviews fanden zwischen Winter 2019/2020 und Frühjahr 2020 statt. Alle Interviews wurden face-to-face durchgeführt - überwiegend in den Wohnungen der Befragten.

Zehn Interviews wurden an einem der beteiligten Institute KIT – ITAS und Fraunhofer ISI durchgeführt. Die einzelnen Interviews dauerten zwischen 20 und 60 Minuten.

3.3.1 Instrumente der Datenerhebung

Im Folgenden werden die zentralen Instrumente der Datenerhebung, die beiden Interviews sowie das Mobilitätstagebuch, beschrieben.

Das erste Interview

Für das erste Interview haben wir eine soziale Netzwerkanalyse vorgenommen. Diese Methode der empirischen Sozialforschung ist in besonderer Weise geeignet, um Muster sozialer Beziehungen zu erforschen (Fuhse 2018; Weyer 2012; Jansen 2006). Sowohl in der empirischen Mobilitätsforschung als auch in der Verkehrsnachfragemodellierung wurde die soziale Netzwerkanalyse in den vergangenen Jahren vielfach erprobt und eingesetzt (Kim et al. 2018). Hintergrund ist die Beobachtung, dass es sich bei Verkehrsteilnehmer:innen selten um isoliert handelnde Individuen handelt, sondern dass Verkehrshandeln häufig in sozialen Situationen stattfindet, beispielsweise um Bekannte zum Essen zu treffen, Kinder in den Kindergarten zu bringen oder Kleidung in einer bestimmten Boutique zu kaufen (Axhausen 2008; Urry 2007). So wurden im Rahmen des ersten Interviews die sozialen Beziehungen der Teilnehmer:innen und erste Eindrücke zur Verkehrsmittelwahl im Alltag erfasst. Dafür wurden die Teilnehmer:innen gebeten, eine sogenannte Netzwerkkarte auszufüllen (siehe Abbildung 3.2). In diese sollten die Teilnehmer:innen alle Personen und Orte, die ihnen wichtig sind und die eine Auswirkung auf ihr Mobilitätsverhalten haben, eintragen und nach der Häufigkeit täglich, wöchentlich, monatlich und selten differenzieren. Im Anschluss wurden die Einträge besprochen. Zudem erfolgte die Erhebung von Faktoren der Wohnstandortwahl sowie die Lebensqualität im Quartier. Hier standen Fragen nach Änderungswünschen im Hinblick auf verkehrliche und städtebauliche Aspekte im Vordergrund. Nach dem ersten Interview erhielten die Teilnehmer:innen einen Haushaltsfragebogen. Damit wurden ergänzende soziodemographische Informationen erhoben.

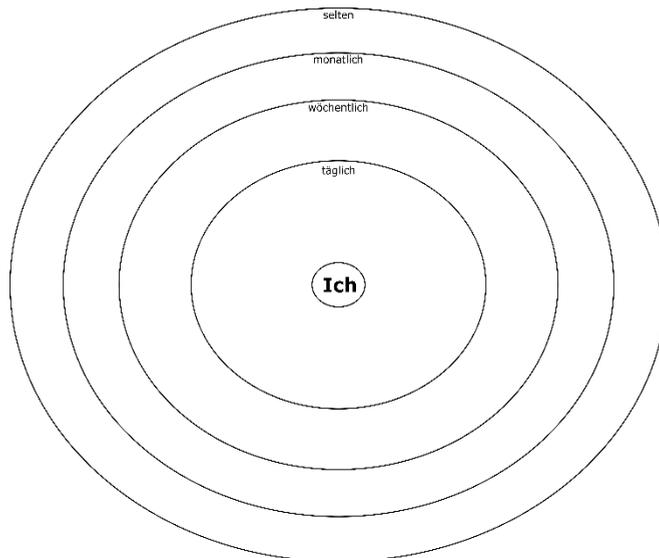


Abbildung 3.2: Netzwerkkarte

Mobilitätstagebuch

Nach Abschluss des ersten Interviews füllten die Teilnehmer:innen eine Woche lang das Mobilitätstagebuch aus. Mit den Mobilitätstagebüchern dokumentierten die Teilnehmer:innen ihr Mobilitätsverhalten (zurückgelegte Wege inkl. Start und Ziel sowie Wegezweck, genutzte Verkehrsmittel und mögliche Begleiter:innen) über eine Woche hinweg. Diese Methode wurde gewählt, um das Mobilitätsverhalten im Alltag strukturiert zu erheben, was dann als Grundlage für das darauffolgende Interview diente. Mobilitätstagebücher bieten im Vergleich zu einer Erhebung im Nachhinein den Vorteil, dass die Befragten dabei ihre Mobilität täglich dokumentieren und somit Informationsverlusten aufgrund von Erinnerungslücken vorgebeugt wird. Zudem dienen die Tagebücher dazu, möglichst soziale Erwünschtheit bei der Erhebung der Verkehrsmittelwahl zu vermeiden.

Zweites Interview

Im zweiten Interview wurde zunächst das Mobilitätstagebuch besprochen; dabei wurden systematisch Präferenzen und Einstellungen zu Verkehrsmitteln erhoben, auch zu solchen, die nicht Teil der Alltagsmobilität sind. Auch die Routinen und Nutzungsmuster wurden besprochen. Im Anschluss wurden den Interviewpartner:innen vier neue Mobilitätsangebote erläutert: Carsharing, Bikesharing, Ridepooling und E-Scootersharing. Daran anschließend wurden die Einstellungen, Erwartungen und Nutzungsabsichten gegenüber

diesen Angeboten erhoben. Zum Abschluss wurde über städtebauliche Aspekte gesprochen: Zunächst wurden etwaige wahrgenommene Änderungen im Stadtteil diskutiert. Im Anschluss wurden den Befragten die zwei Szenarien zum Stadtumbau präsentiert, bei denen der motorisierte Individualverkehr eingeschränkt werden soll und daraufhin diskutiert. Dafür wurden zwei fiktive Zukunftsbilder von Situationen in der Karlsruher Oststadt gezeigt, die bewusst stark und deutlich gewählt wurden und eine Veränderung zwischen der Vorher-Situation (Ist-Zustand) und der Nachher-Situation (Szenario) zeigen. Die Szenarien sollten nicht nur an sich, sondern auch im Zusammenhang mit der weiteren Verbreitung von neuen Mobilitätsangeboten in Städten, bewertet und diskutiert werden.



Abbildung 3.3: Gesprächsanreiz: fiktive Zukunftsbilder

Datenauswertung

Alle Interviews wurden von einem externen Büro transkribiert und mithilfe des Softwareprogramms MAXQDA in einem deduktiven Verfahren analysiert. Das heißt, bei der Analyse des Materials sind wir in erster Linie von existierenden Theorien und Kategorien ausgegangen. Zur Auswertung der Alltagsgestaltung haben wir uns insbesondere an das Vorgehen von Puhe et al. (2021) gehalten.

Zunächst wurde das gesamte Material anhand von Verkehrszwecken gegliedert. Jede berichtete Beziehung wurde einem Verkehrszweck zugeordnet. Unterschieden wurde zwischen Arbeit, Ausbildung, Einkaufen, Erledigungen, Holen und Bringen sowie Freizeit.

Zweitens erfolgte eine Gliederung des Materials anhand von Beziehungen innerhalb dieser Verkehrszwecke. Auf diese Weise konnten wichtige Beziehungen, die sich hinter den Verkehrszwecken verbergen, offengelegt werden. Es hat sich gezeigt, dass die Verkehrszwecke in Bezug auf die sie zusammenfassenden Beziehungen sehr heterogen sind. So umfasst der Verkehrszweck „Holen und Bringen“ beispielsweise Beziehungen zu Bildungseinrichtungen aber auch zu Sportvereinen oder privaten Kontakten. Hier zeigte sich bereits, dass die Beziehungen in Bezug auf ihre Bedeutung für die Interviewteilnehmer:innen, als auch in Bezug auf ihre raum-zeitliche Variabilität sehr unterschiedliche Voraussetzungen aufweisen.

Anschließend konnten die Wahrnehmungen und Deutungen der Interviewteilnehmer:innen in Bezug auf die raum-zeitliche Flexibilität sowie die soziale und individuelle Bedeutung der einzelnen Beziehungen gegliedert werden. In diesem Schritt wurde außerdem der Zusammenhang zwischen einzelnen Interaktionen und der Verkehrsmittelnutzung festgehalten sowie die Aussagen zur Qualität des Wohnstandortes und den Interpretationen bezüglich neuer Mobilitätsangebote.

Nachdem das gesamte Material kodiert wurde, konnten die einzelnen Beziehungen sowie deren Aussagen zu neuen Mobilitätsdienstleistungen und städtebaulichen Änderungen in einer quantitativen Materialübersicht zusammengestellt werden. Hierfür wurden die verschiedenen Codes samt ihren Ausprägungen in einer Excel Tabelle erfasst.

4 Zur Analyse sozialer Netzwerkkonfigurationen

Im Vordergrund der sozialen Netzwerkanalyse steht die Frage, wie stabil, bzw. veränderbar die sozialen Beziehungen der Interviewteiler:innen sind. Vor diesem Hintergrund wurden die Daten anhand der Beziehungen ausgewertet, von denen die Teilnehmer:innen im Verlauf der Studie berichtet haben (n=171). Eine deskriptive Beschreibung der Beziehungen, die auf diese Weise erfasst und ausgewertet wurden, findet sich in Tabelle 4.1.

Tabelle 4.1: Deskriptive Beschreibung der Beziehungen

Verkehrszweck	Anzahl	Anteil	Lebensweise	Anzahl	Anteil
Arbeit	18	10,5%	Personen mit Kindern	83	48,5%
Ausbildung	4	2,3%	Pkw ja	54	31,6%
Einkauf	26	15,2%	Pkw nein	29	17,0%
Erledigung	9	5,3%			
Freizeit	101	59,1%	Personen ohne Kinder	88	51,5%
Holen & Bringen	13	7,6%	Pkw ja	24	14%
			Pkw nein	64	37,4%
Gesamt	171	100,0%		171	100,0%

Da es verschiedene Möglichkeiten gibt, Mobilitätsverhalten zu verändern (vermeiden, verlagern, verbessern), sind unterschiedliche Indikatoren nötig, um die Bandbreite der Veränderbarkeit in den Blick zu nehmen. Mithilfe der Indikatoren soll eine Typologie entwickelt werden, die die unterschiedlichen Änderungsmöglichkeiten adressiert. Die Operationalisierung in diesem Beitrag stützt sich auf insgesamt vier Indikatoren.

Tabelle 4.2: Ausprägungen Motivation

Indikator	Ausprägung	Anzahl	Zitate
Motivation	Integriert	104	<i>„Meine Freundin in der Oststadt besuche ich mindestens einmal in der Woche und für gewöhnlich Dienstagabend. Wir kochen oder wir basteln oder wir machen was in der Wohnung.“ (ID 13)</i>
	Identifiziert	41	<i>“Die [Mutter] besuche ich momentan auch noch jedes Wochenende. Dass sie nicht so komplett alleine ist. [...] Irgendwie ist es ihr halt auch irgendwie sehr wichtig für sie, dass sie dann auch ein paar Stunden jemanden noch bei sich hat, mit dem sie einfach mal ein bisschen quatschen kann. (ID 9)</i>
	Introjiziert	20	<i>“Und dann dachte ich, irgendetwas muss ich machen, ja, ich probiere mal schwimmen. Und das geht ganz gut. Also, dass ich mich da überwinde und dann ich es auch nicht so schrecklich finde.“ (ID 4)</i>
	External	5	<i>„Zum Leide genau also/ Das [Fußballtraining des Sohnes] finde ich total nervig, weil ich meine Kindheit schon auf dem Fußballplatz meines Bruder verbracht habe. Für mich ist es echt ein Graus.“ (ID 1)</i>

4.1 Motivation

Die Motivation zeigt an, welche soziale oder emotionale Bedeutung die Beziehung für die Person hat, bzw. welches Motiv hinter dieser Beziehung steht. Dieser Indikator stützt sich im Wesentlichen auf die Selbstbestimmungstheorie nach Ryan und Deci (2017). Dabei handelt es sich um eine Motivationstheorie die zwischen selbstbestimmter und fremdbestimmter Motivation unterscheidet und dabei soziale und kulturelle Faktoren berücksichtigt. In Anlehnung an Deci und Ryans sechsstufige Skala von Regulationstilen, unterscheiden wir in diesem Beitrag insgesamt vier unterschiedliche Motive für eine Beziehung: (1) Als integriert gelten Beziehungen, die als interessant und wertvoll erachtet werden und dem eigenen Selbstbild entsprechen (z.B. Freunde). (2) Als identifiziert gelten Beziehungen, denen eine soziale Bedeutung beigemessen wird, die aber nicht unbedingt (oder nicht immer) mit Freude verbunden werden (z.B. Arbeit). (3) Als introjiziert gelten Beziehungen, die nur aufgrund ihrer Praktikabilität (z.B. Supermarkt) bestehen. (4) External

motiviert Beziehungen werden nur aufgrund externen Drucks aufrechterhalten (z.B. Arbeitsamt). In Tabelle 4.2 finden sich die verschiedenen Ausprägungen zum Code "Motivation" sowie einzelne Zitate aus den Interviews, die die Zuordnung untermauern.

4.2 Zeitliche Flexibilität

Die zeitliche Flexibilität einer Beziehung zeigt an, mit welcher zeitlichen Rigidität eine Interaktion üblicherweise stattfindet und ob dieser Zeitplan ad hoc oder mit etwas Vorlauf verändert werden kann. In Tabelle 4.3 finden sich die Ausprägungen der zeitlichen Flexibilität, sowie einige Zitate.

Tabelle 4.3: Ausprägungen der zeitlichen Flexibilität

Indikator	Ausprägung	Anzahl	Zitate
Zeitliche Flexibilität	Kein fester Zeitplan – ad hoc Anpassungen möglich	86	<i>"Es ist dann schon auch spontan. Wir haben jetzt keinen festen Tag oder irgendwie Uhrzeit, sondern wie es halt passt, je nachdem, was halt grad los ist. (ID 7)</i>
	Kein fester Zeitplan – keine ad hoc Anpassungen möglich	23	<i>„Wir waren in den Faschingsferien in Flensburg und haben meine Familie dort besucht. Und da sind wir auch mit der Bahn hingefahren.“ (ID 3)</i>
	Fester Zeitplan – ad hoc Anpassungen möglich	16	<i>"Wir sind recht wenige Kollegen und Kolleginnen (...) und je nachdem, wann wer frei hat, fange ich um halb acht an und wenn meine Kollegin da ist, die macht sonst immer die Frühschichten, dann komme ich um acht.“ (ID 12)</i>
	Fester Zeitplan – frühzeitige Anpassungen möglich	14	<i>"Also in aller Regel habe ich da [bei den Dienstreisen] ein sehr starkes Mitbestimmungsrecht. [...] Und dann legen wir das auch so, dass ich das/ dass das so auch gut passt.“ (ID 4)</i>
	Fester Zeitplan – keine Anpassungen möglich	31	<i>„Also ja, ich habe jetzt Semesterferien, aber sonst, wenn ich Uni habe, dann gehe ich zu den Veranstaltungen zu den Vorlesungszeiten.“ (ID 10)</i>

4.3 Räumliche Flexibilität

Die räumliche Flexibilität zeigt an, ob Interaktionen nur an ganz bestimmten Orten ausgeübt werden können oder ob sie räumlich flexibler gestaltet werden können. Die Einteilung, ob eine Beziehung flexibel oder unflexibel ist, erfolgte nicht auf Grundlage objektiver städtebaulicher und infrastruktureller Attraktivitätskennzahlen, sondern auf Grundlage der subjektiven Aussagen der Teilnehmer:innen und deren Mobilitätstagebüchern. Die Ausprägungen der räumlichen Flexibilität beziehen sich auf die Anzahl der aktiv genutzten Interaktionspunkte. Tabelle 4.4 verdeutlicht dies anhand einiger Zitate.

Tabelle 4.4: Ausprägungen der räumlichen Flexibilität

Indikator	Ausprägung	Anzahl	Zitate
Räumliche Flexibilität	Vielzahl an Alternativen	24	<i>„Ja, manchmal treffen wir uns bei wem zu Hause und dann gehen wir weiter. Die meisten wohnen in Südstadt und normalerweise bleiben wir in den Bars dort. Wir wechseln ab.“ (ID 3)</i>
	4 aktiv genutzte Alternativen	3	<i>„[Einkaufen] Mache ich immer so, wie es grad praktisch ist. Also es ist dann nicht unbedingt, dass es nur in der Oststadt ist, sondern auch mal auf dem Weg, wenn ich irgendwo bin oder so, ja.“ (ID 11)</i>
	3 aktiv genutzte Alternativen	9	<i>Und einkaufen ist halt üblicherweise irgendwie hier so hier der Edeka direkt in der Oststadt oder (unv.), ein paar exotischere Sachen im Asialaden oder halt irgendwie auch mal im Scheck-In oder so was. (ID 9)</i>
	2 aktiv genutzte Alternativen	31	<i>„Einmal die Woche fahren wir [zum Einkaufen] in dieses Zentrum eben hinten, wo alles ist und holen da dann einen Kofferraum voll.[...] Wenn wir eh spazieren gehen, dann gehe meistens noch hier [im Stadtteil]. Oder wenn was fehlt“ (ID 6)</i>
	Es gibt nur eine aktiv genutzte Alternative	103	<i>„Ein Teil meiner Bekanntschaft wohnt da noch, die kommen da auch mit Zelten, da zelten wir halt immer irgendwie hier in [Ortsname], eine Woche, da ist ein schöner Zeltplatz“ (ID 9)</i>

4.4 Reflexionstiefe

Die Reflexionstiefe zeigt an, mit welchem kognitiven Aufwand die Teilnehmer:innen ihre Verkehrsmittel auswählen. Während für manche Interaktionen wie selbstverständlich zu dem immer gleichen Verkehrsmittel gegriffen wird (routiniert), wird für andere Interaktionen zwischen einer limitierten Anzahl ausgewählt (stereotyp). Wieder andere Interaktionen verlangen von den Teilnehmer:innen eine bewusste und reflektierte Entscheidung darüber welches Verkehrsmittel das geeignete ist (reflektiert). Tabelle 4.5 diesen Indikator mitsamt seinen Ausprägungen.

Tabelle 4.5: Ausprägungen der Reflexionstiefe

Indikator	Ausprägung	Anzahl	Zitate
Reflexions- tiefe	Routiniert	102	<i>„Lidl, ja, einmal wöchentlich einkaufen. Dazu miete ich mir tatsächlich ein Stadtmobil und fahre dann einmal die Woche dahin in der Oststadt beim Bau- markt.“ (ID 7)</i>
	Stereotyp	52	<i>„Und wenn jetzt eine Straßenbahn kommt, wo ich einfach mit dem Kinderwagen nicht reinkomme, dann geht es halt zu Fuß weiter.“ (ID 5)</i>
	Reflektiert	16	<i>„Also ich wohne jetzt noch nicht so lang in Karlsruhe und wir haben jetzt einfach für Möbel, also die wir gekauft haben, haben wir Carsharing genutzt. Ja, genau, auch solche Dinge transportieren. Wir haben es jetzt mal benutzt für einen Besuch, wenn wir außerhalb von Karlsruhe unterwegs waren. Aber sonst eigentlich gar nicht, ja.“ (ID 13)</i>

5 Ergebnisse – die Veränderbarkeit von Beziehungen

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Teilaspekte der empirischen Untersuchung zusammengeführt. Dafür wird zunächst eine Widerstandstypologie präsentiert, die hilft, die Zusammensetzung der sozialen Netzwerke der Interviewteilnehmer:innen im Hinblick auf ihre Veränderbarkeit zu verstehen.

5.1 Die Widerstandstypologie

Auf Grundlage der verschiedenen Indikatoren lässt sich in Anlehnung an Puhe et al. (2021) eine Widerstandstypologie entwickeln, die dazu dient, die verschiedenen Beziehungen im Hinblick auf ihre Widerständigkeit gegenüber Veränderungen zu gruppieren. Für die hier vorliegende Arbeit wurde das Konzept des Merkmalsraumes genutzt (Kelle und Kluge 1999). Hierfür werden verschiedene Indikatoren (bzw. Merkmale) miteinander kombiniert und mithilfe einer Mehrfeldertafel illustriert. Auf diese Weise lassen sich alle Beziehungen einer Merkmalskombination zuweisen. Die oben beschriebenen Indikatoren richten den Fokus auf ganz unterschiedliche Aspekte von Veränderbarkeit, sodass wir im Folgenden diese unterschiedlichen Aspekte nacheinander betrachten und anschließend in eine abschließende Typologie überführen.

5.2 Substituierbarkeit

Der Aspekt der Substituierbarkeit richtet sich auf unterschiedliche Aspekte einer Beziehung. Zum einen auf die Existenz der Beziehung und der Frage danach, ob eine Beziehung als Ganzes substituiert werden kann, also nicht länger aufrechterhalten wird. Um die unterschiedlichen Möglichkeiten der Substituierbarkeit zu ermitteln, spannen wir daher einen Merkmalsraum über die beiden Indikatoren "Motivation" und "Reflexionstiefe".

5.3 Raum-zeitliche Flexibilität

Ein weiterer Aspekt von Veränderbarkeit bezieht sich auf die Möglichkeit, Interaktionen an anderen Orten oder zu anderen Zeiten auszuführen. Für diesen Aspekt wurden die Indikatoren räumliche und zeitliche Flexibilität zu einem Merkmalsraum verdichtet. Auf diese Weise lassen sich vier Gruppen zeit-räumlicher Flexibilität unterscheiden (siehe Tabelle 5.2)

Tabelle 5.1: Merkmalsraum Substituierbarkeit

Reflexions- tiefe	Motivation			
	Integriert	Identifiziert	Introjiert	External
Routiniert	Beziehung und Verkehrsmittelwahl stabil		Beziehung instabil – Verkehrsmittelwahl stabil	
Stereotyp	(n=130)		(n=24)	
Reflektiert	Beziehung stabil – Verkehrsmittelwahl instabil		Beziehung und Verkehrsmittelwahl instabil	
	(n=15)		(n=1)	

Tabelle 5.2: Räumlich-Zeitliche Flexibilität

Zeitliche Flexibi- lität	Räumliche Flexibilität			
	1 Option	2 Optionen	3 Optionen	>3 Optionen
Kein fester Zeitplan	Zeitlich flexibel – Räumlich fix (n=82)		Zeitlich flexibel – Räumlich flexibel (n=27)	
Fester Zeitplan, keine ad hoc Anpassung				
Fester Zeitplan, frühzeitige Anpassungen möglich	Zeitlich fix – Räumlich fix (n=52)		Zeitlich fix – Räumlich flexibel (n=9)	
Starrer Zeitplan				

5.4 Die Typologie

Um Aussagen über die Veränderbarkeit von Beziehungen machen zu können, werden die zentralen Untersuchungsmerkmale "Substituierbarkeit" und "Zeit-Räumliche Flexibilität"

ein weiteres Mal zu einem Merkmalsraum verdichtet. Diese weitere Dimensionalisierung des Datenmaterials führt zu einer drei Typen umfassenden Widerstands-Typologie, die für die weitere Analyse verwendet werden kann. Die hier vorgestellte Typologie gruppiert die einzelnen Beziehungen nach deren Möglichkeit, diese zu verändern oder zu ersetzen (vgl. Tabelle 5.3).

Insgesamt lassen sich auf diese Weise drei Beziehungs-Typen voneinander unterscheiden:

- In der roten Spalte zusammengefasst finden sich Beziehungen, bei denen aufgrund ihrer hohen sozialen oder emotionalen Bedeutung, ihrer geringen raum-zeitlichen Flexibilität und ihrer geringen Reflexionstiefe bei der Verkehrsmittelwahl in besonderem Maße davon auszugehen ist, dass eine Beeinträchtigung durch Interventionen Widerstände auslösen kann, bzw. eine Angebotserweiterung keine nennenswerte Verhaltensanpassung erwarten lässt. 46 der insgesamt 171 Beziehungen lassen sich diesem Typ zuordnen.
- In den gelben Zellen zusammengefasst finden sich Beziehungen, bei denen aufgrund ihrer hohen sozialen oder emotionalen Bedeutung davon auszugehen ist, dass Interventionen, die einer Aufrechterhaltung dieser Beziehungen im Wege stehen, Widerstände auslösen kann. Interaktionen sind aber in mindestens einer Dimension veränderbar (zeitlich, räumlich, oder Verkehrsmittelwahl). 99 der insgesamt 171 Beziehungen lassen sich diesem Typ zuordnen.
- In den grünen Zellen zusammengefasst finden sich Beziehungen, bei denen aufgrund ihrer geringen emotionalen oder sozialen Bedeutung davon auszugehen ist, dass durch Interventionen verursachte Beeinträchtigungen zu keinen nennenswerten Widerständen führt und die in mindestens einer Dimension empfänglich für Angebotserweiterungen oder entsprechende Verhaltensänderungen sind. 25 der insgesamt 171 Beziehungen lassen sich diesem Typ zuordnen.

In der von uns untersuchten Gruppe zeigt sich, dass Eltern mit (kleinen) Kindern einen höheren Anteil an Beziehungen des Typ I (hohe Widerständigkeit) haben als es Personen ohne Kinder im Haushalt haben. Davon wiederum haben Eltern, die über einen eigenen Pkw verfügen, etwas häufiger Beziehungen von hoher Widerständigkeit in ihrem sozialen Netzwerk.

Dafür haben autolose Befragte einen höheren Anteil an Beziehungen des Typs II (mittlere Widerständigkeit) in ihrem sozialen Netzwerk, d.h. sie pflegen mehr Beziehungen, die in mindestens einer Dimension (zeitlich, räumlich, VM-Wahl) veränderbar sind. Insgesamt ist nur eine kleine Anzahl von 25 Beziehungen dem Typ III (niedrige Widerständigkeit) zuzuordnen. Eltern von kleinen Kindern berichten dabei etwas häufiger von diesem Typ Beziehungen als die Befragten ohne Kinder (siehe Tabelle 5.4).

Tabelle 5.3: Die Widerstandstypologie

SUBSTITUIERBARKEIT	RAUM-ZEITLICHE FLEXIBILITÄT			
	Zeitlich fix – Räumlich flexibel	Zeitlich flexibel Räumlich fix	Zeitlich und Räumlich flexibel	Zeitlich und Räumlich fix
Beziehung und Verkehrsmittelwahl stabil	Veränderbar (räumlich) nicht ersetzbar	Veränderbar (zeitlich) nicht ersetzbar	Veränderbar (räumlich, zeitlich) nicht ersetzbar	Nicht veränderbar nicht ersetzbar
Beziehung stabil – Verkehrsmittelwahl instabil	Veränderbar (räumlich, VM-Wahl) nicht ersetzbar	Veränderbar (zeitlich, VM-Wahl) nicht ersetzbar	Veränderbar (zeitlich, räumlich, VM-Wahl) nicht ersetzbar	Veränderbar (VM-Wahl) nicht ersetzbar
Beziehung instabil – Verkehrsmittelwahl stabil	Veränderbar (räumlich) ersetzbar	Veränderbar (zeitlich) ersetzbar	Veränderbar (zeitlich, räumlich) ersetzbar	ersetzbar
Beziehung und Verkehrsmittelwahl instabil	Veränderbar (räumlich, VM-Wahl) ersetzbar	Veränderbar (zeitlich, VM-Wahl) ersetzbar	Veränderbar (zeitlich, räumlich, VM-Wahl) ersetzbar	Veränderbar (VM-Wahl) ersetzbar

Tabelle 5.4: Verteilung der Beziehungstypen auf die Teilnehmer:innen

LEBENSWEISE	WIDERSTANDSTYP								
	ID	Typ I		Typ II		Typ III		Gesamt	
		#	%	#	%	#	%	#	%
Ohne Kinder im HH									
Mit Pkw	10	2	16,7	9	75,0	1	8,3	12	100,0
	11	0	0,0	9	75,0	3	25,0	12	100,0
Ohne Pkw	7	4	30,8	9	69,2		0,0	13	100,0
	8	2	15,4	10	76,9	1	7,7	13	100,0
	9	2	12,5	12	75,0	2	12,5	16	100,0
	12	2	16,7	9	75,0	1	8,3	12	100,0
	13	1	10,0	8	80,0	1	10,0	10	100,0
Ergebnis		13	14,8	66	75,0	9	10,2	88	100,0
Mit Kindern im HH									
Mit Pkw	1	4	33,3	5	41,7	3	25,0	12	100,0
	2	3	25,0	8	66,7	1	8,3	12	100,0
	4	7	43,8	9	56,3		0,0	16	100,0
	6	5	38,5	8	57,1	1	7,7	13	100,0
Ohne Pkw	3	2	13,3	7	46,7	6	40,0	15	100,0
	5	5	38,5	4	30,8	4	30,8	13	100,0
Ergebnis		26	32,1	41	50,0	15	18,5	81	100,0
Gesamtergebnis		39	22,9	107	62,9	24	14,1	170²	100,0

Ein Blick auf die einzelnen Interviewteilnehmer:innen zeigt, dass es Personen gibt, deren soziales Netzwerk insgesamt zu großen Teilen aus Beziehungen hoher Widerständigkeit besteht. So sind beispielsweise sieben von insgesamt 16 Beziehungen, von denen die Teilnehmerin ID4 berichtet, weder veränderbar, noch ersetzbar. Von einem ähnlich hohen Anteil an unveränderbaren Beziehungen berichten auch die Teilnehmerinnen ID 5 und ID 6. Bei den Teilnehmerinnen ID 7 sowie ID 1 ist etwa jede dritte Beziehung des Netzwerkes

² Für die Darstellung der Typologie konnten nur 170, statt 171 Beziehungen berücksichtigt werden, da diese Beziehung auf einen Versandhandel zurückgeht, für den die Berechnung der Veränderbarkeit der Verkehrsmittelwahl in dieser Systematik nicht möglich ist.

in keiner der beleuchteten Dimensionen veränderbar. Außerdem auffallend ist, dass es insgesamt nur wenige Beziehungen gibt, die sowohl ersetzbar als auch veränderbar erscheinen. Bei mehreren Teilnehmer:innen trifft dies nur auf eine einzige Beziehung zu, bei manchen sogar auf keine Beziehung (siehe Tabelle 5.4)

6 Soziale Akzeptanz von neuen Mobilitätsangeboten

6.1 Carsharing

Sechs Interviewpartner:innen nutzen aktuell Carsharing. Zum Teil ist eine eigene Mitgliedschaft vorhanden, zum Teil wird das Angebot über Freunde oder Familienmitglieder genutzt. Carsharing wird von einigen im Alltag für (größere) Einkäufe und für Wege mit Kindern genutzt, von anderen nur in Ausnahmesituationen, wie etwa beim Transport von größeren Gegenständen, wie Möbeln. Daneben wird Carsharing auch für Ausflüge genutzt.

"Wenn es jetzt stationsgebunden ist, dann muss man ins Internet und buchen und gucken was frei ist und wo und wie weit weg ist. Dadurch, dass die halt sind, wenn ich ein Großteil der Male, wenn ich einkaufen fahre, schaue ich mir das nicht im Internet an, sondern ich fahre nachhause und sehe, ah, hier steht gerade eins direkt vor meiner Tür, super, dann kann ich jetzt mal einkaufen gehen, dann nehme ich die Karre raus, gehe dahin, fahre los und das ist halt eigentlich wie ein eigenes Auto." (ID 8)

"Aber momentan passt das so wie es ist, deswegen, also einfach eine Entscheidung, wir wollen kein eigenes Auto, das ist günstiger für uns sowas zu nutzen, wir können jedes Mal entscheiden, was für ein Auto wir wollen, ob es jetzt irgendwie ein minikleines Auto ist oder ein Sprinter für den Umzug. Das ist natürlich super. Es ist um die Ecke, wir haben meistens einen Zugriff auf einen sehr großen Pool an Autos. Die sind alle gut gewartet, man kann mit den Menschen sprechen. Also eine runde Sache einfach." (ID 5)

Eine befragte Person denkt aktuell darüber nach, auf Carsharing umzusteigen und dafür das eigene Auto abzuschaffen. (ID11)

Carsharing ist allen Befragten bekannt und wird von allen Interviewpartner:innen grundsätzlich positiv gesehen.

Einige Studienteilnehmer:innen können sich in der Zukunft eine Nutzung von Carsharing vorstellen. Wegezwecke, die mit Carsharing vorstellbar sind, sind Familienbesuche, Ausflüge, Urlaub oder (größere) Einkäufe und insgesamt Wege, bei denen größere Dinge transportiert werden müssen. Für andere Teilnehmer:innen kommt eine Nutzung von Carsharing in der Zukunft nicht in Frage: Ein Auto wird nicht gebraucht, die Nutzung fremder Autos wird abgelehnt oder es ist kein Führerschein vorhanden. (ID 10)

6.2 E-Scootersharing

Drei Teilnehmer:innen haben bereits einmal E-Scootersharing genutzt – diese stammen aus der Gruppe der (jüngeren) Befragten ohne Kinder. E-Scootersharing wurde in anderen Städten genutzt, bspw. bei einem Städtetrip, oder wenn die Befragten Besuch hatten.

Der Rest der Teilnehmer:innen hat noch keine Erfahrungen mit diesem Angebot gemacht, kennt diesen Service aber aus dem Straßenraum.

Die Befragten sehen E-Scootersharing überwiegend kritisch; Vorbehalte beziehen sich dabei auf Sicherheitsbedenken, fehlender Nutzen, hoher Preis, negative Umweltwirkungen (Bsp. Rohstoffverbrauch, Batterierecycling), Störfaktor im Straßenraum (da sie häufig die Gehwege blockieren) oder fehlende körperliche Betätigung. Einige wenige Befragte – solche, die diesen Service bereits genutzt haben - weisen demgegenüber eine neutrale oder positive Haltung gegenüber E-Scootersharing auf. Teilweise werden jedoch auch hier kritische Aspekte angemerkt, wie hoher Preis, aufwendige Buchung, häufig niedriger Akkustand oder Sicherheitsbedenken.

"Was ich nur daran auch ein bisschen schwierig finde ist, dass es halt doch relativ gefährlich ist und halt da so viele mittlerweile mit den E-Scootern da irgendwie so rumheizen. Und sind auch schon viele Unfälle passiert. Aber das muss jeder dann selber wissen, wie es darum rumfährt also." (ID 7)

Entsprechend der überwiegend kritischen Einstellung können sich die meisten keine Nutzung von E-Scootersharing vorstellen. Einige merken an, dass dieser Service mit Kindern nicht nutzbar ist. Einige wenige denken jedoch über eine mögliche Nutzung nach; Roller könnten bspw. genutzt werden, um Fußwege abzukürzen, bei Städtetrips oder einfach nur so zum Spaß.

"Ja, das ist schon cool und das hat auch voll viel Spaß gemacht. Als wir mal Besuch hatten, haben wir dann auch welche ausgeliehen und sind dann irgendwie von uns in die Stadt gefahren und haben sie abgestellt, haben dann neue genommen, sind wieder woanders hin, also das ist schon so für besondere Anlässe finde ich das cool, aber auch jetzt nicht so alltagstauglich für mich." (ID11)

6.3 Bikesharing

Drei Personen aus dem Sample haben bereits Bikesharing genutzt. Der Service wurde genutzt, wenn Besuch da ist oder in spontanen oder Ausnahmesituationen.

Der Service wird grundsätzlich positiv oder neutral bewertet. Positive Aspekte sind das Wegfallen von Reparaturen; negativ wird angemerkt, dass Räder im Weg stehen.

Mehrere Befragte können sich eine Nutzung im Alltag nicht vorstellen, da der Service keinen Nutzen bietet, da ein eigenes Fahrrad vorhanden ist. Auch im Urlaub ist für einige eine Nutzung nicht denkbar. Andere können sich eine Nutzung grundsätzlich schon vorstellen, etwa als Abkürzung von längeren Wegen oder bei Städtetrips.

"Ich habe ein eigenes Fahrrad. Wenn ich jetzt in einer anderen Stadt wäre und keins hätte und eins bräuchte, würde ich das natürlich in Betracht ziehen." (ID12)

Hier kommen jedoch nur Wege in Frage, die ohne Kind bewältigt werden. Eine Person kann sich das Sharing von Lastenrädern gut vorstellen, um Dinge zu transportieren. Solch ein Sharing-Modell könnte Carsharing auf kürzeren Strecken ersetzen.

6.4 Ridepooling

Ridepooling ist den Befragten bisher nicht bekannt und dementsprechend hat noch niemand diesen Service bereits genutzt. Einige Teilnehmer:innen haben jedoch Erfahrung mit der Nutzung von Anruf-Sammel-Taxen.

Die Haltung der Teilnehmer:innen zu diesem Service ist überwiegend neutral bis positiv. Positive Aspekte ist eine vermutete Reduktion des Verkehrsaufkommens. Unklar wird die Möglichkeit eingeschätzt, Kinderwagen mitzunehmen.

Einige können sich eine Nutzung nicht vorstellen, da dieser Service aus ihrer Sicht keine zeitliche Verlässlichkeit bietet oder da sie den ÖPNV, das eigene Fahrrad oder das Taxi präferieren.

"was ist das Attraktive daran? Ist es kostenlos, also ich meine, ich brauche eine App, ich muss gucken, ob das Auto zu der Zeit wo ich wo stehe spontan oder innerhalb der nächsten Stunde, wo ich es mir überlege, ob der wirklich da vorbeifährt. Das heißt, es ist irgendwie auch, also sehr viele Variablen mit denen ich da irgendwie handhaben muss. Dann sitzen da vielleicht Leute drin, mit denen ich gar nicht in einem Bus sitzen will. Dann ist da auch eine gewisse Nähe zu diesen Menschen, die ich vielleicht gar nicht haben will. Ich habe dieses Sicherheitsproblem, dass ich mein Kind nicht richtig angurten kann vielleicht." (ID 5)

Andere können sich grundsätzlich eine Nutzung vorstellen, etwa, um schlecht angebundene Ziele in der Stadt zu erreichen oder als Verkehrsmittel, um nach dem Ausgehen nach Hause zu kommen.

“Das würde ich zum Beispiel nutzen, wenn ich mit Leuten unterwegs wäre an den unmöglichsten Stellen und irgendwie nach Hause kommen müsste. Das würde ich auf jeden Fall nutzen.” (ID12)

Eine mögliche Zielgruppe dieses Services sind dementsprechend Bewohner:innen von Vierteln am Stadtrand und generell ÖPNV-Nutzer:innen.

7 Zwischenfazit: Alltagsgestaltung und die Bewertung neuer Mobilitätsdienstleistungen

Die vorliegende Untersuchung sieht in der Alltagsgestaltung der Verkehrsteilnehmer:innen einen zentralen Erklärungsansatz für die Akzeptanz bzw. die Widerständigkeit gegenüber Veränderungen. Es konnte gezeigt werden, dass insbesondere Eltern mit kleinen Kindern in ihrem Alltag einen höheren Anteil an unveränderbaren Beziehungen pflegen als Erwachsene ohne kleine Kinder und dass alle Teilnehmer:innen über nur sehr wenige Beziehungen verfügen, die sowohl austauschbar, als auch veränderbar sind. Die Auswertungen zu neuen Mobilitätsangeboten spiegeln diese Beobachtung wider. Es fällt auf, dass die Teilnehmer:innen das Für und Wider eines bestimmten Angebotes häufig mit ihrer konkreten Alltagsgestaltung begründen. Die Verlässlichkeit, seinem gewohnten Alltag weiter nachzugehen, scheint ein wesentliches Akzeptanzkriterium (im Sinne einer Nutzungsabsicht) für neue Mobilitätsangebote zu sein. So ist Carsharing für einige Befragte ein Verkehrsmittel, welches sie für gewohnte und wiederkehrende Interaktionen nutzen und welches sich problemlos in den Alltag integrieren lässt. Aufgrund der vergleichsweise hohen Fahrzeugdichte in Karlsruhe ist ein verlässliches Angebot gewährleistet. Teilnehmer:innen, die bisher keine Carsharing Mitgliedschaft haben, zweifeln ob das Angebot ausreicht, ihren Alltag auch weiterhin wie gewohnt zu bewerkstelligen. Bikesharing oder E-Scootersharing wird im Gegensatz dazu als Verkehrsmittel beschrieben, welches für besondere Gegebenheiten durchaus interessant sein kann, eine systematische Integration in ihren Alltag schließen die Befragten allerdings aus. Der Bezug zwischen gewohnter Alltagsgestaltung und Nutzungsabsicht wird auch bei den Argumenten für oder gegen Ridepooling deutlich, ein Angebot, mit dem die meisten Befragten in dieser Form noch keine Erfahrungen sammeln konnten. Die Mehrheit der Befragten zweifelt, ob ein solches Angebot verlässlich genug sein kann, sie zu ihren Interaktionen, die in vielen Fällen zeitlich

und örtlich gebunden sind, zu bringen. Die Möglichkeit, aufgrund neuer Angebote neue Beziehungen zu erschließen oder neue Möglichkeiten im Nahraum wahrzunehmen und dafür ihren gewohnten Alltag aufzugeben, sprachen die Befragten nicht an. Diese Ergebnisse stärken die These, dass die neuen Angebote zwar nützlich sein können, aber alleine nicht ausreichen, um eine starke Änderung der Mobilitätsmuster zu induzieren. Restriktionen für den MIV erschienen ebenfalls erforderlich. Andererseits, das verdeutlicht der Fokus auf die sozialen Beziehungen, ist davon auszugehen, dass dies zu Widerständen führen wird, insbesondere dann, wenn dadurch Beziehungen betroffen sind, die nicht ohne weiteres ersetzt werden können oder veränderbar sind.

7.1 Wohnstandort und soziale Akzeptanz von städtebaulichen Änderungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse dargestellt, die sich zum einen auf die Zufriedenheit mit dem Wohnstandort und Kriterien der Wohnstandortwahl beziehen, und zum anderen auf die Akzeptanz von städtebaulichen Änderungen die mit dem Wegfall von öffentlichen Parkflächen einhergehen.

7.2 Bewertung der Kriterien zur Wohnstandortwahl

In der Regel haben die Befragten nicht gezielt die Oststadt als Wohnstandort gewählt, sondern sind eher zufällig in den Stadtteil gezogen oder sie wurden hier geboren. Es fällt auf, dass die Zufriedenheit mit dem Wohnstandort bei allen Befragten sehr hoch ist, auch wenn sich das teilweise auf unterschiedliche Gründe und Prioritäten zurückführen lässt. Ein allgemein geschätzter Vorteil ist die Möglichkeit, unterschiedliche Aktivitäten aufgrund guter Erreichbarkeit recht einfach in die Alltagsgestaltung zu integrieren. So ist man schnell im Stadtzentrum aber auch schnell im Grünen, sowohl Schulen und Betreuungseinrichtung für Kinder wie auch Gastronomie und Kultur sind gut erreichbar.

"Und die Oststadt, finde ich, hat halt schon, also den Charme, dass man halt tatsächlich so ein bisschen Studentenviertel hat, aber auch ein paar Kneipen und so. Aber ich bin halt hier auch so direkt so am Schlossgarten. Also ich habe ganz schnell den Wald um mich herum." (ID 4)

"Ich finde es eigentlich ganz gemütlich. Man hat es in die Innenstadt nicht so weit, ich habe es zu meiner Arbeit nicht weit. Man hat es in den Wald nicht so weit, da hinten fängt ja auch der Hardtwald an. Da wo wir wohnen ist halt auch ganz gut so öffentliche Nahverkehrsmittel, also ist super erreichbar (ID 12)

Vor diesem Hintergrund ließ sich unter den Befragten kein dringender Problemdruck in städtebaulicher und verkehrlicher Hinsicht feststellen. Probleme werden durchaus im Hinblick auf einzelne Aspekte, aber keinesfalls im Hinblick auf die allgemeine Lebensqualität im Stadtteil geäußert. Dementsprechend äußern die Befragten im Allgemeinen keinen sehr starken Bedarf nach Veränderungen.

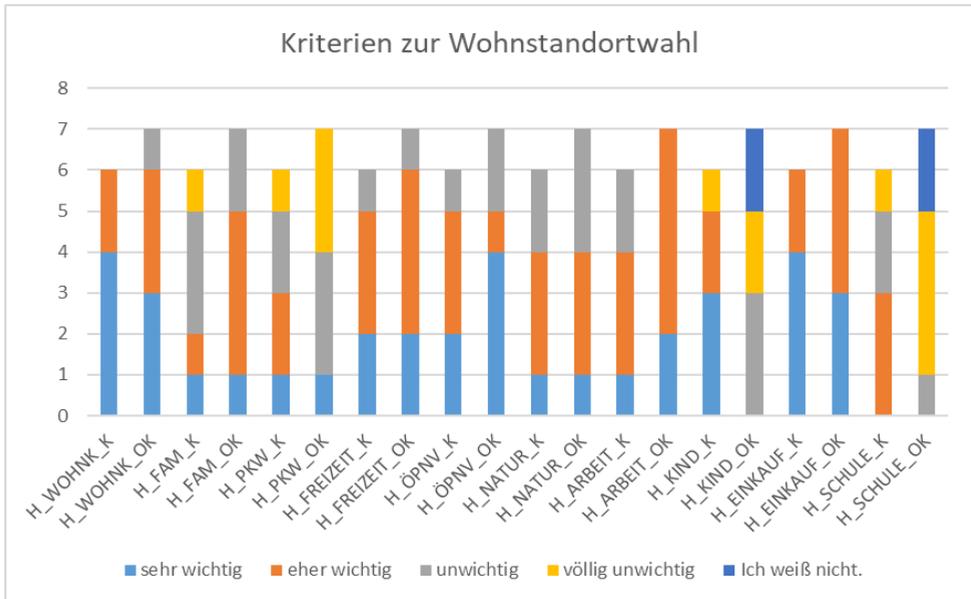


Abbildung 7.1: Antworten auf die Fragen nach wichtigen Kriterien für die Wohnstandortwahl (Legende: vgl. folgenden Text)

Abbildung 7.1 zeigt die Bewertung der Kriterien zur Wohnstandortbewertung bzw. -wahl. Die einzelnen Punkte wurden im Gespräch von den Befragten mit einer vierstufigen Skala bewertet. Die Ergebnisse lassen sich für Personen mit Kindern und Personen ohne Kinder folgendermaßen zusammenfassen (mit Kind = „K“; ohne Kind(er) „OK“):

- Als eher wichtig bis sehr wichtig werden von beiden Gruppen die **Wohnkosten** bewertet (In Tabelle 7.1 abgekürzt als „H_WOHNK“).
- Dass **Familie und Freunde vor Ort** („H_FAM“) sind, wird von einem Befragten mit Kind als völlig unwichtig bewertet. Jeweils ein Befragter mit und ohne Kind sehen dieses Kriterium hingegen als sehr wichtig an. Die Befragten ohne Kind sehen dieses Kriterium als eher wichtig an als die Befragten mit Kind.
- **PKW-Stellplätze** („H_PKW“) werden von den Befragten ohne Kind als unwichtig bis völlig unwichtig bewertet, mit einer Ausnahme (sehr wichtig). Auch bei den

Befragten mit Kind werden PKW-Stellplätze mit unwichtig (n=2) und völlig unwichtig (n=1) bewertet, allerdings kommen auch eher wichtig (n=2) und sehr wichtig (n=1) bei den Bewertungen vor.

- Die Kriterien **Freizeitangebote/Kultur am Ort** („H_FREIZEIT“), **Anbindung Busse und Bahnen** („H_ÖPNV“), **Wohnen im Grünen** („H_NATUR“), **Nähe zum Arbeitsplatz** („H_ARBEIT“) sowie **Einkaufsmöglichkeiten vor Ort** („H_EINKAUF“) werden von beiden Teilnehmergruppen als eher wichtig bis sehr wichtig bewertet und nur vereinzelt als unwichtig, jedoch nie als völlig unwichtig. Insgesamt wird diesen Kriterien eine recht große Bedeutung zugeschrieben.
- Erwartungsgemäß bewerten die Kategorie **kindergerechtes Umfeld** („H_KIND“) diejenigen ohne Kind als unwichtig bis völlig unwichtig, zwei hingegen geben keine Bewertung hierzu ab bzw. „wissen es nicht“. Bei den befragten mit Kind wird das kindergerechte Umfeld als eher wichtig bis sehr wichtig bewertet, eine Bewertung hingegen fällt auf völlig unwichtig.
- Ähnlich wie bei der Kategorie kindergerechtes Umfeld fallen die Ergebnisse bei der Kategorie **Betreuungsangebote/Schulen vor Ort** („H_SCHULE“) aus. Diejenigen ohne Kinder bewerten diese als unwichtig (n=1) bis völlig unwichtig (n=4), zwei „wissen es nicht.“ Bei denjenigen mit Kind bestehen die Bewertungen eher wichtig (n=3), unwichtig (n=2) sowie auch unwichtig (n=1).

Wie zu erwarten war, besteht die größte Einigkeit bei den Wohnkosten, die fast immer als wichtig oder sehr wichtig eingeschätzt wurden. Bei den verkehrlichen Kriterien wird die Anbindung an Busse und Bahnen bei 10 von den 13 Personen als mindestens wichtig bewertet. Bei der Frage nach der Bedeutung der Pkw-Stellplätze kamen dagegen alle Antwortkategorien vor, wenn auch bei 6 der 7 Personen ohne Kinder hier „unwichtig“ bzw. „völlig unwichtig“ angegeben wurde. Die PKW-Stellplätze, ein kindergerechtes Umfeld sowie Betreuungsangebote und Schulen sind für die meisten Befragten ohne Kind nicht wichtig. Für die Befragten mit Kind ist hingegen ein kindergerechtes Umfeld wichtig.

7.3 Soziale Akzeptanz der städtebaulichen Änderungen

Im Folgenden sind die Reaktionen auf die beiden Bilder und die entsprechenden Argumentationsmuster beschrieben. Die Ergebnisse sind im Anhang I zusammengefasst, unterschieden nach vier Gruppen:

	Mit Kindern im HH	Ohne Kinder im HH
Mit Pkw im Haushalt	4	2
Ohne Pkw im Haushalt	2	5

Wie in Kapitel 2 erläutert wird unterschieden zwischen Argumenten,

- die sich eher auf individuelle Vor- und Nachteile beziehen (i – individuelle Perspektive)
- die sich eher auf kollektive Vor- und Nachteile beziehen (K – kollektive Perspektive) (einschließlich Aspekten sozialer Gerechtigkeit)

Die meisten Rückmeldungen auf die Bilder waren grundsätzlich positiv. Der Grundgedanke, Verkehrsflächen im Straßenraum und in dem Hinterhof in andere Nutzungen umzuwandeln wurde von fast allen Interviewten begrüßt. Allerdings waren für viele Befragte die gleichzeitige Einrichtung von Sammelgaragen, z.B. am Rande des Stadtteils, eine notwendige Voraussetzung für die Akzeptanz einer solcher Maßnahme.

"also ich hätte hier, wenn ich jetzt hier zum Beispiel so ein Parkhaus hätte, ne, wo ich sage, okay, ich muss zwar ein paar Meter laufen, aber da habe ich einen sicheren Parkplatz und bin ich auch gerne bereit, die paar Meter zu laufen, dann sind die Autos weg. Die sind ja auch nicht unbedingt schön auf der Straße, man kann den Raum schöner nutzen. Dann fände ich sowas wirklich klasse, ist toll." (ID 2).

"Finde ich super. Und ich würde das auch akzeptieren, wenn ich da irgendwie ein paar Minuten nachhause laufen würde" (ID 1).

Die Reaktionen auf eine Reduktion von öffentlichen Parkflächen fallen aber sehr unterschiedlich aus. Die beiden Eltern ohne Pkw im Haushalt erklären sehr explizit, dass sie persönlich keinen Parkplatz brauchen. Eine Reduktion des Autoverkehrs wird von vielen für grundsätzlich wünschenswert gehalten. Einige sprechen sich für eine generell autofreie Innenstadt (einschließlich der Oststadt) aus. Gerade aus einer kollektiven Perspektive wird mehrfach argumentiert, dass man in der Nähe der Wohnung Zugang zu verschiedenen Verkehrsmitteln benötigt.

"Aber ich muss den Leuten Platz für ihre Autos geben. Die, die nicht drauf verzichten können oder wollen, ja, wenn ich denen eine Möglichkeit biete, ihr Auto loszuwerden, dann kann ich diese Situation hier aufheben. Aber wie gesagt, ich glaube nicht, viele wollen ihr Auto nicht aufgeben" (ID 2).

"Menschen sollte die Möglichkeit gegeben werde, direkt vor ihrer Wohnung auszustiegen, insbesondere Menschen, die mobil eingeschränkt sind" (ID 13).

"PKW-Stellplätze sollten aktuell erhalten bleiben" "In der Stadt ohne eigenes Auto mobil zu sein, ist durchaus möglich". "Strecken außerhalb der Stadt ohne Auto zurückzulegen ist nicht immer so einfach" (ID 13)

Viele argumentieren, dass man Alternativen bieten müsse, wenn man den Menschen das Autofahren schwerer macht. Häufig werden hier die Interessen der anderen, also eine kollektive Perspektive, angeführt. Oft wird Car-Sharing als bereits genutzte oder perspektivisch als gute Alternative zum eigenen Pkw genannt. Einige betonen die bereits sehr gute Verfügbarkeit von Car-Sharing, andere fordern einen weiteren Ausbau von Car-Sharing. Mehrfach wird unterschieden zwischen der Fortbewegung in der Stadt, für die man nicht unbedingt ein Auto braucht, und dem Verkehr außerhalb der Stadt, der oft stark von der Autonutzung abhängt.

"Und wie gesagt, also ich würde mir eine autofreie Innenstadt wünschen. Ich fände das extrem gut, einfach um mit Kindern, mit älteren Leuten, die nicht mehr so verkehrssicher sind, einfach, ja, dass man da mehr Gestaltungsfreiraum, mehr Spielraum auch hat. Und dann, ja klar, also ich weiß, das ist natürlich/ dann müsste halt auch der öffentliche Verkehrsmittel/ die öffentlichen Verkehrsmittel müssten sicherer fahren, müssten zuverlässiger fahren" (ID 6).

"Abschaffung privater PKW muss mit vernünftigen Alternativen verbunden werden, Carsharing ist eine Option, und sollte entsprechend ausgeweitet werden" (ID 11).

Aber auch eine Verbesserung bzw. Erweiterung des klassischen ÖV wird mehrfach als wichtig angesehen, wenn der Autoverkehr zurückgedrängt werden würde. Genannt wurden auch Ride-Pooling Angebote über Apps. Junge Erwachsene weisen darauf hin, dass man die Mobilitätsbedürfnisse von älteren Menschen nicht vernachlässigen dürfe und dass hier Car-Sharing vielleicht keine Option ist.

Fahrradinfrastruktur wird besonders von den jungen Erwachsenen als wichtig erachtet. Städtebauliche Änderungen sollten dem Fahrradverkehr zu Gute kommen. Einige junge Erwachsene finden, dass es für Fahrradfahrer auch ein Nachteil sein kann, wenn plötzlich viele Menschen, darunter spielende Kinder, auf der Straße sind, weil, man dann mehr aufpassen und langsamer fahren muss.

Hinsichtlich städtebaulicher Entwicklungspotentiale werden recht unterschiedliche Aspekte angesprochen. Insgesamt findet die Grundidee, die Straße und den Innenhof umzugestalten, viel Zuspruch. Viele verbinden mit den städtebaulichen Änderungen grundsätzlich eine Steigerung der Lebensqualität im Quartier.

Und da findet man ja gar keinen Parkplatz, das ist ja eine Katastrophe, da zu parken. Von daher wäre es schon gut, wenn die Autos dann einfach mal, wenn die Straße auch ein bisschen breiter wäre, wenn die Autos da weg wären, und man da einfach den Raum nutzen könnte. Also wenn ich gerade so hier die Kinder sehe, ja. Dass man da einfach sich mehr entfalten kann, ne? Dass da die Kinder auch ohne Angst auf die Straße fahren und Fahrradfahren können und so." (ID 6)

"Also ich finde das sieht, jetzt im Vergleich zum Ist-Zustand, viel idyllischer aus. Irgendwie so also man könnte meinen, dass es gar nicht mehr so mitten in der Stadt ist, sondern vielleicht eher am Stadtrand also. Es ist schon denke ich sowas gut für Familien, wie jetzt auch hier die kleinen Kinder und so abgebildet sind, weil halt eben weniger Autos, weniger Verkehr also. Sieht gut aus "(ID 7).

Bei der Frage wie umgestaltet werden soll, gehen die Meinungen teilweise, insbesondere aus individueller Perspektive, auseinander. Vor allem das Hinterhofbild mit Pool wird in dieser Form als nicht realistisch und nicht unbedingt als wünschenswert angesehen. Pool und Kletterwand an sich erhalten kaum Zustimmung. Der Pool stößt teilweise auf Ablehnung, aus Hygiene-Gründen und wegen der Kosten, die Kletterwand stößt auf Sicherheitsbedenken. Mehr Zuspruch findet die generelle Idee, einen Hinterhof so umzugestalten. Zudem stoßen einzelne Aspekte des Bildes auf Zuspruch, wie z.B. der gute Zugang zu Car-Sharing Fahrzeugen. Einige würden vor allem einen Zuwachs an Grünflächen als Vorteil sehen, auch Freizeitflächen und Grillmöglichkeiten werden als Gewinn erachtet .

Innenhöfe und Straßenflächen als Spielflächen nutzbar zu machen stößt vielfach auf Zustimmung, besonders, aber nicht nur bei den Eltern. Das Thema Lärm wird unterschiedlich diskutiert. In der Regel wird argumentiert, dass man „Lärm“ von spielenden Kindern aushalten muss. Es wird aber auch angeführt, dass sich Ideen zur Umgestaltung von öffentlichem Raum nicht nur an Eltern mit Kindern orientieren, sondern auch andere gesellschaftliche Gruppen einbeziehen. Mehrfach werden partizipative Ansätze gefordert, um Ziele/Visionen für den Stadtteil zusammen mit der Stadt und/oder über Nachbarschaftsvereine zu entwickeln.

Aus einer eher kollektiven Perspektive wird mit den Bildern häufig die Chance verbunden, Begegnungszonen aufzubauen und damit nachbarschaftliche Kontakte zu fördern. Es wird erwartet, dass eine besseres „Miteinander“ generell zu einem angenehmeren und lebenswerteren Wohnumfeld führt. Bis auf eine Ausnahme argumentieren alle Befragten ohne Kinder in diese Richtung.

"Ich finde es total super, weil was fehlt, ist, dass Leute mehr Grünplatz haben, ja? Mit Kinder zu spielen oder zum Grillen oder ja. Ich finde das super. Das ist meine

Traumstadt. Dass all die Autos weg sind, dass mehr Leute zu Fuß oder Fahrrad fahren und dass alle die Autos, die noch benötigt werden, sind Stadtmobilautos oder Carsharing und die sind in Tiefgaragen versteckt" (ID 3).

"also wenn es so aussieht, dass ich halt auch öfter auf der Straße bin und weiß nicht, meine Nachbarn besser kennen lerne, ist sicherlich sehr angenehm. Ja und Autofahrer werden halt auf Schritttempo reduziert." (ID 8)

8 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Untersuchung betrachtet unterschiedliche Aspekte einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung in der Karlsruher Oststadt und Bedingungen für deren sozialer Akzeptanz im Rahmen einer Interviewstudie. Ausgangsthese ist, dass die Stärkung bzw. Einführung neuer, digital unterstützter Mobilitätsangebote - oft als Pull-Maßnahmen bezeichnet - zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für eine urbane Mobilitätswende ist. Ebenfalls notwendig sind zwei weitere Faktoren: Zum einen Restriktionen für den motorisierten Individualverkehr (MIV), oft Push-Maßnahmen genannt, zum anderen müssen die Restriktionen in einer Form umgesetzt werden, dass sie ein gewisses Maß an sozialer und politischer Akzeptanz erreichen können. Erst die Kombination aller drei Bedingungen ist hinreichend für eine Mobilitätswende. Methodisch wurde besonders bei der Frage nach der Veränderbarkeit von Mobilitätsmustern der Zusammenhang zwischen Mobilitätsverhalten und Alltagsgestaltung in den Mittelpunkt gerückt. Sowohl die inhaltlichen wie auch die methodischen Aspekte werden in der folgenden Diskussion berücksichtigt.

Inhaltlich zeigt sich, dass die interviewten Bewohner:innen eher zufrieden sowohl mit den verkehrlichen Verhältnissen, als auch mit der Wohnsituation in der Oststadt sind. Insgesamt konnten die Interviewten im Stadtteil eine für sie zufriedenstellende Alltagsgestaltung aufbauen. Von den neuen Mobilitätsangeboten spielt nur Car-Sharing bereits heute, oder perspektivisch, eine relevante Rolle in der Alltagskonfiguration der Menschen. Von einigen wird Car-Sharing bereits genutzt bzw. ist für bestimmte Alltagsabläufe fest eingeplant. Von anderen wird es als mögliche Alternative zum privaten Pkw ernsthaft in Betracht gezogen. In letzteren Fällen wurde angedeutet, dass Änderungen der Lebensverhältnisse (Kind wird selbständiger, Übergang vom Studium ins Berufsleben) den Einstieg in eine routinierte Car-Sharing Nutzung fördern könnten. Die Interviews geben keinen Anlass zur Vermutung, dass die anderen diskutieren Verkehrsmittel (E-Scooter, Leihräder, Shuttles) perspektivisch eine wichtigere Rolle in der Alltagsgestaltung der Menschen

spielen könnten. Einige können sich aber vorstellen, Shuttles für bestimmte Wege zu nutzen. Es hat sich gezeigt, dass die Nutzungsabsicht gegenüber neuen Mobilitätsangeboten stark an die heutige Alltagsgestaltung gebunden ist, bzw. dass aus dieser Perspektive die Vor- und Nachteile eines Angebotes diskutiert werden. Zwar lässt sich eine generelle Akzeptanz nicht direkt mit der Zusammensetzung des sozialen Netzwerkes mit Typ I, II oder III Beziehungen (siehe Tabelle 5.4) erklären, es wurde aber deutlich, dass der Gradmesser, mit dem die Angebote bewertet werden, die derzeitige, gewohnte Alltagskonfiguration ist.

Es gibt also kaum Anzeichen, dass die skizzierten neuen Angebote ausreichen, um zu einer tiefgreifenden Änderung des Mobilitätsverhaltens beizutragen. Insgesamt wird die These bestätigt, dass neue Angebote zwar notwendig, aber nicht hinreichend sind, um tiefgreifende Änderungen des Mobilitätsverhaltens zu erwirken. Die Interviews deuten darauf hin, dass zusätzlich zu den Angebotsverbesserungen auch Restriktionen für den MIV erforderlich sind, wenn eine signifikante Änderung der Mobilitätsmuster im Sinne einer „Verkehrswende“ erreicht werden soll.

Die Interviewten nehmen die Oststadt als einen sehr lebenswerten Wohnstandort wahr. In keinem Fall wird die Oststadt als Notlösung oder Übergangsort gesehen. Lediglich bei einigen Eltern mit Kindern wird auch der Wohnstandort „im Grünen“, also mit eigenem Garten zumindest in Erwägung gezogen. Solche Ideen wurden zum einen wegen der Kosten, zum anderen aber auch wegen der vielfältigen Möglichkeiten, die die Oststadt bietet, verworfen. Dringliche Probleme, wie bspw. zu viel oder störender Autoverkehr, werden nur vereinzelt genannt. Dies kann auch damit zusammenhängen, dass in der Karlsruher Oststadt bereits viele Menschen mit dem Fahrrad oder zu Fuß unterwegs sind. Dieser Stadtteil ist stark von Studierenden und jüngeren Menschen geprägt.

Die in den Kollagen dargestellte Umnutzung bisheriger Park- und Verkehrsflächen wird in den Interviews mit einer Ausnahme grundsätzlich begrüßt bzw. erscheint als akzeptabel. Grundsätzliche Schwierigkeiten für die Alltagskonfiguration und eine starke Reduktion der Lebensqualität werden durch den Wegfall der Parkplätze nicht erwartet. Dabei wäre es aber einigen Interviewten wichtig, dass gleichzeitig Parkhäuser am Stadtteilrand entstehen. Die Erreichbarkeit der Wohnung ist für alle eine wichtige Bedingung für die Akzeptanz von Änderungen. So deuten die Ergebnisse darauf hin, dass es durchaus Möglichkeiten geben kann, bisherige Parkflächen am Straßenrand anderen Nutzungen zuzuführen, für die ein gewisses Maß an sozialer Akzeptanz vorhanden ist. Die Studie zeigt, dass die Bedingungen, unter denen sich Akzeptanz einstellt, unterschiedlich sein können. Manche wollen auf Parkflächen am Stadtteilrand und damit auf Zugang zur Automobilität nicht verzichten - hier stellt sich die Frage, wie die Wege zwischen den Parkflächen und der Wohnung zurückgelegt werden können. Andere halten den Wegfall von

Parkflächen für zumutbar, wenn dadurch die Erreichbarkeit des Stadtteils für die verschiedenen Bevölkerungsgruppen, also auch für ältere Bewohner:innen, nicht beeinträchtigt wird. Das bedeutet, dass Alternativen zur MIV-Nutzung gestärkt werden müssen, darunter nicht nur „neue“ Angebote, sondern auch der klassische öffentliche Verkehr sowie die Situation für Fahrradfahrer:innen.

Ein echter Mehrwert wird von vielen Befragten in der Schaffung von Begegnungsflächen im Stadtteil gesehen. Fast alle Befragten haben ausdrücklich betont, dass ihnen dieser Punkt wichtig ist. Solche Räume sollten über Spielmöglichkeiten für Kinder hinaus ein engeres „Miteinander“ ermöglichen. Wie genau solche Begegnungsflächen ausgestaltet werden können bzw. sollen, konnte im Rahmen dieser Studie nicht weiter vertieft werden. Es bieten sich aber Ansatzpunkte für weitere Forschung. Die Ergebnisse legen nahe, hier verschiedene Ansätze auszuprobieren, etwa durch temporäre Umnutzungen von Flächen, zum Beispiel im Rahmen von Reallaboren. Zudem deuten die Ergebnisse darauf hin, dass eine Beteiligung der Anwohnenden bei der Konzeption solcher Umgestaltungen ein wichtiger Baustein darstellen sollte.

Methodisch geht die vorliegende Studie von einem Ansatz aus, der auf Puhe et al. (2021) zurück geht und mit Blick auf die hier vorliegende Fragestellung erweitert wurde. Der gewählte qualitative Ansatz eignet sich, um explorativ zu untersuchen, welche Argumente und Begründungsmuster im Hinblick auf die Ausgangsfragestellungen angeführt wurden. Es konnte gezeigt werden, dass die Alltagsgestaltung und Mobilität der Menschen nicht immer nur durch Kosten-Nutzen Anreize veränderbar ist, sondern dass Veränderbarkeit ein komplexes Unterfangen ist, welches verschiedene Dimensionen betreffen kann. Der konzeptionelle Zugang über soziale Beziehungen hilft aufzuzeigen, welche Beziehungen für welche Menschen eher stabil und welche eher veränderbar sind und wie dies mit der Stabilität und Veränderbarkeit der Verkehrsmittelwahl zusammenhängt. Die gewählte Interviewmethode ist sehr aufwändig und lässt in der Regel nur kleine Fallzahlen zu. Die Ergebnisse erheben keinen Anspruch auf Repräsentativität, d.h. weitere Interviews könnten zu weiteren Argumenten führen. Dies ist aber auch nicht das Ziel qualitativer Studien. Zudem konnte wegen der Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie die gewünschte Zahl von 20 Interviews nicht erreicht werden.

Das Sample weist ein hohes Bildungsniveau auf und enthält relativ viele autofreie Haushalte. Ein möglicher Grund könnten Selbstselektionseffekte sein. Das heißt, insbesondere Personen mit bestimmten Eigenschaften, wie einer hohen Bildung und einem Bewusstsein für nachhaltige Mobilität, könnten sich für die Teilnahme zur Studie gemeldet haben. Personen mit hoher Bildung zeichnen sich durch ein höheres Wissen über Umweltprobleme und damit ein höheres Umweltbewusstsein aus als weniger gebildete Personen (vgl. Franzen und Meyer 2004, S. 122).

Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse aufgrund des hier betrachteten Samples und Untersuchungsraumes - urbane und meist höher gebildete Personen in Karlsruhe - nicht auf Gesamtdeutschland übertragbar sind. Dennoch zeigen die Ergebnisse bereits wichtige Kernlinien der Argumentation, die jetzt entweder in einem entsprechend zugeschnittenen Interviewleitfaden mit einer größeren Zahl an Bürger:innen qualitativ untersucht werden oder als Grundlage für eine quantitative Erhebung dienen können.

Aus unserer Sicht besteht auch zukünftig ein erheblicher Bedarf an qualitativ ausgerichteten Untersuchungen, nicht zuletzt, weil im Bereich der urbanen Mobilitätssysteme weitere Änderungen zu erwarten sind. Beispielsweise ist damit zu rechnen, dass mit der Einführung autonomer Fahrzeuge neue Mobilitätsdienstleistungen auch auf Stadtteileben verfügbar sein werden (z.B. „Robo-Taxis“). Die wahrgenommene Abhängigkeit vom eigenen Pkw könnte dadurch reduziert und die Akzeptanz für restriktive Maßnahme erhöht werden. Ein weiteres Beispiel sind die mittel- bis langfristigen Auswirkungen von Covid-19 auf Mobilitätsverhalten und Alltagsgestaltung (Home-Office, Online-Shopping, etc.). Sollten sich Menschen infolge solcher Änderungen im Alltag mehr im Wohnumfeld aufhalten, könnte das Interesse an einem attraktiven Stadtteil mit hoher Lebensqualität weiter steigen, was sich möglicherweise auch auf die Akzeptanz einer Umgestaltung von Parkflächen förderlich auswirkt. Auch wenn solche Entwicklungen aus heutiger Sicht nur vermutet werden können, so deuten die Beispiele doch an, dass sich die Bedingungen für die Akzeptanz restriktiver Maßnahmen und städtebaulicher Änderungen zukünftig ändern können. Die Forschung sollte zu einer sorgfältigen Beobachtung solcher Entwicklungen beitragen.

Literatur

- Axhausen, Kay W. (2008): Social networks, mobility biographies, and travel: survey challenges. In: *Environment and Planning B: Planning and design* 35 (6), S. 981–996.
- Banister, D. (2002): *Transport Planning*. 2nd Edition. London: Routledge.
- Banister, David (2008): The sustainable mobility paradigm. In: *Transport Policy* 15 (2), S. 73–80.
- Becker, Sophia; Renn, Ortwin (2019): Akzeptanzbedingungen politischer Maßnahmen für die Verkehrswende: Das Fallbeispiel Berliner Mobilitätsgesetz. In: *Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation*: Springer, S. 109–130.
- Buehler, Ralph; Pucher, John; Gerike, Regine; Götschi, Thomas (2017): Reducing car dependence in the heart of Europe: lessons from Germany, Austria, and Switzerland. In: *Transport Reviews* 37 (1), S. 4–28.

- Canzler, Weert; Knie, Andreas (2016): Mobility in the age of digital modernity: why the private car is losing its significance, intermodal transport is winning and why digitalisation is the key. In: *Applied Mobilities* 1 (1), S. 56–67.
- Cass, Noel; Faulconbridge, James (2016a): Commuting practices: New insights into modal shift from theories of social practice. In: *Transport Policy* 45, S. 1–14.
- Cass, Noel; Faulconbridge, James (2016b): Commuting practices: New insights into modal shift from theories of social practice. In: *Transport Policy* 45, S. 1–14.
- Fifer, Simon; Rose, John; Greaves, Stephen (2014): Hypothetical bias in Stated Choice Experiments: Is it a problem? And if so, how do we deal with it? In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 61, S. 164–177.
- Franzen, Axel; Meyer, Reto (2004): Klimawandel des Umweltbewusstseins? Eine Analyse des ISSP 2000. In: *Zeitschrift für soziologie* 33 (2), S. 119–137.
- Freudental-Pedersen, M., 2009. *Mobility in daily life: Between freedom and unfreedom*. Denmark: Ashgate.
- Fuhse, Jan (2018): *Soziale Netzwerke: Konzepte und Forschungsmethoden*: UTB.
- Geels, Frank W.; Kemp, Rene; Dudley, Geoff; Lyons, G. G. (2012): *Automobility in transition?: A socio-technical analysis of sustainable transport*.
- Gehl, Jan (2016): *Städte für Menschen*: Jovis.
- Givoni, Moshe (2014): Addressing transport policy challenges through policy-packaging. In: *Transportation Research Part A Policy and Practice*, S. 1–8.
- Hopf, C. (2013): Qualitative Interviews - ein Überblick. In: U. Flick, E. von Kardorff und I. Steinke (Hg.): *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*. 10. Auflage. Reinbek: Rowohlt-Taschenbuch-Verlag, S. 349–360.
- Horn, Burkhard; Kiel, Thomas; Lojewski, Hilmar von (2018): *Nachhaltige städtische Mobilität für alle. Agenda für eine Verkehrswende aus kommunaler Sicht*. Positionspapier des Deutschen Städtetages.
- Jansen, Dorothea (2006): *Einführung in die Netzwerkanalyse: Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele*: Springer-Verlag.
- Kelle, Udo; Kluge, Susann (1999): *Vom Einzelfall zum Typus*: Springer.
- Kim, Jinhee; Rasouli, Soora; Timmermans, Harry J. P. (2018): Social networks, social influence and activity-travel behaviour: a review of models and empirical evidence. In: *Transport Reviews* 38 (4), S. 499–523.
- Kirschner, Franziska; Lanzendorf, Martin (2020): Support for innovative on-street parking policies: Empirical evidence from an urban neighborhood. In: *Journal of transport geography* 85, S. 102726.
- Lenz, Barbara; Fraedrich, Eva (2015): *Gesellschaftliche und individuelle Akzeptanz des autonomen Fahrens*. In: *Autonomes Fahren*: Springer, S. 639–660.

- Lucke, Doris (1995): Akzeptanz. Legitimität in der „Abstimmungsgesellschaft“: Springer VS.
- Manderscheid, K. (Hg.) (2015): Sozial und räumlich eingebettete Mobilitätspraktiken. Routinen der Krise-Krise der Routinen-37. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Soziologie.
- Nobis, Claudia; Kuhnimhof, Tobias (2018): Mobilität in Deutschland– MiD: Ergebnisbericht.
- Notz, Jos Nino (2017): Die Privatisierung öffentlichen Raums durch parkende Kfz: Von der Tragödie einer Allmende-über Ursache, Wirkung und Legitimation einer gemeinwohlschädigenden Regulierungspraxis. IVP-Discussion Paper.
- Puhe, Maïke; Schippl, Jens; Fleischer, Torsten; Vortisch, Peter (2021): Social Network Approach to Analyze Stability and Variability of Travel Decisions. In: *Transportation Research Record*, 03611981211002200.
- Ryan, Richard M.; Deci, Edward L. (2017): Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness: Guilford Publications.
- Sauer et al. (2005): Steigerung der Akzeptanz von FFH-Gebieten. Abschlussbericht. Hg. v. Bundesamt für Naturschutz (BfN-Skripten 144).
- Schippl, Jens; Arnold, Annika (2020): Stakeholders' Views on Multimodal Urban Mobility Futures: A Matter of Policy Interventions or Just the Logical Result of Digitalization? In: *Energies* 13 (7), S. 1788.
- Sheller, Mimi; Urry, John (2006): The new mobilities paradigm. In: *Environment and planning A* 38 (2), S. 207–226.
- Stanley, John; Stanley, Janet; Hansen, Roslynne (2017): How great cities happen: Integrating people, land use and transport: Edward Elgar Publishing.
- Truffer, Bernhard; Schippl, Jens; Fleischer, Torsten (2017): Decentering technology in technology assessment: prospects for socio-technical transitions in electric mobility in Germany. In: *Technological forecasting and social change* 122, S. 34–48.
- Upham, Paul; Oltra, Christian; Boso, Àlex (2015): Towards a cross-paradigmatic framework of the social acceptance of energy systems. In: *Energy Research & Social Science* 8, S. 100–112.
- Urry, John (2007): Mobilities. Cambridge: Polity Press.
- Urry, John (2012): Social networks, mobile lives and social inequalities. In: *Journal of transport geography* 21, S. 24–30.
- Wells, Peter; Xenias, Dimitrios (2015): From 'freedom of the open road' to 'cocooning': Understanding resistance to change in personal private automobility. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* 16, S. 106–119.
- Weyer, Johannes (2012): Soziale Netzwerke: Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung: Oldenbourg Verlag.

Wüstenhagen, Rolf; Wolsink, Maarten; Bürer, Mary Jean (2007): Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. In: *Energy policy* 35 (5), S. 2683–2691.

Anhang 1

Tabellarische Zusammenfassung der Reaktionen/Argumente zu den städtebaulichen Änderungen (Anzahl Nennungen pro Argument):

		Ja	N	Ja	N
Pkw im Haushalt					
Anzahl Personen im Sample		4	2	2	5
UMSETZUNG / Allg.					
Grundsätzlich positive Reaktion auf Bilder	i,k	4	2	1	5
Realisierbarkeit der Bilder schwierig; Nachteile von MIV für viele Menschen schwer nachvollziehbar; viele wollen o. können ihr Auto nicht aufgeben	k	2	1	2	2
Realisierbarkeit von Straße höher als von Innenhof	k	1			
Innenhof: Pool/Kletterwand kaum umsetzbar	k	1			1
Umgestaltung sollte neben Familien auch andere Gruppen ansprechen (Ältere)	k	1	1	1	1
Stadt/Bürger sollen Ziele oder Visionen formulieren (z.B. wollen wir mehr Familienfreundlichkeit)	k	1			2
Nachbarschaftsvereine und Bürgerbeteiligung fördern	k				2
Verbote grundsätzlich abgelehnt	k			1	
Stadtumbau ist teuer	k			1	
Parken					
Tausch von Straßenparkplätze gegen Sammelgargen wird begrüßt	i	4	2	1	5
Person brauche keine Parkplätze	i		2		
Hat vielleicht zukünftig ein Auto und braucht dann einen Parkplatz	i				1
Alltagsorganisation wird ohne Parkplatz komplexer	i	1			1
Autos in (Tief-)Garagen verstecken wäre gut	i		1		
Motorradstellplätze gewünscht	i				1
Menschen sollten nahe an der Wohnung aussteigen / ausladen können	k				1
Auto-Mobilität					
Autofreie „Innenstadt“ explizit gewünscht	l	1	1	1	
Möchte Auto aber außerhalb von Stadt(-teil) nutzen können	i	1			
In KA kein Auto nötig	i				1
Gut, wenn im Wohnumfeld keine Autos und Verkehr langsamen wird	i				2
Manche sind aufs Auto angewiesen und brauchen Parkplätze	k	2	1	1	1
Alternativen zum MIV					
Für Fahrräder sollte mehr getan werden	i		1	2	1
Wenn überall Menschen sind ist das schlecht für Radfahrer, weil die dann mehr aufpassen müssen	i				2

Car-Sharing heute schon oder perspektivisch gute Alternative zum Autobesitz	i	1	2	1	4
Alternativen anbieten, damit die Leute ihr Auto aufgeben können	k	2	1	1	
Mobilitätsoptionen für Ältere sichern (jenseits Car-Sharing)	k			1	
Man sollte ÖV erweitern, App basiertes Car- und Ride-Pooling	k	1		1	
Umbau kommt Fahrrad und Fußgängern generell zu Gute	k				2
STÄDTEBAUL, eher positiv					
Innenhof persönlich eher positiv wahrgenommen	i	4	2	1	5
Innenhof: Sport- Freizeitmöglichkeiten gut	i			1	
Mehr Grünflächen sind gut	i	1		2	1
Grillmöglichkeit toll	i	1			1
Städtebauliche Maßnahmen bringen „Entschleunigung“	i	1			
Persönlich kein Problem mit „Lärm“ durch Kinder / Menschen	i		1		
Weniger Verkehrslärm	i			1	
Innenhof: Spielplatz gut umsetzbar, sicher, wichtig, familienfreundlich	i, k	2i	2i		2k
Kinder müssen spielen dürfen	k	1	2		1
Begegnungszonen fördern nachbarschaftliche Kontakte, mehr Leben auf der Straße (Gastronomie kann da helfen)	k	2	1	2	4
Bessere Luftqualität	k			1	
Oststadt wir attraktiver für Menschen ohne Auto	k	1			
STÄDTEBAUL, eher kritisch					
Innenhof: Schwimmbad zu schmutzig und zu voll, Verwahrlosung droht	i	1	1		
Sorge vor steigenden Mietpreisen;	i		1		
Gibt es überhaupt genug Bedarf (Kinder) für Spielplätze im Innenhof	k	1			
Innenhof: Pool u. Kletterer-wand übertrieben, teuer, gefährlich	k	2	1		2
Innenhof: kein Platz für Mülltonnen	k				1
Manche Leute könnten Menschengruppen und Lärm stören	k		1		

i betrifft eher individuelle Akzeptanz

k betrifft eher kollektive Akzeptanz (vgl. Kapitel 2.2)

Indikatoren zur Bewertung zukünftiger urbaner Mobilitätsszenarien

Tobias Rüb¹, Nora Baumgartner^{1,2*}, und Kira Schumacher^{1,2}

¹ *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP)*

² *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU)*

* *Corresponding author: nora.baumgartner@kit.edu*

Kurzfassung

Mobilität ist ein zentraler Faktor moderner Gesellschaften, mit sowohl wirtschaftlicher als auch sozialer Relevanz. In ihrer jetzigen Form verursacht Mobilität jedoch eine Reihe negativer Auswirkungen für Mensch und Umwelt, die von der Emission von Treibhausgasen, Luftschadstoffen und Lärmbelastung bis hin zu Flächenverbrauch und hohem Ressourcenverbrauch reichen. Vor diesem Hintergrund besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass die heutigen Verkehrs- und Mobilitätssysteme transformiert und nachhaltiger gestaltet werden müssen. Mobilitätsindikatoren haben sich in diesem Rahmen als nützliches Instrument zur Unterstützung der Politikgestaltung und -bewertung erwiesen. In der vorliegenden Arbeit wird das Indikatorensystem aus dem SuMo-Rhine Projekt zur Nachhaltigkeitsbewertung gegenwärtiger und zukünftiger urbaner Mobilitätskonzepte am Fallbeispiel der Karlsruher Oststadt angewendet. Anhand des Beispiels wird gezeigt, wie sensitiv die Bewertungsindikatoren in verschiedenen Zukunftsszenarien auf Veränderungen im Mobilitätssystem reagieren. In Hinblick auf die gewählten Anpassungen im Mobilitätssystem des definierten Untersuchungsraums, können somit Änderungen in den Nachhaltigkeitsperformances der Indikatoren erfasst und bewertet werden.

1 Einleitung

Aktuelle Transformationsbestrebungen im Verkehrs- und Mobilitätssektor sind vorrangig durch ambitionierte Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsziele getrieben, wie sie z.B. im Klimaschutzplan der Bundesregierung festgelegt sind (BMU, 2016, S. 49 ff.). Im Kontext der Städte- und Kommunalplanung wird konkret gefordert, den Flächen- und Ressourcenverbrauch, die Lärmbelastung sowie den Schadstoffausstoß zu senken, um die Ziele der Umwelt-, Klima- und Gesundheitspolitik zu erreichen und damit insgesamt die Lebensqualität

zu erhöhen (Umweltbundesamt, 2017, S. 8). Bei richtiger Auswahl erweisen sich Mobilitätsindikatoren als nützliches Instrument, um positive wie auch negative Effekte des Verkehrs zu erfassen, Handlungsbedarfe zu identifizieren und bereits umgesetzte Maßnahmen zur Gestaltung nachhaltiger Verkehrs- und Mobilitätskonzepte zu bewerten. Bestehende Indikatorensysteme sind häufig für ganze Regionen ausgelegt (Umweltbundesamt, 2015) verstehen sich als rein methodisches Werkzeug (Gillis et al., 2016; Vidović et al., 2019) oder erfassen nur spezifische Ausprägungen des Mobilitätssystems, wie z.B. die Fahrradinfrastruktur (Winters et al., 2013). Für den städtischen und kommunalen Raum bedarf es jedoch eines Bewertungsinstruments, das den Fokus auf die Anwendung im kleinräumigen Kontext legt und gleichzeitig das gesamte Mobilitätssystem erfasst. Außerdem ist es wichtig, neben der Planungs- und Entscheidungsebene auch die Öffentlichkeit einzubinden, um die Akzeptanz von Maßnahmen zur Förderung nachhaltiger Mobilität zu erhöhen (Banister, 2008). Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde vom Zentrum für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme (FeLis) der Universität Freiburg im Rahmen des Projekts SuMo-Rhine ein Indikatorensystem entwickelt.¹ Bisher fehlen jedoch breit angelegte Fallstudien, in denen das Indikatorensystem zur Anwendung kam.

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, Indikatoren als Instrument zur Nachhaltigkeitsbewertung gegenwärtiger und zukünftiger urbaner Mobilitätskonzepte auf Quartiersebene zu entwickeln und am Fallbeispiel der Karlsruher Oststadt anzuwenden. Dabei stützt sich die Nachhaltigkeitsbewertung auf ein im Rahmen des Forschungsprojektes SuMo-Rhine entwickeltes Indikatorensystem für kleine und mittelgroße Kommunen am Oberrhein und passt dieses an die spezifischen Anforderungen der Nachhaltigkeitsbewertung auf Quartiersebene an. Neben der Bewertung der Nachhaltigkeit des Mobilitätskonzepts im Ist-Zustand werden zwei mögliche Zukunftsszenarien entwickelt und mit dem Ist-Zustand verglichen. Im Fokus dieser Studie steht die Frage, wie sich die Nachhaltigkeit durch eine Verlagerung des öffentlichen und privaten Parkraums sowie einer Weiterentwicklung des Angebots des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) und der Förderung alternativer Mobilitätsangebote (z.B. Carsharing) in den Indikatoren widerspiegelt.

¹ Das Indikatorensystem wird im Rahmen des Interreg geförderten Projekts SuMo-Rhine (Juni 2018-Dezember 2021) entwickelt. Derzeit sind noch keine veröffentlichten Publikationen verfügbar. Daher wurden die Informationen zum SuMo-Rhine Indikatorensystem den Autoren zur Durchführung dieser Arbeit vom Zentrum für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme, insbesondere den Entwicklern, Janusch Vanja-Jehle, Dr. Klaus Markus Hofmann und Sven Decker unter der Leitung von Prof. Dr. Barbara Koch zur Verfügung gestellt. Des Weiteren waren an der Entwicklung des Indikatorensystems beteiligt: CNRS, UNISTRA-LIVE, ENSAS und KIT-ECON. Weitere Informationen zum Projekt sind unter diesem Link verfügbar: <https://sumo-rhine.com/>

Der Beitrag ist dabei wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 wird ein Überblick über relevante Literatur gegeben. In Kapitel 3 wird der Untersuchungsraum charakterisiert und Kapitel 4 beschreibt die Szenarien, welche die Basis für die Nachhaltigkeitsbewertung durch die Indikatoren darstellen. Kapitel 5 geht auf die Methoden zur Indikatorberechnung ein. Die Ergebnisse werden in Kapitel 6 beschrieben und abschließend in Kapitel 7 diskutiert und kritisch gewürdigt.

2 Literaturüberblick

2.1 Nachhaltige Mobilität: Ziele und Leitbilder

Ziele nachhaltiger Mobilität werden von verschiedenen politischen Entscheidungsebenen definiert. Die Europäische Kommission nennt Zielfelder und -richtungen wie die Erhöhung der Verkehrssicherheit, die Steigerung der Luftqualität, die Reduktion des Verkehrslärms und die Senkung der CO₂-Emissionen (Europäische Kommission, 2017, S. 7 ff.). Auf Bundesebene werden im Klimaschutzplan 2050 des Bundesministeriums für Umwelt (BMU) klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung genannt. Auch hier werden die Reduktion der Luftschadstoffe, Lärmemissionen und des Flächenverbrauchs sowie die Erhöhung der Verkehrssicherheit als Ziele beschrieben, um damit insbesondere die Lebensqualität in stärker besiedelten Räumen zu erhöhen (BMU, 2016, S. 49 ff.). Auf kommunaler Ebene hat beispielsweise die Stadt Karlsruhe das strategische Ziel formuliert „nachhaltige, zukunftsfähige, sichere und innovative Formen einer umweltverträglichen Mobilität für Karlsruhe sowie in die, aus der und innerhalb der Region [zu gewährleisten]“ (Stadt Karlsruhe, 2020a). Darauf basierend werden im Verkehrsentwicklungsplan der Stadt konkrete Ziele einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung und Verkehrsplanung abgeleitet (Stadtplanungsamt Karlsruhe, 2013, S. 11 ff.). Die allgemeine Zielsetzung einer nachhaltigen Mobilität liegt somit in der Begrenzung der negativen Auswirkungen des Verkehrsaufkommens und der Steigerung der Lebensqualität. Daneben ist es essenziell, die Mobilitätsteilhabe und somit die Akzeptanz von Maßnahmen weiterhin zu gewährleisten (Malley, 2000; Rat für Nachhaltige Entwicklung, 2015).

Leitbilder nachhaltiger Mobilität ergänzen Zielformulierungen und definieren den Handlungsrahmen zur Erreichung der Ziele. Das Leitbild „Stadt der kurzen Wege“ (Umweltbundesamt, 2011) geht konkret auf die Verkehrsvermeidung und -verlagerung ein und legt den Fokus auf eine integrierte Mobilitätsplanung unter Einbezug städteplanerischer Fragestellungen und gesellschaftlicher Entwicklungen (Umweltbundesamt, 2017). Im Leitbild „Stadt der kurzen Wege“ werden vor allem die Multifunktionalität und Nachverdichtung

von Stadtteilen, die Erleichterung der täglichen Mobilität und die damit verbundene schnelle und gute Erreichbarkeit thematisiert. Durch Push- und Pull Maßnahmen kann außerdem das Mobilitätsverhalten beeinflusst werden, indem die Attraktivität zielkonformer Mobilitätsangebote ausgebaut wird. So kann durch entsprechende Maßnahmen Verkehr vermieden und verlagert werden. Die Stadt Karlsruhe integriert ihre Zielsetzungen der Verkehrsvermeidung ebenfalls in das Konzept der „Stadt der kurzen Wege“ und auch das BMU sieht Handlungsfelder für den Verkehr in einer integrierten Stadtplanung und knüpft Forderungen zur Nahraumorientierung und einer bedarfsgerechten Umgestaltung des Straßenraums an das Leitbild der „Stadt der kurzen Wege“ (BMU, 2016, S. 51; Stadt Karlsruhe, 2020a).

Indikatorensysteme dienen der Wirkungsbewertung städtischer Ziele und Leitbilder hin zu nachhaltiger Mobilität. Im Folgenden wird daher auf in der Literatur genannte, gängige Bewertungsprozesse urbaner Mobilität näher eingegangen.

2.2 Nachhaltigkeitsbewertung im Anwendungsfall

Der in Abbildung 2.1 dargestellte Bewertungsprozess fasst die Erkenntnisse zum allgemeinen Vorgehen der Mobilitätsbewertung mit Nachhaltigkeitsindikatoren zusammen. Je Bewertungsschritt werden unterschiedliche Aspekte thematisiert und je nach Quelle mehr oder weniger ausführlich beschrieben.

Die Bewertungsansätze erfassen Aspekte der ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeitsdimension. In einigen Publikationen werden diese weiter ausdifferenziert und durch zusätzliche Kategorien ergänzt (Gillis et al., 2016; vgl. Zito & Salvo, 2011). Für die Auswahl bewertungsrelevanter Indikatoren können mehrere Kriterien herangezogen werden (Joumard, 2010, S. 103 ff.; Umweltbundesamt, 2015, S. 41). Darüber hinaus wird der Auswahlprozess häufig durch Expertenworkshops begleitet und validiert (Rodrigues da Silva et al., 2010; Umweltbundesamt, 2015, S. 65 ff.).

Kriterien, die im Rahmen der Indikatorberechnung festgelegt werden, beziehen sich zum einen auf die bewertungsrelevanten Zielausprägungen der Nachhaltigkeit. Zum anderen werden auf Basis von Datenverfügbarkeit und -qualität Inputdaten eingeordnet, die für die Indikatorberechnung herangezogen werden (Rodrigues da Silva et al., 2015). Der Berechnungsprozess wird ausführlich beschrieben, wenn spezifische Ausprägungen des Mobilitätssystems erfasst und bewertet werden (Csonka & Csiszár, 2016; vgl. Dobesova & Krivk, 2012; Winters et al., 2013). Lediglich Gillis et al. (2016) gehen auf Berechnungsmethoden aller Indikatoren zur ganzheitlichen Bewertung des Mobilitätssystems ein. Im

Allgemein wird der Berechnungsprozess jedoch nicht ausführlich beschrieben, wenn das Mobilitätssystem als Ganzes bewertet wird.

Durch die Nachhaltigkeitsbewertung soll insbesondere der politische Entscheidungs- und Planungsprozess unterstützt werden, indem aus den Bewertungsergebnissen Handlungsbedarfe abgeleitet werden. Zudem wird das Ziel formuliert, die Nachhaltigkeitsperformances mehrerer Untersuchungsräume vergleichen zu können (Rodrigues da Silva et al., 2010; WBCSD, 2015). Dafür werden entweder Indizes erstellt, die die gesamte Performance zu einem Wert aggregieren (Rodrigues da Silva et al., 2015), oder es werden Performanceskalen angelegt, die einen Vergleich einzelner Indikatorwerte ermöglichen (WBCSD, 2015). Die Nachhaltigkeitsbewertung kann zudem als Kontrollwerkzeug eingesetzt werden, um die Wirkung bereits umgesetzter Maßnahmen evaluieren zu können (vgl. Redza & Bouillard, 2017).

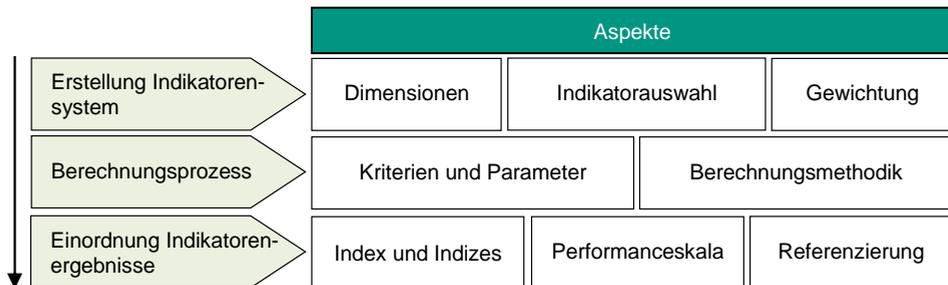


Abbildung 2.1: Bewertungsprozess - Bewertungsschritte und Ausprägungen (eigene Darstellung)

2.3 Mobilitätsbewertung unter Einbindung von Szenarien

Der Fokus der indikatorbasierten Bewertung von Mobilitätssystemen liegt zumeist auf der Analyse des Ist-Zustands. Mobilitätsszenarien erfassen dagegen häufig große Untersuchungsräume und legen den Fokus auf die Erfassung struktureller Veränderungen, wie beispielsweise das autonome Fahren oder die Elektromobilität (Deloitte; Kuhnert & Stürmer, 2016).

Im Kontext der stadtbezogenen Mobilitätsentwicklung werden dagegen konkrete raum-spezifische Fragestellungen und Maßnahmen im Rahmen der Szenarioanalyse diskutiert und bewertet (vgl. Bandeira et al., 2011; Okraszewska et al., 2018). Darin können auch ganzheitliche Stadtentwicklungspläne eingebunden sein, um Wirkungseffekte integrierter Stadt- und Mobilitätsplanung abbilden und bewerten zu können (Coppola & Silvestri, 2019). Um Entwicklungen im Mobilitätssystem abzuschätzen, werden vor allem

simulationsgestützte Modelle eingesetzt (Bandeira et al., 2011; Coppola & Silvestri, 2019; Gołda et al., 2017; Okraszewska et al., 2018). Damit können verkehrsbedingte Auswirkungen im Verkehr modelliert werden, die sich aus Anpassungen im Mobilitätskonzept und -verhalten ergeben. So fließen zum Beispiel bei Musso und Corazza (2006) Nachfrage-, Angebots- und Verkehrsmodelle in die Szenarioanalyse ein.

2.4 Einordnung des eigenen Ansatzes

Die bestehenden Ansätze zur Bewertung von Mobilitätssystemen lassen sich in verschiedene thematische Cluster einsortieren (Abbildung 2.2). Der in der vorliegenden Studie gewählte Ansatz lässt sich darin zwischen Ist-Zustand- und Szenarioanalyse einordnen und betrachtet das ganzheitliche Mobilitätssystem. Da dieses als Ganzes erfasst wird, werden einzelne Ausprägungen nicht in dem spezifischen Maße untersucht, wie dies in der Literatur recherchiert werden konnte. Insbesondere bei der Szenarioanalyse ist den Autoren kein Ansatz bekannt, der das Mobilitätssystem auf Stadtteilebene als Ganzes erfasst. Hier knüpft der vorliegende Beitrag an und schließt die dargelegte thematische Lücke. Da im eigenen Ansatz keine Simulationsmodelle eingebunden sind, folgen hieraus keine methodischen Gemeinsamkeiten mit bestehenden Ansätzen, in denen mobilitätsplanerische oder städtebauliche Wirkungen bewertet werden.

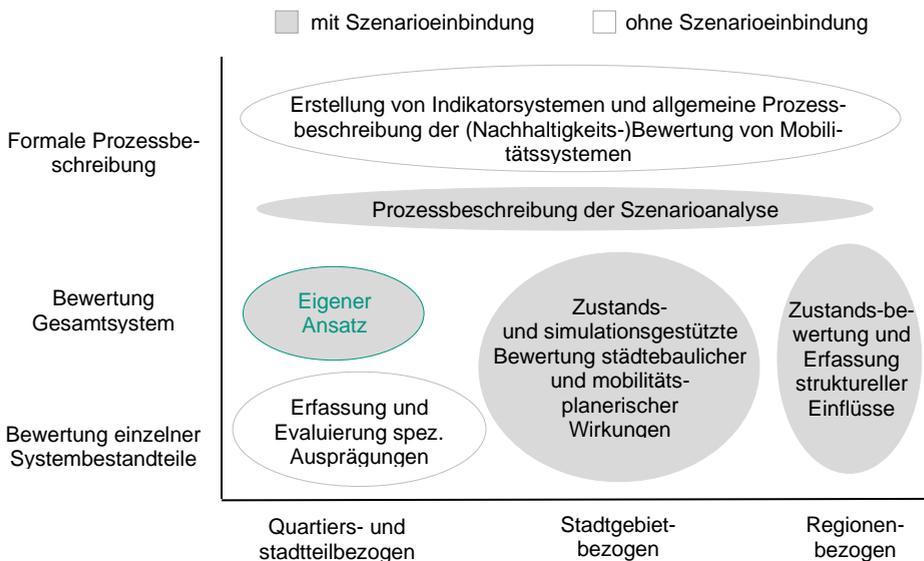


Abbildung 2.3: Thematische Cluster und Einordnung des eigenen Ansatzes (eigene Darstellung)

3 Anwendungsbeispiel Karlsruher Oststadt

3.1 Charakterisierung des Untersuchungsraums

Für diese Arbeit wird das ehemalige Gründerzeitquartier der Karlsruher Oststadt als kleinräumig abgeschlossenes System betrachtet. Auf den Quartiersgrenzen sind S-Bahngleise verlegt, sodass lediglich an wenigen Stellen Straßenübergänge vorhanden sind. Quartiersgrenzen werden somit als natürliche Barrieren definiert (Abbildung 3.1).



Abbildung 3.1: Untersuchungsraum - Gründerzeitquartier in der Karlsruher Oststadt (eigene Darstellung)

In Tabelle 3.1 werden quartiersbezogene Charakteristika zusammengefasst. Diese dienen den Indikatoren als Berechnungs- oder Bezugswerte. Alle Strecken- und Flächenberechnungen erfolgen in AutoCAD und basieren auf dem Kartenmaterial, das bei der Stadt Karlsruhe (2020b) im Geo-Shop beantragt werden kann. Das Straßennetz wird in AutoCAD über Polylinienberechnungen abgeschätzt. Das Fußwegenetz ist als Kartenlayer in die Katasterkarten eingebunden. Die Parkflächen sind teilweise in die Katasterkarten eingepflegt und wurden durch einen durchgeführten Raumaudit ergänzt. Aus den Gesamt- und Durchschnittsflächen der einzelnen Parkplatztypen (Jocher & Loch, 2012, S. 120 ff.) wird anschließend die Anzahl der Parkplätze berechnet.

Tabelle 3.1: Quartiersquarakteristika (eigene Darstellung basierend auf Stadt Karlsruhe (2020b))

Charakteristika	Differenzierung	Wert	Einheit	Datenquelle	Aufbereitung
Gesamtfläche	-	0,44	km ²	Katasterkarten	AutoCAD
Wegenetz Straße	-	4.48	m		
Wegenetz Bürgersteig	-	11.78	m		
Bevölkerung	-	7.88	Anzahl	Bevölkerungsdaten des Statistikamt Karlsruhe	
öffentliche Parkflächen und -plätze	Stellplatz	20.52	m ²	Katasterkarten	AutoCAD
		1801	Parkplätze	-	-
	Anteil öff. Parkplätze	0,55	[0,1]	-	-
private Parkflächen und -plätze	Tiefgaragen-, Garagen- und regulärer Stellplatz	24.55	m ²	Katasterkarten	AutoCAD
		1.49	Parkplätze	-	-
	Anteil priv. Parkplätze	0,35	[0,1]	-	-

3.2 Bestimmung des Pkw-Verkehrsaufkommens im Quartier

Im Rahmen der Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe wird für diese Arbeit von Projektpartnern des Instituts für Verkehrswesen (IfV KIT) ein Modellausschnitt zur Bestimmung der durchgeführten Wege der Oststadtbewohner zur Verfügung gestellt. Damit können Aussagen zum Mobilitätsverhalten der Oststadt- und Quartiersbewohner getroffen werden. In dieses Modell sind Bevölkerungsdaten des Statistikamts Karlsruhe implementiert. Diese erfassen sozioökonomische Charakteristika der Oststadtbewohner wie Wohnort, Alter, Haushaltsgröße, Geschlecht und Berufsstand. Das Modell zur Bestimmung der durchgeführten Wege basiert auf Modellschätzungen, die ausgehend von Erhebungen tatsächlich durchgeführter Wege innerhalb Karlsruhes erstellt sind. Einflüsse auf die Verkehrsmittelwahl werden darin mit verschiedenen Aspekten wie den sozioökonomischen Daten der Oststadtbewohner, Reisezeit, Wegstrecke und Wegzwecke operationalisiert.

Es wird angenommen, dass das Gesamtverkehrsaufkommen im Quartier durch die Anzahl der Pkw-Fahrten aus dem Modell der durchgeführten Wege der Oststadtbewohner abgeschätzt werden kann. Da das Quartier als Wohn- und Mischquartier mit Zone 30 km/h charakterisiert ist, kann davon ausgegangen werden, dass der Anteil des Durchgangs- und Besucherverkehrs innerhalb des Quartiers marginal ist. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass im Verkehrsmodell Wirtschaftsverkehr nicht erfasst ist. Somit ergeben sich für das Gesamtverkehrsaufkommen im Quartier folgende Ergebnisse, die in Tabelle 3.2 dargestellt sind.

Tabelle 3.2: Anzahl der Pkw-Fahrten pro Tag innerhalb des Quartiers (eigene Darstellung basierend auf dem Modell durchgeführter Wege des IfV)

	Gesamtanzahl	Anteil	Datenquelle
Gesamtanzahl der Fahrten mit Quell- und / oder Zielort im Quartier	5535	100,00%	Modell durchgeführter Wege mit der Anzahl der Pkw-Fahrten von Oststadtbewohnern
Anzahl der Fahrten mit Quell- und / oder Zielort im Quartier von Quartiersbewohnern	5297	95,70%	
Anzahl sonstiger Fahrten mit Quell- und / oder Zielort im Quartier	222	4,01%	
Gesamtanzahl der Carsharing-Fahrten mit Quell- und / oder Zielort im Quartier	16	0,29%	

4 Szenario-Erstellung und -Analyse im Anwendungsfall

4.1 Feldbestimmung und inhaltliche Ausgestaltung

Untersucht werden Veränderungen in der Nachhaltigkeitsperformance, die sich durch die Weiterentwicklung des Mobilitätskonzepts im Anwendungsfall ergeben. Als Basisjahr wird 2020 definiert. Es werden jeweils die aktuellsten, verfügbaren Daten verwendet, um den Ist-Zustand zu definieren. Die Szenarien erfassen somit Entwicklungen in den darauffolgenden 10 Jahren, die sich an den in *Kapitel 2.1* beschriebenen Zielen und Leitbildern orientieren. Da das Quartier als kleinräumig abgeschlossenes System betrachtet wird, ist auch das Gestaltungsfeld der Szenarien auf die räumlichen Grenzen des Quartiers beschränkt. Bis auf wenige strukturelle Anpassungen des CO₂- und Schadstoffausstoß sowie der Elektrifizierungsrate im Flottenbestand werden keine externen Größen des Umfelds in den Szenarioerstellungsprozess eingebunden. Der Betrachtungszeitpunkt der Szenarien wird auf das Jahr 2030 festgelegt, da unter anderem konkrete Zielwerte für den CO₂-Ausstoß für 2030 vorliegen (Guske, 2019).

Schwerpunkte der inhaltlichen Ausgestaltung liegen zum einen auf der Parkraumverlagerung an die Quartiersränder sowie der Einfahrtsbeschränkung in das Quartier. Damit werden infrastrukturseitige Maßnahmen implementiert, woraus sich städtebauliche Potenziale ergeben (vgl. Beitrag 1 in diesem Band). Zum anderen werden Maßnahmen im Mobilitätsangebot in die Szenarien eingebunden, damit es aufgrund der Parkraumverlagerung und Einfahrtsbeschränkung zu keinen Teilhaberrestriktionen kommt. Die Storylines berücksichtigen dabei sowohl quantitative und qualitative Ergänzungen im bereits bestehenden Angebot als auch die Erweiterung durch neue Mobilitätsangebote. Der qualitative

Ausbau ist konkret durch eine Elektrifizierung des Sharing-Angebots ausgestaltet. Neue Mobilitätsangebote werden ebenfalls elektrisch betrieben und fahren darüber hinaus autonom innerhalb der Quartiersgrenzen.

Neben strukturellen Anpassungen ergeben sich somit zwei Schwerpunktbereiche, die die inhaltliche Ausgestaltung der Szenarien charakterisieren. Die thematischen Punkte sind in Tabelle 4.1 zusammengefasst.

Tabelle 4.1: Thematische Ausgestaltung der Szenarien im Anwendungsfall (eigene Darstellung)

		Szenario 1	Szenario 2
infrastruktur-seitige Maßnahmen	Veränderung des Parkraums	Reduktion öffentlicher Parkplätze um 80% innerhalb des Quartiers	zusätzlich: Abschaffung privater Parkplätze innerhalb des Quartiers
		Umwandlung verbliebener Parkplätze	
	Schaffung zusätzlichen Parkraums am Quartiersrand		
	Quartiers-einfahrt	-	Quartiereinfahrt stark eingeschränkt
Ausbau des Mobilitäts-angebots	ÖPNV	-	elektrifizierte, autonome Klein-busse
	Carsharing	Ausbau des Stationsnetz und Steigerung der Angebotsqualität	
strukturelle Anpassungen	Elektrifi-zierung	30% der Neuwagen elektrifiziert, 40% der Neuwagen Hybrid	
		100% der Carsharing-Fahrzeuge elektrifiziert	
	CO ₂ -Aus-stoß	CO ₂ -Ausstoß für Neuwagen bei 59,82 g (CO ₂) / km	
	Euronorm	100% Euro 6 bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen	

4.2 Identifikation von Schlüsselfaktoren

Schlüsselfaktoren sind zentrale Größen, die das Szenariofeld beschreiben und deren Veränderung sich besonders auf die Szenarien auswirken (Kosow et al., 2008). Um Schlüsselfaktoren identifizieren zu können, werden alle identifizierten Einflussgrößen einer Einflussanalyse unterzogen. So können Wechselwirkungen zwischen Einflussfaktoren und Indikatoren innerhalb der Szenarien identifiziert werden. Exogene Einflussfaktoren ergeben sich aus den Storylines der Szenarien und beschreiben infrastruktureitige Maßnahmen sowie den Ausbau des Mobilitätsangebot (Tabelle 4.2). Endogene Einflussfaktoren beschreiben das Besitz- und Nutzungsverhalten des Motorisierten Individualverkehrs (MIVs). Verkehrsbedingte Auswirkungen verändern sich somit sowohl durch exogene als auch durch endogene Einflüsse.

Tabelle 4.2: Einflussanalyse (eigene Darstellung)

		Indikatoren														Aktivsumme							
		Motorisierungsrate	Pkw-Nutzungshäufigkeit	Carsharing-Nutzungshäufigkeit	Verkehrsaufkommen	Modal Split	Parkdruck im Quartier	Fahradfreundlichkeit	ÖPNV-Angebotsqualität	Flottenfußabdruck	CO ₂ -Emissionen	Flächendegradation	Angebotsvielfalt	Fußgängerfreundlichkeit	Verkehrslärm		Luftqualität	Verkehrssicherheit	Digitalisierung	Elektrifizierung	Sharing		
Einflussfaktoren	exogen	Parkraumverlagerung	x	x	x		x	x	x		x	x		x	x	x	x				x	13	
		Ausbau Carsharing	x	x	x		x	x	x	x		x			x	x	x	x				x	13
		Einfahrtseinschränkung	x	x	x		x	x	x		x			x	x	x	x			x	x		13
		Ausbau ÖPNV-Angebot			x		x		x	x		x			x	x	x	x				x	9
	endogen	Motorisierungsrate		x	x		x	x	x		x			x	x	x	x			x	x		12
		Pkw-Nutzungshäufigkeit			x	x	x		x		x			x	x	x	x				x		10
		Carsharing-Nh				x	x		x		x			x	x	x	x				x		9
		Verkehrsaufkommen						x						x	x	x	x						5
	strukturell	CO ₂ -Reduktion								x	x					x							3
		Euronorm									x	x				x							3
Elektrifizierung										x	x				x				x			4	

Als Schlüsselfaktoren werden diejenigen Einflussgrößen charakterisiert, die aufgrund ihrer Einflusswirkungen hohe Aktivsummen erzielen. Für diese Arbeit werden deshalb die Parkraumverlagerung, der Ausbau des Carsharings, die Einfahrtsbeschränkung, der Ausbau des ÖPNV-Angebots sowie die endogen festgelegten Einflussgrößen als Schlüsselfaktoren festgelegt. Auf die Schlüsselfaktoren wird im Folgenden näher eingegangen.

Strukturelle Änderungen ergeben sich aus individuellen und gesellschaftlichen Trends und Entwicklungen. Die Wirkungen struktureller Einflüsse werden jedoch prinzipiell als gering angegeben, da diese zu den schwer quantifizierbaren subjektiven Einflussgrößen zählen (vgl. Boltze et al., 2002, S. 24 ff.). Lediglich die Motorisierungsrate wird durch strukturelle Änderungen stark beeinflusst, da angenommen wird, dass sich die Autofixierung in innenstadtnahen Quartieren bis 2030 weiter reduziert (vgl. Zeit Online, 2018). Außerdem wird davon ausgegangen, dass sich Trends der gemeinschaftlichen Nutzung fortführen, sodass sich strukturelle Einflüsse auch auf die Carsharing-Nutzungshäufigkeit auswirken (vgl. Gossen, 2012).

4.3 Analyse exogener Schlüsselfaktoren

Schlüsselfaktoren, die das Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs charakterisieren, werden im Rahmen einer morphologischen Analyse untersucht und quantifiziert. Dazu werden zuerst Wirkungsstärken qualitativ festgelegt und anschließend quantitative Wirkungseffekte definiert, die im Rahmen eines Expertenworkshops mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Projekts "Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe" im Oktober 2020 diskutiert und validiert wurden.

Ausgehend von den quantitativen Wirkungseffekten exogener Einflussgrößen werden Änderungen im Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs berechnet. Diesen Berechnungen liegen Erkenntnisse über die Wirkung von Einflussfaktoren auf das Mobilitätsverhalten zugrunde. Dazu zählen zum einen Zeit- und Kostenelastizitäten (van Grol et al., 2016, S. 170 ff.), auf Basis derer Verlagerungseffekte argumentativ begründet werden können. Zum anderen basieren die Einschätzungen auf Verhaltenscharakteristika bezüglich des MIVs, die sich ebenfalls aus Erkenntnissen recherchierter Literatur ergeben. Dazu zählen Wirkungspotenziale von Push- und Pull-Maßnahmen auf das Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs sowie routinierte Verhaltensmuster im Mobilitätsverhalten (Doll et al., 2019, S. 83 ff.; Gossen, 2012, S. 41 ff.; Nehrke & Loose, 2018, S. 20 f.). Außerdem wird angenommen, dass auch endogene Einflussfaktoren wie Verfügbarkeit und Nutzungshäufigkeit selbst auf Parameter des Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs wirken (Gossen, 2012, S. 39; Nehrke & Loose, 2018, S. 20 f.).

4.4 Anpassung im Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs

Im Ist-Zustand beträgt die Motorisierungsrate in der Karlsruher Oststadt 431 Pkw pro 1000 Einwohner (Stadt Karlsruhe, 2019, S. 136). Aufgrund der Verlagerung öffentlicher Parkplätze wirkt sich die Reduktion der Motorisierungsrate in Szenario 1 nicht gleichmäßig auf alle Quartiersbewohner aus. Die Gesamtreduktion der Motorisierungsrate berücksichtigt die jeweiligen Anteile derjenigen Bewohner, die auf privaten bzw. öffentlichen Parkflächen parken. In den Szenarien ergeben sich somit Änderungen, die in Tabelle 4.3 dargestellt sind.

Die Pkw- und Carsharing-Nutzeranteile werden in Nutzungssegmenten angegeben (Stadt Karlsruhe, 2018, S. 13). Es ergeben sich nach Normierung auf eine einheitliche Referenzeinheit folgende Nutzungssegmente: „6 Tage die Woche“, „3,5 Tage die Woche“, „1,5 Tage die Woche“, „0,5 Tage die Woche“, „0,125 Tage die Woche oder seltener“. Verlagerungseffekte in den Nutzungsanteilen je Segment basieren auf den berechneten Wirkungsstärken exogener und endogener Einflussfaktoren. Auf Basis der Erkenntnisse zum

Nutzungsverhalten kann jedoch davon ausgegangen werden, dass Wirkungen unterschiedlich stark auf die einzelnen Nutzeranteile wirken. So wird im Weiteren davon ausgegangen, dass sich der Anteil der täglichen Pkw- und Carsharing-Nutzung aufgrund der robusten Verhaltenspräferenz der Personen dieses Nutzungsegments nicht verändert.

Tabelle 4.3: Veränderte Motorisierungsrate für das Quartier (eigene Darstellung, basierend auf (Stadt Karlsruhe, 2019, S. 136))

	öffentliche Parkplätze	private Parkplätze	Gesamt
Ist-Zustand	-	-	0,43
Szenario 1	0,34	0,39	0,36
Szenario 2	0,30	0,30	0,30

Im Ist-Zustand ergibt sich das Verkehrsaufkommen aus der modellierten Anzahl durchgeführter Wege mit dem Pkw (vgl. Kapitel 3.2). Aus den jeweiligen Pkw- und Carsharing-Anteilen in den wöchentlichen Nutzungshäufigkeiten kann nun die Abweichung berechnet werden, die bei einer zufälligen Messung an einem Werktag innerhalb des Quartiers erfasst würde. Die prozentuale Veränderung des Verkehrsaufkommens berechnet sich für die Szenarien folgendermaßen:

$$\Delta \text{Verkehrsaufkommen für Typ } j := 1 - \left(\frac{\sum_{s=1}^5 g_{s,i} * a_{s,i} * w_{s,i}}{\sum_{s=1}^5 a_{sI} * w_{sI}} \right)$$

$g_{s,i}$ = Gewichtungsfaktor zur Charakterisierung des Verkehrsaufkommens innerhalb des Quartiers für Nutzungshäufigkeit s und Szenario i

$a_{s,i}$ = Anteil Nutzungshäufigkeit in Segment s und Szenario i

$w_{s,i}$ = Anteil der Nutzungstage des Segments s an Gesamtwoche (6-Tage-Woche)

Berechnung liegt zugrunde, dass aus den Pkw-Nutzungshäufigkeiten nicht auf das Verkehrsaufkommen im Quartier geschlossen werden kann, sodass der jeweilige Anteil in den Nutzungshäufigkeiten zusätzlich durch Gewichtungsfaktoren [0,1] beeinflusst wird. In Szenario 1 wird somit angenommen, dass lediglich 1/3 aller täglichen Fahrten von Personen ohne privaten Stellplatz in das Quartier hinein erfolgen. Für Szenario 2 wird dagegen angenommen, dass aufgrund der Zugangsbeschränkung lediglich 1% aller Fahrten von Quartiersbewohnern in das Quartier hinein bzw. heraus erfolgen (können) und dass alle anderen Fahrten an den Quartiersgrenzen beginnen und enden. Somit ergeben sich folgende Anpassungen im Verkehrsaufkommen, die in Tabelle 4.4 dargestellt sind.

Tabelle 4.4: Verkehrsaufkommen im Quartier im Ist-Zustand und den Szenarien (eigene Darstellung basierend auf Berechnung Δ Verkehrsaufkommen für Typ j)

Differenzierung nach Typ j	Ist-Zustand	Szenario 1	Anteil	Szenario 2	Anteil
Pkw (Quartiersbewohner)	5297	3673	69,34%	44	0,83%
Pkw (Sonstige)	222	129	58,12%	0	0,00%
Carsharing	16	22	137,50%	25	156,25%
Pkw (Oststadt gesamt)	5535	3823	69,07%	70	1,26%

5 Methodik der Indikatorberechnung

Das Indikatorensystem wurde im Rahmen des SuMo-Rhine Projekts zur „Unterstützung der Identifikation spezifischer Mobilitätshandlungsfelder auf [kleinräumiger] kommunaler Ebene“ entwickelt (SuMo-Rhine). Damit unterscheidet sich das Set bereits in seiner Zielausrichtung von den betrachteten Quellen (vgl. Kapitel 2.2), in denen der räumliche Fokus auf ganze Stadtgebiete gelegt wird. Einzelne Indikatoren aus dem Set werden im Anwendungsfall nicht betrachtet, wenn durch die Datenlage im Ist-Zustand eine zuverlässige Bewertung des Indikators nicht gewährleistet werden kann. Indikatoren werden auch dann nicht betrachtet, wenn sich für Indikatoren aufgrund festgelegter Raumgrenzen und charakteristischer Merkmale des Untersuchungsraums keine räumliche Relevanz ergibt. Somit werden im Anwendungsfall 15 der ursprünglich 25 SuMo-Rhine Indikatoren angewendet.

Im Anwendungsfall ergeben sich außerdem Anpassungen bei der Parameterauswahl und -berechnung. Zusätzliche Parameter werden hinzugenommen, wenn diese aus der Literaturrecherche als bewertungsrelevante Aspekte identifiziert werden konnten und eine Bewertung im Rahmen der Zielsetzung^{des} Anwendungsfalls sinnvoll erscheint. So werden für die Bewertung der Fahrradfreundlichkeit zusätzlich zu den infrastruktureitigen Bewertungsparametern auch Sicherheitsaspekte betrachtet. Zur Bewertung der Fußgängerfreundlichkeit werden Trenneinrichtungen, Knotenpunktregelung, Geschwindigkeitsbegrenzung, Straßenklassierung und Grünanteil als Parameter erfasst (vgl. Tran et al., 2017). Die Bewertung der ÖPNV-Angebotsqualität basiert auf sechs Parametern (Mobilitätsangebot, Linienanzahl, Barrierefreiheit, intermodale Anbindung, Betriebsfrequenz, Betriebsdauer). Diese werden so angepasst, dass untersuchungsraumspezifische Ausprägungen berücksichtigt werden können. So werden im Rahmen des Bewertungsparameters Intermodale Anbindung, Carsharing- und Bikesharing-Stationen anstelle von Park and Ride und Fernverkehrsverbindungen betrachtet, um damit der

Raumcharakterisierung als Innenstadtquartier gerecht zu werden. Den Ausprägungen je Parameter werden anschließend Gewichtungsfaktoren zugewiesen, auf Basis derer Maßnahmen, die zu einer Steigerung der Angebotsqualität führen, berechnet werden können.

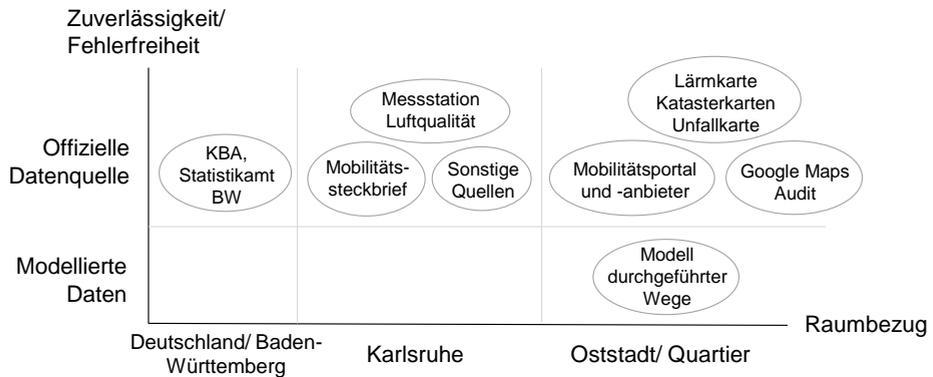


Abbildung 5.1: Datenmanagement: Einordnung der Datenquellen nach Raumbezug und Fehlerfreiheit (eigene Darstellung)

Anschließend werden für die Bewertung erforderlichen Inputdaten zusammengetragen und aufbereitet. Die jeweiligen Datenquellen werden nach Raumbezug und Zuverlässigkeit eingeordnet, um die Interpretierbarkeit der Bewertungsergebnisse unter Berücksichtigung der Datenqualität zu erleichtern (Abbildung 5.1). Aus den Zulassungsdaten des Kraftfahrtbundesamts (KBA, 2010, KBA, 2012, KBA, 2014, KBA, 2016, KBA, 2018, KBA, 2020) werden die durchschnittlichen Emissionen im Fahrzeugbestand errechnet.



Abbildung 5.2: GIS-Analyse in Auto CAD (eigene Darstellung, basierend auf eigenen Berechnungen und Daten aus den Katasterkarten und des Mobilitätsportals der Stadt Karlsruhe (Stadt Karlsruhe) sowie privaten Anbietern (KVV, 2020a, KVV, 2020b; Stadtmobil Karlsruhe)

Daraufhin werden sinnvolle Bezugseinheiten der Indikatorwerte gewählt. Sofern umsetzbar, werden die Indikatorperformances im Intervall [0,1] normiert, um die Interpretierbarkeit der Ergebnisse zu erleichtern. Diejenigen Indikatoren und Parameter, die auf infrastruktureitige Bezugseinheiten referenziert sind, werden im Rahmen einer GIS-Analyse in AutoCAD aufbereitet (vgl. Abbildung 5.2). Die jeweiligen Anteile der Ausprägungen am Wegenetz (Straßen-, Fußwege-, oder Routennetz) werden durch Polylinienberechnungen in AutoCAD abgeschätzt. So können die Parameterperformances für die Fußgängerfreundlichkeit, Fahrradfreundlichkeit und Lärmbelastung angegeben werden. Außerdem werden so Haltestelleneinzugsbereiche für die ÖPNV-Angebotsqualität für die Bewertung der Haltestellen berücksichtigt.

$$\text{Gesamtindex Fußgängerfreundlichkeit } I = \frac{1}{p} * \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k (\text{Anteil}_{i,j} * w_{i,j}) ,$$

[0,1]

p = Anzahl Parameter (Trenneinrichtung, Geschwindigkeitsbegrenzung, Straßenklassierung, Grünanteil, Knotenpunktregelung)
 k = Anzahl der Ausprägungen je Parameter
 $\text{Anteil}_{i,j}$ = Anteil der Ausprägung j am Gesamtfußwegenetz
 $w_{i,j}$ = Gewichtungsfaktor je Ausprägung j

Zur Bestimmung der Flächendegradation werden Grün- und Verkehrsflächen aus den Katasterkarten berechnet und auf die Quartiersbevölkerung referenziert. Für Indikatoren, die den Fokus der Bewertung auf das Mobilitätsangebot legen, werden erforderliche Inputdaten dem Mobilitätsportal der Stadt Karlsruhe (Stadt Karlsruhe) und den jeweiligen Anbietern entnommen (KVV, 2020a, KVV, 2020b; Stadtmobil Karlsruhe). Das Mobilitätsverhalten der Quartiersbewohner ergibt sich aus dem Modell der durchgeführten Wege des IfV. Darin modelliert ist der Modal Split sowie die Anzahl der Pkw-Fahrten pro Tag, die in die Berechnung der CO₂-Emissionen und der Feinstaub- und Stickoxidbelastung einfließen. Der Parkdruck berechnet sich aus dem zur Verfügung stehenden Parkplatzangebot und der Nachfrage. In die Berechnung der Parkplatznachfrage fließt die Motorisierungsrate und die Anzahl der Quartiersbewohner ein. In den Szenarien wirken sich Veränderungen im Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs auf den Modal Split, den Parkdruck sowie die CO₂-Emissionen, die durch die Anzahl der Pkw-Fahrten berechnet werden, aus.

$$\Delta \text{Modus Pkw bzw. Carsharing im Modal Split} := \sum_{s=1}^5 \Delta n_s * w_s$$

Δn_s = Änderung Nutzeranteil in Nutzungssegment s

w_s = Anteil der Nutzungstage des Segments s an Gesamtwoche (6-Tage-Woche)

Da die Mobilitätsteilnahme auch in den Szenarien gewährleistet bleibt, passt sich das Mobilitätsangebot dem veränderten Besitz- und Nutzungsverhalten an. Damit es beispielsweise zu keinen Teilhaberrestriktionen im Sharing-Segment kommt, wird das Carsharing-Angebot um den gleichen Prozentsatz entsprechend der Nachfragesteigerung ausgebaut. Die Flottenstruktur, die den Anteil an vollelektrifizierten und Hybridfahrzeugen im Fahrzeugbestand angibt, wird in den Szenarien durch strukturelle Anpassungen angepasst (Zielwert CO₂-Reduktion Neuwagen 2030: 59,38 g(CO₂) Guske (2019)). Somit lassen sich die verkehrsbedingten CO₂- und Stickoxidemissionen pro Quartiersbewohner für die Szenarien folgendermaßen berechnen:

$$e_{CO_2, \text{Quartier}} \left(\frac{g(CO_2)}{km} \right) = \frac{w_{konv.} * e_{CO_2}}{\text{Quartiersbevölkerung}}$$

$w_{konv.}$ = Wegezahlnzahl mit Pkw (von Quartiersbewohnern)

e_{CO_2} = Gesamtemissionen (pro km) im Fahrzeugbestand

$$e_{NOx} \left(\frac{g(NOx)}{km} \right) = w_{konv.} * \left(a_{Benzin} * \sum_{i=3}^6 (g_i * a_{i,Benzin}) + a_{Diesel} * \sum_{i=3}^6 (g_i * a_{i,Diesel}) \right)$$

w = Wegezahlnzahl mit Pkw (konventioneller Antrieb) im Quartier

a = Anteil je Kraftstoffart am Gestambestand

g = Schadstoffgrenzwert je Schadstoffklasse in $\frac{g(NOx)}{km}$

a_i = Fahrzeuganteil je Schadstoffklasse i ($\sum = 1$)

6 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Folgenden nach den Einflussausprägungen, die in den Szenarien auf die Indikatoren wirken, beschrieben. Dazu zählen zum einen Wirkungseffekte, die sich direkt aus den Storylines der Szenarien ergeben. Diese beschreiben strukturelle Einflüsse, infrastrukturseitige Anpassungen wie die Einfahrtsbeschränkung sowie den Ausbau des Mobilitätsangebots. Zum anderen verändern sich Performances aufgrund von Anpassungen im Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs. Anpassungen im Verkehrsaufkommen ergeben sich sowohl durch das veränderte Nutzungsverhalten als auch aus den infrastrukturseitigen Anpassungen in Szenario 1 und 2 (vgl. Kapitel 4.4). In Abbildung 6.1 ist zusammenfassend dargestellt, durch welche Einflussausprägungen sich Indikatorperformances in den Szenarien im Allgemeinen verändern und ob diese Veränderungen im Szenario positiv oder negativ auf den Indikator wirken.

Wie Abbildung 6.1 entnommen werden kann, wirken sich die Anpassungen im Mobilitätskonzept allesamt positiv auf die Nachhaltigkeitsperformances aus. Indikatoren, die negative Auswirkungen erfassen, erzielen für die Szenarien geringere Werte als im Ist-Zustand. Wie sich die Veränderungen im Detail in den einzelnen Indikatoren widerspiegeln, wird im Folgenden beispielhaft anhand der Indikatoren Angebotsqualität, Flächendegradation, Modal Split und CO₂-Emissionen, beschrieben.

	Strukturelle Änderung	Infrastrukturseitige Anpassung	Anpassungen im Mobilitätsangebot	Verändertes Besitz- und Nutzungsverhalten im MIV
Nachhaltiger Modal Split				↑
Parkdruck				↓
Fahrradfreundlichkeit		↑		
Angebotsqualität			↑	
Flottenfußabdruck	↓			
CO ₂ -Emissionen	↓			↓
Flächendegradation		↓		
Angebotsvielfalt				
Fußgängerfreundlichkeit		↑		
Verkehrslärm		↓		↓
Luftqualität	↑			↑
Verkehrssicherheit		↑		↑
Digitalisierung				
Elektrifizierung	↑			↑
Sharing-Angebot			↑	↑

Abbildung 6.1: Zusammenfassung der Ergebnisse: Veränderungen der Indikatorperformances durch Anpassungen im Mobilitätskonzept und deren Wirkungen.

Die Angebotsqualität beschreibt das ÖPNV-Angebot auf Basis der ÖPNV-Haltestellen innerhalb des Quartiers und an den Quartiersgrenzen. Insgesamt führt der Ausbau des Mobilitätsangebots zu einer Steigerung der Performance des Indikators Angebotsqualität. In den Storylines der Szenarien wurde festgelegt, dass sich die Angebotsqualität des Carsharings erhöht. Dadurch werden Carsharing-Station in unmittelbarer Nähe (<100m) von ÖPNV-Haltestellen errichtet, wenn dort noch keine Carsharing-Stationen vorhanden sind. Damit verbessert sich die Intermodalität im Mobilitätskonzept. Darüber hinaus werden in den Szenarien Fahrradabstellanlagen an den Haltestellen errichtet, die ebenfalls zu einer Verbesserung der Intermodalität beitragen. In Szenario 1 kommt es zu einer Erhöhung der Angebotsqualität, da zum einen das Carsharing-Angebot ausgebaut und zum anderen zusätzliche Fahrradabstellanlagen errichtet werden. Lediglich an der Tullastraße und am

Gottesauer-Platz sind bereits im Ist-Zustand Fahrradabstellanlagen und Carsharing-Stationen in unmittelbarer Nähe der Haltestellen vorhanden, sodass sich dort keine Änderungen in den Performances ergeben. In Szenario 2 erhöht sich für alle Stationen die Performance auch im Vergleich zu Szenario 1, da das Verkehrsangebot durch autonome Shuttles erweitert wird (vgl. Abbildung 6.2).

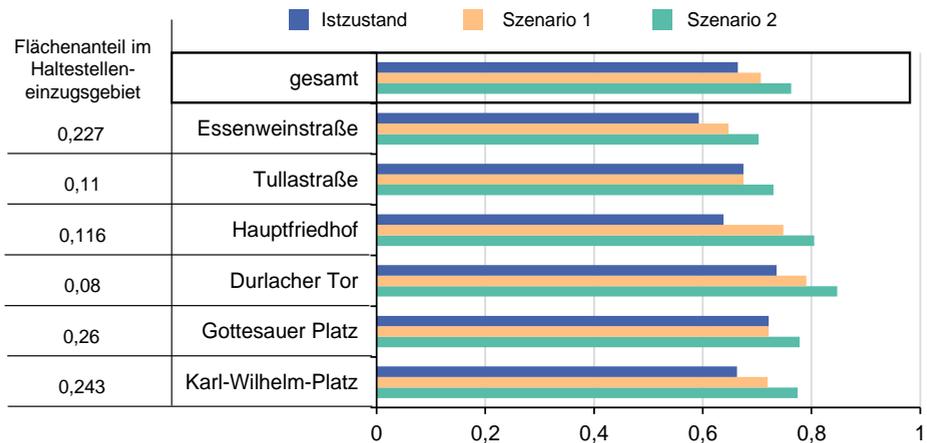


Abbildung 6.2: Ergebnisdarstellung ÖPNV-Angebotsqualität der Haltestellen im Quartier

Der Strukturwandel im Flottenbestand wirkt sich auf verkehrsbedingte CO₂-Emissionen und die Stickoxidbelastung innerhalb des Quartiers aus. Dieser Effekt wird durch die reduzierten CO₂-Emissionswerte in 2030 verstärkt. Werden beide Einflussfaktoren berücksichtigt, kommt es in Szenario 1 zu einer Reduktion um 35,2% und in Szenario 2 um 52,3%.

Des Weiteren erhöht sich der Bedarf an Ladestationen, wenn davon ausgegangen wird, dass der Anteil elektrifizierter Antriebstechnologien in den Szenarien weiter ansteigt. Durch die Parkraumverlagerung kommt es zudem zu einer städtebaulichen Aufwertung (vgl. Beitrag 1 in diesem Band). So werden durch die Parkraumverlagerung Verkehrsflächen frei, die nun umgestaltet werden können (vgl. Abbildung 6.3). Wie Abbildung 6.3 entnommen werden kann, ist der Grünflächenanteil mit 17,5% für ein Wohn- und Mischquartier bereits hoch. Das liegt unter anderem an den zahlreichen Grünflächen in den Innenhöfen des Quartiers. 3,1% der Grünflächen befinden sich jedoch auf dem Privatgelände der Höpfner-Brauerei und sind somit für die Allgemeinheit nicht zugänglich. Insgesamt existieren im Quartier keine größeren Parks, allerdings tragen mehrere Spiel- und

Sportplätze zur Auflockerung der bebauten Flächen bei. Die Fläche des Straßennetzes ändert sich nicht, da auch in den Szenarien der Quartierszugang gewährleistet bleibt.

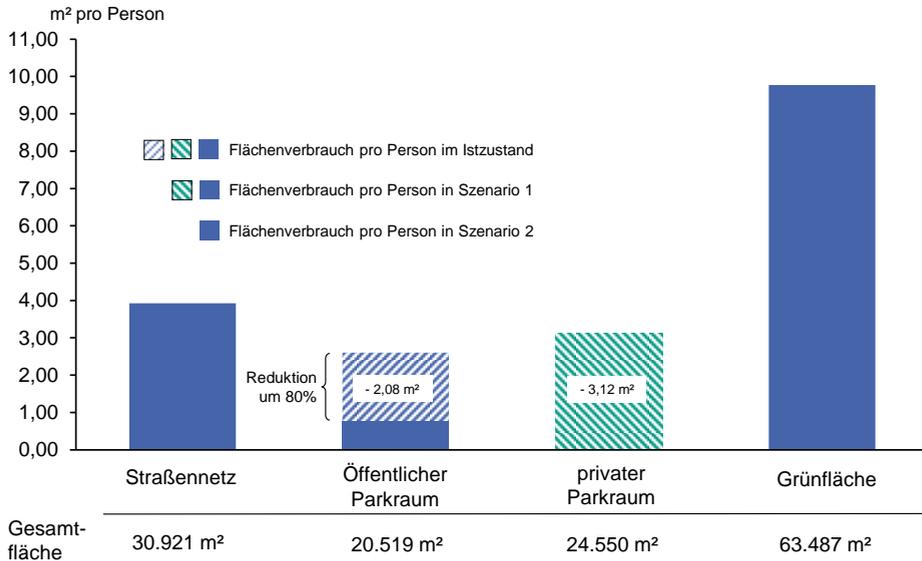


Abbildung 6.3: Ergebnisdarstellung Flächenbedarf pro Quartiersbewohner

Der Zeitverlust bei der Parkplatzsuche weist eine hohe Raumrelevanz auf, kann jedoch aufgrund fehlender Daten nicht betrachtet werden. Um die Parkplatzsituation dennoch erfassen zu können, wird der Indikator Parkdruck in das Bewertungsset aufgenommen. Dieser gibt an, wie es um die Parkplatzsituation im Quartier steht und wird zu Nachtzeiten gemessen, da davon ausgegangen werden kann, dass nachts alle Bewohner-Pkw im Quartier abgestellt sind. Es wird außerdem angenommen, dass im Ist-Zustand 100% aller privaten Stellplätze belegt sind. Daraus ergibt sich die Anzahl derjenigen Fahrzeuge, die auf öffentlichen Stellplätzen parken.

In den Szenarien verändert sich das Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs. Dieses spiegelt sich in den veränderten Nutzungshäufigkeiten der Modi PKW und Carsharing wider (vgl. Formel $\Delta Modus Pkw$ bzw. *Carsharing im Modal Split* (S. 20)). Dies hat Auswirkungen auf den Parkdruck im Quartier, da die Motorisierungsrate bei gleichbleibendem Parkplatzangebot zurückgeht. Zudem kommt es zu einer Verlagerung der privaten Pkw-Nutzungshäufigkeiten auf die Modi Carsharing (elektrifiziert) und Sonstige (vgl. Abbildung

6.5). Die Zunahme des Marktanteils für Sonstige² ergibt sich aus der Annahme des gleichbleibenden Mobilitätsumfanges. Da absolut mehr Pkw-Fahrten reduziert als durch Carsharing kompensiert werden und Verlagerungseffekte auf die sonstigen Modi ohne weitere Kenntnisse zum Mobilitätsverhalten nicht angegeben werden können, steigt der Anteil im Segment Sonstige. Anpassungen im Besitz- und Nutzungsverhalten sorgen außerdem dafür, dass die Anzahl der Carsharing-Fahrzeuge und damit die Performance des Sharing-Angebots zu nimmt. Aufgrund der reduzierten Pkw-Nutzung sinkt auch der Pro-Kopf CO₂-Ausstoß der Quartiersbewohner. Verstärkt wird dieser Wirkungseffekt durch bereits beschriebene strukturelle Änderungen im Flottenbestand (vgl. Abbildung 6.5).

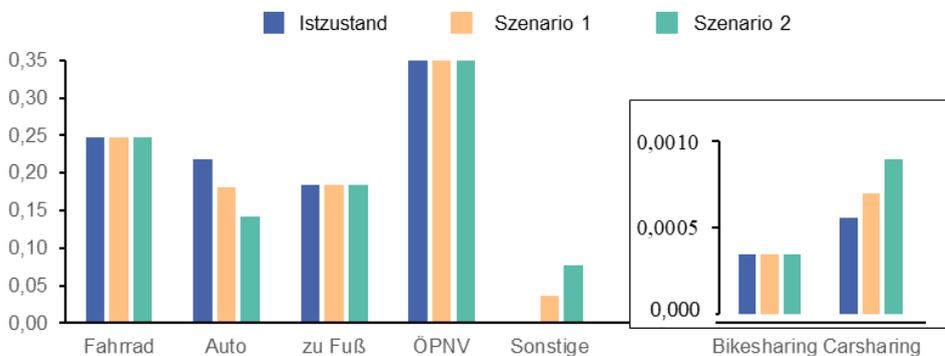


Abbildung 6.4: Ergebnisdarstellung Modal Split. Die Daten des Ist-Zustands basieren auf dem Modell der zurückgelegten Wege des IFV

Das Verkehrsaufkommen im Quartier reduziert sich unter anderem aufgrund von Anpassungen im Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs. Da insgesamt weniger Fahrzeuge gehalten werden und auch die Nutzungshäufigkeiten in den Szenarien zurückgehen, reduziert sich die Anzahl der Pkw-Fahrten insgesamt (vgl. Abbildung 6.4). Das Verkehrsaufkommen innerhalb des Quartiers wird zudem durch die Einfahrtsbeschränkung in Szenario 2 und indirekt durch das reduzierte Parkraumangebot gesenkt. So verändern sich diejenigen Parameter, die verkehrsbedingte Auswirkungen erfassen: die Luftqualität steigt und es reduzieren sich die Unfallgefahr und die Lärmbelastung. Die

² Die Kategorie Sonstige umfasst Änderungen in den Modi ÖPNV, zu Fuß, Fahrrad und gegebenenfalls neue Fortbewegungsmittel (z.B. Scooter). Diese Änderungen können nicht ermittelt werden, sodass diese im Segment „Sonstige“ zusammengefasst werden.

Lärmbelastung geht zudem als Bewertungsparameter in die Bewertung der Fußgänger- und Fahrradfreundlichkeit ein. Einen signifikanten Einfluss der Lärmbelastung auf Fußgänger- und Fahrradfreundlichkeit stellt sich allerdings erst in Szenario 2 durch die Einfahrtsbeschränkung ein. Werden für die Berechnungen der Stickoxidbelastung keine strukturellen Änderungen berücksichtigt, entspricht die Reduktion der Belastung den Änderungen im Verkehrsaufkommen (vgl. Abbildung 6.5).

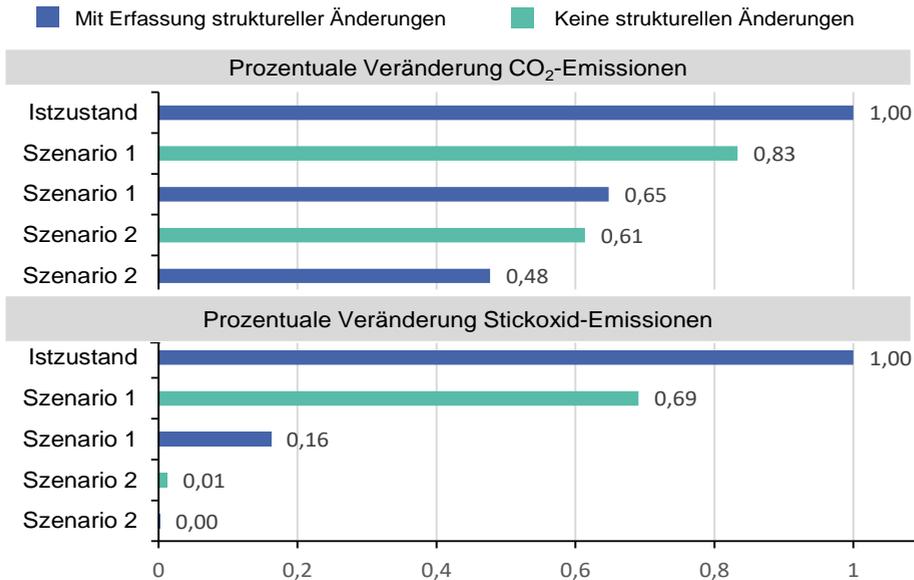


Abbildung 6.5: Ergebnisdarstellung der relativen Änderungen der CO₂- und Stickoxidemissionen pro Kilometer.

Oftmals wirken mehrere der Einflusswirkungen gemeinsam auf die Performances der Indikatoren, da sowohl strukturelle Veränderungen als auch verkehrsreduzierende Maßnahmen wirken. Wie in Abbildung 6.5 dargestellt, ergeben sich Anpassungen im Schadstoffausstoß aus strukturellen Änderungen, infrastrukturseitigen Anpassungen und durch Änderungen im MIV-Nutzungsverhalten im Quartier. Die Änderungen der Indikatorperformances sind somit nicht nur durch die Wirkung eines einzelnen Einflusses begründbar, sondern hängen vielmehr von den Wechselwirkungen verschiedener Einflüsse im Mobilitätssystem ab. Auch Anpassungen im Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs ergeben sich einerseits durch den Ausbau des Mobilitätsangebots. Andererseits wird das Mobilitätsangebot entsprechend der Nutzungsnachfrage angepasst. Damit keine Teilhabebarrieren entstehen, erhöht sich so die Anzahl der Carsharing-Fahrzeuge entsprechend der

Zunahme an Carsharing-Fahrten von Quartiersbewohnern (vgl. Tabelle 4.4). Die Wirkungseffekte der Maßnahmen führen somit zu einer Steigerung der Nachhaltigkeit im Mobilitätssystem, das sich durch die Änderungen der Ergebnisse der Indikatorperformances darlegen lässt.

7 Bewertung und Diskussion

Im Rahmen der Zielsetzung des SuMo-Rhine Projekts soll ein kostengünstiges und einfach nutzbares Bewertungsinstrument zur Verfügung gestellt werden, das Aussagen zur Nachhaltigkeit des kommunalen Mobilitätskonzepts ermöglicht (SuMo-Rhine). In dieser Arbeit wurde dieses Indikatorensystem auf das Gründerzeitviertel der Karlsruher Oststadt angepasst und angewendet. Um auch im Anwendungsfall die Aussagefähigkeit hinsichtlich der Nachhaltigkeitsbewertung zu gewährleisten, wurden verschiedene Anforderungen definiert. So spiegeln sich alle relevanten Nachhaltigkeitsaspekte in den Bewertungsaspekten wider. Dabei wurde gewährleistet, dass sich die Nachhaltigkeitsaspekte an die von der Stadt Karlsruhe formulierten Ziele anlehnen. Außerdem wurden Referenzeinheiten und Bewertungsmethoden so gewählt, dass die Skalierbarkeit gewährleistet ist.

Das SuMo-Rhine Indikatorensystem beinhaltet insgesamt 25 Indikatoren. Im Anwendungsfall wurden nicht alle SuMo-Rhine Indikatoren angewendet. Ausschlusskriterium war entweder eine mangelhafte oder fehlende Datenbasis oder ein fehlender Raumbezug. So wurde bspw. die Aufenthaltsqualität auf Grund fehlender empirischer Daten nicht betrachtet, ebenso wie der Indikator Erreichbarkeit auf Grund der untergeordneten Relevanz für das Quartier. Das hier betrachtete Indikatorenset zählte somit im Anwendungsfall 15 Indikatoren.

Durch die Einbindung der Szenarien wurde gezeigt, dass die Bewertungsindikatoren sensitiv auf Veränderungen im Mobilitätssystem reagieren. So haben sich die Indikatoren sowohl in Szenario 1 als auch in Szenario 2 positiv entwickelt. Bereits in Szenario 1 sinkt bspw. die Nutzung von privaten PKW, während der Anteil von CarSharing steigt. Szenario 2 verstärkt diesen Trend noch. Dasselbe ist für den Indikator ÖPNV-Angebotsqualität und CO₂-Emissionen zu beobachten. Einzelne Performancewerte verbessern sich direkt aus den Annahmen, die in den Storylines der Szenarien getroffen werden, wie beispielsweise durch die Umgestaltung freiwerdender Parkflächen durch zusätzliche Grünflächen als Trenneinrichtung zwischen Fußweg und Straße oder die Einfahrtsbeschränkung in das Quartier in Szenario 2. Veränderungen einer Vielzahl der Indikatoren in den Szenarien sind jedoch auch auf Anpassungen im Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs

zurückzuführen, die sich indirekt aus den Storylines ergeben. Diese Verhaltensänderungen wurden in Kapitel 4.4 thematisiert. Im Rahmen der Einflussanalyse wurden Wechselwirkungen zwischen Einflussgrößen und Indikatoren herausgearbeitet. Es wurden außerdem Schlüsselfaktoren identifiziert, die in den Szenarien zu Veränderungen der Indikatorperformances führen. Da sich eine Vielzahl von Indikatoren durch endogene Anpassungen im Besitz- und Nutzungsverhalten verändern, ergibt sich folgende Problematik: Veränderungen im Besitz- und Nutzungsverhalten wurden argumentativ begründet, konnten jedoch nicht abschließend durch Simulationsmodelle oder Expertenworkshops validiert werden. Gerade weil sich jedoch aufgrund dieser Veränderungen eine Vielzahl der Indikatoren in den Szenarien anpassen, sollten Entwicklungen im Besitz- und Nutzungsverhalten weitestgehend validiert sein. Um die Gültigkeit derjenigen Bewertungsergebnisse, die sich aufgrund von Inputdaten des Besitz- und Nutzungsverhaltens verändern, zu steigern, kann aufbauend auf dieser Arbeit die Szenarioanalyse im Rahmen von Experten- und Stakeholder Workshops weiter diskutiert werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Indikatorensystem des SuMo-Rhine Projekts ein sinnvolles Instrument für die Nachhaltigkeitsbewertung des Mobilitätssystems darstellt. So konnten durch infrastrukturseitige und städtebauliche Indikatoren aussagekräftige Bewertungsergebnisse in einem plausibel begründeten, abgeschlossenen System gewonnen werden. Außerdem konnten Anpassungen im Verkehrsaufkommen, die durch Änderungen im Mobilitätsverhalten hervorgerufen werden, präzise abgeschätzt werden. Um die Vergleichbarkeit zwischen Untersuchungsräumen gewährleisten zu können, sollten sich die gewählten Untersuchungsräume außerdem in ihren städtebaulichen Charakteristika ähneln. Besteht zwischen den Untersuchungsräumen jedoch eine große Heterogenität in ihren Charakteristika ist es sinnvoll, für die einzelnen Indikatoren untersuchungsraumspezifische Besonderheiten im Bewertungsprozess zu berücksichtigen. So können bezogen auf das Oststadtquartier beispielsweise die Gewichtungsfaktoren von städtebaulichen Parametern so angepasst werden, dass sie dem Verkehrsaufkommen und der Sicherheitslage im Quartier gerecht werden.

Kritisch reflektiert werden muss jedoch, ob ein kleinräumig abgeschlossenes System, wie es in dieser Arbeit definiert wurde, einem räumlich weiter gefassten System vorzuziehen ist. So bieten weiter gefasste Systemgrenzen, in die der Untersuchungsraum eingebunden ist, die Möglichkeit einer differenzierteren Bewertung. Damit können insbesondere Diffusions- und Nutzungsverhalten über die Raumgrenzen hinweg erfasst werden. Somit kann eine allumfassendere und differenziertere Nachhaltigkeitsbewertung erfolgen. Allerdings steigen dadurch Umfang und Komplexität der Nachhaltigkeitsbewertung. Damit wird die Möglichkeit erschwert, die Indikatoren als Entscheidungsfindungsinstrument im Dialog mit Entscheidungsträgern und betroffenen Akteuren einzusetzen. Abschließend kann

somit gesagt werden, dass sich durch die in den Szenarien gewählten Anpassungen als potentielle Wege zu einem nachhaltigeren Mobilitätssystem bestätigt haben. Es zeigt sich allerdings auch, dass sich das Mobilitätssystem als komplexes Konstrukt verschiedenster Einfluss- und Wechselwirkungen definieren lässt. Für dessen Abbildung sollte ein höheres Konkretisierungsniveau gewählt werden, um insbesondere die Validität von Anpassungen im Besitz- und Nutzungsverhalten des MIVs gewährleisten zu können.

Literatur

- Bandeira, J. M.; Coelho, M. C.; Sá, M. E.; Tavares, R. & Borrego, C. (2011). *Impact of land use on urban mobility patterns, emissions and air quality in a Portuguese medium-sized city*. *The Science of the total environment*, 409 (6), 1154–1163. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.12.008>
- Banister, D. (2008). *The sustainable mobility paradigm*. *Transport Policy*, 15 (2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- BMU (2016). *Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung* (2. Aufl.) (BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Hrsg.).
- Boltze, M.; Specht, G.; Friedrich, D. & Figur, A. (2002). *Grundlagen für die Beeinflussung des individuellen Verkehrsmittelwahlverhaltens durch Direktmarketing*. Darmstadt: TU Darmstadt.
- Coppola, P. & Silvestri, F. (2019). *Future mobility and land use scenarios*. Impact assessment with an urban case study. *Transportation Research Procedia*, 42, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.12.006>
- Csonka, B. & Csiszár, C. (2016). *Service Quality Analysis and Assessment Method for European Carsharing Systems*. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 44 (2), 80–88. <https://doi.org/10.3311/PPtr.8559>
- Deloitte. *Urbane Mobilität und autonomes Fahren im Jahr 2035. Welche Veränderungen durch Robotaxis auf Automobilhersteller, Städte und Politik zurollen*. Zugriff am 22.10.2020. Verfügbar unter <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Innovation/datenland-deutschland-autonomes-fahren.pdf>
- Dobesova, Z. & Krivk, T. (2012). *Walkability Index in the Urban Planning*. A Case Study in Olomouc City. In J. Burian (Hrsg.), *Advances in Spatial Planning*. InTech. <https://doi.org/10.5772/36587>
- Doll, C.; Krauß, K. & Luchmann, I. Niemeier, E. (Fraunhofer ISI, PTV Group & M-Five, Hrsg.) (2019). *Verlagerungswirkungen und Umwelteffekte veränderter Mobilitätskonzepte im*

- Personenverkehr*. Zugriff am 22.10.2020. Verfügbar unter <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccn/2020/Verlagerungswirkungen%20und%20Umwelteffekte%20Mobilitaetskonzepte.pdf>
- Europäische Kommission. (2017). *European urban mobility. Policy context*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Gillis, D.; Semanjski, I. & Lauwers, D. (2016). *How to Monitor Sustainable Mobility in Cities? Literature Review in the Frame of Creating a Set of Sustainable Mobility Indicators*. *Sustainability*, 8 (1), 29. <https://doi.org/10.3390/su8010029>
- Gołda, I. J.; Gołębiowski, P.; Izdebski, M.; Kłodawski, M.; Jachimowski, R. & Szczepański, E. (2017). *The evaluation of the sustainable transport system development with the scenario analyses procedure*. *Journal of Vibroengineering*, 19 (7), 5627–5638. <https://doi.org/10.21595/jve.2017.19275>
- Gossen, M. (2012). *Nutzen statt Besitzen. Motive und Potenziale der internetgestützten gemeinsamen Nutzung am Beispiel des Peer-to-Peer Car-Sharing* (Schriftenreihe des IÖW, Bd. 202, neue Ausg). Zugl.: Berlin, Hochschule für Wirtschaft und Recht, Masterarb. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.
- Europäische Kommission. (2019). *EU-Mitgliedsstaaten beschließen neue CO²-Grenzwerte für Autos*. Zugriff am 11.11.2020. Verfügbar unter https://ec.europa.eu/germany/news/20190415-co2-grenzwerte_de
- Jocher, T. & Loch, S. (2012). *Raumpilot Grundlagen*. Stuttgart: Kraemerverlag; Wüstenrot Stiftung.
- Joumard, R. (2010). *Indicators of environmental sustainability in transport. An interdisciplinary approach to methods* (Recherches).
- KBA (2010). *Fahrzeugzulassungen [FZ 8] - Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern - Monatsergebnis Juni* (Kraftfahrtbundesamt, Hrsg.).
- KBA (2012). *Fahrzeugzulassungen [FZ 8] -Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern - Monatsergebnis Juni* (Kraftfahrtbundesamt, Hrsg.).
- KBA (2014). *Fahrzeugzulassungen [FZ 8] -Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern - Monatsergebnis Juni* (Kraftfahrtbundesamt, Hrsg.).
- KBA (2016). *Fahrzeugzulassungen [FZ 8] -Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern - Monatsergebnis Juni* (Kraftfahrtbundesamt, Hrsg.).
- KBA (2018). *Fahrzeugzulassungen [FZ 8] -Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern - Monatsergebnis Juni* (Kraftfahrtbundesamt, Hrsg.).
- KBA (2020). *Fahrzeugzulassungen [FZ 8] -Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern - Monatsergebnis Juni* (Kraftfahrtbundesamt, Hrsg.).
- Kosow, H.; Gaßner, R.; Erdmann, L. & Luber, B.-J. (2008). *Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien* (Werkstattbericht / IZT,

- Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Bd. 103). Berlin: IZT. Verfügbar unter http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB103.pdf
- Kuhnert, F. & Stürmer, C. (2016). *Mit Elektrifizierung und Verbrennungsmotoren auf dem Weg in die Zukunft der Mobilität* (PricewaterhouseCoopers, Hrsg.). PricewaterhouseCoopers. Zugriff am 24.10.2020. Verfügbar unter <https://www.pwc.at/de/publikationen/branchen-und-wirtschaftsstudien/autofacts-2016.pdf>
- KVV (Karlsruher Verkehrsverbund, Hrsg.) (2020a). *Haltestellenverzeichnis*. Zugriff am 24.11.2020. Verfügbar unter https://www.kvv.de/fileadmin/user_upload/kvv/Daten/Fahrplaene_Netzplaene/Haltestellenverzeichnis_2020.pdf
- KVV (2020b). *Vernetzte Mobilität*. Zugriff am 20.12.2020. Verfügbar unter <https://www.kvv.de/unternehmen/kvv-news/detail/suchen-buchen-und-bezahlen-neue-kvv-app-regiomove-ist-ab-jetzt-verfuegbar-1.html>
- Malley, J. (2000). *Nachhaltige Mobilität im Spannungsfeld ökonomischer, ökologischer und sozialer Anforderungen. Veranstaltung der Friedrich-Ebert-Stiftung am 12. Oktober 1999 in Berlin* (Reihe "Wirtschaftspolitische Diskurse, Bd. 133). Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung; Wirtschafts- und Sozialpolitisches Forschungs- und Beratungszentrum der Friedrich-Ebert-Stiftung Abt. Wirtschaftspolitik. Verfügbar unter <http://library.fes.de/cgi-bin/gbv.cgi?id=956>
- Musso, A. & Corazza, M. (2006). *Improving Urban Mobility Management*. Case Study of Rome. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1956, 52–59. <https://doi.org/10.3141/1956-07>
- Nehrke, G. & Loose, W. (Bundesverband Carsharing e.V., Hrsg.) (2018). *Nutzer und Mobilitätsverhalten in verschiedenen Carsharing-Varianten*. Zugriff am 22.10.2020. Verfügbar unter https://www.carsharing.de/sites/default/files/uploads/stars_wp4_t41_projektbericht_bcs_deutsch_final_1.pdf
- Okraszewska, R.; Romanowska, A.; Wołek, M.; Oskarbowski, J.; Birr, K. & Jamroz, K. (2018). *Integration of a Multilevel Transport System Model into Sustainable Urban Mobility Planning*. Sustainability, 10 (2), 479. <https://doi.org/10.3390/su10020479>
- Rat für Nachhaltige Entwicklung (Hrsg.). (2015). *Städte auf Kurs Nachhaltigkeit. Wie wir Wohnen, Mobilität und kommunale Finanzen zukunftsfähig gestalten* (Texte / Rat für Nachhaltige Entwicklung, Bd. 50). Deutschland.
- Redza, E. & Bouillard, P. (2017). *City Centre Regeneration by Removing Motorways. Impacts on Mobility and urban Life* (WII Transaction on the built Environment, Hrsg.). <https://doi.org/10.2495/UT170011>
- Rodrigues da Silva, A. N.; Azevedo Filho, M. A. N. d.; Macêdo, M. H.; Sorratini, J. A.; da Silva, A. F.; Lima, J. P. & Pinheiro, A. M. G. S. (2015). *A comparative evaluation of mobility conditions in selected cities of the five Brazilian regions*. Transport Policy, 37, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.10.017>

- Rodrigues da Silva, A. N.; Costa, M. & Ramos, R. (2010). *Development and application of I_SUM*. An index of sustainable urban mobility.
- Stadt Karlsruhe (Hrsg.). *Mobilitätsportal der TechnologieRegion Karlsruhe*. Verfügbar unter <https://vmz.karlsruhe.de/portal.html?city=LKKarlsruhe&lang=de&theme=environmentalzone&lat=48.99175226853188&lng=8.4580346925&zoom=12>
- Stadt Karlsruhe (Hrsg.) (2018). *Verkehrsmittelwahl und Mobilitätsverhalten. Ergebnisse der repräsentativen Verkehrsbefragung 2018*.
- Stadt Karlsruhe (2019). *Statistisches Jahrbuch 2019* (Amt für Stadtentwicklung Karlsruhe, Hrsg.).
- Stadt Karlsruhe (Hrsg.) (2020a). *Ziele und Strategien - Mobilität*. Zugriff am 14.09.2020. Verfügbar unter <https://www.karlsruhe.de/iq/mobilitaet/ziele.de>
- Stadt Karlsruhe (Hrsg.) (2020b, 13. November). *Geoportal Karlsruhe. Geoshop*. Verfügbar unter <https://www.karlsruhe.de/b3/bauen/geodaten.de>
- Stadtmobil Karlsruhe (Hrsg.). *stadtmobil-Stationen in Ihrer Nähe*. Zugriff am 16.11.2020. Verfügbar unter <https://karlsruhe.stadtmobil.de/privatkunden/stationen/>
- Stadtplanungsamt Karlsruhe (Hrsg.) (2013). *Verkehrsentwicklungsplan Karlsruhe. Szenarien und integriertes Handlungskonzept*. Zugriff am 14.09.2020. Verfügbar unter https://www.karlsruhe.de/b3/verkehr/verkehrsentwicklung/HF_sections/content/ZZoHilNUNZzbzD/VEP_Teil_2_web.pdf
- SuMo-Rhine (Hrsg.). Vorstellung Indikatorensystem (unveröffentlicht) [Themenheft].
- Tran, M.-C.; Manz, C. & Nouri, F. (2017). *Messung und Erfassung der Fußgängerfreundlichkeit von Stadträumen*. Universität Duisburg. Verfügbar unter https://www.unidue.de/imperia/md/content/imobis/messung_und_erfassung_der_fu%C3%9Fg%C3%A4ngerfreundlichkeit_in_essen_2017_xs.pdf
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2011). *Leitkonzept - Stadt und Region der kurzen Wege. Gutachten im Kontext der Biodiversität* (48. Aufl.).
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2015). *Entwicklung von Indikatoren im Bereich Mobilität für die nationale Nachhaltigkeitsstrategie*.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017). *Die Stadt für morgen*.
- Van Grol, R.; de Bok, M.; de Jong, G.; van Eck, G.; Ihrig, J.; Kraft, M.; Szimba, E.; Mandel, B.; Ivanova, O.; Boonman, H.; Chahim, M.; Corthout, R.; Porwanto, J.; Smith, R.; Laparidou, K.; Helder, E.; Grebe, S. & Székely, A. (2016). *Elasticities and Equations of the High-Tool Model (Final Version)*. High-Tool Deliverable D4.3 Project cofunded by the European Commission under the 7th Framework Programme, Karlsruhe.
- Vidović, K.; Šoštarić, M. & Budimir, D. (2019). *An Overview of Indicators and Indices Used for Urban Mobility Assessment*. PROMET - Traffic&Transportation, 31 (6), 703–714. <https://doi.org/10.7307/ptt.v31i6.3281>

-
- WBCSD (2015). *Methodology and Indicator calculation method for sustainable urban mobility. Sustainable Mobility Project 2.0* (World Business Council for Sustainable Development, Hrsg.).
- Winters, M.; Brauer, M.; Setton, E. M. & Teschke, K. (2013). *Mapping bikeability*. A spatial tool to support sustainable travel. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40 (5), 865–883. <https://doi.org/10.1068/b38185>
- Zeit Online (2018, 19. April). *Jungen Städten sind Autos nicht mehr wichtig*. *Zeit*. Zugriff am 28.12.2020. Verfügbar unter <https://www.zeit.de/mobilitaet/2018-04/autofahren-bedeutung-junge-menschen-stadt-land-studie>
- Zito, P. & Salvo, G. (2011). *Toward an urban transport sustainability index*. An European comparison. *European Transport Research Review*, 3 (4), 179–195. <https://doi.org/10.1007/s12544-011-0059-0>

Wie ändern sich Mobilitätskosten durch die Automatisierung im Verkehr?

Eckhard Szimba ^{1*}, Lukas Leisener ¹

¹ *Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Volkswirtschaftslehre (ECON), Karlsruhe, Deutschland*

* *Corresponding author: szimba@kit.edu*

Kurzfassung

Die Nutzerkosten von Mobilitätsalternativen sind eine wichtige Einflussgröße für das Mobilitätsverhalten, wie die Ziel- und Verkehrsmittelwahl, und beeinflussen somit entscheidend die ökologische Nachhaltigkeit des Verkehrssystems. Daher widmet sich dieser Beitrag den Wirkungen des autonomen Fahrens auf die Nutzerkosten, indem sämtliche variablen und ggf. fixen Kosten für unterschiedliche Fahrzeug- und Antriebstypen für nicht-autonom fahrende und autonom fahrende Fahrzeuge vergleichend gegenübergestellt werden. Die Abschätzungen beziehen sich auf privat genutzte Pkws, Taxis sowie Busse im öffentlichen Verkehr. Die Ergebnisse zeigen, dass autonome Mobilitätsangebote das Potenzial haben, die Nutzerkosten für die motorisierte Mobilität spürbar zu verringern. Durch die Einsparung von Fahrpersonal können insbesondere Mobilitätsdienstleistungen des öffentlichen Verkehrs sowie Taxidienste wesentlich kostengünstiger erbracht werden (Einsparungspotenzial 39–58%). Auch die Nutzerkosten des motorisierten Individualverkehrs werden sich durch die Automatisierung verringern. Unter zusätzlicher Berücksichtigung des Reisezeiteinsparungspotenzials könnten sich Pendlerkosten mit dem autonomen Privat-Pkw um rund 20% verringern. Um die Chancen der Automatisierung für eine nachhaltigere Mobilität zu nutzen, und gleichzeitig involvierte Risiken – zum Beispiel die Entstehung induzierten Verkehrs durch die Verbesserung des Angebots, häufige Leerfahrten, oder die Verlagerung von Nachfrage vom öffentlichen Verkehr zum motorisierten Individualverkehr – zu vermeiden, ist eine flankierende Begleitung durch die Politik unbedingt erforderlich. Aufgrund der Interdependenzen zwischen Verkehrsangebot und strategischen Entscheidungen wie Wohn- und Standortwahl, erfordert die Automatisierung des Verkehrs zudem eine besonders enge Verzahnung von Raum-, Stadt- und Verkehrsplanung.

1 Einleitung

Das autonome Fahren bietet nicht nur eine Vielzahl neuer Mobilitätsmöglichkeiten, sondern bietet Potenziale, durch eine Erhöhung der Infrastrukturkapazität, die Verringerung von Energieverbräuchen und Emissionen sowie einer verbesserten Verkehrssicherheit, den Verkehr effizienter und nachhaltiger zu gestalten (z. B. Stephens et al., 2016; Wadud, MacKenzie & Leiby, 2016; Szimba und Orschiedt, 2017). Ein Wechsel von der Rolle als Fahrzeuglenker im konventionell fahrenden Pkw zum Passagier im autonomen Fahrzeug verändert zudem die Bewertung der Reisezeit (z. B. Kolarova, Steck und Bahamonde-Birke, 2019; Correia et al. 2019).

Somit ist zu erwarten, dass sich durch die Automatisierung auch die Kosten für die Nutzerinnen und Nutzer verändern werden. Die Nutzerkosten von Mobilitätsalternativen sind eine wichtige Einflussgröße für das Mobilitätsverhalten, wie die Ziel- und Verkehrsmittelwahl (z. B. Ortúzar und Willumsen, 2013), und beeinflussen daher entscheidend die ökologische Nachhaltigkeit des Verkehrssystems. Daher widmet sich dieser Beitrag den Wirkungen des autonomen Fahrens auf die Nutzerkosten, indem sämtliche variablen und ggf. fixen Kosten für unterschiedliche Fahrzeug- und Antriebstypen für nicht-autonom fahrende und autonom fahrende Fahrzeuge vergleichend gegenübergestellt werden. Die Abschätzungen beziehen sich auf privat genutzte Pkws, Taxis sowie Busse im öffentlichen Verkehr.

Nach einer Übersicht über die betrachteten Referenzfahrzeuge und berücksichtigte Kostenkomponenten in Kapitel 2 werden in Kapitel 3 die Auswirkungen auf die monetären Kosten, und in Kapitel 4 auf die Zeitkosten untersucht. In Kapitel 5 werden die ermittelten Kostenveränderungen auf eine beispielhafte Pendlerrelation zwischen Graben-Neudorf und Karlsruhe-Oststadt angewandt. Der Beitrag schließt mit einer kurzen Zusammenfassung und Folgerungen für die Politik.

2 Referenzfahrzeuge und berücksichtigte Kostenkomponenten

Für die Analyse der Kostenveränderung durch Automatisierung werden die folgenden Fahrzeugtypen betrachtet:

- VW Golf 1,0l TSI OPF 85kw (Benzin-Golf)

- VW Golf 1,6l TDI SCR 85kw (Diesel-Golf)
- VW eGolf 100kw

Als exemplarisches Taxi-Fahrzeug wird ein Mercedes-Benz E 220 d (Dieselantrieb) ausgewählt.

Als ÖPNV-Fahrzeuge werden Kleinbusse des Typs Mercedes-Benz Sprinter sowie Großraumbusse des Typs Mercedes-Benz Citaro mit Diesel- und Elektroantrieb zugrunde gelegt:

- Mercedes-Benz Sprinter 319 CDI
- Mercedes-Benz „eSprinter“
- Mercedes-Benz Citaro (Euro VI)
- Mercedes-Benz eCitaro

Für die autonom betriebenen Fahrzeuge wird der höchste Automatisierungsgrad (Level 5) unterstellt, in dem das Fahrzeug alle Steuerungs- und Kontrollfunktionen vollkommen autark erfüllt und ein Eingreifen des Passagiers nicht erwartet wird (SAE, 2018).

Für den Kostenvergleich werden folgende Kostenkomponenten berücksichtigt:

- Abschreibung/ Wertverlust
- Versicherung
- Kfz-Steuern
- Kraftstoff-/ Energieverbrauch
- Wartung und Reifen
- Parken und Reinigung

Zusätzlich werden für die Taxis und öffentlichen Verkehrsmittel folgende Kostenbestandteile einbezogen:

- Personalkosten
- Gemeinkosten
- Umsatzsteuer
- Gewinnmarge

Die Kostenschätzungen beziehen sich auf Marktstrukturen in Deutschland im Bezugsjahr 2019.

3 Monetäre Kosten

3.1 Annahmen

Für die autonomen Varianten wird ein Technikaufpreis von 8.000€ angenommen, was zu höheren Abschreibungskosten führt. Ein erwarteter Rückgang der Unfälle resultiert in 50% geringere Versicherungskosten (Bösch et al., 2018). Ferner verbrauchen die autonomen Fahrzeuge aufgrund angepasster Fahrprofile 10% weniger Kraftstoff bzw. Energie (Stephens et al., 2016), wobei sich beim Laden des E-Golfs die variablen Kostenbestandteile verringern, nicht aber die fixen Kosten des unterstellten Tarifmodells. Durch den verringerten Kraftstoffverbrauch sinken die CO₂-Emissionen, was zu geringeren Kfz-Steuern des privat genutzten Benzin- und Diesel-Pkw und des Taxis führt. Die Reifenkosten für autonome Fahrzeuge sinken aufgrund einer schonenderen Fahrweise um 10% (Bösch et al., 2018). Bei Park- und Wartungskosten werden im Rahmen dieser Untersuchung keine Veränderungen angenommen (Harper, 2019; Bösch et al., 2018). Unter der Annahme, dass ein verändertes Verhalten der Fahrgäste in einem Taxi ohne Fahrer häufigere Innenreinigungen erfordert, erhöhen sich die Reinigungskosten eines autonomen Taxis um 350% (Bösch et al., 2018). In Tabelle 3.1 sind die Annahmen bezüglich der relativen Kostenveränderung durch die Automatisierung zusammengefasst.

Tabelle 3.1: Angenommene Veränderung einzelner Kostenkomponenten durch die Automatisierung

	Pkw im Privatbesitz	Taxi	ÖPNV
Anschaffungskosten	Golf (Benzin): +32 % Golf (Diesel): +29 % Golf (Elektro): +24 %	E-Klasse (Diesel): +19 %	Sprinter (Diesel): +11 % Sprinter (Elektro): +8 % Citaro (Diesel): +3 % Citaro (Elektro): +1 %
Prozentualer Wertverlust	+/-0 %	+/-0 %	+/-0 %
Versicherung	-50 %	-50 %	-50 %
Kfz-Steuern	Golf (Benzin): -30 % Golf (Diesel): -12 % Golf (Elektro): +/-0 %	E-Klasse (Diesel): -10 %	alle Fahrzeuge: +/-0 %
Kraftstoff-/ Energieverbrauch	Golf (Benzin): -10 % Golf (Diesel): -10 % Golf (Elektro): -9,25 %	-10 %	-10 %
Wartung	+/-0 %	+/-0 %	+/-0 %
Reifen	-10 %	-10 %	-10 %
Parken	+/-0 %	+/-0 %	+/-0 %
Reinigung	+/-0 %	+350 %	+/-0 %

Für das Taxi und den ÖPNV sind weitere Kostenkomponenten zu berücksichtigen (siehe Tabelle 3.2): Bei beiden Verkehrsangeboten entfallen die Kosten des Fahrpersonals. Die Gemeinkosten eines Taxiunternehmens verringern sich um 4% (Bösch et al., 2018), während die des ÖPNV-Betriebs als unverändert angenommen werden. Auch die Umsatzsteuer und die Gewinnmarge bleiben unverändert.

Tabelle 3.2: Angenommene Veränderung einzelner Kostenkomponenten durch die Automatisierung (kommerzielle Angebote)

	Taxi	ÖPNV
Personalkosten (Fahrpersonal)	-100%	-100%
Gemeinkosten	-4 %	+/-0 %
Umsatzsteuer	+/-0 %	+/-0 %
Gewinnmarge	+/-0 %	+/-0 %

3.2 Ergebnisse

Auf Basis der erläuterten Annahmen sowie den zugrunde liegenden absoluten Werten für die berücksichtigten Kostenkomponenten können die Nutzerkosten pro Personenkilometer (Pkm) abgeschätzt werden. Beim Pkw in Privatbesitz (Tabelle 3.3) sind moderate Einsparungen um 2,6 bis 3,6% zu erwarten. Für das autonome Taxi sowie die autonomen Busangebote sind die Kosteneinsparungen hingegen beträchtlich und reichen von rund 39 bis knapp 58 Prozent (Tabelle 3.4).

Tabelle 3.3: Nutzerkosten für Pkw in Privatbesitz

	Golf (Diesel)	Golf (Benzin)	Golf (Elektro)
Konventionell [€/Pkm]	0,286	0,28	0,266
Autonom [€/Pkm]	0,276	0,27	0,259
Prozentuale Kosteneinsparung	-3,5 %	-3,6 %	-2,6 %

Tabelle 3.4: Nutzerkosten für Taxi und Busse (ÖPNV)

	Taxi (E-Klasse Diesel)	Sprinter (Diesel)	Sprinter (Elektro)	Citaro (Diesel)	Citaro (Elektro)
Konventionell [€/Pkm]	2,406	1,36	1,385	0,151	0,175
Autonom [€/Pkm]	1,02	0,581	0,608	0,085	0,107
Prozentuale Kosteneinsparung	-57,6 %	-57,3 %	-56,1 %	-43,7 %	-38,9 %

4 Zeitkosten

Der „Value of Time“ (VoT) spiegelt die Differenz aus den Opportunitätskosten der Fahrzeit und dem Nutzen, der während der Fahrt entsteht, wider (siehe z. B. Kouwenhoven und de Jong, 2018). Für den Fahrgast im autonomen Taxi und ÖPNV bleiben – im Vergleich zu konventionall verkehrenden Angeboten – sowohl die Opportunitätskosten der Fahrzeit als auch der während der Fahrt entstehende Nutzen gleich, sodass sich keine Änderungen des VoT ergeben. Im autonomen Privat-Pkw hingegen sind während der Fahrt keinerlei Steuer- oder Kontrollfunktionen durch die Fahrzeuginsassen erforderlich, so dass die Fahrzeit anderweitig genutzt werden kann (z. B. für die Kommunikation oder zum Arbeiten) und sich der während der Fahrt entstehende Nutzen verändert, was wiederum zu einer Veränderung des VoT führt (siehe z. B. van den Berg und Verhoef, 2016; Wadud, MacKenzie & Leiby, 2016; Stephens et al., 2016). Arbeiten, in denen die Auswirkungen autonom fahrender Pkw auf den VoT untersucht wurden (Kolarova, Steck und Bahamonde-Birke, 2019; Loeff et al., 2018; Correia et al., 2019; Szimba und Hartmann, 2020), legen einen Rückgang des VoT für berufliche Fahrtzwecke um 14 bis 41% nahe, während der VoT für Fahrten in der Freizeit unverändert bleibt oder sich um bis zu 32% erhöht.

Neben der Veränderung des VoT können sich durch die Automatisierung auch die Reisezeiten verändern. Dies wird im folgenden Abschnitt am Beispiel einer Pendlerrelation verdeutlicht.

5 Anwendung auf die Pendlerrelation Graben-Neudorf – Karlsruhe Oststadt

Um die in den Kapitel 3 und 4 ermittelten Kostenveränderungen zu veranschaulichen, werden die Nutzerkosten für die Pendlerrelation Graben-Neudorf – Karlsruhe Oststadt bei Benutzung eines Privat-Pkw abgeschätzt. Hierzu werden die folgenden drei Routenvarianten zugrundegelegt (vgl. Abbildung 5.1):

- **Autobahn:** B35, Auffahrt Bruchsal, A5, Ausfahrt Karlsruhe-Durlach **(26,4 km)**
- **Bundesstraße:** B36 über Eggenstein-Leopoldshafen **(20,3 km)**
- **Land- und Kreisstraßen:** Über Neuthard, Stutensee, Hagsfeld **(20,6 km)**

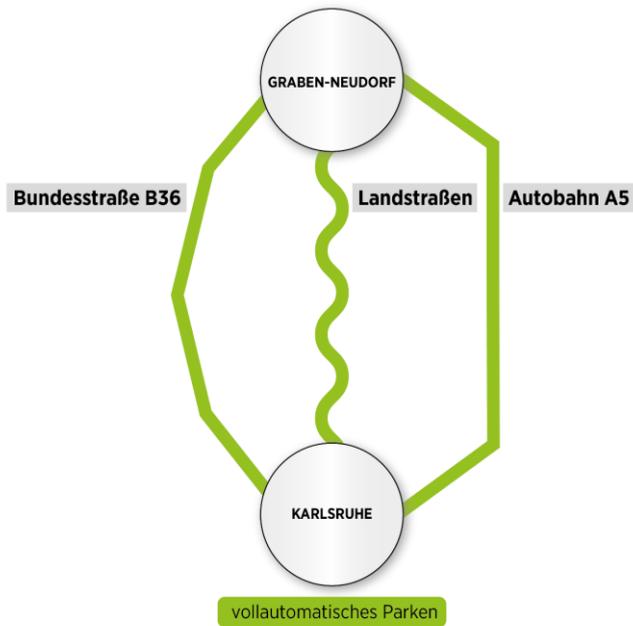


Abbildung 5.1: Routenoptionen zwischen Graben-Neudorf und Karlsruhe

Die Reisezeiten für autonom und nicht-autonom fahrende Pkw wurden für jede Route mit Hilfe eines Mikrosimulationsmodells ermittelt, mit dem der Verkehrsfluss an Kreuzungen, an Auf- und Abfahrten von Autobahnen, und auf freier Strecke separat modelliert wurde (siehe Szimba und Hartmann 2020). Ferner wurden Reisezeiteinsparungen durch den Wegfall des Parksuchverkehrs in der Karlsruher Oststadt hergeleitet. Die unterstellten Reisezeiteinsparungen sind in Tabelle 5.1 zusammengefasst.

Tabelle 5.1: Reisezeiteinsparungen für die Nutzung autonomer Pkw pro Strecke und Richtung

	Reisezeiteinsparungen auf der Strecke [min]	Reisezeiteinsparung durch Wegfall des manuellen Parkens [min]	Summe [min]
Autobahn	6	2	8
Bundesstraße	3,5	2	5,5
Landstraßen	6	2	8

Unter Berücksichtigung der geschätzten Reisezeiteinsparungen und unter Verwendung der in Kapitel 3 ermittelten Kosten pro Personenkilometer, eines um 30% niedrigeren

Value-of-Time für autonomes Fahren im privaten Pkw¹ für den Fahrtzweck Pendeln (Abschnitt 1.4) sowie der Annahme, dass jährlich 220 Pendlerfahrten durchgeführt werden, können die jährlichen Pendlerkosten abgeschätzt werden (siehe Tabelle 5.2).

Tabelle 5.2: Jährliche Pendlerkosten im Privat-Pkw (€/Jahr)

		Golf (Benzin)	Golf (Diesel)	Golf (Elektro)
Konventionell	Autobahn	4.770	4.840	4.608
	Bundesstraße	4.095	4.148	3.970
	Landstraßen	4.157	4.212	4.030
Autonom	Autobahn	3.916	3.985	3.788
	Bundesstraße	3.333	3.386	3.234
	Landstraßen	3.297	3.352	3.198

Die prozentuale Kosteneinsparung durch die Automatisierung des Privat-Pkw beläuft sich auf 17,7 bis 20,7%, je nach gewählter Route und Antriebstechnologie (siehe Tabelle 5.3). Den wichtigsten Beitrag zu den Kosteneinsparpotenzialen liefern die Reisezeitverringereungen.

Tabelle 5.3: Prozentuale Kosteneinsparung durch Automatisierung

	Golf (Benzin)	Golf (Diesel)	Golf (Elektro)
Autobahn	17,9 %	17,7 %	17,8 %
Bundesstraße	18,6 %	18,4 %	18,5 %
Landstraßen	20,7 %	20,4 %	20,7 %

6 Zusammenfassung und Implikationen für die Politik

Die Ergebnisse veranschaulichen, dass autonome Mobilitätsangebote das Potenzial haben, die Nutzerkosten für die motorisierte Mobilität spürbar zu verringern. Durch die Einsparung von Fahrpersonal können insbesondere Mobilitätsdienstleistungen des öffentlichen Verkehrs sowie Taxidienste wesentlich kostengünstiger erbracht werden. ÖPNV-

¹ Als Zeitwert für die Fahrt im nicht autonom fahrenden Fahrzeug für den Fahrtzweck Pendeln wird, in Einklang mit den in der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) verwendeten Werten, 6,90 €/h angenommen (TNS Infratest/IVT, 2013).

Angebote könnten mit deutlich weniger Subventionen erstellt, beziehungsweise, bei konstant bleibenden Subventionen, erweitert werden.

Auch die Nutzerkosten des motorisierten Individualverkehrs werden sich durch die Automatisierung verringern, so dass auch der motorisierte Individualverkehr im Wettbewerb mit ÖPNV und Fahrrad Marktanteile gewinnen könnte. Unter zusätzlicher Berücksichtigung des Reisezeiteinsparungspotenzials könnten sich Pendlerkosten mit dem autonomen Privat-Pkw um rund ein Fünftel verringern. Geringere Kosten beim Pendeln machen – im Zusammenspiel mit hohen Immobilienpreisen und Mieten in Großstädten – das Leben im Umland großer Städte attraktiver und können eine Verlagerung von urbanen Wohnstandorten in das Umland bewirken. Dies würde nicht nur eine weitere Zersiedelung der Landschaft sowie Versiegelung des Bodens fördern, sondern durch längere Pendlerstrecken auch zusätzliche Verkehrsnachfrage induzieren.

Einerseits können durch die Nutzung von Kostensenkungspotenzialen im ÖPNV die Tarife gesenkt oder das Angebot ausgebaut werden, so dass der ÖPNV das Potenzial hat, an Wettbewerbsfähigkeit zu gewinnen. Andererseits werden sich auch die Nutzerkosten des motorisierten Individualverkehrs verringern. Die Wirkungen der Automatisierung hängen wesentlich davon ab, inwieweit es dem öffentlichen Verkehr gelingen wird, das Angebot für die Kunden noch attraktiver zu gestalten (zum Beispiel, indem ÖPNV-Haltestellen durch autonome Shuttledienste bedient und durchgehende Tür-zu-Tür-Verkehre angeboten werden). Um die Chancen der Automatisierung für eine nachhaltigere Mobilität zu nutzen, und gleichzeitig involvierte Risiken – zum Beispiel die Entstehung induzierten Verkehrs durch die Verbesserung des Angebots, häufige Leerfahrten, oder die Verlagerung von Nachfrage vom öffentlichen Verkehr zum motorisierten Individualverkehr – zu vermeiden, ist eine flankierende Begleitung durch die Politik unbedingt erforderlich. Aufgrund der Interdependenzen zwischen Verkehrsangebot und strategischen Entscheidungen wie Wohn- und Standortwahl, erfordert die Automatisierung des Verkehrs zudem eine besonders enge Verzahnung von Raum-, Stadt- und Verkehrsplanung.

Literatur

- Bösch, P. M. , Becker, F. , Becker, H. & Axhausen, K. W. (2018). Cost-based analysis of autonomous mobility services. *Transport Policy* 64, pp. 76–91. DOI: 10.1016/j.tranpol.2017.09.005.
- Correia, G. H. de A. , Loeff, E. , van Cranenburgh, S. , Snelder, M. & van Arem, B. (2019). On the impact of vehicle automation on the value of travel time while performing work and leisure activities in a car: Theoretical insights and results from a stated

- preference survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 119, pp. 359–382. DOI: 10.1016/j.tra.2018.11.016.
- Harper, C. (2019). Driverless cars could spell the end for downtown parking - and cities need to plan ahead, CityMetric. Webpage (last accessed: 12.01.2020).
<https://www.citymetric.com/transport/driverless-cars-could-spell-end-downtown-parking-and-cities-need-plan-ahead-4767>
- Kolarova, V. , Steck, F. & Bahamonde-Birke, F. J. (2019). Assessing the effect of autonomous driving on value of travel time savings: A comparison between current and future preferences. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 129, pp. 155–169. DOI: 10.1016/j.tra.2019.08.011.
- Kouwenhoven, M. & Jong, G. de (2018). Value of travel time as a function of comfort. *Journal of Choice Modelling* 28, pp. 97–107. DOI: 10.1016/j.jocm.2018.04.002.
- Ortúzar, J. d. D. & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport*. Fourth edition. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, West Sussex, United Kingdom.
- SAE International (2018). Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Standard J3016_201806. DOI: 10.4271/J3016_201806.
- Stephens, T. S. , Gonder, J. , Chen, Y. , Lin, Z. , Liu, C. & Gohlke, D. (2016). Estimated Bounds and Important Factors for Fuel Use and Consumer Costs of Connected and Automated Vehicles. DOI: 10.2172/1334242.
- Szimba, E. & Hartmann, M. (2020). Assessing travel time savings and user benefits of automated driving – A case study for a commuting relation. *Transport Policy* 98, pp. 229–237. DOI: 10.1016/j.tranpol.2020.03.007.
- Szimba, E. & Orschiedt, Y. (2017). How beneficial is fully automated driving in urban areas? Proceedings of the Conference "Future City 2017: Urban Sustainable Development and Mobility". University of Transport and Communications. Hanoi, Vietnam.
- TNS Infratest/IVT (2013). Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung. DOI: 10.3929/ethz-b-000089615.
- van den Berg, V. A.C. & Verhoef, E. T. (2016). Autonomous cars and dynamic bottleneck congestion: The effects on capacity, value of time and preference heterogeneity. *Transportation Research Part B: Methodological* 94, pp. 43–60. DOI: 10.1016/j.trb.2016.08.018.
- Wadud, Z. , MacKenzie, D. & Leiby, P. (2016). Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 86, pp. 1–18. DOI: 10.1016/j.tra.2015.12.001.

Modellierung autonomer Fahrzeuge durch veränderte Verkehrsmittelwahlparameter – Fallbeispiel Karlsruhe-Oststadt

Gabriel Wilkes^{1*}, Eckhard Szimba², Martin Kagerbauer¹

¹ *Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Verkehrswesen (IFV), Karlsruhe, Deutschland,*

² *Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Volkswirtschaftslehre (ECON), Karlsruhe, Deutschland*

* *Corresponding author: gabriel.wilkes@kit.edu*

Kurzfassung

Autonomes Fahren ist eine der zentralen Entwicklungen im Verkehr. In der vorliegenden Untersuchung werden die direkten ökonomischen Auswirkungen des autonomen Fahrens – geringere Nutzerkosten und geringerer Value of Time (VoT) für bestimmte Wegezwecke – als Parameteranpassungen in ein mikroskopisches und agentenbasiertes Verkehrsnachfragemodell des Planungsraums Karlsruhe-Oststadt eingefügt. Als Ergebnis zeigt sich, dass unter der Annahme, dass sich die Nutzerkosten durch die Automatisierung um 3,1% verringern und der VoT um 30% abnimmt, die Anzahl durchgeführter Pkw-Fahrten um ca. 2,5% steigt. Die Ergebnisse werden inhaltlich und methodisch diskutiert. Für die Abbildung komplexerer Eigenschaften und Wirkungen des autonomen Fahrens ist weitergehende Forschung erforderlich, gleichwohl zeigt sich, dass das Modell grundsätzlich zur Bearbeitung der Fragestellung geeignet ist.

1 Hintergrund und Fragestellung

Die Vorstellung selbstfahrender Straßenfahrzeuge ist eine der am meisten diskutierten Visionen im Verkehr. Automobilhersteller stellen immer wieder Konzeptfahrzeuge vor (z. B. Volvo 360c, BMW iNEXT), in denen keine Person mehr aktiv fahren muss, sondern sich die Insassen vom Fahrzeug fahren lassen können und sich anderen Tätigkeiten widmen können. Die Entwicklung rückt allmählich näher an die Realität, fahrerlose Systeme werden bereits in den USA in Piloten getestet (z. B. waymo) und werden auch in Deutschland konkreter (z. B. MOIA AD, Mercedes Drive Pilot). Da die Zeit im Fahrzeug durch

andere Tätigkeiten „aktiv“ genutzt werden kann, kann das Fahren im Auto attraktiver werden, als es aktuell ist. Hierdurch kann sich durch autonome Fahrzeuge auch die Verkehrsnachfrage verändern.

Im folgenden Beitrag wird mit Anpassungen eines bestehenden Verkehrsnachfragemodells untersucht, welche Auswirkungen autonomes Fahren (Level 5 nach der Definition von SAE, 2021) auf die Verkehrsnachfrage hat. Als Grundlage dafür wird in einer ökonomisch-orientierten Analyse abgeschätzt, wie sich die Parameter eines Verkehrsmittelwahlmodells ändern müssen, um autonome Personenkraftwagen (Pkw) abzubilden. Die Simulationsergebnisse werden dargestellt und diskutiert, abschließend wird ein Fazit gezogen.

2 Methodik

2.1 Verkehrsnachfragemodellierung mit mobiTopp

Verkehrsnachfragemodelle bilden den Verkehr eines definierten Raums ab. Auf dieser Grundlage können die Auswirkungen eines veränderten Verkehrsangebots vor der Umsetzung von Maßnahmen ermittelt werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wird das Verkehrsnachfragemodell mobiTopp verwendet (Mallig et al., 2013; Mallig et al., 2017). mobiTopp ist ein agentenbasiertes (Bonabeau, 2002) mikroskopisches Verkehrsnachfragemodell, das jede Person, jeden Haushalt und jeden Pkw des Planungsraums modelliert. Personen sind als selbstständig agierende Agenten repräsentiert, welche Entscheidungen individuell und situationsabhängig basierend auf den aktuellen Gegebenheiten und ihrer soziodemographischen Eigenschaften treffen.

In mobiTopp werden im Sinne des 4-Stufen-Prozesses der Verkehrsplanung die Schritte Verkehrserzeugung, Zielwahl und Verkehrsmittelwahl simuliert (siehe Abbildung 2.1). Hierzu werden jeweils unterschiedliche Teilmodelle eingesetzt. Die Simulation läuft chronologisch für den zu simulierenden Zeitraum ab (z.B. von Montag 0:00 Uhr bis Sonntag 23:59 Uhr). Die Agenten, die zum jeweiligen Simulationszeitpunkt eine Aktivität beenden, entscheiden anschließend sequenziell das Ziel und das Verkehrsmittel zum Erreichen der folgenden Aktivität. In mobiTopp werden derzeit 28 unterschiedliche Aktivitäten differenziert. Somit modelliert mobiTopp alle Wege und Aktivitäten aller Personen im Planungsraum minutenfein über eine ganze Woche mit allen genutzten Verkehrsmitteln. Dabei werden unter anderem die Verkehrsmittel des ÖV, Carsharing, Bikesharing, Ridepooling, Pkw (fahrend und mitfahrend), Fahrrad und zu Fuß Gehen berücksichtigt.

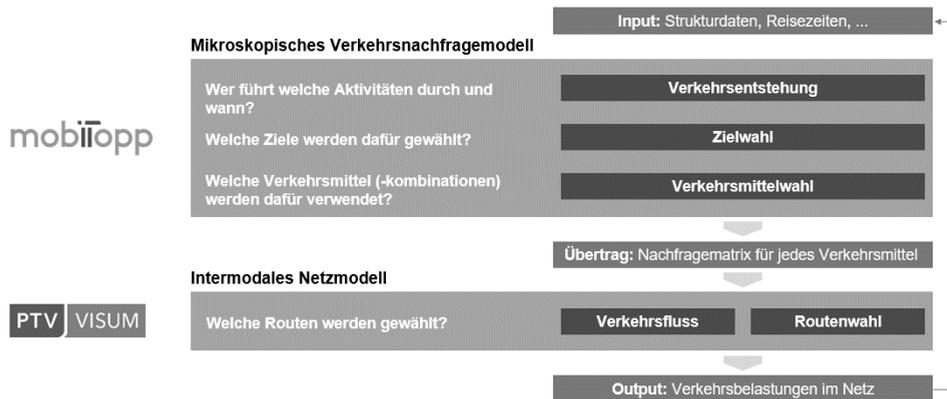


Abbildung 2.1: Ablauf der Verkehrsnachfragemodellierung mit mobiTopp

Von großer Bedeutung für diese Studie ist das Teilmodell der Verkehrsmittelwahl. Die Verkehrsmittelwahl in mobiTopp basiert auf der Theorie der Nutzenmaximierung in Verbindung mit einer Auswahlfunktion. Es wird der Nutzen aller zur Verfügung stehenden Alternativen berechnet. Damit können die zum entsprechenden Zeitpunkt dem Agenten zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel, die zur entsprechenden Quelle-Ziel-Beziehung vorliegenden Eigenschaften der Alternativen (Zeit, Kosten) sowie die soziodemographischen Eigenschaften des Agenten bei der Verkehrsmittelwahl zugrunde gelegt werden. Die Verfügbarkeit wird je nach Modus unterschiedlich eingeschränkt – insbesondere stehen Pkw nur solchen Personen zur Verfügung, die erstens einen Führerschein besitzen (Personen-Eigenschaft), und zweitens einem Haushalt angehören, in dem mindestens ein Pkw zur Verfügung steht (Haushalts-Eigenschaft). Dieser kann dabei auch nur von einem Haushaltsmitglied gleichzeitig als Fahrer verwendet werden.

Für alle zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel wird deren Nutzen bzw. Eignung zum Durchführen des entsprechenden Weges mittels einer Nutzenfunktion bewertet. Deren Bewertungsparameter wurden auf Basis von regionalem, beobachtetem Verkehrsverhalten ermittelt und können daher vergleichbares Verhalten wiedergeben. Bewertet werden unter anderem die Qualitätsstufe des Verkehrsmittels (Reisezeit, Kosten, Umstiege, ...), besondere Rahmenbedingungen (Topographie, Parksituation, bisherige Nutzung eines Verkehrsmittels, ...), die Verkehrsmittel generell in Abhängigkeit persönlicher Eigenschaften (Alter, Tätigkeitsstatus, Einkommen, Wohnort, ...) und die Eignung für die Nutzung zu einem bestimmten Zweck.

2.2 Verwendetes Verkehrsmodell

Im Rahmen dieser Studie wurde ein mobiTopp-Modell der Region Karlsruhe verwendet (Wörle et al., 2021; Regionalverband Mittlerer Oberrhein, 2021). In dem Modell werden rund 2,1 Mio. Personen in 950.000 Haushalten modelliert. Neben der Stadt Karlsruhe umfasst es die umliegenden Landkreise und Städte.

Für die vorliegende Studie wurde analog zu den weiteren Arbeiten im Rahmen des Projekts der Stadtteil Oststadt als Untersuchungsgebiet ausgewählt. Die betreffenden Verkehrszellen sind in Abbildung 2.2 hervorgehoben. Das Modell betrachtet die Einwohner dieses Stadtteils. In diesem Gebiet sind im Modell 19.470 Personen in 12.795 Haushalten, welche über 9.922 Pkw verfügen.

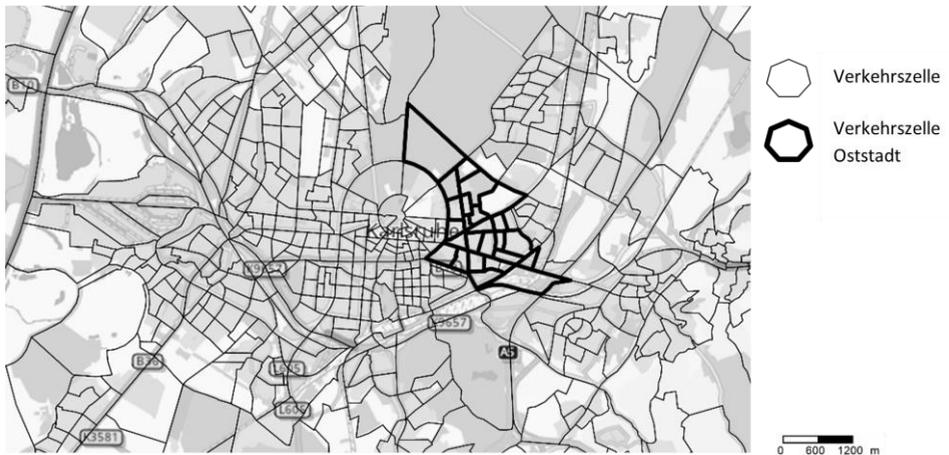


Abbildung 2.2: Ausschnitt aus den Zonen des Verkehrsmodells im Stadtgebiet Karlsruhe

Das Verkehrsmittelwahlmodell im vorliegenden Verkehrsmodell wurde auf Basis von Daten der Erhebung *Mobilität in Deutschland* aus dem Jahre 2017, einer lokalen Haushalts-erhebung der Region Karlsruhe aus 2012 sowie einer lokalen Stated-Choice-Erhebung zu Zu- und Abgangswegen aus 2019 erstellt. Letztere wurde verwendet, um intermodales Verkehrsverhalten in Bezug auf den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und das stationsbasierte Carsharing abzubilden. Zusätzlich basiert das Modell auf Mixed Logit-Auswahlfunktionen, um stabiles und variables Verhalten und somit eine angemessene Multimodalität der Agenten sicherzustellen. 212 Parameter fließen in diese Funktionen ein. Diese beziehen sich auf Altersgruppe, Geschlecht, Berufstätigkeit, Haushaltsgröße, Wegezweck, Fahrzeit, Fahrkosten und andere. Um einen realitätsnahen Verkehrszustand

zu erzeugen, wurden sowohl das Zielwahl- als auch das Verkehrsmittelwahlmodell mittels der genannten Erhebungen und lokaler Verkehrszählungen kalibriert. Somit stellt das Gesamtmodell grundsätzlich eine geeignete Grundlage für die Bewertung verkehrlicher Effekte innerhalb des Planungsraumes dar.

2.3 Modellierung der autonomen Fahrzeuge

Wie im vorangegangenen Beitrag von Szimba und Leisener erläutert, ändern sich durch die Automatisierung des Straßenverkehrs die Kosten für die Nutzenden. Unter Berücksichtigung der Kostenkomponenten Abschreibung des Fahrzeugs, Versicherung, Steuern, Kraftstoff-/ Energieverbrauch, Wartung, Reifen, Parken und Reinigung verringern sich die Nutzungskosten durch die Vollautomatisierung bei einem Mittelklasse-Fahrzeug des Typs VW Golf zwischen 2,6% (E-Golf) und 3,6% (Golf Benzin). Unter der Annahme, dass der Anteil der Fahrzeuge mit Elektroantrieb auf rund 50% ansteigen wird, nehmen wir in dem Szenario eine Kosteneinsparung pro Personenkilometer von 3,1% für die Nutzung autonomer Pkw in Privatbesitz an.

Darüber hinaus ändern sich durch die Automatisierung die Kosten für die Reisezeit. Im autonomen Fahrzeug (Level 5) sind während der Fahrt keinerlei Steuer- oder Kontrollfunktionen durch die Fahrzeuginsassen erforderlich, so dass die Fahrzeit anderweitig genutzt werden kann, beispielsweise zur Kommunikation oder zum Arbeiten. Dies führt dazu, dass sich die wahrgenommenen „Kosten“ für die Reisezeit bzw. der „Value of Time“ (VoT) verändert (van den Berg und Verhoef, 2016; Wadud et al., 2016; Stephens et al., 2016). In weiteren Arbeiten wurden die Auswirkungen auf den VoT genauer untersucht: Kolarova, Steck und Bahamonde-Birke (2019) ermitteln einen um 41% niedrigeren VoT für alle Fahrten im Zusammenhang mit dem Fahrtzweck Arbeit, während sich der VoT für andere Fahrtzwecke nicht ändert. Loeff et al. (2018) identifizieren einen Rückgang des VoT für berufliche Fahrtzwecke um 25 bis 38%, und eine Erhöhung des VoT für Fahrten in der Freizeit um 24 bis 32%. Correia et al. (2019) konstatieren einen um 26% niedrigeren VoT für berufliche Fahrten, und eine Erhöhung im Freizeitverkehr um 9%. Die Ergebnisse der Fallstudie von Szimba and Hartmann (2020), in der eine Veränderung des VoT über Zahlungsbereitschaften für zusätzliche Aktivitäten während der Fahrt abgeleitet wurde, resultieren in einen um rund 14% niedrigeren VoT für Berufspendler.

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse wird für das Szenario der VoT für Berufspendelnde, Geschäftsreisende, und Pendelnde zu Hochschulen, Universitäten sowie beruflichen und berufsbegeleitenden Weiterbildungseinrichtungen bei der Wahl des Pkw um 30% verringert. Für alle anderen Fahrtzwecke bleibt der VoT unverändert.

Die Parameter zur Verkehrsmittelwahl werden für die Einwohnenden des Planungsraums daher zusammenfassend wie folgt angepasst:

1. Für alle geschäftlichen Wege, sowie Wege zur Arbeit und tertiären Bildungsstätten wird der Value of Time des Pkw um 30% verringert.
2. Die Pkw-Fahrtkosten werden für alle Wegezwecke um 3,1% reduziert.

Für die vorliegende Studie wird die Verfügbarkeit von Pkw nicht verändert: alle Personen, die aktuell einen Pkw besitzen, besitzen auch im Szenario mit autonomen Fahrzeugen einen, andere Personen können das Verkehrsmittel Pkw (als Fahrer) nicht nutzen. Veränderungen sind daher ausschließlich auf die veränderten Parameter für Value of Time sowie Nutzerkosten (Fahrtkosten) zurückzuführen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Simulationsergebnisse

Es wurden zwei Simulationsszenarien berechnet: zum einen ohne obige Änderungen (Status quo), zum anderen mit obigen Änderungen (Szenario „Autonome Fahrzeuge“). Alle folgenden Auswertungen beziehen sich immer nur auf die Einwohnenden des Planungsraums (Karlsruhe-Oststadt).

Die Anzahl der durchgeführten Wege je Verkehrsmittel in beiden Simulationen sind in Tabelle 3.1 dargestellt. Es zeigt sich, dass im Szenario autonomer Fahrzeuge das Verkehrsmittel Pkw¹ häufiger genutzt wird, die anderen Verkehrsmittel werden in gleicher Weise weniger genutzt. Die größte relative Verringerung gibt es beim Verkehrsmittel ÖV, während die Verkehrsmittel zu Fuß oder Fahrrad von der Einführung autonomer Pkw deutlich weniger betroffen sind.

Die mittlere Fahrtweite des Verkehrsmittels Pkw erhöht sich von 10,34 auf 10,45 km. Es zeigt sich daher, dass etwas längere Fahrtweiten mit dem Pkw attraktiver werden. Die Pkw-Fahrleistung steigt um ca. 6.000 Fzg.-km und damit um ca. 3,6%. Die im vorherigen Absatz genannte besonders große Auswirkung auf den ÖV, im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln, kann mit einer ähnlich großen mittleren Fahrtweite erklärt werden: Beim

¹ Es ist hier und im folgenden bei Pkw stets das Verkehrsmittel „Pkw als Fahrer/in“ gemeint. Das Verkehrsmittel „Pkw als Mitfahrer/in“ ist unter „Sonstige“ subsummiert.

ÖV beträgt sie 9,5 km, bei zu Fuß und Fahrrad ist sie mit unter 3 km deutlich geringer (Entfernungen gelten für beide Szenarien).

Tabelle 3.1: Wegehäufigkeiten nach Verkehrsmittel

Verkehrsmittel	Status quo	Szenario „Autonome Fzg.“	Differenz (absolut)	Veränderung
Fahrrad	20.447	20.378	-69	-0,34%
Pkw	16.448	16.857	+409	+2,49%
zu Fuß	15.760	15.670	-90	-0,57%
ÖV	14.788	14.559	-229	-1,55%
Sonstige (bspw. Carsharing, Bikesharing)	3.255	3.236	-19	-0,58%

Tabelle 3.2: Wegehäufigkeiten nach Wegezweck, nur Wege mit Verkehrsmittel Pkw

Wegezweck	Status quo	Szenario „Autonome Fzg.“	Differenz (absolut)	Veränderung
zur Arbeit	3.300	3.458	+158	+4,8%
dienstlich	1.033	1.079	+46	+4,5%
Bildung, tertiär	377	379	+2	+0,5%
einkaufen, tägl. Bedarf	934	950	+16	+1,7%
Freizeit	718	732	+14	+1,9%
nach Hause	6.605	6.753	+148	+2,2%
sonstige	3.481	3.506	+25	+0,7%

3.2 Diskussion

Der in dieser Arbeit gewählte Ansatz basiert auf kleinen Anpassungen einiger Parameter des Verkehrsnachfragemodells. Die Veränderung der Parameter zeigt aber Wirkung – autonome Pkw werden häufiger genutzt als konventionelle Pkw. Die Größe des Effekts mag zunächst überraschen: Die Anzahl der mit Pkw durchgeführten Wege steigt um lediglich 2,5%, die Fahrleistung um 3,6%.

Gleichwohl muss beachtet werden, dass die Größe der Veränderungen der Eingabedaten auch gering ist: die Reisekosten werden um lediglich rund 3% geringer, der VoT für

bestimmte Wegezwecke reduziert sich um immerhin 30%. Da die Anpassung des VoT proportional zur Reisezeit ist, muss die Reisezeit eine gewisse Größe aufweisen, damit sie gegenüber anderen Einflüssen im Verkehrsmittelwahlmodell Wirkung zeigt. Jedoch sind 80% aller Pkw-Fahrten und 78% derjenigen Pkw-Fahrten, für die auch der VoT angepasst wurde, kürzer als 20 min. Der Einfluss von reisezeitbezogenen Aspekten auf die Wahlentscheidung ist daher beschränkt.

Zusätzlich kann es modellmethodische Gründe geben – das Verhalten der Agenten im Verkehrsnachfragemodell könnte träger sein, als es in Realität auftreten würde. Die Größe dieses Einflusses ist derzeit jedoch nicht quantifizierbar.

Die Modellergebnisse weisen insgesamt darauf hin, dass bei den aktuellen Rahmenbedingungen für die gegenwärtigen Pkw-Wege die Effekte autonomer Fahrzeuge eher gering sind, insbesondere für Einwohnende eines Stadtteils wie der Karlsruher Oststadt, da diese hauptsächlich kurze Wege durchführen.

Offen ist jedoch die Frage, was passiert, wenn weitere Rahmenbedingungen mit autonomen Fahrzeugen modelliert werden: Zum einen, dass nicht mehr nur Personen, die einen Führerschein besitzen, Auto fahren könnten, sondern alle Menschen (Kinder oder Menschen, die heute fahruntauglich sind) autonome Fahrzeuge nutzen. Zum anderen, dass generell Autos vermehrt geteilt werden, da sie nach Beendigung der Fahrt für eine Person von einer weiteren Person genutzt werden könnten (neuartige Mobilitätsdienste). Weiterhin kann die Nutzung der Fahrzeit für andere Aktivitäten auch dazu führen, längere Wege durchzuführen sowie neue Aktivitäten durchzuführen. Nicht zuletzt kann auch die Parksuchzeit wegfallen, wenn sich die Pkw selbständig weiterbewegen. Derartige weiterführende Effekte werden beispielsweise im Projekt bwirkt (Kagerbauer et al. 2021) behandelt.

4 Fazit

Autonomes Fahren kann für einen Attraktivitätsgewinn des Pkw sorgen. Auch in der vorliegenden Studie, in der autonom fahrende Pkw mit einem einfachen Ansatz in einem Verkehrsnachfragemodell eingeführt wurden, zeigt sich dieser Effekt. Gleichwohl fällt die Veränderung der durchgeführten Wege mit einem Plus von ca. 2,5% gering aus. Hieran zeigt sich, dass unter den getroffenen Annahmen – u.a. Ersetzung der gegenwärtigen Pkw mit autonomen Pkw, jedoch keine veränderten Ziele – die Auswirkungen autonom fahrender Pkw relativ gering sind. Grundsätzlich konnte mit dieser Studie gezeigt werden,

dass agentenbasierte Verkehrsnachfragemodelle geeignet sind, diese Fragestellungen zu bearbeiten und ökonomische Analysen in das Modell integrierbar sind. Weiterer Forschungsbedarf besteht darin, komplexere Eigenschaften und Wirkungen des autonomen Fahrens im Verkehrsnachfragemodell zu berücksichtigen.

Literatur

- Bonabeau, Eric (2002): Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: S.7280-7287. <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>
- Correia, Gonçalo Homem de Almeida/de Looft, Erwin/van Cranenburgh, Sander/Snelder, Maaïke/van Arem, Bart (2019): On the Impact of Vehicle Automation on the Value of Travel Time While Performing Work and Leisure Activities in a Car: Theoretical Insights and Results from a Stated Preference Survey, in: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 119: S.359–82. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.11.016>
- de Looft, Erwin/Correia, Gonçalo Homem de Almeida/van Cranenburgh, Sander/Snelder, Maaïke/van Arem, Bart (2018): Potential Changes in Value of Travel Time as a Result of Vehicle Automation: A Case-Study in the Netherlands, in: *Transportation Research Board 97th Annual Meeting*, Washington DC, United States
- Kagerbauer, Martin/Wilkes, Gabriel/Barthelmes, Lukas (2021): *bwirkt - Begleit- und Wirkungsforschung zum automatisierten und vernetzten Fahren auf dem TAF BW*. https://www.ifv.kit.edu/forschungsprojekte_1035.php
- Kolarova, Viktoriya/Steck, Felix/Bahamonde-Birke, Francisco J. (2019): Assessing the Effect of Autonomous Driving on Value of Travel Time Savings: A Comparison between Current and Future Preferences, in: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 129: S.155–69. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.08.011>
- Mallig, Nicolai/Kagerbauer, Martin/Vortisch, Peter (2013): *mobiTopp – A Modular Agent-based Travel Demand Modelling Framework*. *Procedia Computer Science*, 19, 854–859. doi:10.1016/j.procs.2013.06.114
- Mallig, Nicolai/Vortisch, Peter (2017): *Modeling travel demand over a period of one week: The mobiTopp model*. <http://arxiv.org/pdf/1707.05050v1>
- Regionalverband Mittlerer Oberrhein (2021): *regiomove – Vernetzte Mobilität für die Region Mittlerer Oberrhein*. <https://regiomove.de>
- SAE International (2021): *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On- Road Motor Vehicles - J3016_202104* (ursprünglich veröffentlicht 2016) https://doi.org/10.4271/J3016_202104
- Stephens, Thomas S./Gonder, Jeff/Chen, Yuche/Lin, Zhenhong/Liu, Chang/Gohlke, David (2016): *Estimated Bounds and Important Factors for Fuel Use and Consumer Costs of*

- Connected and Automated Vehicles, National Renewable Energy Laboratory (NREL). Webpage (last accessed: 11.12.2019). <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67216.pdf>
- Szimba, Eckhard/Hartmann, Martin (2020): Assessing travel time savings and user benefits of automated driving – A case study for a commuting relation, in: Transport Policy, Volume 98, S.229–237. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.03.007>
- van den Berg, Vincent A.C./Verhoef, Erik T. (2016): Autonomous cars and dynamic bottleneck congestion: the effects on capacity, value of time and preference heterogeneity, in: Transportation Research Part B: Methodological 94: S.43–60. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.08.018>
- Wadud, Zia/MacKenzie, Don/Leiby, Paul (2016): Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles, in: Transportation Research Part A: Policy and Practice 86. S.1–18. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.12.001>
- Wörle, Tim/Briem, Lars/Heilig, Michael/Kagerbauer, Martin/Vortisch, Peter (2021): Modeling intermodal travel behavior in an agent-based travel demand model. In: The 12th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.04.020>

Automation-driven transformation of road infrastructure: a multi-perspective case study

Max Reichenbach ^{1*}, Barbara Engel ², Torsten Fleischer ¹, Martin Hartmann ³,
Martin Kagerbauer ³, Nikolas Rogge ², Jens Schippl ¹, Eckhard Szimba ⁴

¹ Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS), Karlsruhe Germany

² Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Urban and Landscape Design (IESL), Karlsruhe, Germany

³ Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Transport Studies (IfV), Karlsruhe, Germany

⁴ Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Economics (ECON), Karlsruhe, Germany

* Corresponding author: max.reichenbach@kit.edu

Abstract

Automated driving is widely assumed to play a major role in future mobility. In this paper, we focus on “high driving automation” (SAE level 4) and analyze potentials in terms of more efficient traffic flows, travel times, and user benefits as well as potential impacts on urban neighborhoods and potentials for sustainable urban development. Along selected use cases of automated vehicles in the region of Karlsruhe, Germany, we show that at least moderate user benefits can be expected from travel time savings, with the extent depending on the defined operational design domain of the vehicles and the routes taken. With regard to residential development of urban neighborhoods, there are opportunities for repurposing public space. However, these are limited and require parallel regulatory measures to become effective.

1 Introduction

It is widely assumed that automated driving will be an integral part of future mobility and that it may have significant impacts on the mobility sector, urban planning, and land-use patterns. With recent developments in vehicle sensors and telecommunications, cooperation between vehicles and supporting information infrastructure promises increased efficiency of traffic management as well as improvements in road safety. New on-demand services could contribute to reducing vehicle ownership and thus alleviate the tight parking situation in densely populated urban areas (Fraedrich et al., 2015; International

Transport Forum [ITF], 2017; Lenz & Fraedrich, 2015; Litman, 2018). Assuming that regulation of road transport automation contains induced travel demand and vehicle mileage, automated vehicles [AVs] could represent a genuine improvement for future mobility. On the other hand, problems might arise when road transport automation fails to meet urban transport planning objectives, such as avoiding urban sprawl or enhancing the conditions for non-motorized and public transport – with problems exacerbated by support for the new technology (Fraedrich et al., 2015; J. Meyer et al., 2017).

Use cases and impacts of automated cars strongly depend on the level of automation the cars are assumed to reach and, correspondingly, which interactions in the socio-technical mobility system can or should be expected. In general, different levels of automation are distinguished, ranging from already established driver assistance technologies to fully automated cars that can handle all traffic situations without a driver. The Society of Automotive Engineers International defines five levels of vehicle automation (SAE International, 2018). At levels 1 and 2, the human driver still monitors the driving environment and is assisted by various types and combinations of driver assistance systems. At levels 3 to 5, an automated driving system monitors the environment. At level 3 [L3], the human driver is expected to respond appropriately to a request to intervene. At level 4 [L4], the vehicle operates autonomously in predefined contexts and the human driver is not expected to respond immediately to a request to intervene. Only level 5 [L5] enables full driving automation: at this level, the automated driving system provides full-time performance under all roadway and environmental conditions that a human driver could handle. Many of the abovementioned visions and impacts refer to driverless cars that correspond more or less to L5 in the SAE nomenclature.

There are rather different opinions on the question of when and in which spatial contexts the realization of the different levels of automation can be expected (Fraedrich et al., 2015). One thread of discussion expects an evolutionary pathway, assuming a continuous extension of the degree of automation over time, passing through all levels and finally reaching L5. Others argue that a revolutionary pathway may be possible as well, assuming that driverless L4 or L5 taxi services will be commercialized soon and become widespread over time.

In this paper, we take a deeper look at the diffusion of L4 vehicles that have a general capability to perform all driving tasks but have this capability limited to a specific operational design domain [ODD]. We do this because both pathways illustrated above imply the emergence (and thus relevance) of L4 in one way or another at some point of time, earlier than the technologically most challenging L5: In an evolutionary pathway, L4 vehicles could expect the driver to take over the driving task (handover) no longer dynamically

(as at L3) but only when leaving the respective ODD. By contrast, also in a revolutionary pathway, applications such as driverless taxis could, e.g., be restricted to specific ODDs and thus fall under the L4 category. In terms of concrete traffic situations, we see two fundamentally different entry points for vehicle automation where limited ODDs for L4 vehicles could be defined: First, L4 capabilities could include highways or similar road types, with high speeds and low complexity; second, L4 capabilities could address urban areas, with low speeds but high complexity. Yet, beyond technological achievements, a high degree of attractiveness of L4 vehicles is necessary to make their commercialization likely – so that the vehicles will actually be purchased or operated in shared schemes and have an impact on the mobility system. Therefore, we focus on potential ODDs that are useful for people and their actual travel needs. This, in turn, leads to use cases including handover situations, where users can combine their vehicles' L4 capabilities with driving themselves outside of the L4 ODD. We are interested in the concrete benefits that such use cases may bring compared to existing car mobility.

However, following this reasoning, there is still a wide variety of potential use cases. We therefore restrict our analysis to a very distinct and clearly defined case that allows us to analyze potential benefits in a very concrete manner. We present a case study for the German region of Karlsruhe analyzing different aspects of L4 automated driving. Building on a typical commuter's routine, travelling between a rural village and a specific urban district, the overall aim of the paper is to bring together different disciplinary perspectives and thereby uncover and discuss their interrelations and resulting challenges. This allows us to put together a consistent analysis of a number of areas where the potential benefits of this specific L4 use case may arise, including both potential direct benefits to the user and potential benefits to the urban environment. The following questions are addressed:

- What are the impacts of using specific L4 vehicles on traffic flows and travel times?
- What are the travel time related monetized user benefits of using specific L4 vehicles?
- What is the potential for sustainable residential neighborhood development, building on the impacts of L4-based traffic reorganization?
- Where can synergies between transport, economic, and residential goals related to the use of specific L4 vehicles be identified, and what potential effects or challenges may lead to conflicts or tradeoffs?

The paper is structured as follows: After introducing the ODD considerations framing the case study, the details of the case study are presented. Then, based on the case study, the impacts on traffic flows and travel times as well as user benefits for commuters are estimated. Finally, the paper elaborates the development prospects of an urban district

in an L4 automation environment. The paper closes with a discussion and conclusions, addressing synergies and potential conflicts.

2 Operational design domains for L4 vehicles

In our work, we refer to the definition of vehicle automation by SAE International (2018), which clarifies the roles of the human and the automated driver. We therefore distinguish between the execution of steering in longitudinal and lateral directions, the responsibility to monitor the driving environment and perform a dynamic driving task, and the ODD.

L4, or “high driving automation,” the focus of our study, is described in SAE International (2018, p. 19): “The sustained and ODD-specific performance by an ADS [automated driving system] of the entire DDT [dynamic driving task] and DDT fallback without any expectation that a user will respond to a request to intervene”. In contrast to L5, or “full driving automation,” this description does not apply to all driving modes but only to specific ones. However, there is a broad range of different situations or areas where L4 could conceivably be applied. Several real-world characteristics of roads and their environments – and how L4 vehicles are able to handle them, respectively – define the potential limitations of different possible ODDs (see Table 2.1). These characteristics include, e.g., speed levels, weather conditions, and in particular the complexity of interactions with other road users. The latter covers types of intersections and the presence (or absence) of vulnerable road users such as cyclists and pedestrians.

A frequently expressed expectation is that automated driving will first be introduced on freeways (high speeds/low complexity, see above). This perspective can be extended step by step to other ODDs, e.g., to include intersections with clearly regulated priorities or conventionally signaled intersections. Implicitly, different technical capabilities of the respective L4 vehicles must be assumed, e.g., safe detection of traffic lights even under adverse lighting conditions. Interactions with other road users (particularly cyclists and pedestrians) further complicate the possibilities. For example, a use case of L4 vehicles can be imagined where these are capable of driving on all roads where (1) cyclists do have physically separated lanes or at least dedicated lanes and (2) sufficient sidewalks exist throughout – but vehicles would then also need to be able to handle interactions (e.g. yielding) at intersections as well as undefined locations.

A second expectation is that widespread application of automated driving could also start at low speeds. In this perspective (low speeds/high complexity, see above), the lower

speeds are expected to allow for safe and timely reactions in the complex situations of daily city traffic, particularly in interactions with cyclists and pedestrians, while higher speeds on main roads would still require the driver. This strand of expectation is particularly related to discussions about the reorganization of urban spaces, such as the radical reduction of on-street parking.

In any case, the specific use cases of L4 vehicles, following different possible ODDs, raise various follow-up questions. We assume that a wide range of use cases are plausible from a technical and legal perspective, but the consequences for the driving experience, the interaction with other road users, or the urban surroundings and the design of urban infrastructures as well as roads may differ significantly. Our case study will shed some light on a selection of these aspects.

Table 2.1: Typical occurrences of traffic environments in the German road network setting the framework for potential L4 ODDs

Road type	Typical speed limit	Intersections	Cycling infrastructure	Pedestrian access
Freeway	>50 km/h	n/a	none (cycling prohibited)	no
Limited-access road	>50 km/h	grade-separated, yield/stop, signal-controlled	none (cycling prohibited)	no
Main road	50 km/h	yield/stop, signal-controlled	protected/mandatory/ advisory bicycle lane, or mixed traffic	yes (regulated)
Local access road	30 km/h	priority to the right	mixed traffic*	yes (regulated)
Shared space	20 km/h	(priority to the right)	mixed traffic	yes

Note: Despite seemingly clear delimitations, there are diverse site-specific idiosyncrasies (often historical) that make actual ODD definitions particularly complex, including, e.g., left-running single-track tram lines or divided highways with bicycle lanes crossing on-/off-ramps.

3 Case study description

In our case study, we illustrate the potential effects of some of the potential L4 use cases outlined above along a typical commuting trip. Specifically, we look at a car commute of about 20 km from the rural village of Graben-Neudorf to the city of Karlsruhe's "Oststadt" district. With 68% of commuters in Germany relying on cars for their daily commute (Statistisches Bundesamt [Destatis], 2016), the commuting situation is very common and highly relevant in terms of the impacts of the transport system both on people's lives and on the urban and natural environment. In order to analyze how L4 automation may change some of these impacts, we assume a use case built on the following ODD: Combining the two entry points outlined in the previous section, we assume L4 technology that enables automated driving (a) on roads with limited access (no bicycle and pedestrian access) but including at-grade intersections (yield/stop or signal-controlled), and (b) for navigating dedicated areas at slow speeds (including yielding and other interactions with vulnerable road users).

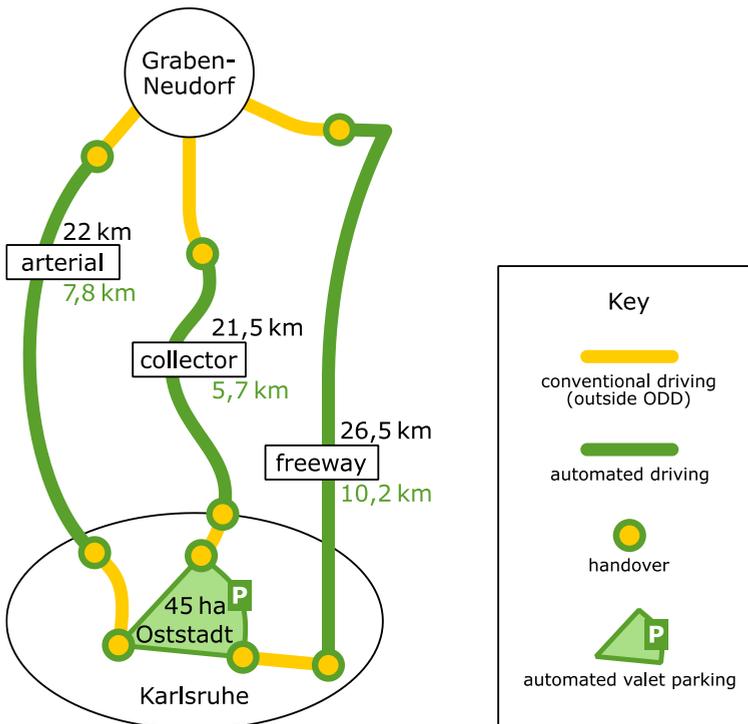


Figure 3.1: Three commuting routes from Graben-Neudorf to Karlsruhe's "Oststadt" district (not to scale)

We do not include normal city traffic in the ODD, since we expect that automation technology (at least in earlier stages of development) may require a stricter separation between modes (e.g., dedicated lanes, less space for pedestrians), which would clearly run counter to current transport and urban planning priorities and policies. Particularly in urban areas, there is a focus on including innovative vehicle technology as just one piece of the mobility transition puzzle, combined with supporting cycling, walking, and public transport. Such integrated approaches suggest considering L4 use cases that could potentially be integrated in a consistent way.

For a car commute from Graben-Neudorf to the Oststadt, three reasonable routes are available (see Figure 3.1): via a collector road (“Landesstraße,” shortest route), via an arterial road (“Bundesstraße,” often congested during rush hour), and via the freeway (“Autobahn,” longest route, but highest speeds when not congested). In terms of the ODD considered in the case, these differ, e.g., regarding handover locations and length of the resulting stretches meeting the ODD requirements, mostly outside city traffic where the vehicles continue to be driven manually. For the collector route, a specific assumption is made for a stretch where cycling is currently not formally restricted: We recognize that restricting this access might be controversial but could be facilitated, e.g., by ongoing parallel discussions about a future bicycle highway in the respective corridor (Spitz, 2019). Furthermore, a number of intersections with rural roads with bicycle and pedestrian traffic would require physical separation that currently does not exist. At the Oststadt destination, we consider an area of approximately 45 hectares as a dedicated zone for automated valet parking in a centralized parking facility.

The purpose of this case study is to make a reasonable selection of L4 automation effects to be analyzed, being aware that there are many other conceivable aspects, side effects, etc. beyond the scope of our interdisciplinary work. Focusing on our common L4 case introduced above, this reduction is what allows our analyses to be directly related to each other (see introduction): analyzing the three routes provides a better understanding of L4 effects on traffic flows and travel times. Together with the time gained by automated valet parking at the destination, these time-related results provide material to assess travel time related user benefits. This is combined with an analysis of the potentials for redesigning public space at the district level and reducing current negative effects of on-street parking, also enabled by the centralized parking system.

A range of important limitations and potential adverse side effects (e.g., discussion of potential conflicts between AVs and other road users in the case of an extended ODD including main roads, or potential urban sprawl induced by more convenient commuting already with a limited ODD) are addressed in the discussion.

4 Effects on traffic flow and travel times

4.1 Methodology

From the perspective of traffic flow modeling, automation of the car commute described above can be divided into three levels: strategic level (departure time choice), tactical level (route planning) and operational level (driving behavior). In this section, we focus on the operational level by means of estimating the impacts of advanced driver assistance systems taking control over the driving tasks, commonly divided into car-following, lane-changing and gap-acceptance tasks. Altering driving behavior with regard to each of these behavioral tasks has a direct impact on the characteristics of traffic flow and subsequently on travel speeds and travel times. The methods to quantify these impacts and provide estimations of the magnitude of travel time changes are typically represented by macroscopic (or in other words, analytical) and microscopic, simulation-based techniques. The former technique is used for uninterrupted, access-restricted network facilities (freeways, grade-separated arterials) where established relations between traffic flow and travel time provide a solid basis for assumption-based modifications of the traffic flow relationships. The latter technique is suitable for interrupted network facilities (urban roads) where interactions between all street-level actors and heterogenous infrastructure elements favor a simulation-based approach. Simulation, when controlled properly, enables the generation of large amounts of synthetic data, capturing variation within the system by randomizing simulation inputs.

Following the methodology described in the previous paragraph, the three commuting routes shown in Figure 3.1 are divided into a sequence of road segments, intersections, and a parking area at the destination. To assess the travel time impacts on the commuter relation, we use the concept of generalized costs where the total travel time costs are split into component costs, differentiated by types of infrastructure. We sum up the impacts on traffic flow for representative uninterrupted/basic road segments (macroscopic), signalized and unsignalized intersections (simulation-based), as well as the costs of cruising for parking within a residential neighborhood (simulation-based). The following paragraphs give a short rationale to each component's travel time estimation and refer to the detailed description by Szimba and Hartmann (2020).

4.2 Results

4.2.1 Freeway Segments

In literature, there are conflicting views on the performance of AVs on uninterrupted freeway facilities. On the one hand, purely analytical approaches showed that in theory shorter time headways between vehicles should provide major capacity increases (B. Friedrich, 2015; Shladover et al., 2012). On the other hand, more complex approaches showed that vehicles equipped with adaptive cruise control (ACC) or cooperative ACC follow gaps that are largely comparable to human-driven time headways (for comfort and safety reasons) (Makridis et al., 2018). This can even lead to a decrease in capacity for certain penetration rates of AVs in the fleet mix (Calvert et al., 2017; Krause et al., 2017). Finally, detailed simulation-based analyses showed that operational aspects of traffic flow such as organization including lane changing, work-zone approach, or speed harmonization must be considered to provide a good and reliable estimation of travel time impacts of automation.

To overcome the need for detailed simulation in high-level planning applications, recent studies integrating AVs into macroscopic traffic demand models (CoEXist, 2020; M. Friedrich et al., 2019; Tympakianaki et al., 2020) proposed modeling of AV impacts by adjusting the passenger car unit factor. In this approach, the standard volume-delay functions such as the function proposed by the Bureau of Public Roads [BPR] (1964) are modified by expressing the impact of AVs by either fixed or volume-dependent passenger car units.

In this paper we refer to the results of Szimba and Hartmann (2020) who estimated the impact of AVs on travel time for uninterrupted freeway facilities by following the macroscopic approach. The estimated travel time savings stem from a nominal increase of freeway capacity using a relationship described by a BPR function and are given for the entire volume-to-capacity range.

4.2.2 At-grade intersections

Unlike uninterrupted facilities that provide sufficient residual capacity to accommodate traffic demand, urban facilities become saturated when the following condition is met: the intersection approach capacity, determined by effective green (signalized intersections) or by gap seeking in the lower-ranked road (unsignalized intersections), is reached. Considering future options, particularly regarding signalized intersections, connecting all

traffic to an intersection agent could enable a more systematic approach to traffic management. As a result, higher discharge flows and therefore increased capacity of interrupted facilities could be reached. Vehicle sensors and infrastructure supporting devices act as the main enablers in such a future system, primarily controlling the longitudinal behavior of vehicles. According to Treiber and Kesting (2014), equipped Avs can drive in consolidated flow, which means higher densities near capacity bottlenecks.

In literature, two general approaches to incorporating Avs into traffic flow management at intersections are described: The first approach is based on maintaining conventional traffic flow management (such as by signal groups and intergreen times) and including Avs through reducing queue discharge headways (B. Friedrich, 2015; Lioris et al., 2017). The second approach focuses on autonomous intersection management [AIM], sometimes referred to as a reservation-based intersection control, which departs from conventional traffic signal design and introduces a multi-agent framework for managing Avs at intersections. In this work, we apply the first research approach but refer to the works of Au et al. (2014), Guler et al. (2014) or Yang et al. (2016) on using connected vehicle technology to improve intersection efficiency by means of AIM.

Table 4.1: Capacity increase at signalized intersections (Szimba & Hartmann, 2020)

Car following behavior	Mean saturation headway [s]	Saturation flow [vph]	Discharge flow [vph]	Capacity Increase [%]
Human	1.88	1,915	681	-
Cautious AV	1.24	2,900	1,031	51
Assertive AV	1.03	3,495	1,245	83

According to B. Friedrich's (2015) mathematical formulation of AV saturation flows, a 100% AV penetration rate of vehicles organized in platoons can increase the capacity of a signalized intersection approach by 40%. In their experiment, Lioris et al. (2017) even claim a capacity increase by a factor of two to three. In contrast, the ATKINS (2017) report states that the relative benefits of higher AV penetration are not that evident within the urban road network since traffic does not exceed speeds of 30 mph. To consider these results with regard to the case study, Szimba and Hartmann (2020) investigated mean saturation headways at a signalized intersection for different AV driving behaviors. The results are summarized in Table 4.1: Capacity increase at signalized intersections (Szimba & Hartmann, 2020) The ability of Avs to maintain shorter headways translates into a 51

to 83% increase in capacity under the assumption of cautious and assertive driving behavior, respectively.

We note that in the investigated scenario, the acceleration/deceleration characteristics of Avs are not restricted. The findings of Le Vine et al. (2015) suggest that there is a trade-off between capacity increase and passenger-comfort, especially when considering restrictions in the dynamics of Avs. This trade-off is greater when passengers demand the driving behavior of Avs to correspond to the dynamics experienced in rail transport. Further research is also needed to consider the impacts of vibration and oscillation on ride quality, given their importance to the ability of passengers to perform certain types of leisure or productive activities.

4.2.3 Neighborhood

Urban structure creates an important basis for mobility decisions of households and businesses and determines which forms of mobility are enabled or excluded (Heinrichs, 2015). The potential of Avs to transform urban mobility through their on-demand accessibility and facilitated valet parking is therefore high. One of the most profound scenarios of an AV revolution is a neighborhood free of on-street parking where all parking demand is served by either shared automated buses or privately owned Avs autonomously navigating to a central parking garage. In our case study, we investigate the travel time effects of substituting conventional cruising for parking by automated valet parking using the example of Karlsruhe's Oststadt district.

Szimba and Hartmann (2020) used microscopic traffic flow simulation to investigate the amount of time required for a human driver to find a parking space under various levels of parking occupancy and parking pressure. The authors used Reinhold's (1999) definition of parking search to delimit the process and quantify results based on a microscopic simulation. Moreover, the authors extended Reinhold's analysis by introducing the parking pressure factor [PPF] as the ratio between vacant and demanded parking spaces per hour.

The authors applied this methodology to the case study presented in this paper. The results show that the cruising time for parking at a moderate PPF and a parking occupancy between 75 and 99% is on average two minutes. By increasing the PPF by a factor of 2.5 to 3.5 a positive correlation between an increase of the mean cruising time and parking pressure has been identified. The study recognizes the limitation of the simulation model which is unable to consider illegal parking or seeking alternative parking options outside the study area.

4.2.4 Impact on travel times

In the previous sections we have presented insights into the impacts of vehicle automation on each of the components of the three commuter routes. To provide the link with the following disciplinary perspectives, we recapitulate the results of these estimations in Table 4.2 and Table 4.3.

First, Table 4.2 shows typical travel times for the indicated routes, observed for conventional vehicles and modeled for L4 vehicles. All values are given for traffic conditions characterized by a mean infrastructure saturation of 70% (volume-to-capacity ratio [V_c]: 0.7). The authors assume that L4 vehicles will provide automated valet parking, imposing no additional time costs on the user. Second, based on the estimated travel times, the authors present travel time savings of L4 vehicles compared to conventional vehicles in Table 4.3

Table 4.2: Travel time of conventional and L4 vehicles in the case study

	Route	Travel time for V_c 0.7 [min]	Cruising for parking [min]	Vehicle hand-over [min]	Total travel time [min]
Conventional	Freeway	28.0	2.0	-	30.0
	Arterial	29.5	2.0	-	31.5
	Collector	30.0	2.0	-	32.0
Level 4	Freeway	23.5	-	0.5	24.0
	Arterial	27.0	-	0.5	27.5
	Collector	28.0	-	0.5	28.5

Table 4.3: Travel time savings of L4 vehicles in the case study

	Route	Intersections [min]	Links [min]	Cruising for parking [min]	Vehicle hand-over [min]	Total travel time savings [min]
Level 4	Freeway	0.5	4.0	2.0	-0.5	6.0
	Arterial	1.0	1.5	2.0	-0.5	4.0
	Collector	0.5	1.5	2.0	-0.5	3.5

The estimations result in significant travel time savings on all three routes, ranging from 11% (collector road) to 20% (freeway). Therefore, from a daily commuter perspective, the largest travel time saving can be reached on the freeway route, where the main travel time reduction occurs on the freeway segment of the route. Considering the contribution of each infrastructure element to travel time saving, it can be argued that vehicle automation yields the highest impact on travel time on uninterrupted facilities where a further harmonization of already rather homogenous traffic flow brings the desired effect. In contrast, if traffic flow at intersections remains organized in conventional ways (both signalized and unsignalized), in other words without connecting all traffic to a connected intersection agent, intersections will remain the main source of origin-destination delays.

The contribution of the travel time savings by automated valet parking is high for the studied commuter relation but will diminish with increasing trip lengths (and vice versa). Therefore, an examination of the travel time savings yielded by vehicle automation or intelligent transport infrastructure (e.g., high-occupancy vehicle lanes or high-occupancy toll lanes) in relation with the inability to find available parking within the last mile remains a topic for future research.

5 Effects on travel time related user benefits

5.1 Methodology

The estimation of user benefits of automated driving on this exemplary relation focuses on the impacts related to travel time and the benefits arising from the repurposing of travel time (“travel time related user benefits”), as analyzed by Szimba and Hartmann (2020). Other variables affecting user costs, such as decrease in insurance fees due to enhanced safety, decrease in fuel consumption as a result of improved driving efficiency, or additional vehicle costs for full automation (see, e.g., Bösch et al., 2018; Wadud, 2017), are not considered in this analysis. Second-order effects, such as an increase in road traffic due to increased convenience of door-to-door travel by passenger cars, are also not considered in our estimations.

The impacts on travel time related user benefits of AVs are due to increased fluidity of traffic flows and enhanced infrastructure capacity, as demonstrated through traffic simulations in the previous chapter. Furthermore, since an AV does not require a driver to find a parking space, it provides door-to-door transport options. An AV thus allows travel time savings compared to a conventional passenger car.

To monetize time savings, the value of time [VoT] approach used for the evaluation of infrastructure projects in the context of the German Federal Transport Infrastructure Plan 2030 (Axhausen et al., 2014; PTV Planung Transport Verkehr AG et al., 2016) is applied. This results in a value of €6.90 per hour, which represents the VoT of a car commuter for the distance range of 20 to 30 km (Axhausen et al., 2014).

In order to monetize the user benefit generated by enabling the commuter in an AV to conduct activities other than steering the vehicle, further considerations are needed. Kouwenhoven and Jong (2018) explain VoT as the difference between “the opportunity value of time” and “the value of the utility that is created during the travel time,” following the VoT concepts by DeSerpa (1971), Evans (1972), McFadden (1981), and Jara-Díaz (2000). Therefore, the possibility to spend travel time on useful or productive tasks increases utility during travel, which in turn decreases the passenger’s VoT when using an AV. A lower VoT for users of automated passenger cars is confirmed by various authors such as van den Berg and Verhoef (2016), Wadud et al. (2016), and Stephens et al. (2016).

Based on average willingness-to-pay values for using additional services in an automated car identified by Fraunhofer-IAO and Horváth & Partners (2016), Szimba and Hartmann (2020) derive a user benefit of €17.55 per month for commuting trips whose duration is up to 30 minutes. If the duration of the fully automated part of the commuting trip is less than 30 minutes, this amount is reduced according to the assumption that the derived benefit value increases linearly in the travel time interval [0, 30 minutes].

5.2 Results

The results of the estimation of user benefits per return trip are summarized in Table 5.1 (user benefits due to time savings), Table 5.2 (user benefits due to repurposing of travel time), and Table 5.3 (total user benefits).

User benefits that accrue from time savings and the commuter’s ability to use travel time for activities other than driving the car are estimated at €219–374 per year, depending on the route chosen. Extrapolating these values over a depreciation period of six years results in benefits of €1,314–2,244 over the economic lifetime of a passenger car (without discounting), which represents a considerable asset.

Table 5.1: User benefits of travel time savings (source: Szimba & Hartmann, 2020).

	Route	Travel time savings [min/day]	User benefits [€/day]	User benefits [€/year]
	Freeway	12	1.38	304
Level 4	Arterial	8	0.92	202
	Collector	7	0.81	177

Table 5.2: User benefits of repurposing of travel time (source: Szimba & Hartmann, 2020).

	Route	Driving time in automated mode [min/trip]	User benefits [€/day]	User benefits [€/year]
	Freeway	10	0.32	70
Level 4	Arterial	7	0.22	49
	Collector	6	0.19	42

Table 5.3: Total user benefits (source: Szimba & Hartmann, 2020).

	Route	Total user benefits [€/day]	Total user benefits [€/year]
	Freeway	1.70	374
Level 4	Arterial	1.14	252
	Collector	1.00	219

Compared to the benefits due to travel time savings, the benefits of repurposing of travel time are limited, albeit not negligible. The highest total benefits are expected for the “freeway” route, since this route option allows higher time savings than the other routes and enables automated driving over a comparatively long period of time. The lowest benefits are estimated for the “collector” route option featuring a relatively low level of travel time savings and a comparatively short period of time in which automated driving is possible.

6 Impact on urban development

The range of effects of automated driving on urban space, its design and use, but also on the mobility network and the spatial development of entire (metropolitan) regions is not yet fully foreseeable. In any case, though, the emerging planning challenges are complex (cf. Heinrichs, 2015, p. 236). They include the reorganization of parking as well as the possible reevaluation of residential areas, shopping destinations, or work places.

The use of AVs in the city as a supplement to local public transport could make a significant contribution to reducing traffic volumes in cities, influencing transport demand, and changing the need for parking space. AVs are expected to make more efficient use of available road space and make traffic safer. Optimized driving will allow narrower lane widths and fewer lanes, which, along with the elimination of parking, will free up land that can be converted to other transportation uses such as bicycle lanes or wider sidewalks, or turned into green areas. With technological developments, both organizational and urban planning questions and tasks arise: with regard to the redesign of traffic areas, to the conversion and design of parking areas that are no longer needed, with regard to the placement of collective parking facilities elsewhere, and much more. In this context, not only considerations arising from the requirements of changed traffic flows are important, but also those resulting from the existing urban context; not everything that is technologically feasible is desirable from an urban planning or urban society perspective.

6.1 Perspectives for spatial transformation of streetscapes

In the following section, we look at some benefits for urban spaces, focusing on a defined district with priority-to-the-right streets. These types of intersections can be found in many European Wilhelminian style districts from the second half of the 19th century with an urban fabric consisting mostly of closed blocks, often with public uses on the ground floor and additional uses in the yards.

In these districts, focus areas can be precisely defined. For our study, we chose a part of Karlsruhe's Oststadt district that can be regarded as representative for many other Wilhelminian style districts in Germany and Europe. The area under investigation covers approximately 45 hectares, is well connected, and provides a wide range of inner city functions besides housing. We assume that within this area, the L4 vehicles are allowed to travel fully independent, at low speeds with and without passengers from the origin location – home, store, workplace, etc. – to a central parking facility located in the district, and pick up the user again if needed. Furthermore, we assume that the introduction of

AVs will make all areas that are currently reserved for on-street parking available for other uses (e.g. McDonald & Rodier, 2015).

The L4 scenario outlined above provides a wide range of opportunities for repurposing and transformation. The freed-up public space could be transformed for different uses and new designs, e.g., for other traffic purposes, for additional commercial and residential uses, or for more green and public spaces (Heinrichs, 2015). We evaluate the introduction of new functions into the district and analyze the spatial potential of the freed-up spaces. We address the following key questions: Can car-oriented urban space be retrofitted for other uses? Is there any potential for construction on the freed-up spaces? What options could arise for a new zoning of street and traffic spaces, meeting and recreational spaces?



Figure 6.1: Overview of the different types of parking spaces in the area under investigation.

6.2 District and classification of streets and parking zones

The inner circulation of the analyzed district Oststadt is organized by local access roads with priority-to-the-right intersections. These are mainly two-lane streets with one lane for each direction. In the district itself, no designated bicycle lanes exist. The width of the sidewalks ranges from 1 m to 2.5 m. Buildings on the street side are generally accessed from the street, buildings within block areas via numerous openings for delivery traffic as well as customers and residents. Parking is permitted on all streets. In total, nearly 1,820 parking places covering roughly 2 hectares of land are located in the public space.

To examine the transformative potential of the area, street widths and types of parking space were mapped and analyzed in a cross-sectional fashion (Figure 6.1). In the Oststadt district, they can be classified into five types according to the arrangement of the parking places in relation to the lanes: Parking on one side, parallel parking, parallel and perpendicular/angle parking, perpendicular/angle parking, additional parking along a median. Depending on the parking type, the gained space varies from 2 m²/m to up to 10 m²/m. Thus, also the proportion of the potential areas varies.

6.3 Examples for spatial transformations of the street space

The conversion of parking places could make an overall area of more than two hectares available for repurposing. Unsealing these areas and planting trees could contribute to improving the microclimate in the district and could thereby help to meet the climate protection goals set out in Karlsruhe's spatial model. The positive effects of increased vegetation in the district could balance temperature differences. Planting additional trees along the streets could create a continuous green street network that lends the district a new, green character. In Klimakvarter, the first "climate-resilient" quarter in Copenhagen, various measures were implemented, both in the public space and in the courtyards (Klimakvarter, 2018). Surfaces have been unsealed, vegetation planted and innovative water storage introduced. Such measures do not only improve the microclimate and equip the city for heavy rainfall, but also increase biodiversity through the emerging green links and are well suited for a transformation of the Oststadt district (Figure 6.2).

The newly gained areas could also be used to implement the concept of urban farming, which promotes vegetable gardens in the city, while adjacent sidewalks could be used for functional densification of street spaces. Self-proclaimed "Edible Cities" such as Todmorden (UK) and Andernach (Germany) have already experimented with different types of raised bed gardens in public spaces that are accessible to everyone (Kosack, 2016). In

these cities, many of the public green spaces offer planted food for sharing that can also contribute to social sustainability.



Figure 6.2: Essenweinstraße: current situation and scenario with denser vegetation and open waterways. (© Michael Wicke)

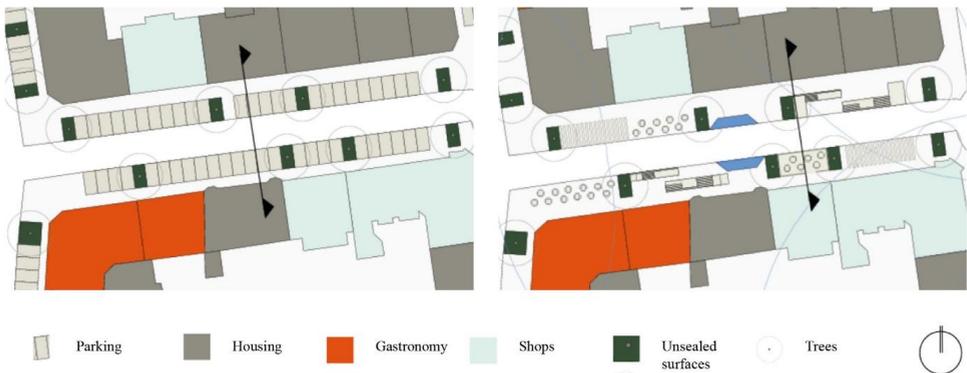


Figure 6.3: Ludwig-Wilhelm-Straße: current situation and scenario “stronger mixture of functions”, depicted from a top view. (© Michael Wicke)

So-called micro projects – as promoted in San Francisco’s parklet program to “reimagine the potential of city streets” – give good insight into the countless possibilities for repurposing former parking lots (Davidson, 2013). Since 2010, parking places in San Francisco have been converted into temporary seating areas, playgrounds, bicycle parking spaces, and flower beds. Today, they provide spaces that can be used for social interactions such

as debating, relaxing, watching everyday life, or for sports activities and playful interaction and can thus boost shops or restaurants with additional areas.

Figure 6.3 shows the restructuring potential of Ludwig-Wilhelm-Straße. The offset arrangement of parklet-like interventions enlivens the street space and divides it into smaller sections. In the gastronomy area, one zone is equipped with temporary furniture. In combination with the trees, this represents a considerable increase in quality for café visitors during the summer months and nearly doubles the restaurant's "sales area".

Finally, structural densification is also a possibility in selected areas. Workshops and mobility stations, district libraries or even residential buildings specifically designed for residual areas and temporary uses could be implemented as experimental projects. "The Unreal-Estate House", a crowdfunded wooden house developed by architect and activist Van Bo Le-Mentzel that can be built by anyone, could serve as a model for such minimalist housing types (Le-Mentzel, 2013). Other projects demonstrate the potential of minimalist housing through transformed caravans, providing self-sufficient systems that can purify their own water and hence require less infrastructure to connect to (Reek, 2016).

The different situations analyzed show both the potential and the constraints that arise for the various kinds of transformation. The container-sized living units are exposed to a large public and completely redefine the pedestrian space. At the same time, the quality also becomes evident considering the immediate vicinity to newly planted greens. Since the areas under discussion are former parking places, they are generally located between two traffic areas, with the street on one side and the sidewalk on the other, thus offering limited privacy.

Nonetheless, times of increasing housing shortage require alternative housing concepts, e.g., living in small spaces, as well as temporary housing and housing for certain groups of people such as students, migrants, or pensioners could be reconsidered. However, applicable construction laws on use, density, and spacing further restrict the options for development. Only street types with multiple parking lanes, e.g., including parking in the center of the street, could be used for housing solutions on or along the parking places along the median.

6.4 Benefits for the Oststadt district

Although a lot of usable space would be gained by banning on-street parking, it is evident that due to the location and dimensions of these spaces – i.e., their small-scale structure and fragmentation – the areas are only suitable for certain uses and require special

examination. Larger construction projects seem to be complicated and costly. At the same time, the gain for the public space would be considerable. Small-scale, possibly also temporary, structural interventions could balance out existing usage deficits. Legal matters would also have to be examined; e.g., whether the space without an allocated function would have to or should not be assigned in terms of property law. When setting up gardens, would they be temporally transferred with a lease agreement? Who would be responsible for maintaining the gained public space? Would privatization of the areas be desired to ensure maintenance or would this have the opposite effect and endanger the common good? In any case, it would be necessary to incorporate the measures into a larger overall concept. How much density can the district cope with? What is desired and sensible: more greens or more functional features? And even in case of a sole redistribution between the road users – cars, cyclists, and pedestrians –, the distribution of benefits would have to be negotiated.

We discussed an almost ideal L4 case with regard to the resulting spatial potential. Yet, many directly related questions with potential impacts on the urban space have not been considered. Some parking places may retain their function despite automated driving, loading zones for commercial units or parking zones for deliveries and customers, for example, have not been qualified or quantified. Could short-term parking zones potentially be required for AVs? Should this be particularly considered for people with restricted mobility? How can district garages for AVs be spatially and functionally integrated in such a way that they do not become merely faceless parking garages (like the warehouses we currently see in cities), but instead add spatial quality and perhaps also make a functional contribution to the district by mixing uses?

The economic consequences are hard to predict. Would the altered streets raise the quality of life, which would be reflected in higher rents and thus lead to gentrification, or would the changed diversity and increased number of temporary users lead to a different development? Would the streets be constantly congested with empty AVs circling between rides or will a new sharing economy lead to an entirely changed modal split? The ramification of AVs will be highly determined by regulations. If, besides travel time gains and lean back times, the urban layout will be addressed, potential spatial alterations can be discussed. To ensure an impact that adequately addresses current urban challenges, it is crucial to consider these spatial implications instead of letting a technical revolution shape the image of our cities.

7 Discussion

The overall objective of this paper was to take a common L4 vehicle automation case and compile a number of interdisciplinary perspectives on that case, or, more specifically, travel time related user benefits for commuters and potentials for improving the sustainability and “livability” of an urban district.

With regard to travel time savings, the highest savings can be achieved by commuting via the freeway route with a travel time reduction by six minutes. This is in the range of 25–30% of travel time reduction compared to a system using conventional cars. For the route via the collector road, travel time savings amount to 3.5 minutes. In the latter case, more than half of the time savings are due to automated parking at the Oststadt destination. The monetization of users benefits for commuters results in a maximum of €374 per year. This value represents a significant amount – especially given that the benefit value only considers commuting trips. Nevertheless, there are still some uncertainties when it comes to assessing the benefits generated by the repurposing of travel time. On the one hand, users might learn how to use this newly gained “free” time in the car as efficiently as possible – and thus further increase its benefit. On the other hand, habituation effects might occur that could negatively affect the individual perception of the gained benefit.

Looking at the potentials for urban planning, the analysis points to a broad range of possibilities for using the public space that will be freed up after the introduction of centralized parking. Of course there is a huge transformative potential: In the Oststadt, parking spaces in particular could be transformed to make the district a little greener. Trees could be planted; other options could include urban farming or the improvement of outdoor spaces to make visits to cafés more attractive. Further alternatives are related to a structural densification (workshops, mobility stations, residential areas, alternative living concepts on smaller lots). However, the limitations of the different aspects of transformative potential become clear as well: for example, new spaces on former parking areas are small, scattered throughout the district, and situated between two roadways and sidewalks, leaving limited room for privacy.

Our results reveal that in all the investigated dimensions at least moderate benefits can be expected. In our specific case in Karlsruhe, aimed at representing a typical commuting relation to a dense urban district, L4 cars could have a significant influence on traffic flows and capacities (mostly outside the city, where roads are within the assumed ODD), value of time, and, to a lesser extent, also on urban design. It is important to note that the benefits are not restricted to mobility itself but include the possibility to improve the

quality of life in urban areas. More and more people are expected to live in cities, and Karlsruhe has also been growing over the last years. However, the limits and constraints of the potentials outlined above (particularly the size and distribution of the freed-up parking spaces) require a close interlinking, e.g., with regulatory approaches to ensure that the potentials can actually be realized.

7.1 Limitations and potential areas of conflict

The analysis presented above has a number of important limitations. Most importantly, our case study could not consider how the introduction of L4 vehicles and the resulting changes in people's routines might generate feedback effects on the framework conditions of the case itself. Such effects could, e.g., support undesired urban sprawl into Karlsruhe's suburban and rural surroundings or modal shift away from more environmentally friendly modes of transport. Both could be induced by the higher attractiveness of (automated) L4 car commuting, at the same time risking some of the desired benefits through higher traffic volumes and more congestion instead of improved traffic flow. The consideration of such feedback effects at the same time points to potential areas of conflict in the widening scientific and societal debate about automated driving.

First, our quantitative results underpin the likeliness of an increased attractiveness of commuting by car. Even when considering higher purchasing costs of AVs, as shown by Szimba and Hartmann (2020), the generalized user costs of individual motorized mobility in AVs are expected to decrease, since commuters would, e.g., have the opportunity to start their work as soon as they leave their home. The specific case analyzed above, however, does not consider second-order effects such as increasing road transport demand (modal shift from public transport or active modes to car transport), allowing new user groups easier access to car transport, or changes in land-use patterns (see, e.g., Fagnant & Kockelman, 2015; Harper et al., 2016; Sivak & Schoettle, 2015; Szimba & Orschiedt, 2017). Modal shift and induced demand may also outweigh some of the estimated benefits due to time savings by an increase in congestion etc. Nevertheless, the availability of AVs and thus more attractive car commuting could make suburban areas more appealing to many people which could increase suburbanization. Such urban sprawl, including the associated follow-up costs (e.g., for the development of new settlement areas on the outskirts), would clearly counteract the widespread political goal of extending existing settlements in a resource-efficient manner.

Second, the introduction of AVs could lead to a wide range of spatial transformations within the existing urban fabric, depending on potential L4 ODDs, which may not only offer advantages. While purposefully excluded in our case, extending L4 further to inner

city collectors could require a more or less strict separation of the road users in order to unleash the full (technological) potential of the AVs in an urban environment. Combined with a potential increase in the number of vehicles on the streets (due to improved and dense (car) traffic flow), this would bring undesired side effects for other road users. It would limit the permeability of urban space for people and raise the question of how the mix of different traffic modes should be organized (e.g., with dedicated zones for the safe transition from automated to manual driving) and balanced in the future, including the risk of undesired modal shift to car traffic because of its increasing relative attractiveness (see above).

These are only some of the many possible spatial impacts that could result from the introduction of AVs and are not desirable from a spatial and urban planning perspective. Yet, focusing on a more technologically oriented perspective, others may support a more selective development in favor of AVs. Therefore, keeping the potential areas of conflict and tradeoffs in mind is crucial for informed and balanced decision making around AVs. This is also relevant since the way society deals with L4 could also form the basis for how L5 automation can evolve if the technological development follows an evolutionary pathway.

8 Outlook

The results presented in the previous sections show that L4 vehicle automation already has the potential to improve the situation for commuters and residents. However, it also becomes obvious that these potentials have limitations. This is an important finding since some experts expect the commercialization of L4 vehicles rather soon, whereas the introduction of L5 vehicles is expected much later. It can be assumed that field trials at L4 will be further extended in the near future. Many effects that are usually discussed for L5 situations may already become effective at L4 stage, at least to a certain extent. That said, we must emphasize the crucial importance of a (case-specific) definition of the ODD of the L4 vehicles to be analyzed. The category as such, as defined by SAE International (2018), is not sufficient for a detailed analysis of the potential benefits and the transformative potential of L4 vehicles. The actual effects crucially depend on the various potential ODDs of such vehicles (and the use cases they enable), which in turn define how actual trips are affected and how the resulting benefits and opportunities will in fact unfold.

Looking at the built environment, urbanization is an ongoing process that will require even more options for urban redesign in the future. Bringing together the interdisciplinary

perspectives from our case shows how critical integrated approaches are, including strict measures and restrictions regarding traffic and parking in urban districts, for actually achieving the potential benefits of automation and increasing livability. A variety of studies discusses the potential of pro-active AV implementation strategies by cities for urban mobility. For example, setting up field tests could be worthwhile for investigating the practicability of redesigning urban spaces on site and in real time on a trial basis (Rupprecht et al., 2018). The requirements, constraints, difficulties, and challenges of interventions and their potential reciprocal effects could be displayed in such field tests. Without an integrated perspective, however, negative effects of increasing traffic and more parking could easily prevail, fostered by automation.

Therefore, a broad range of further research questions needs to be tackled before we get the full picture of the impacts and benefits of vehicle automation. Additional research is required to estimate the magnitude of the impact of automated driving on travel behavior and, particularly, to better understand the interrelation between road automation and land-use patterns. More attractive commuting trips enabled by automated cars, combined with excessive land prices and housing costs in metropolitan areas, are likely to increase the attractiveness of places of residence that are located further away from the workplace. A better understanding of these interrelations will be an important basis for the development of urban and spatial policies to prevent further urban sprawl and second-order induced traffic. Moreover, the new options for urban space at district level obviously cannot be fully covered by the established legal practices and institutionalized routines of urban planning and traffic management. A number of legal questions (who should own/use the freed spaces) or urban design issues (how to integrate central garages for AVs into the urban landscape) should thus be addressed. Stakeholder dialogues and field trials could induce learning processes in future projects.

Acknowledgements

This article was written in the framework of the Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe, which is funded by the Ministry of Science, Research and the Arts and the Ministry of Economic Affairs, Labour and Tourism Baden-Württemberg.

References

- ATKINS. (2017). *Research on the impacts of connected and autonomous vehicles (CAVs) on traffic flow: Technical report*. <https://www.gov.uk/government/publications/driverless-vehicles-impacts-on-traffic-flow>
- Au, T.-C., Zhang, S., & Stone, P. (2014). Semi-autonomous intersection management. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems (Chair), *Proceedings of the 2014 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems*, Paris. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2615731.2617518>
- Axhausen, K. W., Ehreke, I., Glemser, A., Hess, S., Jödden, C., Nagel, K., Sauer, A., & Weis, C. (2014). *Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf Basis der Schätzung eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung: FE-Projekt 96.996/2011 Zeitkosten Personenverkehr. Entwurf Schlussbericht*. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000089615>
- Bösch, P. M., Becker, F., Becker, H., & Axhausen, K. W. (2018). Cost-based analysis of autonomous mobility services. *Transport Policy*, 64, 76–91. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.09.005>
- Bureau of Public Roads. (1964). *Traffic Assignment Manual*. Washington DC.
- Calvert, S. C., Schakel, W. J., & van Lint, J. W. C. (2017). Will Automated Vehicles Negatively Impact Traffic Flow? *Journal of Advanced Transportation*, 2017, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2017/3082781>
- CoExist. (2020). *Enabling "Automation-Ready" Transport Planning: How to become an Automation-Ready road authority?* <https://www.h2020-coexist.eu/wp-content/uploads/2020/04/05815-POLIS-CoExist-document-05.pdf>
- Davidson, M. M. (2013). *Tactical urbanism, public policy reform, and 'innovation spotting' by government: from Park(ing) Day to San Francisco's parklet program* [Thesis]. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- DeSerpa, A. C. (1971). A Theory of the Economics of Time. *The Economic Journal*, 81(324), 828. <https://doi.org/10.2307/2230320>
- Evans, A. W. (1972). On the theory of the valuation and allocation of time. *Scottish Journal of Political Economy*, 19(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9485.1972.tb00504.x>
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167–181. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.003>

- Fraedrich, E., Beiker, S. A., & Lenz, B. (2015). Transition pathways to fully automated driving and its implications for the sociotechnical system of automobility. *European Journal of Futures Research*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s40309-015-0067-8>
- Fraunhofer-IAO, & Horváth & Partners. (2016). »The Value of Time«: Nutzerbezogene Service-Potenziale durch autonomes Fahren. Stuttgart. https://blog.iao.fraunhofer.de/images/blog/studie-value_of_time.pdf
- Friedrich, B. (2015). Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Eds.), *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (pp. 331–350). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45854-9_16
- Friedrich, M., Sonnleitner, J., & Richter, E. (2019). Integrating automated vehicles into macroscopic travel demand models. *Transportation Research Procedia*, 41, 360–375. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.060>
- Guler, S. I., Menendez, M., & Meier, L. (2014). Using connected vehicle technology to improve the efficiency of intersections. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 46, 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.05.008>
- Harper, C. D., Hendrickson, C. T., Mangones, S., & Samaras, C. (2016). Estimating potential increases in travel with autonomous vehicles for the non-driving, elderly and people with travel-restrictive medical conditions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 72, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.09.003>
- Heinrichs, D. (2015). Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Eds.), *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (pp. 219–239). Springer.
- International Transport Forum. (2017). *Transition to shared mobility: How large cities can deliver inclusive transport services*. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/transition-shared-mobility.pdf>
- Jara-Díaz, S. (2000). Allocation and valuation of travel-time savings. In D. A. Hensher & K. J. Button (Eds.), *Handbooks in transport: Vol. 1. Handbook of transport modelling* (pp. 303–319). Pergamon.
- Klimakvarter. (2018). *Copenhagen's first climate resilient neighbourhood*. <http://klimakvarter.dk/en/>
- Kosack, L. (2016). Die Essbare Stadt Andernach: Urbane Landwirtschaft im öffentlichen Raum. *Standort*, 40(2), 134–144.
- Kouwenhoven, M., & Jong, G. de (2018). Value of travel time as a function of comfort. *Journal of Choice Modelling*, 28, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.jocm.2018.04.002>

- Krause, S., Motamedidehkordi, N., Hoffmann, S., Busch, F., Hartmann, M., & Vortisch, P. (2017). *Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur* (FAT-Schriftenreihe No. 296). Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V.
https://www.vda.de/dam/vda/publications/2017/FAT/FAT-Schriftenreihe_296.pdf
- Le Vine, S., Zolfaghari, A., & Polak, J. (2015). Autonomous cars: The tension between occupant experience and intersection capacity. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 52, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.01.002>
- Le-Mentzel, V. B. (2013). *Unreal Estate House*.
<http://hartzivmoebel.blogspot.com/p/unreal-estate-house.html>
- Lenz, B., & Fraedrich, E. (2015). Neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren: Potenziale der Veränderung. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Eds.), *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (pp. 175–195). Springer.
- Lioris, J., Pedarsani, R., Tascikaraoglu, F. Y., & Varaiya, P. (2017). Platoons of connected vehicles can double throughput in urban roads. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 77, 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.01.023>
- Litman, T. (2018). *Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute. <https://www.vtpi.org/avip.pdf>
- Makridis, M., Mattas, K., Borio, D., Giuliani, R., & Ciuffo, B. (2018). Estimating reaction time in Adaptive Cruise Control System. In *2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 1312–1317). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IVS.2018.8500490>
- McDonald, S. S., & Rodier, C. (2015). Envisioning Automated Vehicles within the Built Environment: 2020, 2035, and 2050. In G. Meyer & S. A. Beiker (Eds.), *Road vehicle automation 2* (pp. 225–233). Springer.
- McFadden, D. (1981). Econometric models of probabilistic choice. In C. F. Manski & D. McFadden (Eds.), *Structural analysis of discrete data with econometric applications* (pp. 198–272). MIT Press.
- Meyer, J., Becker, H., Bösch, P. M., & Axhausen, K. W. (2017). Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities? *Research in Transportation Economics*, 62, 80–91.
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.03.005>
- PTV Planung Transport Verkehr AG, TCI Röhling Transport Consulting International, & Mann, H.-U. (2016). *Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030: FE-Projekt-Nr.: 97.358/2015*. Karlsruhe, Berlin, Waldkirch, München.
- Reek, F. (2016, February 11). Naturnahes Wohnen im Wagen. *Süddeutsche Zeitung*.
<https://www.sueddeutsche.de/auto/alternative-lebensweise-naturnahes-wohnen-im-wagen-1.2857340>

- Reinhold, T. (1999). Die Bedeutung des Parksuchverkehrs: Eine quantitative Abschätzung am Beispiel von zwei Stadtgebieten in München. *Internationales Verkehrswesen*, 51(6), 250–255.
- Rupprecht, S., Buckley, S., Crist, P., & Lappin, J. (2018). “AV-Ready” Cities or “City-Ready” AVs? In G. Meyer & S. A. Beiker (Eds.), *Road Vehicle Automation 4* (pp. 223–233). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-60934-8_18
- SAE International. (2018). *Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles: SAE document J3016. Issued 2014, revised 2018*. Warrendale, PA. https://saemobilus.sae.org/content/j3016_201806
- Shladover, S. E., Su, D., & Lu, X.-Y. (2012). Impacts of Cooperative Adaptive Cruise Control on Freeway Traffic Flow. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2324, 63–70. <https://doi.org/10.3141/2324-08>
- Sivak, M., & Schoettle, B. (2015). *Influence of Current Nondrivers on the Amount of Travel and Trip Patterns with Self-Driving Vehicles* (UMTRI-2015-39). Ann Arbor. University of Michigan, Transport Research Institute.
<http://www.umich.edu/~umtriswt/PDF/UMTRI-2015-39.pdf>
- Spitz, M. (2019, June 21). Radschnellweg: Von Bruchsal über Stutensee nach Karlsruhe? *Badische Neueste Nachrichten*.
<https://bnn.de/karlsruhe/karlsruher-norden/stutensee/plaene-fuer-eine-radschnellverbindung-von-bruchsal-ueber-stutensee-nach-karlsruhe-reifen>
- Statistisches Bundesamt. (2016). *Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Erwerbsbeteiligung der Bevölkerung Ergebnisse des Mikrozensus zum Arbeitsmarkt*.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetige/ErwerbsbeteiligungBevoelkung2010410167004.pdf?__blob=publicationFile
- Stephens, T. S., Gonder, J., Chen, Y., Lin, Z., Liu, C., & Gohlke, D. (2016). *Estimated Bounds and Important Factors for Fuel Use and Consumer Costs of Connected and Automated Vehicles* (Technical Report NREL/TP-5400-67216). Golden, CO. U.S. Department of Energy; National Renewable Energy Laboratory.
<https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67216.pdf>
- Szimba, E., & Hartmann, M. (2020). Assessing travel time savings and user benefits of automated driving – A case study for a commuting relation. *Transport Policy*, 98, 229–237. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.03.007>
- Szimba, E., & Orschiedt, Y. (2017). How beneficial is fully automated driving in urban areas from a socio-economic point of view? In Vietnamese-German University & University of Transport and Communications (Chairs), *Future City 2017: Urban Sustainable Development and Mobility*, Hanoi. https://netze.econ.kit.edu/downloads/How_beneficial_is_fully_automated_driving_in_urban_areas.pdf

- Treiber, M., & Kesting, A. (2014). Automatic and efficient driving strategies while approaching a traffic light. In *2014 IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2014): Qingdao, China, 8 - 11 October 2014* (pp. 1122–1128). IEEE. <https://arxiv.org/pdf/1408.5498>
- Tympakianaki, A., Nogues, L., Casas, J., & Brackstone, M. (2020). *Modeling Framework of Autonomous Vehicles for Multi-Resolution Simulation Models*. Transportation Research Board. Workshop on Traffic Simulation and Connected and Automated Vehicle (CAV) Modeling, 16-18 November 2020. https://www.aimsun.com/wp-content/uploads/2020/11/TRB_Workshop_Final.pdf
- van den Berg, V. A., & Verhoef, E. T. (2016). Autonomous cars and dynamic bottleneck congestion: The effects on capacity, value of time and preference heterogeneity. *Transportation Research Part B: Methodological*, *94*, 43–60. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.08.018>
- Wadud, Z. (2017). Fully automated vehicles: A cost of ownership analysis to inform early adoption. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *101*, 163–176. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.05.005>
- Wadud, Z., MacKenzie, D., & Leiby, P. (2016). Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *86*, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.12.001>
- Yang, K., Guler, S. I., & Menendez, M. (2016). Isolated intersection control for various levels of vehicle technology: Conventional, connected, and automated vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *72*, 109–129. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.08.009>



Viele Städte streben eine nachhaltige Entwicklung des Mobilitätssystems an und zielen in diesem Kontext darauf ab, die Anzahl und Nutzung privater Pkw in urbanen Räumen zu reduzieren, um mehr Raum für andere Verkehrsmittel zu schaffen sowie die Aufenthaltsqualität des öffentlichen Raums zu erhöhen. Insbesondere im Bereich der urbanen Mobilität lassen sich seit einiger Zeit Entwicklungen und Trends beobachten, die Anlass zur Erwartung geben, dass neue, oft digital gestützte Angebote die Alternativen zum eigenen Auto so attraktiv machen, dass es in den Städten weniger private Pkw und entsprechend weniger Flächenverbrauch durch Autoverkehr geben wird. Dazu gehören die wachsenden Angebote für Car- und Bike-Sharing, die vereinfachte Nutzung des klassischen ÖPNV über Apps sowie auch die Pilotversuche mit flexibel buchbaren Shuttle-Angeboten, die perspektivisch auch automatisiert fahren könnten. Gleichzeitig häufen sich Berichte aus europäischen Städten wie z.B. Barcelona, Oslo oder Paris, in denen der Autoverkehr gezielt zurückgedrängt wird, um Flächen anderen Nutzungsoptionen zuzuführen und die Städte „lebenswerter“ zu gestalten.

Es weist also einiges darauf hin, dass sich urbane Mobilität, und damit auch das städtische Umfeld, in naher Zukunft stärker und schneller wandeln könnten, als wir das aus den letzten Jahrzehnten gewohnt sind. Wie genau dieser Wandel aussehen kann und soll, bleibt weiterhin zu erforschen und zu diskutieren. Auf jeden Fall braucht es ein gutes Verständnis der Entwicklungspfade und Gestaltungsspielräume, die sich auf tun können. Genau hierzu möchten die im vorliegenden Band enthaltenen Papiere einen Beitrag leisten. Räumlicher Fokus ist dabei Karlsruhe und in mehreren Beiträgen der Karlsruher Stadtteil Oststadt.



ISBN 978-3-7315-1110-6



9 783731 511106 >