

Fraunhofer IAO

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Kristian Schaefer | Konrad Sagert | Emanuel Reichsöllner | Andreas Rößler | Johannes Feifel | Claudia Wizgall-Jambor | Rüdiger Kladt | Harald Zielstorff | Lutz Nolte | Volker Durchholz | Claudia Kempka | Marco Gergel

KI für autonome Fahrzeugflotten

Ergebnisbericht aus dem Forschungsprojekt KI4ROBOFLEET

in Kooperation mit

HOCHSCHULE ESSLINGEN

PAN GEO

stadtmobil carsharing

Gefördert durch

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Konrad Sagert M. Sc.

Kristian Schaefer M. Sc.

Hochschule Esslingen

Dipl.-Phys. Emanuel Reichsöllner

Prof. Dr.-Ing. Andreas Rößler

PAN GEO Gesellschaft für Angewandte Geographie mbH

Dr. rer. nat. Johannes G. Feifel

Dipl.-Geogr. Claudia Jambor-Wizgall

Stadtmobil Rhein-Neckar AG

Volker Durchholz

Dipl.-Forstw. Claudia Kempka

Dipl.-Phys. Rüdiger Kladt

cantamen GmbH

Dipl.-Math. Marco Gergel

Lutz Nolte B. Sc.

Dipl.-Ök. Harald Zielstorff

Kristian Schaefer | Konrad Sagert | Emanuel Reichsöllner | Andreas Rößler |
Johannes Feifel | Claudia Wizgall-Jambor | Rüdiger Kladt | Harald Zielstorff |
Lutz Nolte | Volker Durchholz | Claudia Kempka | Marco Gergel

KI für autonome Fahrzeugflotten

Ergebnisbericht aus dem Forschungsprojekt KI4ROBOFLEET

in Kooperation mit

HOCHSCHULE ESSLINGEN

PAN GEO

stadtmobil carsharing

Gefördert durch

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS

Inhalt

1 Einleitung 7

1.1 Mobilität im Wandel 7
1.2 Ziele des Projekts 8
1.3 Projektkonsortium 9

2 Grundlagen 11
3 Mobilitätsanalyse stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019 12

3.1 Historische Nutzungsdaten 12
3.1.1 Grundlagen 12
3.1.2 Nutzerprofile und Nutzergruppen 14
3.1.3 Nutzungsprofile 17

3.2 App-basierte Mobilitätsanalyse 28
3.2.1 Konzeption der App 28
3.2.2 Auswertungen der App 30

3.3 Umfrage 32
3.3.1 Charakteristika der Teilnehmenden an der Umfrage 32
3.3.2 Akzeptanz von autonom fahrenden Fahrzeugen (afF) in Carsharing-Flotten bei den Teilnehmenden der Umfrage 37

4 Anwendungsszenarien 41

4.1 Inhaltlich-methodische Grundlagen 41
4.1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung 41
4.1.2 Abgrenzung Anwendungsszenario und Anwendungsfall 41
4.1.3 Abstraktionen von Nutzungs- und Nutzerprofilen als Grundlage für Anwendungsszenarien 42

4.2 Konzeption von Anwendungsszenarien 2029 43
4.2.1 Einflüsse der Mobilitätsanalyse 2019 auf die Anwendungsszenarien 2029 43
4.2.2 Einflüsse von sozialen Milieus 2019 auf Anwendungsszenarien 2029 45
4.2.3 Einflüsse von »Gesellschaftlichen Megatrends« 2019 auf Anwendungsszenarien 2029 45

4.3 Anwendungsszenarien 2029 48
4.3.1 Anwendungsszenarien ROBO-TAXI 48
4.3.2 Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG 50
4.3.3 Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE 51

4.4 Umsetzbarkeit der Anwendungsszenarien 51
4.5 Wirtschaftlichkeit der Anwendungsszenarien 52
4.5.1 Überlegungen zum Nachfragepotenzial allgemein 52
4.5.2 Überlegungen zur Umsetzung des Nachfragepotenzials in einer mit afF bestückten CS-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 53

4.6 Verkehrsökologische Auswirkungen 55
4.6.1 Überlegungen zu verkehrsökologischen Auswirkungen allgemein 55
4.6.2 Überlegungen zu den verkehrsökologischen Auswirkungen in einer mit afF bestückten CS-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 58

4.7 Clustering der Anwendungsszenarien 60

5 Verkehrssimulation 62

5.1 Potenziale von Verkehrssimulationen 62

5.2 Einschränkungen von Verkehrssimulationen 63
5.3 Verkehrssimulationen im Kontext mit afF-Flotten 63
5.4 Konzept 64
5.5 Implementierung eines realitätsnahen Simulationsmodells 65
5.5.1 Infrastruktur und relevante Orte 66
5.5.2 Basisverkehr 66
5.5.3 Fahrgäste und autonom fahrende Fahrzeuge (afF) 67
5.5.4 Carsharing-Stationen 68
5.5.5 Anwendungsszenarien 68
5.5.6 Routen-Strategie 70
5.6 Steuerung der Verkehrsteilnehmer und der Infrastruktur 70
5.7 Optimierungsmethoden 70
5.7.1 Klassische Optimierungsmethoden 70
5.7.2 KI-Methoden 71
5.8 Simulationsergebnisse 72
5.9 Ausblick und Veröffentlichung des Quellcodes 73
5.10 Fazit zur Simulationsumgebung 73
6 Anforderungen an Informationssysteme mit KI 74
6.1 Anforderungen 74
6.1.1 Datenquellen 75
6.1.2 Komplexität 75
6.1.3 Services 76
6.1.4 Rechtliches 76
6.1.5 Datenmanagement und Kommunikation zwischen den beteiligten Services in der Architektur 76
6.1.6 Verschlüsselung und Verifizierung der Kommunikation und der Datensätze 77
6.1.7 Definitionen der Schnittstellen und Formate 77
6.1.8 Architekturvorschlag 78
6.1.9 Integration in ein Flottenmanagementsystem 79
7 Literaturverzeichnis 80
8 Tabellenverzeichnis 82
Anhang 83
Anhang zu Kapitel 3: Status Quo: Mobilitätsanalyse stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019 84
Gesamttabelle Auswertung Daten SMRN 2019 (Werte in Prozent) 84
Anhang zu Kapitel 4: Anwendungsszenarien 85
Einschätzung Umsetzbarkeit Anwendungsszenarien ROBO-TAXI für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 85
Einschätzung Umsetzbarkeit Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG und ROBO-SERVICE für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 86
Abschätzung Marktpotenzial Anwendungsszenarien ROBO-TAXI für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar) 87
Abschätzung Marktpotenzial Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG und ROBO-SERVICE für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-

Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar) 88
Abschätzung verkehrsökologische Auswirkungen Anwendungsszenarien ROBO-TAXI für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar 89
Abschätzung verkehrsökologische Auswirkungen Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar 91
Abschätzung verkehrsökologische Auswirkungen Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar 92

Anhang zu Kapitel 5: Simulationsergebnisse 93

Simulationsergebnisse Mannheim am Morgen 93
Simulationsergebnisse Mannheim am Abend 94

Ergänzender Ergebnisbericht zur bundesweiten Übertragbarkeit der Studienergebnisse (Erstellt von der cantamen GmbH) 95
Einleitung 96
Mobilitätsanalyse CarSharing 97

Angebotsformen im CarSharing 97
Datensatzbeschreibung 98

Analyse der Kundenprofile 99

Gruppen gleichartig nutzender Personen 99
Analyse der Fahrten differenziert nach den Einzugsgebieten 105
Geschlechts- und altersspezifische Betrachtung 108

Analyse der Nutzungsprofile 113
Erkenntnisse zur Übertragbarkeit 117

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Buchungs- und Umsatzverteilung nach Kundengruppe bei SMNR 2019 15
Abbildung 2: Monatliche Buchungs- und Umsatzverteilung nach Kundengruppe bei SMRN 2019 15
Abbildung 3: Anzahl der Buchungen bei SMRN nach Einzugsgebiet 2019 17
Abbildung 4: Durchschnittliche Umsätze pro Buchung nach Einzugsgebiet bei SMRN 2019 17
Abbildung 5: Verteilung der Kilometerleistung bei SMRN 2019 18
Abbildung 6: Verteilung der Minutenleistung bei SMRN 2019 19
Abbildung 7: Alter der Kund*innen von SMRN bei CS-Nutzung 2019 19
Abbildung 8: Dauer der CS-Nutzung bei Kund*innen von SMRN 2019 19
Abbildung 9: Häufigkeiten von Umsätzen bei Kund*innen von SMRN 2019 20
Abbildung 10: Vergleich Nutzung Freefloating in Heidelberg (HD) und Mannheim (MA) bei Kund*innen von SMRN 2019 20

Abbildung 11: Vergleich Nutzung Stationsbasiert in Heidelberg (HD) und Mannheim (MA) bei Kund*innen von SMRN 2019 _____ 20
Abbildung 12: Soziale Milieus in Deutschland 2019 (verändert nach sociodimensions 2019) _____ 21
Abbildung 13: Fahrten differenziert nach Alter, Geschlecht und Tarifklassen bei SMRN 2019_____ 26
Abbildung 14: Buchungen differenziert nach Wochentag und Fahrzeugtyp bei SMRN 2019_____ 27
Abbildung 15: Abbildungen der App _____ 29
Abbildung 16: Profil- und Reisebildschirme der App_____ 29
Abbildung 17: Reisegutschein als Incentive (links) und freigeschaltet (rechts) _____ 30
Abbildung 18: Nutzung ÖPNV und Bikesharing bei den Android-App-Teilnehmenden 31
Abbildung 19: Privat und beruflich bedingte monatliche Mobilitätskosten bei den Android-App-Teilnehmenden _____ 31
Abbildung 20: Meinungsbild bei den Android-App-Teilnehmenden: »Carsharing ist …« _____ 32
Abbildung 21: Mit Carsharing kombinierte Verkehrsmittel bei den Android-App-Teilnehmenden _____ 32
Abbildung 22: Reisezwecke bei den Android-App-Teilnehmenden _____ 32
Abbildung 23: Fraunhofer Blog zur Umfrage potenzieller Nutzer*innen autonom fahrender Fahrzeuge_____ 33
Abbildung 24: Fachartikel zur Umfrage potenzieller Nutzer*innen autonom fahrender Fahrzeuge _____ 33
Abbildung 25: Charakteristika der Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge (Alter, Schulabschluss, akademischer Grad und Beruf) _____ 34
Abbildung 26: Charakteristika der Haushalte der Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge (Personen, Einkommen) _____ 35
Abbildung 27: Charakteristika der Haushaltseinkommen bei den Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge ____ 35
Abbildung 28: Affinität mit Carsharing und ÖPNV der Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge _____ 36
Abbildung 29: Vorhandene Verkehrsmittel bei den Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge _____ 36
Abbildung 30: Tägliche Pendelstrecke (einfacher Weg) der Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge ____ 36
Abbildung 31: Monatliche Kosten der Mobilität bei den Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge _____ 37
Abbildung 32: Akzeptanz zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge (»Autonomes Taxi«) bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 für sich selbst und für eigene Kinder _____ 38
Abbildung 33: Persönliche Nutzung von autonom fahrenden Fahrzeugen (»Autonomes Taxi«) bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 ____ 39
Abbildung 34: Erwartungen an Rabattierung nach Wartezeit auf ein autonom fahrendes Fahrzeug (»Autonomes Taxi«) bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 _____ 39
Abbildung 35: Einschätzung des Anwendungszwecks Personenbeförderung von autonom fahrenden Fahrzeugen bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 _____ 40
Abbildung 36: Einschätzung anderer Anwendungszwecke von autonom fahrenden Fahrzeugen bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 _____ 40
Abbildung 37: Begriffstrennung Anwendungsfall und Anwendungsszenario_____ 41
Abbildung 38: Anzahl der gebuchten Autos insgesamt; differenziert nach Wochentag und Uhrzeit in der Carsharing Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019 _____ 54

Abbildung 39: Anzahl der gebuchten Autos Typen T5 und T6; differenziert nach Wochentag und Uhrzeit in der Carsharing Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019 _____ 54
Abbildung 40: Anzahl der gebuchten Autos Typen T0 bis T3; differenziert nach Wochentag und Uhrzeit in der Carsharing Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019 _____ 54
Abbildung 41: Geschätzte Substitution von Verkehrsträgern durch autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 57
Abbildung 42: Ausschnitt einer Verkehrssimulation _____ 63
Abbildung 43: Arbeitsschritte einer Simulation im Allgemeinen _____ 64
Abbildung 44: Komponenten des Simulationsmodells _____ 65
Abbildung 45: Verkehrszählstellen im Zentrum von Mannheim _____ 67
Abbildung 46: Einstieg eines wartenden Fahrgastes in ein afF _____ 67
Abbildung 47: Stadtmobil Stationen _____ 68
Abbildung 48: Mannheim Zentrum mit Einfärbung der »Points of Interest« für das Morgen-Szenario _____ 69
Abbildung 49 : Mannheim Zentrum mit Einfärbung der »Points of Interest« für das Abend-Szenario _____ 69
Abbildung 50: Reinforcement Zyklus für eine intelligente Ampelschaltung _____ 71
Abbildung 51: Beispiel einer Simulationsauswertung _____ 72
Abbildung 52: Anforderungen an IKT-Systeme für das Flottenmanagement mit KI-Systemen _____ 75
Abbildung 53: Definition der Schnittstellen und Formate _____ 77
Abbildung 54: Anbindung von KI-Technologien _____ 79
Abbildung 55: Integration in ein Flottenmanagement-System _____ 79

Abkürzungsverzeichnis:

#	Quelle aus internen Verfahrensdokumenten
@	Quelle aus internen E-Mails
AF	Autonomes Fahren
afF	Autonom fahrende Fahrzeuge
CS	Carsharing
FF	Freefloating (Carsharing)
HH	Haushalt
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
J	Jahre
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
p.a.	pro Jahr
PLZ	Postleitzahl
SB	Stationsbasiert/es (Carsharing)
SMRN	stadtmobil Rhein-Neckar AG

1 Einleitung

1.1 Mobilität im Wandel

Die Einführung von selbstfahrenden Fahrzeugen wird die heutige Situation von Carsharing-Anbietern nachhaltig verändern. Autonome Carsharing-Fahrzeuge können per Smartphone angefordert werden, selbständig zum Kundenstamm fahren, ihn zum Ziel bringen und ihm danach gleich wieder für weitere Fahrten zur Verfügung stehen. Zusätzlich können Reisewünsche mit IKT[1]-Systemen ad-hoc verarbeitet werden, jeweilige Priorisierungen bzw. Einschränkungen (monetäre, zeitliche, ökologische, rechtliche, usw.) berücksichtigt und bei Überschneidungen Fahrten geschickt kombiniert werden. Dies könnte auch zu einem Wandel des öffentlichen Nahverkehrs führen und das Problem der letzten Meile des öffentlichen Fernverkehrs lösen (Le Vine & Polak, 2014), indem autonome Taxis mit dem öffentlichen Verkehrsangebot (ÖV) kombiniert werden. Die autonomen Taxis übernehmen die letzte Meile von und zu den Stationen des schienengebundenen ÖV, während der leistungsfähigere ÖV die langen Streckenabschnitte übernimmt.

Die gemeinschaftliche Nutzung von Fahrzeugen ermöglicht durch die höhere Auslastung eine erhebliche Kostensenkung pro Fahrzeugkilometer, reduziert die Anzahl der notwendigen Fahrzeuge pro Einwohner und senkt dadurch die verkehrsökologische Belastung. Durch eine höhere Auslastung der Fahrzeuge im Fahrzeugpool können zusätzlich Parkflächen reduziert und diese anderweitig nutzbar gemacht werden. Studien des VDV (Röhrleef, 2015) belegen für verschiedene europäische Städte, dass die dort zurückgelegten Wege sich mit 20 Prozent der dort verwendeten Fahrzeuge realisieren ließen, wenn alle Fahrzeuge vollautonome und geteilte Fahrzeuge wären. Das Potenzial der Fahrzeuge, zu jedem Zeitpunkt mit kurzer Verzögerung dort zur Verfügung zu stehen, wo sie benötigt werden, ist darüber hinaus ein ökonomischer Vorteil, da die Auslastung der Fahrzeuge durch Wegfall von Leerfahrten zusätzlich erhöht werden kann. Der Kundenkomfort kann durch autonomes Fahren deutlich gesteigert werden, beispielsweise durch das Entfallen der Parkplatzsuche und der Verfügbarkeitsproblematik der Fahrzeuge. Langfristig könnte daher die gemeinschaftliche Nutzung selbstfahrender Fahrzeuge zum vorherrschenden Modell individueller motorisierter Mobilität werden, welche erhebliche Veränderungen in allen Bereichen der Mobilität nach sich ziehen werden.

Die Automobilhersteller werden sich auf eine global sinkende Nachfrage nach PKW einstellen müssen, sollte sich »Shared Mobility« und »Mobility as a Service« weiter durchsetzen. Sie werden neue Geschäftsmodelle für die gemeinschaftliche Mobilität im Rahmen von Carsharing entwickeln und den Fokus von Produkt (Automobile) auf Dienstleistung verschieben müssen. Für die Betreibenden von Carsharing-Systemen werden sich durch die gestiegene Attraktivität und niedrigeren Fahrtkosten eine hohe und rasch wachsende Nachfrage ergeben. Vollautonome Fahrzeuge werden den Anteil der mit Carsharing-Fahrzeugen zurückgelegten Fahrzeugkilometer an der gesamten Wegeleistung im Nahverkehr um ein Vielfaches steigern. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen Unternehmen bestehende Geschäftsmodelle neu denken, modifizieren und erweitern. Voraussetzung für diesen Wandel ist das Wissen um wirtschaftlich und verkehrsökologisch sinnvolle Anwendungsszenarien im Kontext autonomer Fahrzeugflotten und deren Umsetzung mit Hilfe der dafür notwendigen IKT-Lösungen.

[1] IKT: Informations- und Kommunikationstechnik

1.2 Ziele des Projekts

Ziel des Projekts ist die Identifikation von Anwendungsszenarien im Carsharing-Umfeld und deren Potenzialanalyse durch eine simulative Abbildung des realen Nutzungsverhaltens. Potenziale, die sich durch die Abbildung der Szenarien ergeben, können so effektiv identifiziert und quantifiziert werden.

Die Umsetzung von erweiterten Anwendungsszenarien im Umfeld vom autonomen Fahren ist ohne den Einsatz von IKT-Systemen nicht möglich. Daher liegt ein weiterer Schwerpunkt des Projekts auf der Analyse von Anforderungen an Flottenmanagement-IKT-Lösungen, die erweiternde Anwendungsszenarien technisch abbilden können. Die notwendige Vernetzung und Integration dieser Systeme und die einhergehende Berücksichtigung von Echtzeit- und Prognosedaten sorgt für eine exponentiell ansteigende Komplexität und erfordert die Entwicklung neuartiger Lösungskonzepte unter Einsatz von KI-Technologien (McKinsey, 2017). Die Verfügbarkeit solcher IKT-Systeme mit entsprechenden Fähigkeiten hat wesentlichen Einfluss auf die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen im Mobilitätssektor.

Die erzielten Ergebnisse unterstützen Unternehmen bei der Vorbereitung bestehender IKT-Systeme und Umsetzung von Neuentwicklungen. Trotz fehlender gesetzlicher Rahmenbedingungen und Unsicherheiten bezüglich der Marktverfügbarkeit entsprechender Fahrzeuge, können so wirtschaftliche Risiken für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) reduziert werden.

Lösungsansatz

Die Bewertung von relevanten Anwendungsszenarien soll daten- und simulationsbasiert erfolgen. Um eine realitätsnahe Abbildung zu erreichen, besteht die Datenbasis dabei aus historischen Nutzungsdaten der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (SMRN), sowie Mobilitätsdaten, die während des Projektverlaufs mit einer Mobilitäts-App erhoben werden. Zusätzlich dazu soll eine Umfrage durchgeführt werden, die auch diejenigen Zielgruppen berücksichtigt, die Carsharing-Angebote bisher nicht aktiv nutzen. Dazu gehören bspw. Personen, die keinen Führerschein besitzen und altersbedingt nicht mehr oder noch nicht in der Lage sind, ein Fahrzeug zu fahren. Diese potenzielle Nutzergruppe von ca. 13 Mio. Menschen ohne Führerschein in Deutschland (Statista, 2021) erhält durch den Einsatz von autonom fahrenden Fahrzeugen ebenfalls Zugang auf das Mobilitätsangebot von Carsharing. Aus dem umfassenden Datensatz werden im nächsten Schritt Nutzungs- und Nutzerprofile von SMRN abgeleitet. Parallel zur Datenerhebung findet die Identifikation und wirtschaftliche Vorbewertung von möglichen Anwendungsszenarien statt. Überdies soll untersucht werden, welche Potenziale und Anforderungen sich aus der Abbildung dieser Anwendungsszenarien ergeben. Diese Klassifizierung ermöglicht darüber hinaus eine wirtschaftliche und verkehrsökologische Betrachtung der Anwendungsszenarien in einem Simulationsmodell. Die Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit der Analyse auf verschiedene Flottenprofile gewährleistet dabei eine individuelle Konfigurierbarkeit dieses Modells, sowie die Validierung und Gegenüberstellung der Ergebnisse anhand der Nutzungsprofile weiterer Carsharing-Anbieter. Des Weiteren wird untersucht, welche Anforderungen an Flottenmanagement-IKT-Systeme in diesem Zusammenhang gestellt werden und wie sich entstehende Herausforderungen durch den Einsatz von KI-Technologien adressieren lassen. Basierend auf dem entstandenen Anforderungskatalog wird ein Systementwurf für eine IKT-Lösung entwickelt, die eine Abbildung von erweiterten Anwendungsszenarien im Carsharing-Umfeld durch den Einsatz von KI-Technologien zulässt und effektiv umsetzt.

Im Rahmen des Vorhabens werden folgende konkrete Maßnahmen umgesetzt:

1. Analyse und anonymisierte Aufbereitung historischer Daten von SMRN
2. Erfassung von Mobilitätsdaten von SMRN nutzende Personen durch den Einsatz einer Mobilitäts-App
3. Durchführung einer Umfrage unter potenziellen Carsharing-Nutzende
4. Identifikation und Klassifizierung von Anwendungsszenarien im Umfeld von autonom fahrenden Fahrzeugen
5. Entwicklung einer Simulationslösung zur wirtschaftlichen und verkehrsökologischen Analyse von erweiterten Anwendungsszenarien im o.g. Kontext
6. Durchführung einer wirtschaftlichen und verkehrsökologischen Analyse der Nutzungsdaten
7. Übertragbarkeitsprüfung der Anwendungsszenarien auf andere Carsharing-Anbieter
8. Ableitung von Anforderungen an Flottenmanagement-IKT-Lösungen und Einsatzmöglichkeiten von selbstlernenden Algorithmen und KI-Technologien
9. Überführung der Anforderungen in einen Systementwurf für Flottenmanagement-IKT-Lösungen zur Integration von autonom fahrenden Fahrzeugen
10. Zusammenfassung, Auswertung und Aufbereitung der Analyseergebnisse

Dabei werden folgende Projektergebnisse angestrebt:

- Wirtschaftliche und verkehrsökologische Bewertung von potenziellen Anwendungsszenarien und Sicherstellung der Vergleich- und Übertragbarkeit
- Anforderungen an Carsharing-IKT-Lösungen und Einsatzmöglichkeiten von KI-Technologien
- Simulationslösung zur Analyse von Nutzungsprofilen im Hinblick auf Optimierungspotenziale durch Abbildung von erweiterten Anwendungsszenarien im Kontext von Carsharing
- Ergebnisse zusammengefasst in einer öffentlichkeitswirksamen Studie

1.3 Projektkonsortium

Fraunhofer IAO

Am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO arbeiten über 250 wissenschaftliche Mitarbeiter/innen unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Bauer an aktuellen Themenstellungen des Innovations- und Technologiemanagements. In dem Geschäftsfeld Informations- und Kommunikationstechnik, zu dem auch das Anwendungszentrum KEIM gehört, arbeiten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen interdisziplinär an innovativen Systemlösungen für Mobilitäts- und Energiemanagement. Hervorzuheben sind für den hier relevanten Projektkontext eine Vielzahl von Forschungs- und Umsetzungsprojekten zu den Themen »Integrierte Mobilitäts- und Energiemanagement-Lösungen«, »Untersuchung von (elektrischen) Fahrzeugflotten«, »Entwicklung von IT-Lösungen für nachhaltiges Mobilitätsmanagement«, sowie »Entwicklung relevanter Markthochlaufszenarien und Geschäftsmodelle«.

Hochschule Esslingen (HSE)

»Nachhaltige Energietechnik und Mobilität« ist einer der drei strategischen Schwerpunkte der Hochschule Esslingen. Zur Umsetzung dieser Ausrichtung wurden unter anderem mit dem Institut für Nachhaltige Energietechnik und Mobilität (INEM) und dem Anwendungszentrum KEIM (Schwerpunkte IT und neue Mobilitätssysteme in Partnerschaft mit dem Fraunhofer IAO) zwei fakultätsübergreifende Einheiten eingerichtet. Hervorzuheben sind für den hier relevanten Projektkontext Vorarbeiten aus Forschungs- und Umsetzungsprojekten zu »IT-Lösungen zur Erfassung und Auswertung von Mobilitätsverhalten«.

PAN GEO Gesellschaft für Angewandte Geographie mbH

Das 1997 in Stuttgart von Geographen gegründete Beratungsunternehmen PAN GEO beschäftigt sich mit raumrelevanten Fragestellungen, d.h. mit Fragestellungen, die unseren Lebensraum, seinen räumlichen Strukturen und seinen von Mensch und Umwelt beeinflussten Entwicklungen betreffen. Ein Arbeitsschwerpunkt des vierköpfigen Teams ist dabei der Themenkomplex »Verkehr und Mobilität«, in welchem in den letzten Jahren technische Parts für Förderanträge der EU-Programme TEN-T-bzw. CEF erstellt, Projektmanagement für IT-Navigationsprojekte übernommen und das EU-Forschungsprojekt SULPiTER (Verbesserung der Güterverkehrsplanung in Städten) beratend begleitet wurde. Beratungskompetenz und -Know-how von PAN GEO basieren dabei auf Erfahrungen aus über 140 Projekten (darunter rund 60 in Eigenregie) zu unterschiedlichsten Aufgabenstellungen, die seit Unternehmensgründung erfolgreich abgeschlossen wurden.

stadtmobil Rhein-Neckar AG

Die stadtmobil Rhein-Neckar AG (SMRN) ist größter Anbieter von Carsharing in der Metropolregion Rhein-Neckar. Gegenstand von SMRN ist die Organisation gemeinschaftlicher Fahrzeugnutzung, insbesondere durch den Betrieb von Carsharing. SMRN fühlt sich ökologischen und sozialen Zielen in besonderem Maße verpflichtet. Als besonders erfolgreich zeigt sich bei der Erreichung dieser Ziele die dynamische Verknüpfung von stationsbasiertem und Freefloating Carsharing. Es zeigt, dass die Quote der Menschen, die auf ein eigenes Auto verzichten in dieser Kombination signifikant höher ist als bei anderen Lösungen. Die SMRN ist das einzige Unternehmen in Baden-Württemberg, welches beide Formen des Carsharings aus einer Hand anbietet. Die Preisfindung für das Freefloating-Angebot »JoeCar« wird dabei so gewählt, dass die jeweils kostengünstigste Variante für Freefloating oder stationsbasiertes Carsharing für die Kunden greift.

Konsortium

Das gewählte Konsortium, bestehend aus Beratungs- und Forschungsunternehmen sowie einem Carsharing-Anbieter, ermöglichen eine fundierte, wissenschaftliche Bearbeitung des Themas. Die Ergebnisse des Projekts bieten PAN GEO sowie dem Anwendungszentrum KEIM (HSE und Fraunhofer IAO) exzellente Möglichkeiten zum Aufbau von Methoden- und Beratungskompetenz im Umfeld autonom fahrender Fahrzeuge, sowie stadtmobil Rhein-Neckar (SMRN) eine optimale Ausgangslage für die zielgerichtete, innovationsgetriebene Weiterentwicklung ihrer IKT-Systeme. Darüber hinaus hat die Zusammenarbeit durch die praxisnahe Thematik positive Auswirkung auf die Forschungsangebote der HSE und des KEIM.

2 Grundlagen

Carsharing

Unter Carsharing versteht man die organisierte, gemeinschaftliche Nutzung von Fahrzeugen durch eine größere Anzahl an Personen (Pieper, Heußler, Woiseschläger, & Backhaus, 2013).

Privates Carsharing

Privates Carsharing, auch peer-to-peer (P2P) Carsharing genannt, ist vor allem für diejenigen interessant, die in Randgebieten von Städten oder auf dem Land leben und keine Möglichkeit haben, konventionelles Carsharing zu nutzen. Anstatt Fahrzeuge aus dem Bestand eines großen Unternehmens auszuleihen, teilt man sich ein Auto mit der Nachbarschaft oder anderen Menschen in der Gegend. Die Formalitäten können die Beteiligten mit Hilfe von Online-Angeboten regeln. Vermiet- und Mietpartei müssen sich dann über die Nutzungszeiten des Fahrzeugs einig werden und vorhandene Schäden in einem Übergabeprotokoll festhalten. Das erfordert allerdings Absprachen und kostet Zeit. Ein spontanes Entleihen wie bei gewerblichem Carsharing ist unter Nachbar*innen meist nicht so einfach möglich.
Im Gegensatz zum konventionellen Carsharing hat privates Carsharing keine einheitlichen Preise. Mietkosten werden vom Fahrzeughaltenden festgelegt.

Stationäres Carsharing

Das Prinzip ist einfach: Man reserviert ein Auto seiner Wahl telefonisch, im Internet oder mit der jeweiligen App, holt es an einem Stellplatz des Anbieters ab, fährt solange und soweit man will und gibt es wieder an einem Stellplatz in der Nähe zurück. Abgerechnet wird in der Regel nach gefahrenen Kilometern bzw. nach Nutzungsdauer.

Freefloating

Beim Freefloating-Modell können die Fahrzeuge »frei« innerhalb eines Nutzungsgebietes bewegt und auf jedem freien Parkplatz abgestellt werden. Da das Freefloating ohne feste Stationen funktioniert, muss sich der Nutzer/die Nutzerin vor Fahrtantritt in der Regel per Internet oder per App, aber auch telefonisch über freie Fahrzeuge informieren. Viele Carsharing-Anbieter stellen ihrem Kundenkreis kostenfreie Apps zur Verfügung, die es ermöglichen, das nächstgelegene Auto zu orten und zu buchen.
Meist stehen die Fahrzeuge in unmittelbarer Nähe und sind zu Fuß zu erreichen. Ein gebuchtes Fahrzeug kann über einen auf den Führerschein aufgeklebten Chip legitimiert und entriegelt werden. Die Kosten werden je nach Anbieter stunden- oder minutenweise abgerechnet, wobei Benzin, Versicherung und Parkgebühren bereits enthalten sind.

3 Mobilitätsanalyse stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019

Zielsetzung ist die Bereitstellung realer Fahrtdaten und deren Analyse im Hinblick auf potenzielle Nutzergruppen. Dies ist dann die Basis zur Erstellung von Nutzungs- und Nutzergruppenprofilen. Entsprechend hängt der Projekterfolg wesentlich von der Datenbasis ab, die aus den folgenden drei Quellen gewonnen wurde:

1. **Historische Nutzungsdaten** der SMRN für die Standorte Mannheim und Heidelberg,
2. Mobilitätsdaten der SMRN-Nutzer durch eine **App-basierte Mobilitätsanalyse** und
3. **Befragung** potenzieller Nutzer*innen, die nicht zum Kundenstamm der SMRN gehören.

3.1 Historische Nutzungsdaten

3.1.1 Grundlagen

Bei den von SMRN bereitgestellten und im Rahmen des Projekts ausgewerteten Fahrtdaten aus dem **Jahr 2019** mit **199.729 Fahrten insgesamt (davon 21.660 Firmen- und 178.069 Privatpersonen-Fahrten)** werden aus Gründen des Datenschutzes seitens SMRN

- grundsätzlich keine mit Geodaten hinterlegten Routen erfasst,
- alle Merkmale zur Identifizierung von Personen entfernt,
- Kundennummern verschlüsselt,
- Personen räumlich dem Gitterpunkt in einem 100 Meter mal 100 Meter-Raster zugeordnet, in welchem ihre Heimatadresse liegt (Personen in einem Raster mit weniger als 5 Bewohnern mit vergleichbaren soziodemografischen Merkmalen werden nicht erfasst).

Generell gilt, dass

- dass reale Fahrtdaten nur dann mit Daten aus der Kundenbefragung abgeglichen werden dürfen, wenn dazu die explizite Einwilligung der Kund*innen gegeben wurde. Die App zur Befragung muss diese entsprechend abfragen.
- die Datenhoheit bei der erhebenden Organisation liegt.

Die gegenseitige Verfügbarmachung von Daten erfolgt auf Basis einer generellen Geheimhaltungserklärung mit Bestimmungen zur Verwendung und Löschung von Daten. Aggregierte Daten können innerhalb der Konsortialpartner*innen weitergegeben werden.

Die von der SMRN aufbereiteten und in geeigneter Form anonymisierten »Historischen Fahrtdaten« werden für die Standorte Mannheim und Heidelberg bereitgestellt. Für jede einzelne Fahrt wird ein Datensatz erzeugt, der die Fahrt als solche beschreibt. Zusätzlich zu den reinen Fahrtinformationen wird jede Fahrt um Daten ergänzt, welche den Nutzer/die Nutzerin sowie die Nutzung charakterisieren. Zielsetzung ist es, möglichst viele der nutzenden Personen einem Sozialen Milieu möglichst eindeutig zuzuordnen und jeder einzelnen Fahrt die so gegebene Charakterisierung als Kennzahl hinzuzufügen.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht zu den ausgewerteten SMRN-Datensätzen. Seitens der SMRN werden alle Zeiten für Buchungen und Nutzungen in Zeitintervallen von 5 Minuten aufsummiert, um so Aussagen in der Form »Im Zeitintervall 1035 starteten 47 Nutzungen« erhalten zu können. Dabei dient als Basis dieser Zeitintervalle der Wochenanfang, da die Nutzung stark abhängig ist von Tageszeit und Wochentag. Dadurch können verschiedene Größen wie Produkte, Klassen usw. parametrisiert werden. Dadurch erhält man darüber hinaus einfacher Wahrscheinlichkeitsaussagen zu Beginn, Nutzungsdauer und Kilometerleistung von Fahrten. Die zeitliche Auflösung wäre dann auf die entsprechenden Werte zu korrigieren.

Tabelle 1: Datensatzbeschreibung Fahrtdaten SMRN 2019

Variable	**Auflösung**	**Format**	**Beispiel**	**Hinweise**
Kunden_ID		Integer		ID im Bezugssystem LAEA 100m-INSPIRE-GRID
Kundenart		Character	Geschäfts-/ Privatkunde	
grid_ID	100*100m	Character	100mN29308E42106	
AlterBeiVertragsAbschluss	Monat	Integer	355	
AlterBeiVertragEnde	Monat	Integer	430	
VertragsAlterBeiBuchungsbeginn	Monat	Integer	45	
AlterBeiBuchungsbeginn	Monat	Integer	500	
Geschlecht		Character	m	
AlterBeiFahrerlaubnis	Monat	Integer	210	
erlaubteKlassen		Character	A,B,C	
Milieu		Character	1-2	
Stellplatz_ID		Integer(7)	681670206	Siehe *
CarSharing		Character	Freefloating | stationsbasiert	
Start-Longitude	geo	Character		Koordinaten von Abhol- und Abgabeort (Bei Freefloating-Fahrzeugen i.d.R. unterschiedlich
Start-Latitude	geo	Character		
Stop-Longitude	geo	Character		
Stop-Latitude	geo	Character		
Produkt		Character	FordFiesta	Typklassen T0-T9 siehe**
Klasse		Character	B	
Reservierungszeitpunkt	30 Minuten	DateTime	12.01.2019 23:05	
Reservierungsbeginn	30 Minuten	DateTime	01.02.2019 14:30	
Reservierungsende	30 Minuten	DateTime	01.02.2019 19:00	
Nutzungsbeginn	1 Minute	DateTime	01.02.2019 14:33	
Nutzungsende	1 Minute	DateTime	01.02.2019 17:49	
Kilometer	1 km	Integer	253	
BZ_Klasse	Bereiche	Character	Mannheim	Abholort des Fahrzeugs.

* Ziffern 1-5 = PLZ, Ziffern 6-7 = Parkplatzadresse im PLZ-Gebiet, Ziffern 8-9 = Stellplatznummer

** Bei der Charakterisierung der Fahrzeugtypen T0-T9 wird im Wesentlichen die Eignung zum Transport von Personen und/oder Gepäck als Unterscheidungskriterium herangezogen:
T0 = Freefloating-Fahrzeuge, JoeCar Mannheim und Heidelberg, T1 = Dreitürige Minis und Kleinwagen, die wenig Komfort beim Transport von mehr als zwei Personen bieten, T2 = Kleinwagen zum bequemen Transport von bis zu fünf Personen, T3 = Kombis zum Transport von bis zu fünf Personen mit Gepäck, T4 = VANs und Mini-VANs für bis zu 7 Personen, T5 = Kleine Kastenwägen zum Materialtransport, T6 = Große Kastenwägen, T7 = Kleinbusse, T8 = Lifestyle-Autos, T9 = Repräsentative Autos

SMRN bietet mit SB und FF zwei Varianten des CS an (siehe Kapitel 2, S.11). Beim FF (»JoeCar«) stellt die SMRN Autos in den zwei Bediengebieten – Stadtgebiete von Mannheim und von Heidelberg – bereit. Es ist nicht zulässig, Autos aus einem

Bediengebiet zu holen und im anderen abzugeben. Durch die Variable **BZ_Klasse** wird eine Beziehung zwischen den FF-Bediengebieten und den Stellplätzen der SB-Fahrzeuge, die sich in diesen Bereichen befinden, hergestellt. Darüber hinaus werden Stellplätze den Stadtgebieten außerhalb der Bediengebiete in Mannheim und Heidelberg, den Postleitzahlengebieten 69 und 68 sowie den Mittel- und Kleinstädten und sonstigen Randlagen zugeordnet. So lassen sich gezielt spezifische Vergleiche zwischen FF- und SB-Fahrzeugen anstellen und Fahrten in unterschiedlichen Stadtlagen vergleichen.

Aus dem vorhandenen Datenpool der SMRN 2019 (Tabelle 1) lassen sich jedoch nur bedingt Informationen ziehen, die für eine valide Kategorisierung der Fahrten nach sozialen Milieus, Nutzergruppen und Anwendungsszenarien erforderlich sind.

- Informationen zu Personen wurden und werden zunehmend nur insoweit erfasst, wie sie notwendig zur Erbringung der Dienstleistung notwendig sind.
- Je älter die Informationen sind, umso wahrscheinlicher sind sie auch veraltet oder unvollständig.
- Aus den reinen Fahrtdaten lassen sich keine Fahrtzwecke definitiv bestimmen, sondern lediglich anhand bestimmter Kenngrößen erahnen. Da Fahrtziele und Stopps wegen des nicht erfolgenden Trackings unbekannt sind, fehlen wesentliche Informationen.
- Der Datenschutz stellt ein grundsätzliches Hemmnis dar, vorhandene Daten einfach zu nutzen.

In der Summe führt das dazu, dass nur ein relativ geringer Anteil der Fahrten valide kategorisiert werden kann. Die Zuordnung zu Milieus, Nutzerprofilen und Anwendungsszenarien (siehe Kapitel 4) sind lediglich heuristisch plausibilisiert. Dennoch bieten sie gute Anhaltspunkte für die Bewertung ihrer Relevanz für afF in CS-Flotten.

3.1.2 Nutzerprofile und Nutzergruppen

Auf Basis zugänglicher Kundeninformationen werden bei SMRN unterschiedliche Kundengruppen identifiziert. Detailliertere Analysen über mehrere Jahre zeigen deutlich, dass die absolut überwiegende Menge an Buchungen auf Personenkonten laufen, also einer privaten Nutzung zugeordnet werden können. Buchungen und Umsätze durch Unternehmen, Sozialverbände, Vereine oder Stadtverwaltungen sind vernachlässigbar (Abbildung 1). Die Werte in Abbildung 2 sind jeweils auf den maximal auftretenden Monatswert für die verschiedenen Kundengruppen bezogen. Sie sind beispielsweise wie folgt zu lesen. Der Monat Juni erbrachte in der Nutzergruppe »Personen« die höchsten Umsätze. Nur etwa 87,5 Prozent dieser Umsätze wurden durch diese Kundengruppe im April und Mai erzielt. Der größte Firmenumsatz im Monat Juli lag bei etwa 19 Prozent der Personenumsätze im Juni.

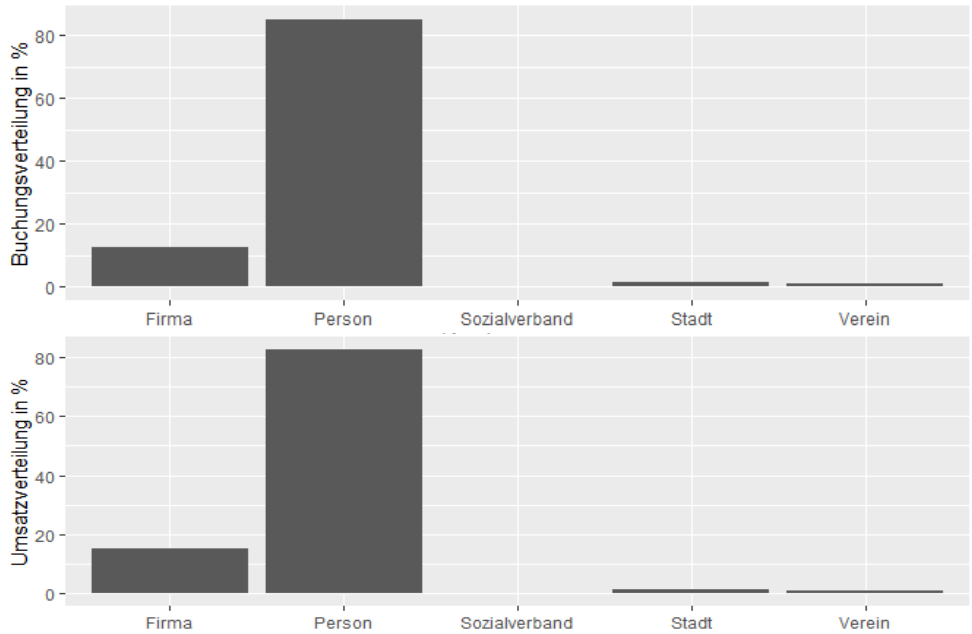


Abbildung 1: Buchungs- und Umsatzverteilung nach Kundengruppe bei SMNR 2019

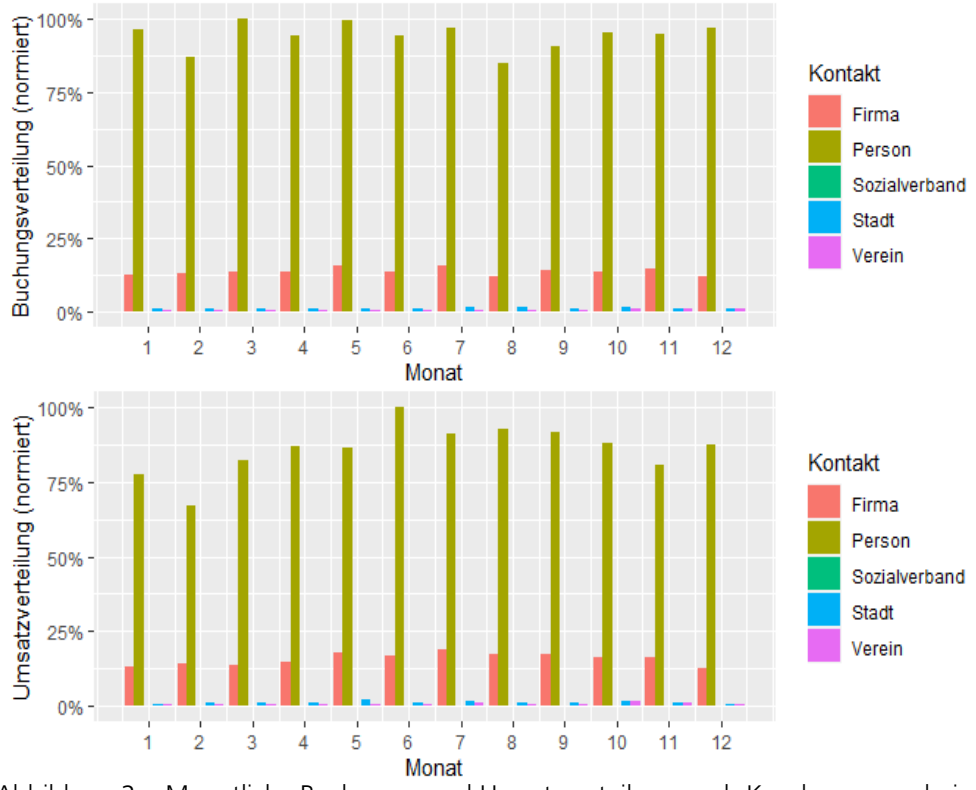


Abbildung 2: Monatliche Buchungs- und Umsatzverteilung nach Kundengruppe bei SMRN 2019

Grundsätzlich verfügt SMRN über keine Informationen zu Fahrzwecken, Mitfahrenden und Fahrzielen. Soziodemografische Merkmale liegen digitalisiert, wenn überhaupt nur vor, insoweit diese für eine Buchung und deren Abrechnung zwingend notwendig sind. Früher wurden soziodemografische Merkmale wie Beruf, Familienstand, Berufsabschlüsse und Titel manchmal erfasst, dies jedoch nur mit einer schlechten Datenqualität. Aus Gründen des Datenschutzes werden heute nur noch die Daten erhoben, die im Rahmen gesetzlicher Vorgaben und Nachweispflichten erhoben

werden müssen. Aussagen zu Fahrtzwecken, Personen und ihre sozialen Milieus lassen sich lediglich plausibilisieren. So kann man beispielsweise davon ausgehen, dass lange Fahrten mit vielen Kilometern zu bestimmten Jahreszeiten eher Urlaubsfahrten mit oder ohne Kinder sind, während eine kurze Fahrt mit einem Transporter eher dem Transport von Gütern dienen. Im Hinblick auf soziodemografische Zuordnungen fahrender Personen zu Buchungen, lassen sich einerseits harte Informationen wie beispielsweise das Geburtsdatum, Tarife oder auch Gesamtumsätze und andererseits Hintergrundinformationen zu Familiennamen, Bankverbindung und Mailprovidern zur Plausibilisierung heranziehen. Im Folgenden werden nur Buchungen von Personen detaillierter untersucht,

- die SMRN-Kunden sind,
- bei denen die Fahrzeuge gefahren wurden.
- für deren Buchungen valide Fahrtdaten vorliegen und
- für die Buchungen nach soziodemografischen Merkmalen ausgewertet und soziale Milieus abgeleitet werden können.

Von den Buchungen des Betrachtungszeitraumes bleiben so noch etwa 34 Prozent der vorhandenen Buchungen für weitere Analysen übrig. Im Folgenden werden Buchungszahlen und Umsätze differenziert nach Einzugsgebiet betrachtet.

- Kernstädte – Innenstadtbezirke der Großstädte Mannheim (PLZ 681xy-68199), Ludwigshafen (PLZ 67059-67061), Heidelberg (PLZ 69115-69117) und Kaiserslautern (PLZ 67655-67659)
- Randlagen der Kernstädte – Außenbezirke der Großstädte Mannheim (PLZ 682xy-68309), Ludwigshafen (PLZ 67063-67071), Heidelberg (PLZ 69118-69126) und Kaiserslautern (PLZ 66862, 67661-67663)
- Einzugsbereich Kernstädte – PLZ-Gebiete um die Kernstädte (68 und 69)
- Mittelstädte wie Weinheim, Speyer usw.
- Sonstige – Kleinstädte wie Sandhausen usw. mit nur wenigen CS-Autos

Beachtenswert ist, dass die durchschnittlichen Umsätze pro Buchung in den sonstigen Lagen relativ hoch sind. Erklärbar ist das durch die Tatsache, dass Menschen, die dort wohnen und CS nutzen, insgesamt höhere Entfernungen haben, um die Hotspots zu erreichen. In der Summe sind deren Umsatzanteile jedoch niedrig.

Im Hinblick auf die räumliche Verteilung werden zum einen nur die zentralen Stadtbereiche von Mannheim/Ludwigshafen und Heidelberg, die seit Mitte 2013 auch FF-Bediengebiete sind, sowie Kaiserslautern und zum anderen die unmittelbar daran angrenzenden Stadtbereiche (Randlagen Kernstädte) betrachtet, wo auch der überwiegende Anteil an Fahrten stattfindet (Abbildung 3). Dabei unterscheiden sich die Entwicklungen der durchschnittlichen Fahrtumsätze stark (Abbildung 4). Daher erscheint es sinnvoll, die folgenden Analysen auf die Masse der Fahrten und Nutzer*innen in diesen städtischen Gebieten zu beschränken.

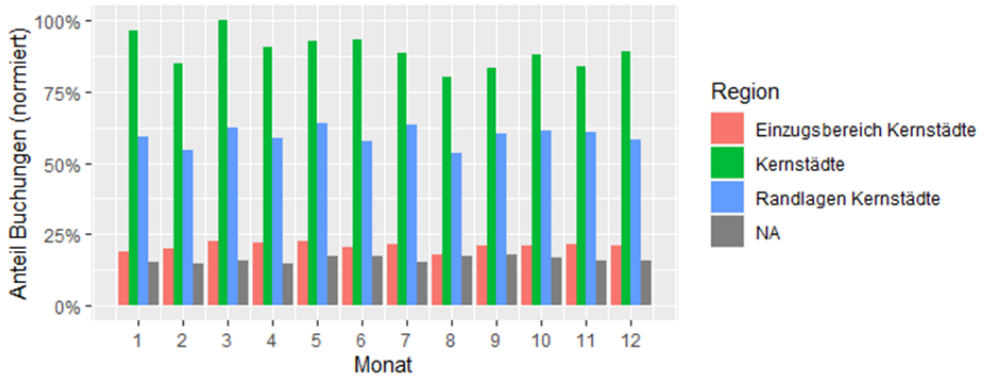


Abbildung 3: Anzahl der Buchungen bei SMRN nach Einzugsgebiet 2019

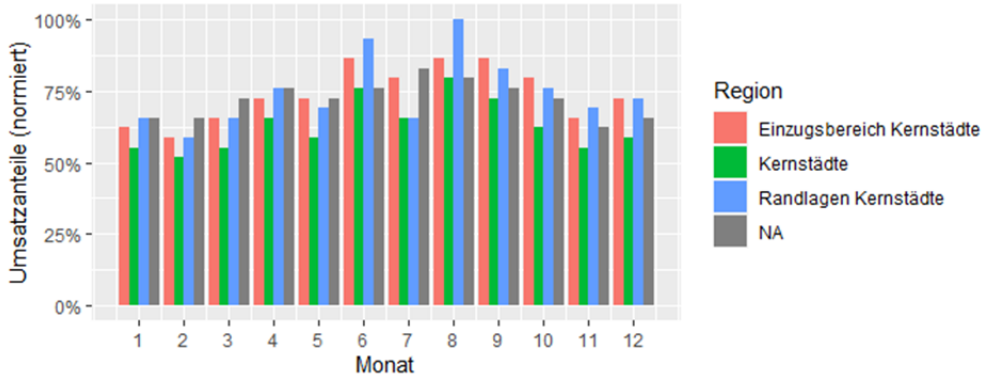


Abbildung 4: Durchschnittliche Umsätze pro Buchung nach Einzugsgebiet bei SMRN 2019

3.1.3 Nutzungsprofile

Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen die Verteilungen der Kilometer- und Minutenleistungen, die 75 Prozent aller Buchungen ausmachen. Werte oberhalb des Wertebereichs der x-Achse machen demzufolge nur 25 Prozent der Buchungen aus. Allerdings handelt es sich bei diesen um die wirtschaftlich besonders umsatzstarken Buchungen. Betrachtet werden hier lediglich die Großstädte Mannheim, Heidelberg, Ludwigshafen und Kaiserslautern. Ein Vergleich der Minuten- und Kilometerleistungen zeigt ein deutlich unterschiedliches Verhalten bei SB- und FF-Autos.

Soziodemografische Betrachtungen:
Wesentliche soziodemografische Merkmale lassen sich aus Adress- und Kontaktdaten sowie persönlichen Angaben, die bei Vertragsabschluss erfasst wurden, ableiten.

Die Altersstruktur aktueller wie auch ehemaliger privater SMRN-Nutzer*innen ist bekannt, so dass jeder Fahrt ein Kundenalter zum Zeitpunkt der Fahrt zugeordnet ist. Die verfügbaren Fahrtdaten umfassen einen Zeitraum ab 2011. Alle Buchungen sind mit dem jeweils aktuellen Alter der Nutzenden versehen. Zu jedem Fahrtdatensatz wird eine Kategorie »Alter zum Zeitpunkt der Buchung« der entsprechenden Fahrt hinzugefügt. Die Kategorisierung ergibt sich aus der tatsächlichen Altersverteilung über alle betrachteten Fahrtdatensätze. Die Einteilung erfolgt anhand einer festgelegten Kategorisierung. So wird die Nutzung nach Altersklassen über die verschiedenen Fahrzeugtypen einfacher vergleichbar. Bemerkenswert ist, dass rund 80 Prozent der 68.029 Fahrten von Nutzer*innen im Alter zwischen 28 und 54 Jahren getätigt werden (Abbildung 7). Einen guten Eindruck der unterschiedlichen Nutzung bei Männern und Frauen bekommt man, wenn man die Fahrleistungen in den Alterskategorien betrachtet. Die grünen, gestrichelten Linien stellen jeweils die Quantilen der Kilometerleistung und des Umsatzes dar.

Rund 44 Prozent des SMRN-Kundenstamms sind Frauen, die auch rund 44 Prozent der Buchungen tätigen bei einer tendenziell eher kürzeren Fahrtdauer (Abbildung 8). Frauen nutzen somit weniger häufig SMRN.

Tabelle 2: Quantilen der Buchungsdauern und der Umsätze SMRN-Kunden 2019

	Buchungsdauer					Umsätze				
	Min	25%	50%	75%	Max	Min	25%	50%	75%	Max
Gesamt	1	89	170	306	71,325	0,18	5,85	10,69	20,77	1780,67
Männer	1	85	168	306	71,325	0,26	5,66	10,79	21,79	1780,67
Frauen	1	96	173	304	43,318	0,18	6,05	10,55	19,73	1185,46

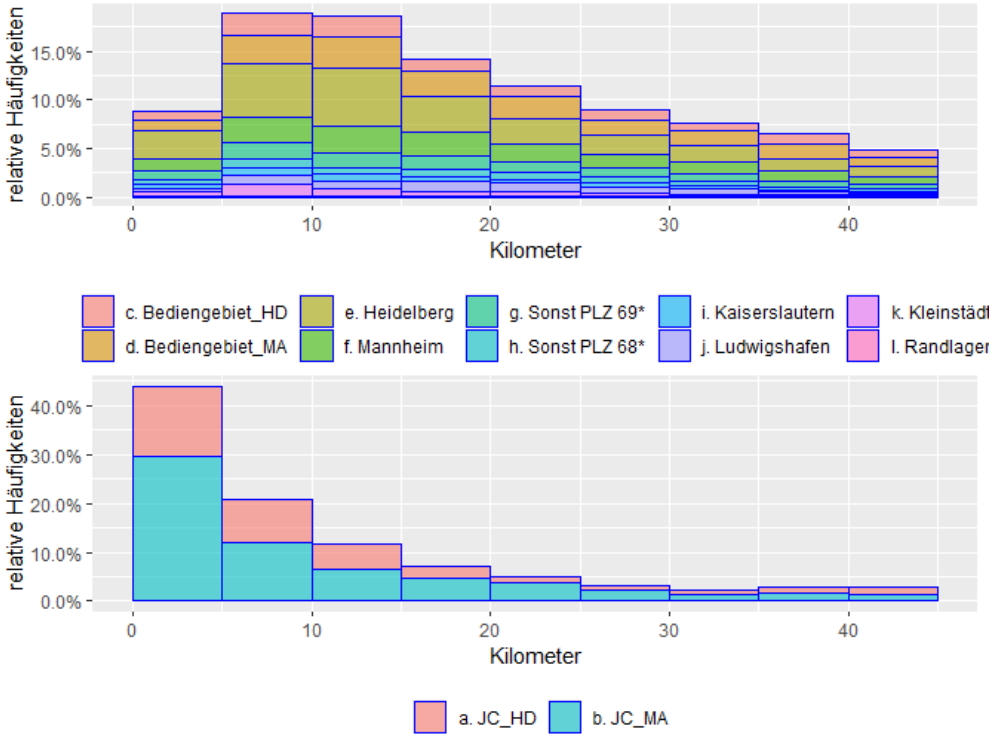
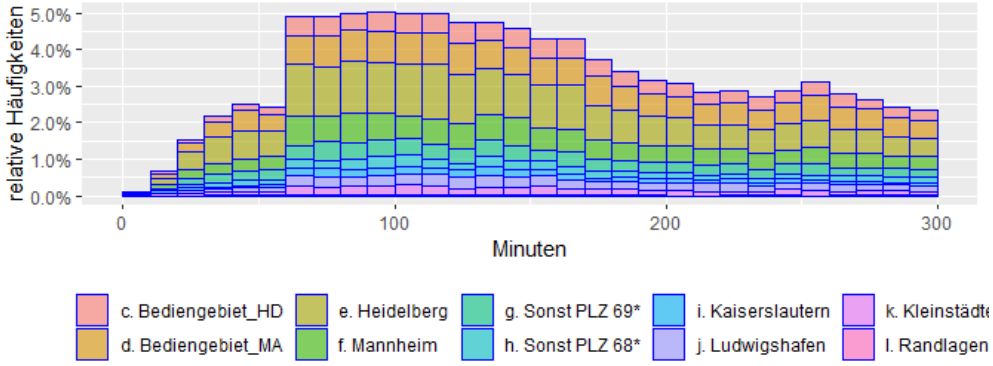


Abbildung 5: Verteilung der Kilometerleistung bei SMRN 2019



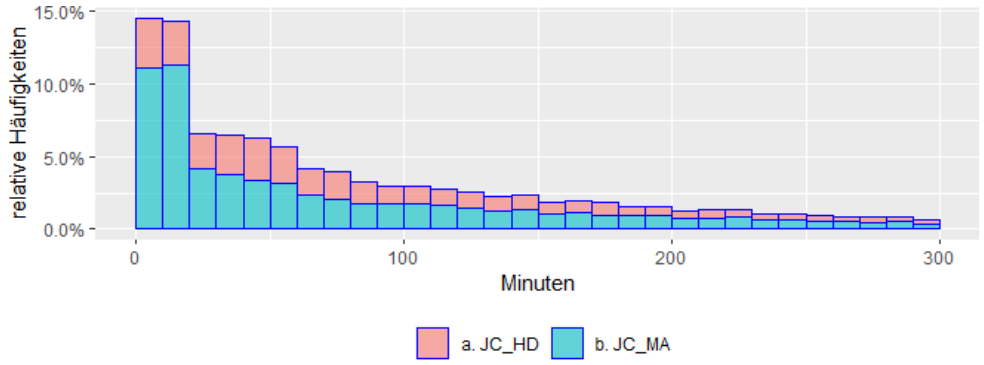


Abbildung 6: Verteilung der Minutenleistung bei SMRN 2019

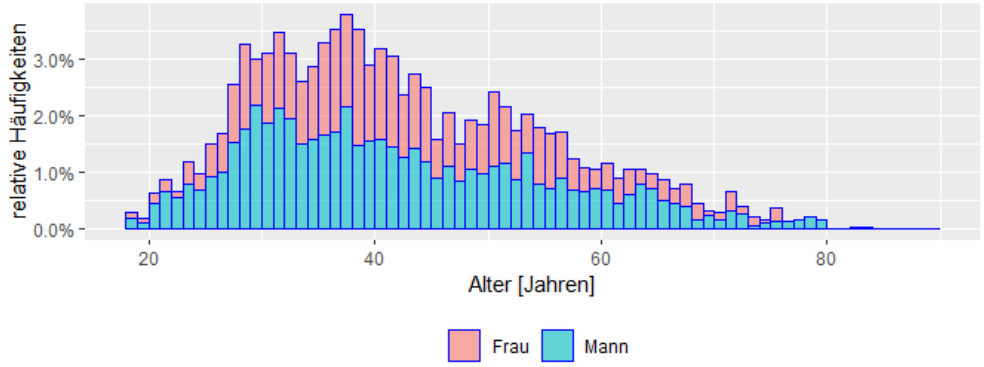


Abbildung 7: Alter der Kund*innen von SMRN bei CS-Nutzung 2019

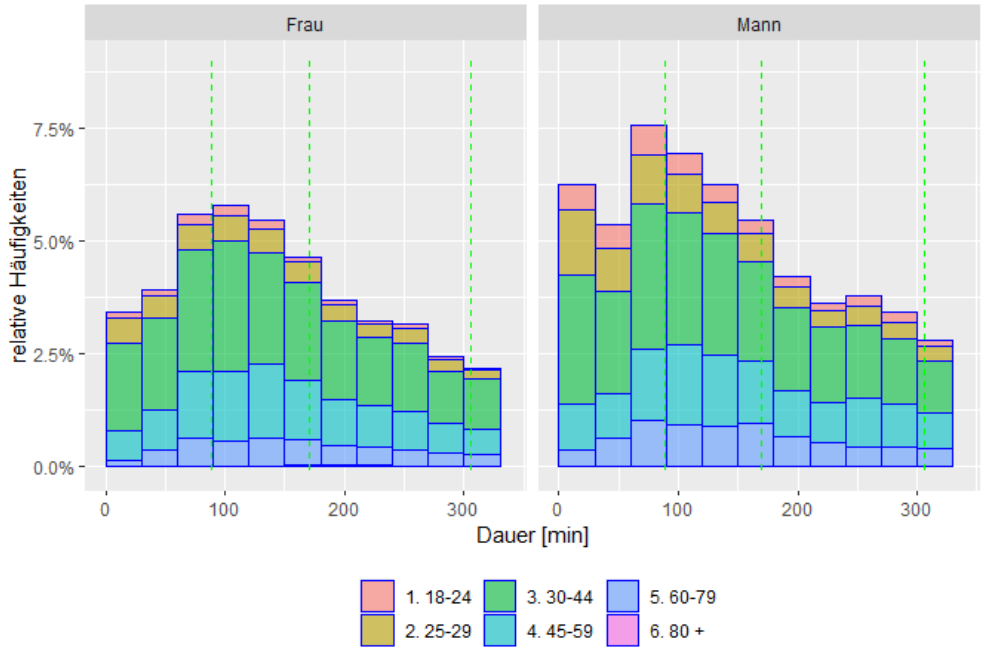


Abbildung 8: Dauer der CS-Nutzung bei Kund*innen von SMRN 2019

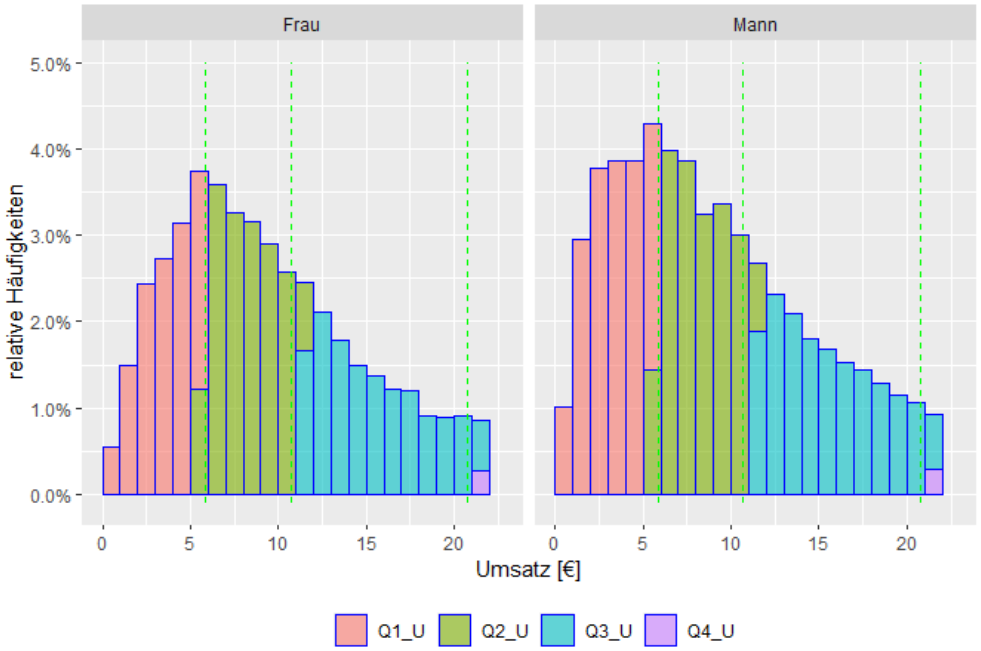


Abbildung 9: Häufigkeiten von Umsätzen bei Kund*innen von SMRN 2019

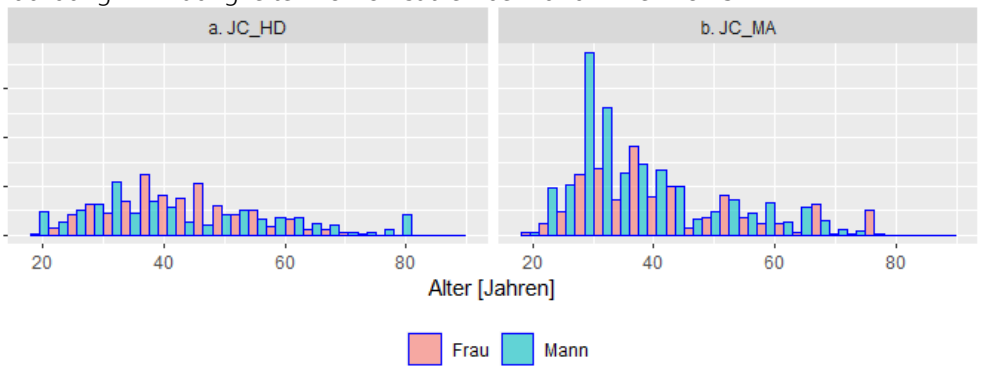


Abbildung 10: Vergleich Nutzung Freefloating in Heidelberg (HD) und Mannheim (MA) bei Kund*innen von SMRN 2019

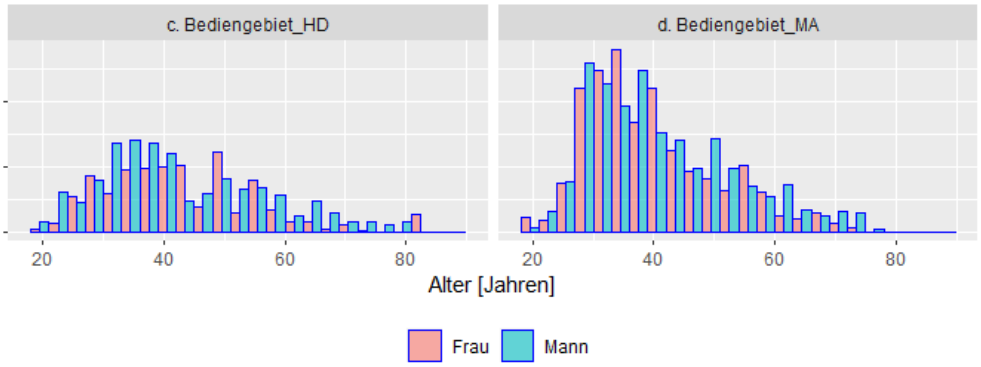


Abbildung 11: Vergleich Nutzung Stationsbasiert in Heidelberg (HD) und Mannheim (MA) bei Kund*innen von SMRN 2019

Nutzungshäufigkeiten Freefloating (JoeCar) versus Stationsfahrzeuge:
FF- und SB-Angebote bedienen grundsätzlich unterschiedliche Nutzungsfälle. Es scheint naheliegend, dass diese mit spezifischen Nutzergruppen einhergehen. Um dies genauer zu untersuchen, werden nur Fahrten auf vergleichbaren Fahrzeugen mit Stationen im Bediengebiet verglichen. So greift man auf dieselbe Kundenbasis zu. Abbildung 10 zeigt einen Vergleich der Nutzungshäufigkeiten von FF-Fahrzeugen in Mannheim und

Heidelberg. Während in Heidelberg die Nutzung des FF-Angebots in etwa ausgeglichen ist, haben in Mannheim eher jüngere Männer und ältere Frauen einen deutlich höheren Anteil.

Tabelle 3: Nutzung von Freefloating und Stationsbasiert bei SMRN-Kunden 2019

Geschlecht	BZ_Klasse	Fahrten	Personen	Alter [Monaten]
Frau	a. JC_HD	2.538	282	509
Frau	b. JC_MA	3.304	351	507
Frau	c. Bediengebiet_HD	1.945	351	517
Frau	d. Bediengebiet_MA	3.719	560	477
Mann	a. JC_HD	2.463	336	517
Mann	b. JC_MA	5.238	488	456
Mann	c. Bediengebiet_HD	2.508	463	514
Mann	d. Bediengebiet_MA	3.963	695	496

Die entsprechende Nutzungsverteilung für SB-Fahrzeuge mit vergleichbaren Größenklassen im Bediengebiet ist in Abbildung 11 dargestellt und eine Zusammenfassung aller Buchungen in den Bediengebieten Mannheim und Heidelberg in Tabelle 3.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass

- 75 Prozent der Fahrten von SMRN-Nutzern weniger als 20,77 € Umsatz bringen, kürzer als 48 Kilometer sind und weniger als 306 Minuten dauern,
- Nutzungshäufigkeit, Nutzungsdauer, Umsätze und Kilometerleistung eine starke Altersabhängigkeit zeigen und dass
- das CS insgesamt (und ganz besonders das FF in Mannheim!) eher männlich dominiert ist.

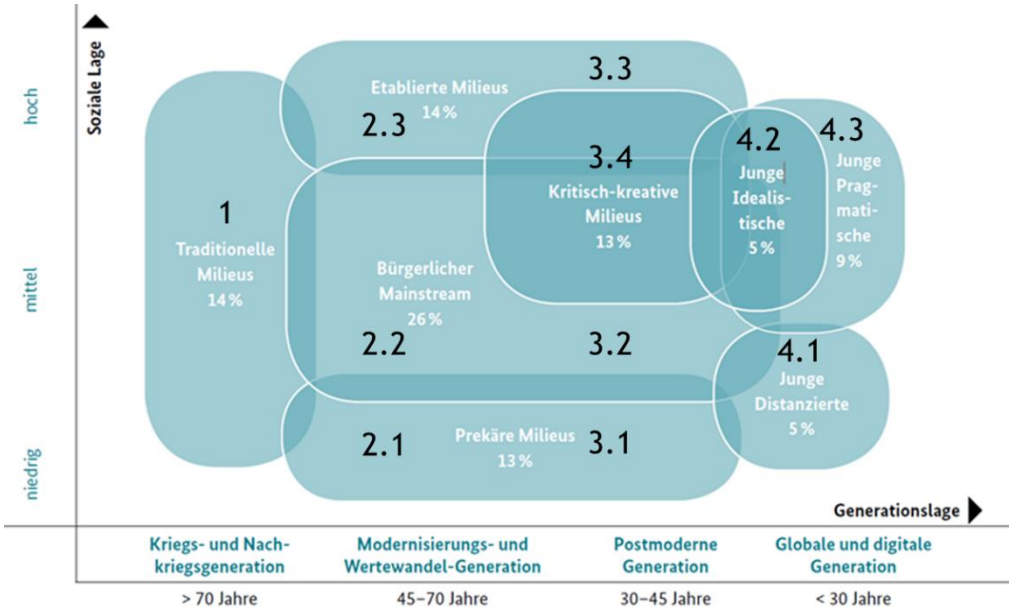


Abbildung 12: Soziale Milieus in Deutschland 2019 (verändert nach sociodimensions 2019)

Soziale Milieus bei stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019
Für eine tiefergehende Auswertung und auch für die Ableitung von Anwendungsszenarien für afF in CS-Flotten ist eine tiefergehende soziodemografische Kategorisierung der SMNR-Nutzer nach sogenannten sozialen Milieus (Abbildung 12) hilfreich.

Entsprechend wurden aus den SMRN-Daten folgende Informationen als Indizien für soziale Milieus herangezogen:

- Familienname (Deutsche Namen, Namen westlicher Kulturkreis, Namen afrikanischer und arabischer Kulturkreis, sonstige Namen)
- Vorname (eher niedriger, mittlerer, höherer Status über Auswertung u.a. nach UTECH (2011) und eigenen Annahmen)
- Geschlecht (m, w, d, ohne Angabe);
- Alter (18 bis unter 25 Jahre, 25 bis unter 30 Jahre, 30 bis unter 45 Jahre, 45 bis unter 60 Jahre, 60 bis unter 80 Jahre, 80 Jahre und älter): Betrachtungen des Alters a) seit Geburt, b) bei Eintritt als SMRN-Mitglied und c) Kündigung als SMRN-Mitglied;
- Berufsbezeichnung (arbeitssuchend/-los, Studierender/Schüler*in/Auszubildende*r, Arbeiter*in, Angestellte*r, Rentner*in/Pensionär*in, ohne Angabe);
- akademische Titel (Bachelor, Master/ Diplom, Dr.*in, Prof.*in, Prof.*in Dr.*in, ohne Angabe);
- Geburts- und Wohnort (Großstädte SMRN-Verbreitungsgebiet, sonstiges SMRN-Verbreitungsgebiet, sonstiges DE, sonstige EU (mit CH usw.), sonstiges Ausland)
- Bankverbindung (Genossenschaftsbanken, Öffentlich-rechtliche Banken, Private Großbanken, Sonstige private Filialbanken, Privatbanken, Direktbanken).
- Nationalität (Deutsch, EU (mit CH usw.), sonstiges Ausland)
- Provider E-Mail (kostenfreie Anbieter (z. B. google mail), kommerzielle Großanbieter (z. B. 1&1, Deutsche Telekom), kommerzielle Kleinanbieter (z. B. posteo), eigene persönliche Namensdomain, Firmendomain)
- Bonität (SCHUFA nicht erfasst, SCHUFA ausreichend, eine Mahnung p.a., zwei und mehr Mahnungen p.a.)
- ÖPNV-Affinität (ÖPNV-Abo, kein ÖPNV-Abo, keine Angabe)
- Verbundenheit mit CS von SMRN (Rechnungen p.a.: eine, zwei bis vier, vier bis zwölf, 13 und mehr, Aktionär, Soli-Beiträge)
- Umsatz p.a. (bis 100 €, 100 bis unter 500 €, 500 bis unter 1.000 €, 1.000 bis unter 2.500€, 2.500 bis unter 5.000 €, 5.000 € und mehr)
- Nutzungen pro Monat (unter 1, 1 bis 4, 5 bis 9, 10 bis 19, 20 und mehr)
- Mitgliedsdauer in Jahren (unter 2, 2 bis unter 5, 5 bis unter 10, 10 und mehr)

Soziale Milieus sind auf Basis dieser Indizien nicht exakt bestimmbar, zumal auch einzelne soziale Milieus Überschneidungen haben (Abbildung 12). Alle Kriterien zur Einordnung in soziale Milieus können daher welche sein, die eine Zuordnung zu einem oder mehreren Milieus zulassen oder ausschließen. Für alle Fahrten wurden die Personendaten herangezogen und nach dem Prinzip der »Rasterfahndung« bewertet, ob die jeweiligen Kriterien eher einen Einschluss oder einen Ausschluss zu einem konkreten Milieu zulassen. So ergibt sich zu jedem möglichen Milieu eine Punktezahl. Im Ergebnis bekommt eine Fahrt den Zuschlag für das Soziale Milieu, welches die meisten Punkte hat.

Typische Nutzergruppen bei stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019
Über die Zuordnung der CS-Nutzerprofile der SMRN 2019 in soziale Milieus lassen sich auch Nutzergruppen (NG) ableiten, die einerseits heute zum typischen SMRN-Kundenkreis gehören und andererseits künftig bei einer mit afF bestückten CS-Flotte der SMRN eine größere Rolle spielen werden als bisher (wie z. B. Senioren). Dabei ist zu beachten, dass einzelne Nutzer*innen auch in zwei oder mehr der im folgenden aufgeführten Nutzergruppen vertreten sein können.

Nutzergruppe NG1: Senioren und Seniorinnen 80plus
Diese Nutzergruppe entspricht den »Traditionellen Milieus« innerhalb der »Kriegs- und Nachkriegsgeneration« und lässt sich in den SMRN-Daten einfach abgrenzen:
Zwar wurden 2019 nur wenige Fahrten (51!) durch diese Nutzergruppe vorgenommen, doch hat sie ein enormes Marktpotenzial durch afF. Zum einen werden immobile Senioren und Seniorinnen durch afF wieder mobil und zum anderen sind viele der heutigen »Best Ager« (60–80-Jährige) affin mit gesellschaftlichen wie technologischen Entwicklungen (wie z. B. heute CS und künftig afF). Entsprechend werden 2029 deutlich mehr Personen, die 80 Jahre und älter sind (»Senioren und Seniorinnen 80plus«), auch CS mit afF nutzen. Somit dürften sich beispielsweise auch die heutigen kontroversen Diskussionen um die Fahrtüchtigkeit von Senioren erübrigen, da durch Einführung von afF die Mobilität und damit die Lebensqualität der betroffenen Senioren nicht nur gesichert, sondern sogar deutlich gestärkt wird.

Nutzergruppe NG2: Personen mit Migrationshintergrund / Personen aus dem Ausland
Diese Nutzergruppe entspricht in der Fortschreibung der Nutzerprofile der SMRM in etwa den Nutzer*innen 2019 aus dem Milieu »Junge Distanzierte« innerhalb der »Globalen und digitalen Generation«. Die Zuordnung über die SMRN-Daten erfolgt über die oben skizzierte »Rasterfahndung«:
Eingewanderte und Personen mit Migrationshintergrund waren 2019 kaum als CS-Nutzende bei der SMRN vertreten. Infolge einerseits anhaltender Zuwanderung und andererseits wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Integration dürften jedoch künftig deutlich mehr Eingewanderte und Personen mit Migrationshintergrund CS allgemein und afF speziell nutzen. Dafür spricht auch, dass Mobilität mit afF in CS-Flotten künftig auch deutlich kostengünstiger werden dürfte als die Anschaffung eines eigenen Kfz (und zuvor des Führerscheins) mit den damit verbundenen laufenden Betriebskosten (z. B. Parkgebühren). Die Kosten dürften v.a. in Großstädten, den bevorzugten Wohnstandorten von Eingewanderten und Personen mit Migrationshintergrund, aus verkehrspolitischen Gründen eher überdurchschnittlich steigen.

Nutzergruppe NG3: Best Ager (60–80-Jährige)
Diese Nutzergruppe, die sich in den SMRN-Daten über das Alter leicht zuordnen lässt, entspricht in der Fortschreibung der Nutzerprofile der SMRN in etwa den Nutzer*innen 2019 aus den »Etablierten Milieus«, dem »Bürgerlichen Mainstream« sowie den »Prekären Milieus« innerhalb der »Modernisierungs- und Wertewandel-Generation«:
Ähnlich wie bei der Nutzergruppe NG 1 Senioren und Seniorinnen 80plus dürften künftig bei der Einführung von afF auch die »Best Ager«, d.h. Personen zwischen 60

und 80 Jahren, als CS-Nutzende deutlich zunehmen. Dazu ist mit dem Ausscheiden aus dem Erwerbsleben i.d.R. meist ein geringeres Haushaltseinkommen verbunden ist, so dass der bisherige Lebensstandard bequem durch spürbare Kostenersparnisse über Abschaffung des eigenen Autos einhergehend mit einer intensiveren CS-Nutzung beibehalten werden kann.

Nutzergruppe NG4: Berufstätige
Diese Nutzergruppe entspricht in der Fortschreibung der Nutzerprofile der SMRN in etwa den Nutzer*innen 2019 aus allen Milieus der heutigen »Postmodernen Generation« und der heutigen »Globalen und digitalen Generation«:
Für Berufstätige dürfte infolge der Einführung von afF CS-Flotten deutlich an Attraktivität gewinnen, da die Fahrtzeit für berufliche Aktivitäten (z. B. Telefonate, Arbeiten am Laptop) genutzt werden kann. Da die Buchungen der wohl allermeisten Fahrten dieser Nutzergruppe jedoch über die Firma und nicht über den Nutzenden als Privatperson erfolgen, können diese Fahrten aus den SMRN-Daten nicht explizit ausgewertet werden. Diese Nutzergruppe wird daher nur nachrichtlich übernommen.

Nutzergruppe NG5: Haushaltsführende
Diese Nutzergruppe entspricht in der Fortschreibung der Nutzerprofile der SMRN in etwa den Nutzer*innen 2019 aus allen Milieus. Die Zuordnung über die SMRN-Daten erfolgt über die oben skizzierte »Rasterfahndung«:
Auch Personen im erwerbsfähigen Alter, die nicht (bzw. nur in Teilzeit) erwerbstätig, sondern vor allem mit der Führung eines Haushalts beschäftigt sind (wie z. B. die klassische »Hausfrau«, aber auch die »guten Perlen« für andere Haushalte (z. B. bei Seniorinnen und Senioren), dürften künftig afF in CS-Flotten deutlich intensiver nutzen. Dafür spricht, dass bei afF die Barriere Führerschein abgebaut ist und auch die Fahrtzeit anderweitig genutzt werden kann (z. B. Telefonate, Infotainment).

Nutzergruppe NG6: Freizeitaktive
Diese Nutzergruppe entspricht in der Fortschreibung der Nutzerprofile der SMRN in etwa den Nutzer*innen 2019 aus allen Milieus. Die Zuordnung über die SMRN-Daten erfolgt über die oben skizzierte »Rasterfahndung«:
Ein großes Potenzial an Nutzenden von afF in CS-Flotten ist in der Gruppe der Freizeitaktiven zu sehen. So können afF Fahrzeuge nicht nur von Führerscheinlosen, sondern auch von Fahruntüchtigen (z. B. aufgrund Müdigkeit oder Alkohol) genutzt werden.

Nutzergruppe NG7: Junge Eltern als Kinderbetreuende
Diese Nutzergruppe entspricht in der Fortschreibung der Nutzerprofile der SMRN in etwa den Nutzer*innen 2019 aus allen Milieus mit Ausnahme der sozialen Milieus aus der »Kriegs- und Nachkriegsgeneration« und der »Modernisierungs- und Wertewandelgeneration«. Die Zuordnung über die SMRN-Daten erfolgt über die oben skizzierte »Rasterfahndung«:
Häufig wird das CS (aber auch das Zweitauto) auch als »Elterntaxi« (z. B. für Bring- und Abholdienste der Kinder zum Vereins-, Schul-, Kindergarten-Besuch) genutzt. Aber auch für kinderbetreuende »Nannies« (Au pair) oder Großeltern kann künftig das CS mit afF eine attraktive Alternative für Bring- und Abholdienste sein. So erleichtern afF in CS-Flotten nicht nur diese Bring- und Abholdienste, sondern es wird auch die Nutzung von neuen zusätzlichen Angeboten ermöglicht, die bislang nicht besucht bzw. genutzt werden konnten.

Nutzergruppe NG8: Auszubildende/Studierende
Diese Nutzergruppe entspricht in der Fortschreibung der Nutzerprofile der SMRN in etwa den Nutzer*innen 2019 mit Angabe zum Beruf »Student/in«:
Bereits heute nutzen Auszubildende und Studierende sehr intensiv das CS. Bei Einführung von afF dürfte diese Nutzergruppe stark zunehmen, da beispielsweise auch

Personen ohne Führerschein – und damit viele weitere junge Leute – die afF für ihre Mobilitätsbedürfnisse nutzen werden.

Nutzergruppe NG9: Großeltern als Kinderbetreuende
Diese Nutzergruppe entspricht in der Fortschreibung der Nutzerprofile der SMRN in etwa der Altersgruppe mit 60 Jahren und älter. Die Zuordnung über die SMRN-Daten erfolgt über die oben skizzierte »Rasterfahndung«:
Im Unterschied zur NG7 »Junge Eltern« übernehmen Großeltern Aufgaben zur Kinderbetreuung vor allem während den üblichen Geschäfts-/ Arbeitszeiten. Die Coronakrise hat die Entwicklung zu Teleworking und -learning von zu Hause aus beschleunigt und auch verfestigt, so dass davon ausgegangen werden kann, dass auswärtige Kinderbetreuung (und das Management hierzu) künftig verstärkt von Großeltern übernommen wird, die damit zur Entlastung der meist beruflich stark in Anspruch genommenen »Jungen Eltern« sorgen.

Nutzergruppe NG10: Ältere Eltern als Kinderbetreuende
Diese Nutzergruppe entspricht in der Fortschreibung der Nutzerprofile der SMRN in etwa der Altersgruppe mit 45 Jahren und älter. Die Zuordnung über die SMRN-Daten erfolgt über die oben skizzierte »Rasterfahndung«:

Im Unterschied zur NG7 »Junge Eltern« und NG9 »Großeltern« haben ältere Eltern eher jugendliche oder jungerwachsene Kinder, die auch abends (z. B. Vereine) und nachts (z. B. Disco) Mobilitätsbedürfnisse haben. Auch bei der Substitution dieser klassischen »Disco-Taxis« wird für afF in CS-Flotten ein großes Marktpotenzial vermutet.

Tabelle 4: Fahrten von sozialen Milieus und von Nutzergruppen bei SMRN 2019

Soziale Milieus 1-4.3			**Nutzergruppen NG01-10**	
Bezeichnung		**Fahrten**	**Bezeichnung**	**Fahrten**
1 Kriegs- /Nachkriegsgeneration		51	NG01: Senioren/Seniorinnen (80 Jahre und älter)	51
2 Modernisie-rungs- und Wertewandel-generation	2.1 Prekäre Milieus	*	NG02: Migrant*innen	19.661
	2.2 Bürgerlicher Mainstream	36.830	NG03: Best Ager (60 bis unter 80 Jahre)	7.373
	2.3 Etablierte Milieus	5.169	NG04 Berufstätige	**
3 Post-moderne Generation	3.1 Prekäre Milieus	*	NG05: Haushaltsführende	15.806
	3.2 Bürgerlicher Mainstream	230	NG06: Freizeitaktive	40
	3.3 Etablierte Milieus	*	NG07: Junge Eltern	21.001
	3.4 Kritisch-kreative Milieus	154	NG08: Studierende/ Schüler*innen/ Auszubildende	2.099
4 Globale und digitale Generation	4.1 Junge Distanzierte	*	NG09: Großeltern	280
	4.2 Junge Idealistische	25.595	NG10: Eltern	1.718
	4.3 Junge Pragmatiker	*	* nicht valide ermittelbar/ relevant ** Firmenkunden (nicht ausgewertet)	

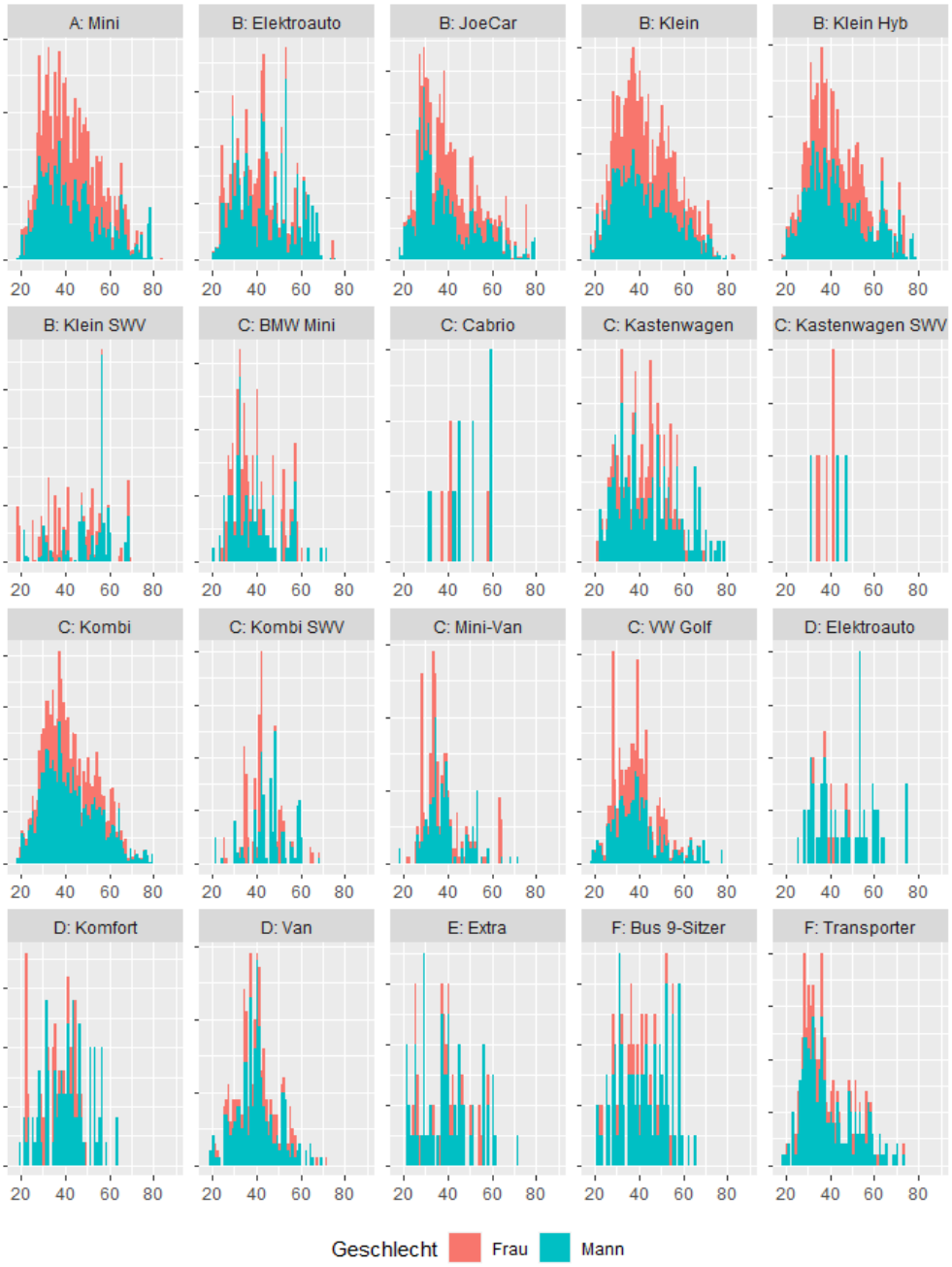


Abbildung 13: Fahrten differenziert nach Alter, Geschlecht und Tarifklassen bei SMRN 2019

In Anlehnung an die sozialen Milieus wurden unter Zuhilfenahme der Fahrtdaten typische Nutzergruppen (mit – teilweise – Überschneidungen) definiert und jede Buchung – soweit eindeutig möglich – einer Nutzergruppe zugeordnet (Tabelle 4).

Tarifklassen:
Bei SMRN werden vor allem kostengünstige Fahrzeuge nachgefragt (Abbildung 13). So verfügt die Flotte von SMRN über zehn Fahrzeugtypen (T0 – T9, Bezeichnungen siehe Tabelle 1, S.13), die in folgende sechs Tarifklassen A – F (nach Preis aufsteigend) eingeteilt sind.

- Tarifklasse A: die meisten T1 (rund 92 Prozent)
- Tarifklasse B: T0, wenige T1 (rund 8 Prozent) und T2
- Tarifklasse C: T3, T 5 und die meisten T8 (rund 76 Prozent)
- Tarifklasse D: T4, viele T8 (rund 24 Prozent) und T9 (rund 59 Prozent)
- Tarifklasse E: viele T9 (rund 41 Prozent)
- Tarifklasse F: T6 und T7

Im Folgenden werden exemplarisch einige Zusammenhänge aus dem Datenpool der SMRN 2019 dargestellt. Durch eine detaillierte Analyse der Fahrtdaten, bei der letztlich alle relevanten Fahrteigenschaften mit allen kreuzkorreliert werden, werden Zusammenhänge erschlossen und die Parameter für die Einordnung der Fahrten zu Anwendungsszenarios definiert. Letztlich handelt es sich auch hier um sehr heuristische Vorgehensweisen, welche letztendlich einen Zusammenhang zwischen Nutzungszwecken und Nutzungsprofilen beziehungsweise zwischen Nutzungszwecken und sozialen Milieus herstellen. Im Anhang (Anhang zu Kapitel 3: Status Quo: Mobilitätsanalyse stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019) findet sich eine Kreuztabelle mit Darstellung von vielen Korrelationen ausgewählter Parameter des Datenpools der SMRN 2019.

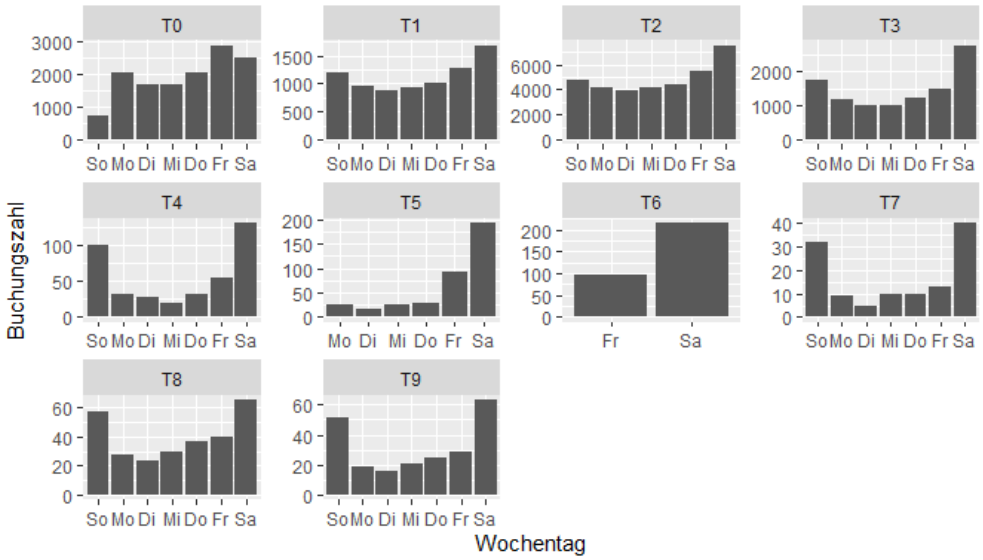


Abbildung 14: Buchungen differenziert nach Wochentag und Fahrzeugtyp bei SMRN 2019

Tabelle 5: Startzeiten nach Fahrzeugtypen bei SMRN 2019 (in Prozent der Gesamtfahrten im jeweiligen Zeitintervall)

Startzeit	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
0 – 6 Uhr	54,5	3,3	27,0	13,2	-	-	-	2,0	-	-
6 – 9 Uhr	25,8	7,7	50,8	14,5	0,3	0,3	-	0,3	0,1	0,2
9 – 12 Uhr	22,7	9,2	48,1	16,1	0,8	1,2	1,2	0,2	0,2	0,3
12 – 15 Uhr	20,1	12,1	48,8	15,6	0,6	0,9	0,7	0,2	0,5	0,5
15 – 18 Uhr	13,5	14,3	53,3	17,1	0,6	0,1	-	0,1	0,7	0,3
18 – 21 Uhr	19,7	14,4	53,6	11,4	0,3	-	-	-	0,4	0,2
21 – 24 Uhr	27,9	9,1	46,8	15,0	0,2	-	-	-	0,2	0,7

Tabelle 6: Startzeiten nach Zielgebieten und Geschlecht bei SMRN 2019 (in Prozent der Gesamtfahrten im jeweiligen Zeitintervall)

Startzeit	Zielgebiet					Geschlecht	
	Lokal	Regio-nal	Überre-gional	Natio-nal	Interna-tional	Frau	Mann
0–6 Uhr	50,0	2,6	4,6	38,2	4,6	27,6	72,4
6–9 Uhr	22,4	32,2	24,2	20,6	0,7	49,1	50,9
9–12 Uhr	19,4	40,8	24,7	14,6	0,4	42,3	57,7
12–15 Uhr	20,2	46,7	22,3	10,5	0,2	44,8	55,2
15–18 Uhr	28,3	50,5	12,3	8,7	0,2	44,0	56,0
18–21 Uhr	34,5	52,6	6,3	6,4	0,2	40,3	59,7
21– 24 Uhr	18,6	49,4	3,1	27,2	1,7	32,7	67,3

3.2 App-basierte Mobilitätsanalyse

3.2.1 Konzeption der App

Ziel der App

Ergänzend zur Auswertung der Historischen Daten 2019 der SMRN in Abschnitt 3.1 wurden in den Jahren 2020 und 2021 auch über eine spezielle App ausgewählte Mobilitätsdaten von SMRN-Kunden der SB-Fahrzeuge in Mannheim und Heidelberg erfasst. Neben den Reiseparametern der aktuellen CS-Fahrt (z. B. Reisezweck, Anzahl Mitfahrer, Anfahrtstrecke und -dauer bis zur Station) konnten die Teilnehmenden persönliche Angaben (z. B. Alter, Geschlecht) sowie Angaben zum allgemeinen Mobilitätsverhalten und zur allgemeinen CS-Nutzung machen, wodurch demografische Zuordnungen und Einstufungen in soziale Milieus ermöglicht und dadurch weitere Erkenntnisse zur Affinität dieser sozialen Milieus mit CS gewonnen wurden.

Konzeption und Umsetzung

Die Applikation wurde plattformunabhängig konzipiert, um eine Barriere für die uneingeschränkte Teilnahme der Testpersonen zu vermeiden, und über den Apple-Store sowie den Android Playstore verfügbar gemacht. Weitere Anforderungen an die App sowie für das Projekt relevante Daten wurden unter den Projektpartnern erarbeitet und abgestimmt. In weiteren Arbeitsschritten wurde das Konzept mit Hilfe von Prototypen und Tests weiter verfeinert und die Menge der abzufragenden Daten zugunsten der Usability sukzessive gekürzt.

Um schnell eine neue Reise anlegen zu können, wurde ein Button direkt im Hauptfenster integriert. Navigieren kann man in der App über das Seitenmenü. Zusätzlich können die App-Nutzenden weitere Informationen über das Projekt nachlesen und auf die verlinkten Seiten der Projektpartner sowie des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg zugreifen. Die Nutzerprofile wurden zusammengefasst in Profildaten, welche in der App einmalig eingegeben werden. Die Nutzungsprofile bestanden aus Reisedaten, welche über einen Zeitraum wiederholt angelegt wurden. Primär handelte es sich um SMRN-Fahrten, aber zusätzlich auch um die angebundenen Wege wie die Anfahrt mit dem Fahrrad zu einer SMRN-Station sowie die Anschlussfahrt auf dem Rückweg. Speziell bei den Fahrten im SMRN-Fahrzeug waren die zurückgelegten Strecken, also die Distanz sowie die ungefähre Route von großer Relevanz. Aus Datenschutzgründen wurden die GPS-Koordinaten bereits auf dem Gerät in PLZ umgewandelt, um Rückschlüsse auf Individuen zu vermeiden (Abbildung 15).

Die verschlüsselte Datenübertragung erfolgte manuell durch den Nutzenden über das Tätigen des Buttons »Daten hochladen«. Die anonymisierten Daten wurden auf einen Server am Fraunhofer IAO übertragen, wo sie vor unbefugtem Zugriff gesichert sind (Abbildung 16).

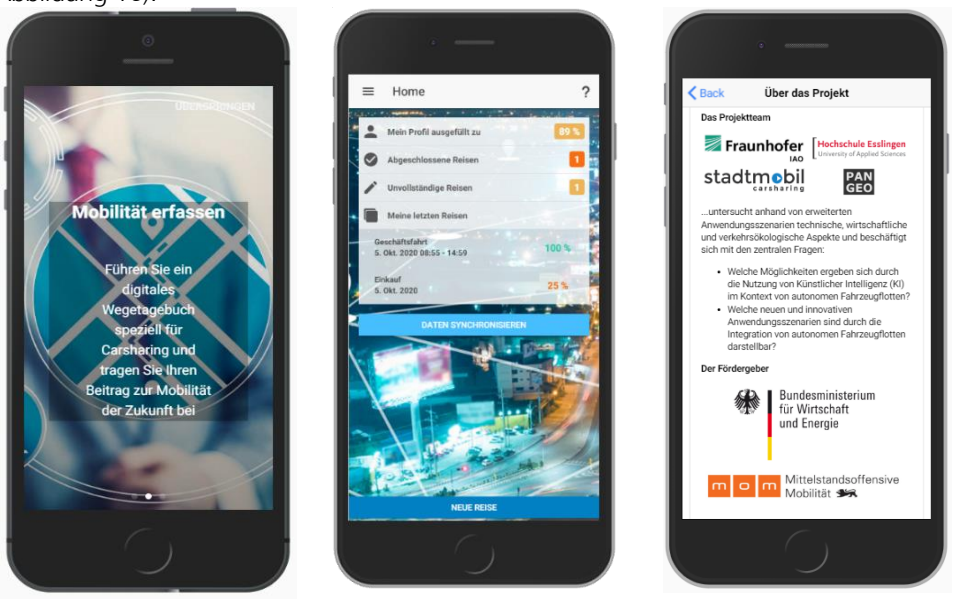


Abbildung 15: Abbildungen der App

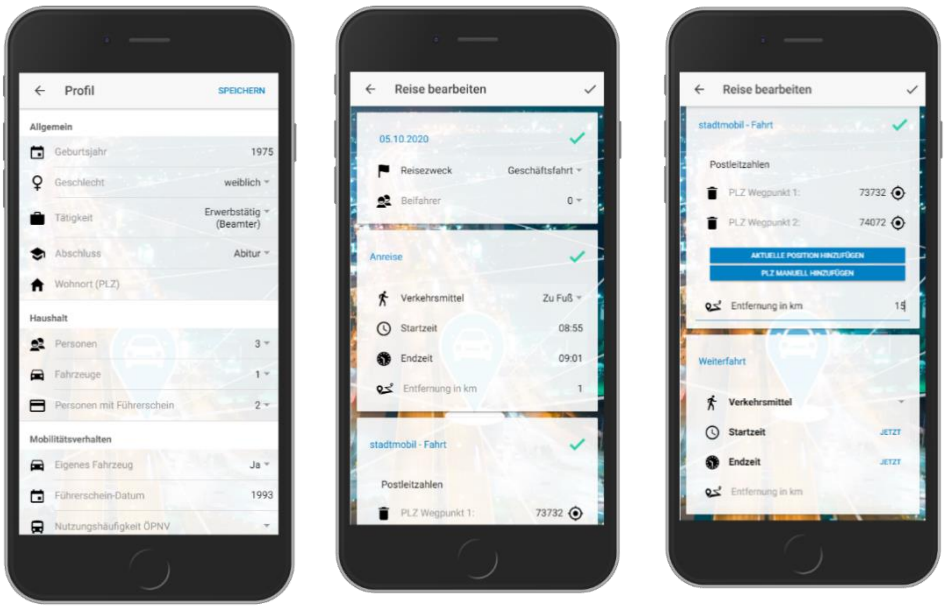


Abbildung 16: Profil- und Reisebildschirme der App

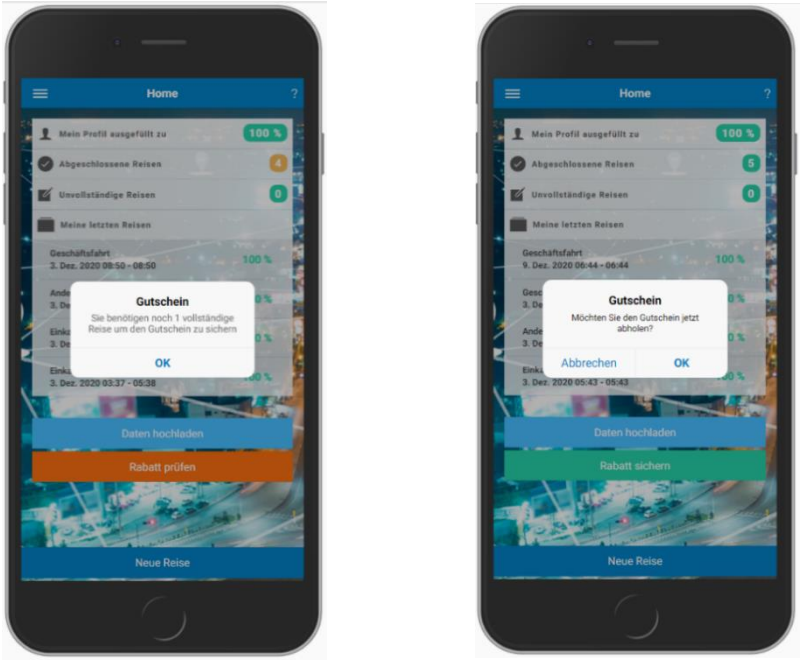


Abbildung 17: Reisegutschein als Incentive (links) und freigeschaltet (rechts)

Datenerhebung

Damit die App auch genutzt wird, wurde ein Incentive in Form eines Reisegutscheins für die aktive Teilnahme integriert: Alle Teilnehmenden, welche das Nutzerprofil zu mindestens 50 Prozent ausfüllen und fünf oder mehr Reisen aufnehmen, erhielten einen Code in der App, mit dem der Gutschein freischaltet werden konnte. Daraufhin wurde den Teilnehmenden mit einem echten SMRN-Kundenkonto 10 € von der Rechnung abgezogen. Auf die App wurde in einem Rechnungsschreiben an die Kunden und Kundinnen von SMRN aufmerksam gemacht (Abbildung 17).

Die App-basierte Datenerhebung verzögerte sich aufgrund von einigen datenschutzrelevanten Änderungen im geplanten Datenmodell. Eine weitere Verzögerung stellte das zu Beginn der Corona-Krise stark eingebrochene CS-Aufkommen bei SMRN dar. Somit verlagerte sich der Erhebungszeitraum auf Ende 2020/Anfang 2021, als sich die Nutzungszahlen wieder der Situation vor Corona anglichen.

Obwohl die App für den Apple-Store und Android Playstore entwickelt wurde, musste sie im Apple-Store deaktiviert werden. Eine neue Richtlinie erforderte detaillierte Angaben zu Privatsphäre und Datenschutz, welche wiederum juristische Prüfungen erforderten. Daher verzögerte sich die Freigabe der Apple-Version über den geplanten Erhebungszeitraum hinaus und musste deshalb eingestellt werden.

3.2.2 Auswertungen der App

Die Android-App wurde während des Erhebungszeitraums 30mal heruntergeladen. Die Teilnehmenden erfassten 59 vollständige aus insgesamt 103 Reisedatensätzen, die CS-Fahrten beinhalteten. Es wurden 14 vollständig ausgefüllte Profildatensätze und 20 halb-vollständige Profildatensätze angelegt, welche zur Auswertung herangezogen wurden.

Laut Analyse der Profildaten gab es rund 74 Prozent männliche Nutzer und rund 26 Prozent weibliche Nutzerinnen. Rund 72 Prozent der Teilnehmenden waren angestellte Erwerbstätige und rund 44 Prozent hatten ein Diplom. Zum Mobilitätsverhalten gaben rund 73 Prozent der Beteiligten an, CS ausschließlich privat zu nutzen. Rund 27 Prozent

der Beteiligten nutzten CS sowohl privat als auch beruflich. Alle Teilnehmenden nutzten CS 1-5mal im Monat. Die Nutzung von ÖPNV und von Bikesharing ist hingegen bei den Teilnehmenden deutlich schwach ausgeprägt. So nutzt die Hälfte der Teilnehmenden keinen ÖPNV und rund 65 Prozent kein Bikesharing (Abbildung 18).

Abbildung 19 zeigt die monatlichen privat und beruflich bedingten Mobilitätskosten der Teilnehmenden. Demnach geben die meisten Teilnehmenden jeweils unter 100 € für ihre privat und beruflich bedingte Mobilität aus und rund ein Viertel der Teilnehmenden hat beruflich bedingte Mobilitätskosten von mehr als 200 € im Monat. Rund 55 Prozent der Teilnehmenden verfügten über kein eigenes Fahrzeug und haben auch keinen Zugriff auf ein Fahrzeug im eigenen Haushalt. Rund 30 Prozent der Befragten hatten ein Fahrzeug und rund 15 Prozent sogar zwei bis drei Fahrzeuge im Haushalt.

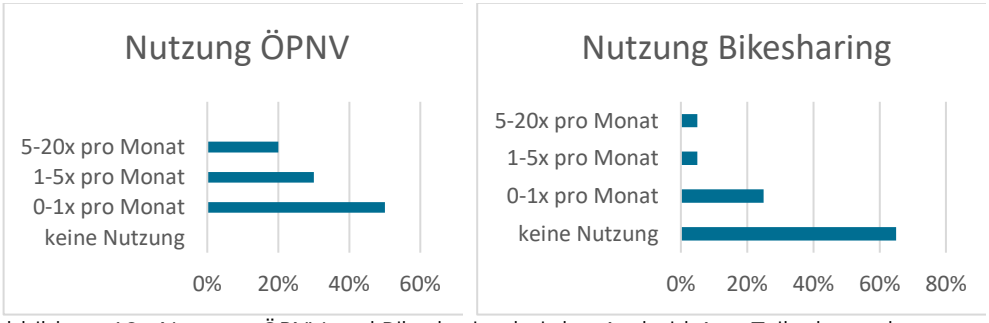


Abbildung 18: Nutzung ÖPNV und Bikesharing bei den Android-App-Teilnehmenden

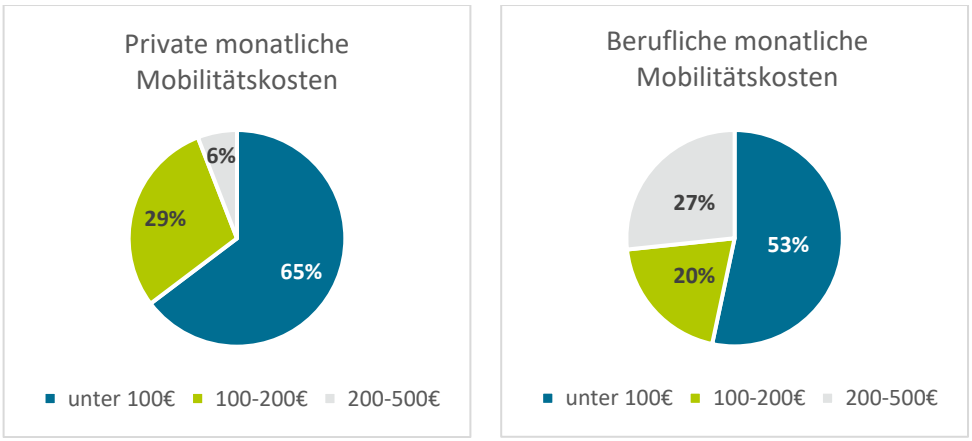


Abbildung 19: Privat und beruflich bedingte monatliche Mobilitätskosten bei den Android-App-Teilnehmenden

Aus den vollständigen Reisedaten ergaben sich durchschnittliche Anfahrtszeiten zu einer CS-Station von 21 Minuten und 30 Sekunden. Eine durchschnittliche CS-Fahrtdauer von 17 Minuten und 22 Sekunden und einer durchschnittlichen Weiterreise von 11 Minuten und 15 Sekunden. Für ihre Reisen zeigten die Teilnehmenden bei der Auswahl ihrer Verkehrsmittel keine eindeutigen Präferenzen zwischen Auto, ÖPNV, Motorrad oder Fahrrad/Fuß (Abbildung 21).
Die durchschnittliche Anfahrtsstrecke betrug 10,2 Kilometer, die durchschnittliche CS-Strecke betrug 29,7 Kilometer und die darauffolgende Strecke zum Ziel betrug durchschnittlich 10,4Kilometer.

Von den CS-Fahrten aus den Reisedaten der App wurden 64 Prozent ohne Mitfahrende, 20 Prozent mit einem Mitfahrenden und 16 Prozent mit zwei oder mehr

Mitfahrenden durchgeführt. Der Großteil der CS-Fahrten wurde dabei in der Freizeit durchgeführt.
Abbildung 20 veranschaulicht die Meinungsbilder zum CS allgemein bei den Befragten.



Abbildung 20: Meinungsbild bei den Android-App-Teilnehmenden: »Carsharing ist …«

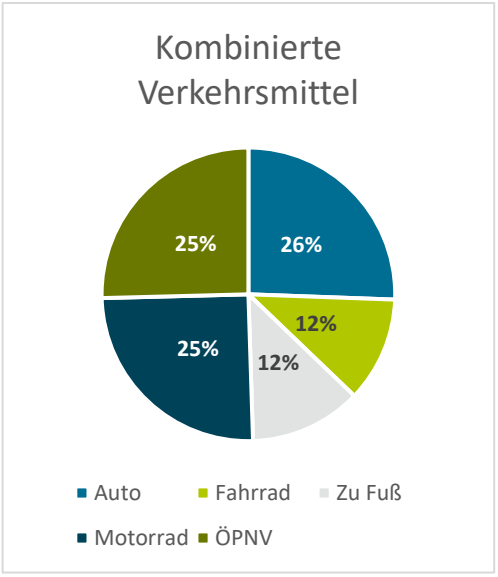


Abbildung 21: Mit Carsharing kombinierte Verkehrsmittel bei den Android-App-Teilnehmenden

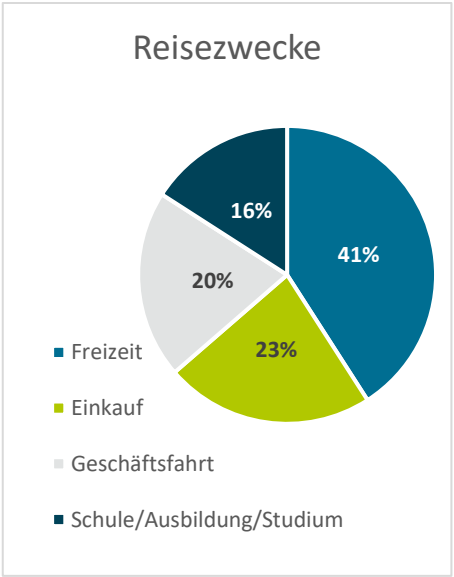


Abbildung 22: Reisezwecke bei den Android-App-Teilnehmenden

3.3 Umfrage

3.3.1 Charakteristika der Teilnehmenden an der Umfrage

Ergänzend zur Mobilitätsanalyse anhand von Historischen Daten (Abschnitt 3.1) sowie der App-basierten Erfassung von Mobilitätsdaten (Abschnitt 3.2) wurde im Projekt auch eine Umfrage von potenziellen Nutzer*innen (keine SMRN-Kunden) durchgeführt. Diese diente zur Verbesserung und Optimierung der Nutzungs- und Nutzerprofile und sollte als zusätzliches Erhebungsinstrument die Mobilitätsanalyse im Projekt abrunden.

Auf die Befragung wurde über die Projektwebseite, über einen Fraunhofer Blog (Abbildung 23), sowie über einen Fachartikel (Abbildung 24) aufmerksam gemacht. Die Fragen zielten auf Bereitschaft und Affinität der Teilnehmenden zum autonomen Fahren. Insgesamt nahmen 106 Interessierte an der Umfrage teil, wovon 85 Teilnahmen vollständig waren und ausgewertet werden konnten. Angesichts der relativ geringen Teilnahmen ist die Befragung nur eingeschränkt repräsentativ, doch gibt sie wertvolle Hinweise zum heutigen und künftigen Mobilitätsverhalten im SMRN-Verbreitungsgebiet.



Abbildung 23: Fraunhofer Blog zur Umfrage potenzieller Nutzer*innen autonom fahrender Fahrzeuge



Abbildung 24: Fachartikel zur Umfrage potenzieller Nutzer*innen autonom fahrender Fahrzeuge

Bei den Teilnehmenden sind alle Altersgruppen (bei leichter Überrepräsentativität der 50–59–Jährigen) vertreten, charakteristisch dabei war ein relativ hoher Bildungsstand sowie damit einhergehend eher höher qualifizierte Berufe (keine Arbeiter*innen sowie Arbeitslose/ -suchende, relativ viele Selbständige) (Abbildung 25).

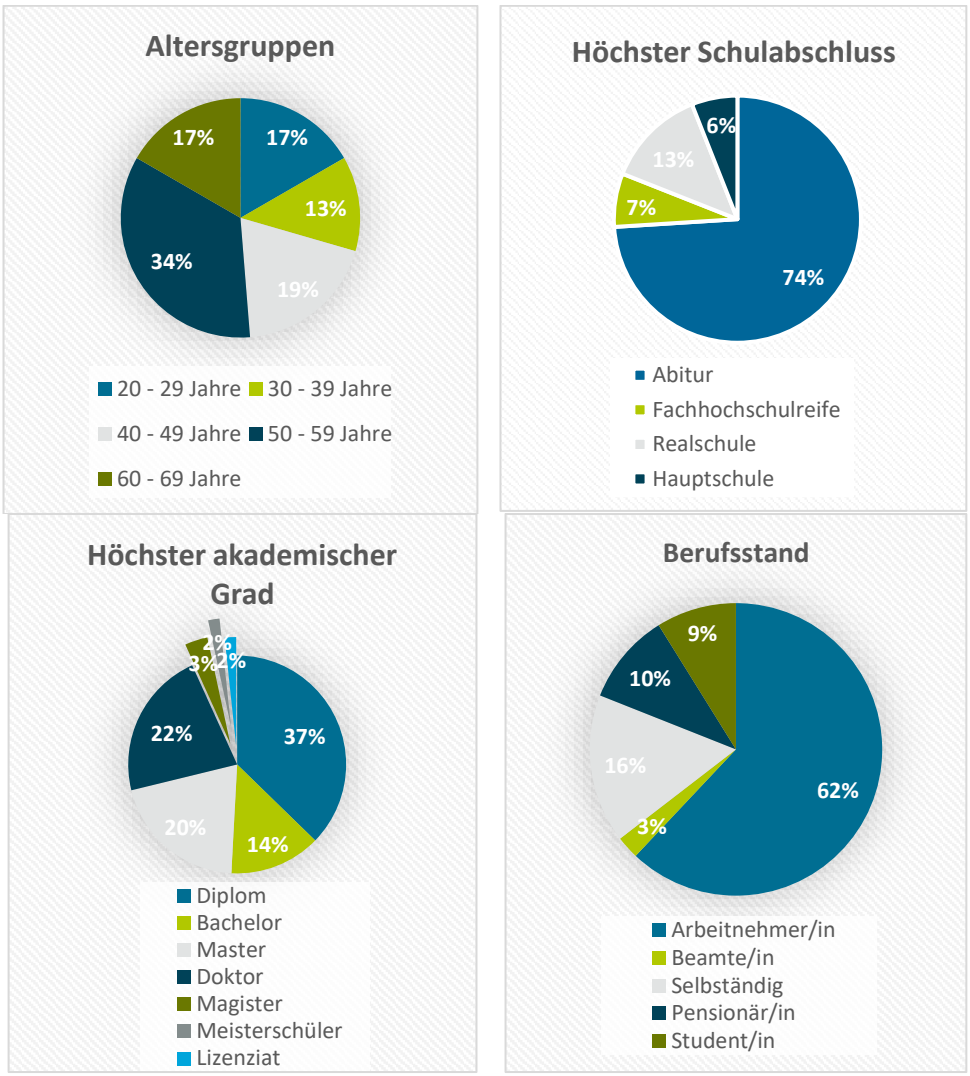


Abbildung 25: Charakteristika der Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge (Alter, Schulabschluss, akademischer Grad und Beruf)

In Abbildung 26 sind ausgewählte Charakteristika der Haushalte, in denen die Teilnehmenden leben, dargestellt. Demnach leben rund 60–70 Prozent der Teilnehmenden in typischen »Dinks«-Haushalten (»double income no kids«) mit relativ hohem Einkommen (Abbildung 27).

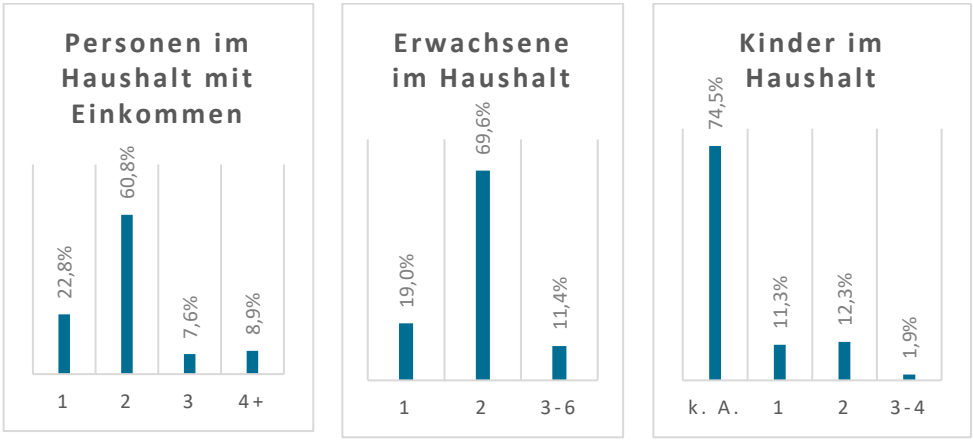


Abbildung 26: Charakteristika der Haushalte der Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge (Personen, Einkommen)

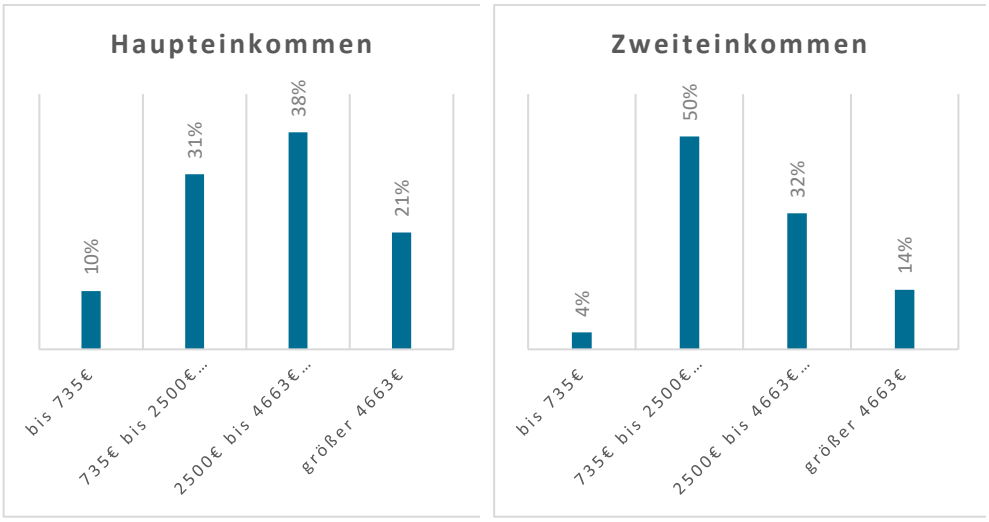
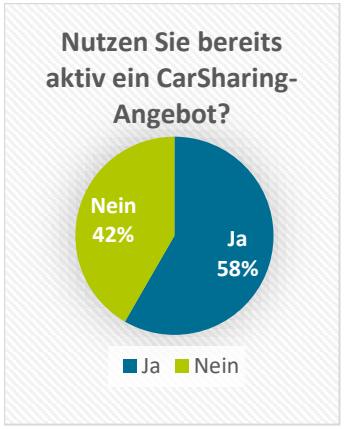


Abbildung 27: Charakteristika der Haushaltseinkommen bei den Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge

Die meisten Teilnehmenden nutzen aktiv CS wie auch den ÖPNV (Abbildung 28) und verfügen mehrheitlich nicht über motorisierte Verkehrsmittel trotz relativ hoher Haushaltseinkommen (Abbildung 29). Dies entspricht dem Trend, dass die Bedeutung von Auto (und auch Motorrad) als Statussymbol insbesondere bei jüngeren gutverdienenden Städter*innen abnimmt, was durch die Re-Urbanisierung bzw. durch die Bevorzugung von Wohnlagen in Städten (bzw. in der Nähe zur Arbeitsstelle) auch deutlich wird, wovon die relativ kurzen täglichen Pendelwege zeugen (Abbildung 30). Inwieweit jedoch diese Entwicklungen in Zeiten der Coronakrise (»Home-Office«) sich fortsetzen werden, ist heute nicht absehbar.



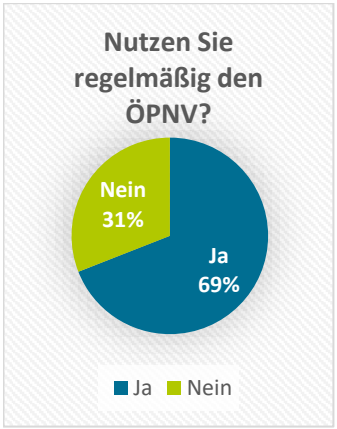
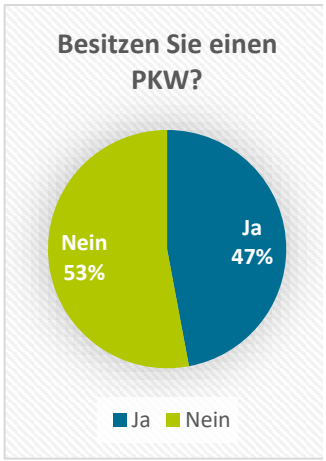
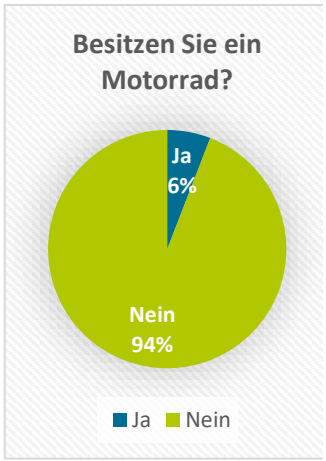


Abbildung 28: Affinität mit Carsharing und ÖPNV der Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge





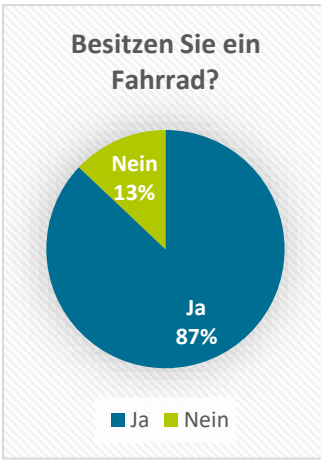


Abbildung 29: Vorhandene Verkehrsmittel bei den Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge

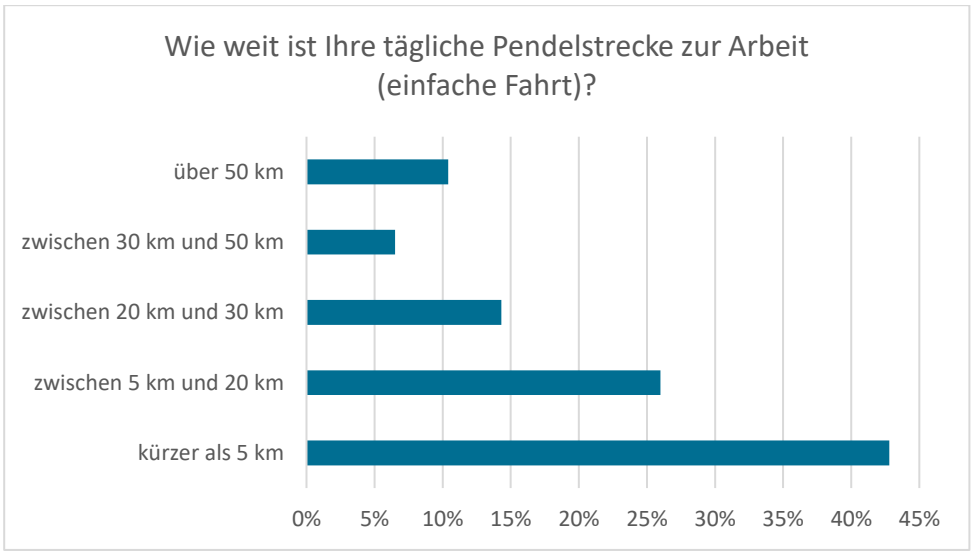


Abbildung 30: Tägliche Pendelstrecke (einfacher Weg) der Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge

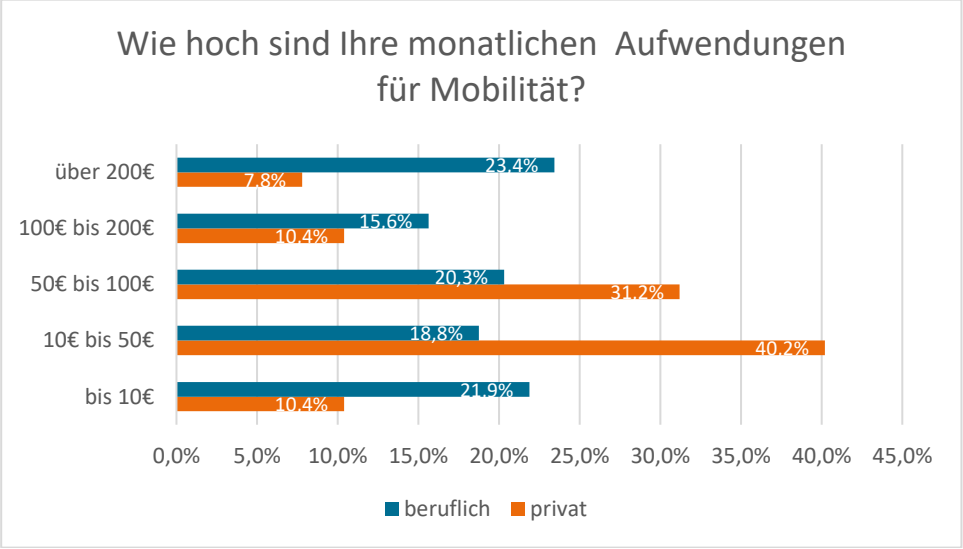


Abbildung 31: Monatliche Kosten der Mobilität bei den Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge

Eine Betrachtung der monatlichen Kosten der Mobilität differenziert nach privaten und beruflichen Anlässen zeigt, dass zum einen die privat bedingten Kosten relativ gering (rund die Hälfte der Teilnehmenden unter 50 €), jedoch die beruflich bedingten Kosten relativ hoch sind (rund ein Viertel der Teilnehmer über 200 €!) (Abbildung 31). Diese relativ hohen Kosten der beruflichen Mobilität begründen sich möglicherweise damit, dass Anschaffungs- und Unterhaltungskosten für Autos eher berufs- als privatbedingt empfunden werden und dass bei vielen Teilnehmenden ein relativ hoher beruflich bedingter Reiseaufwand vorhanden ist, wovon auch der relativ hohe Anteil an Selbständigen und Hochqualifizierten zeugt (Abbildung 25, S.34).

3.3.2 Akzeptanz von autonom fahrenden Fahrzeugen (afF) in Carsharing-Flotten bei den Teilnehmenden der Umfrage

Die allgemeine Akzeptanz zur Nutzung von afF (»Autonomes Taxi«) ist bei den Teilnehmenden deutlich positiv ausgeprägt – und dies auch beim »Anvertrauen und Überlassen« der eigenen Kinder an ein afF (Abbildung 32). Einzelne Ablehnungen wurden von den Befragten mit Bedenken wegen der Dauer (20 Minuten wären zu lange) (Abbildung 34), der Ortung per GPS oder wegen der ausschließlichen Nutzung eines Smartphones für diesen Dienst begründet.

Darüber hinaus zeigt die Umfrage, dass bei gleichen Preisen das afF bei Kurzstrecken von rund der Hälfte der Teilnehmenden dem ÖPNV und bei Langstrecken von rund einem Viertel der Teilnehmenden der Bahn oder dem Flugzeug vorgezogen werden würde. Damit dürfte das Marktpotenzial von afF in der ersten Phase vor allem in Kurzstrecken liegen. Auch würde nur rund jeder zehnte Befragte – trotz insgesamt eher höherer Einkommen – für sich selbst ein afF kaufen, d.h. dem afF wird noch keine wesentliche Statusbedeutung beigemessen. Rund zwei Drittel würden hingegen ein afF lieber teilen (mit anderen Privatpersonen) oder mieten (z. B. über SMRN) (Abbildung 33). Hier stellt sich die Frage nach einer ökologisch und wirtschaftlich sinnvollen Kombination aus ÖV, privat oder in CS-Flotten geteilten afF und Individualverkehr.

Des Weiteren wurde die Bereitschaft für die Nutzung afF zum Zweck der Personenbeförderung, aber auch für andere Einsatzzwecke befragt:

Anwendungszweck Personenbeförderung:
Wie Abbildung 35 zeigt, erfahren unter den vorgegebenen Anwendungszwecken zur Personenbeförderung durch autonomes Fahren Besuche, Ausflüge und tägliche Erledigungen die meiste Zustimmung. Tendenziell eher abgeneigt sind die Teilnehmenden bei Dienstreisen und Fahrten zur und von der Arbeit. Bei Urlaubs- und Wochenendfahrten zeigt sich, dass Urlaubsfahrten bis 100 Kilometer und Wochenendfahrten für einen Tag für einige Teilnehmenden denkbar wären. Bei Wochenendfahrten von zwei Tagen Dauer nimmt die Bereitschaft leicht ab und bei Urlaubsfahrten von über 100 Kilometer nimmt die Skepsis bei den Befragten zu. Bei Fahrten im Familienkontext (z. B. Kinderabholen) sind die Teilnehmenden gemischter Meinung.

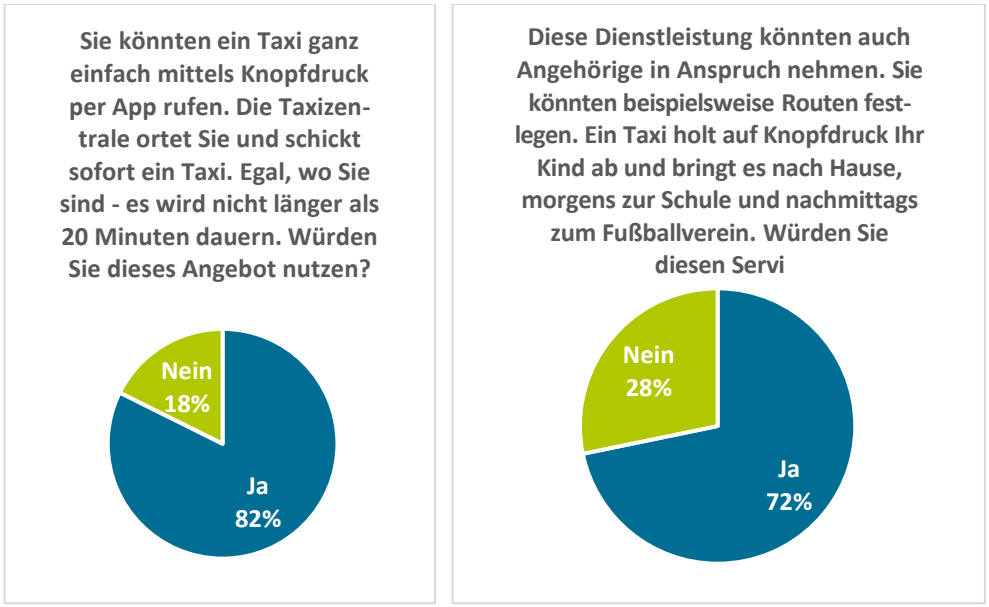


Abbildung 32: Akzeptanz zur Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge (»Autonomes Taxi«) bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20 für sich selbst und für eigene Kinder

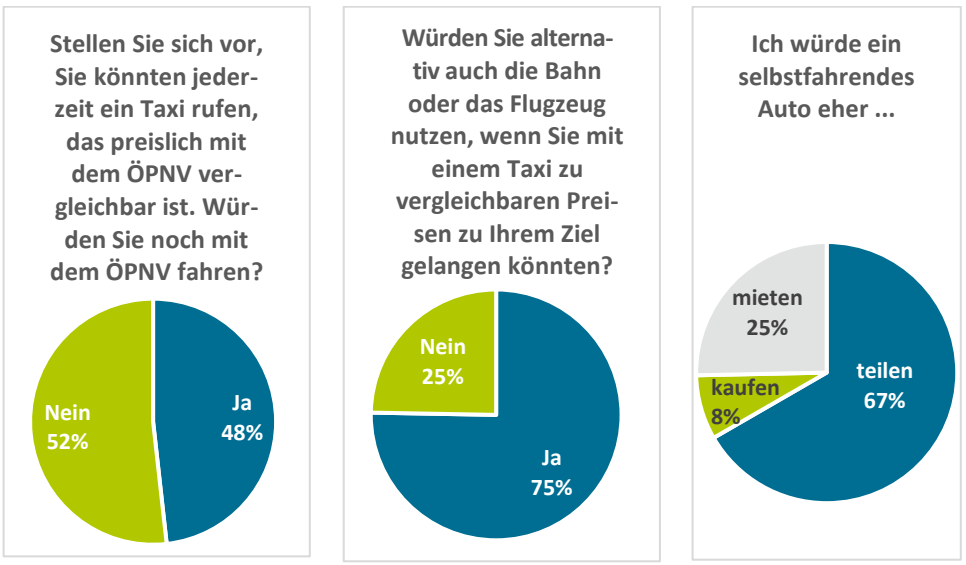


Abbildung 33: Persönliche Nutzung von autonom fahrenden Fahrzeugen (»Autonomes Taxi«) bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20

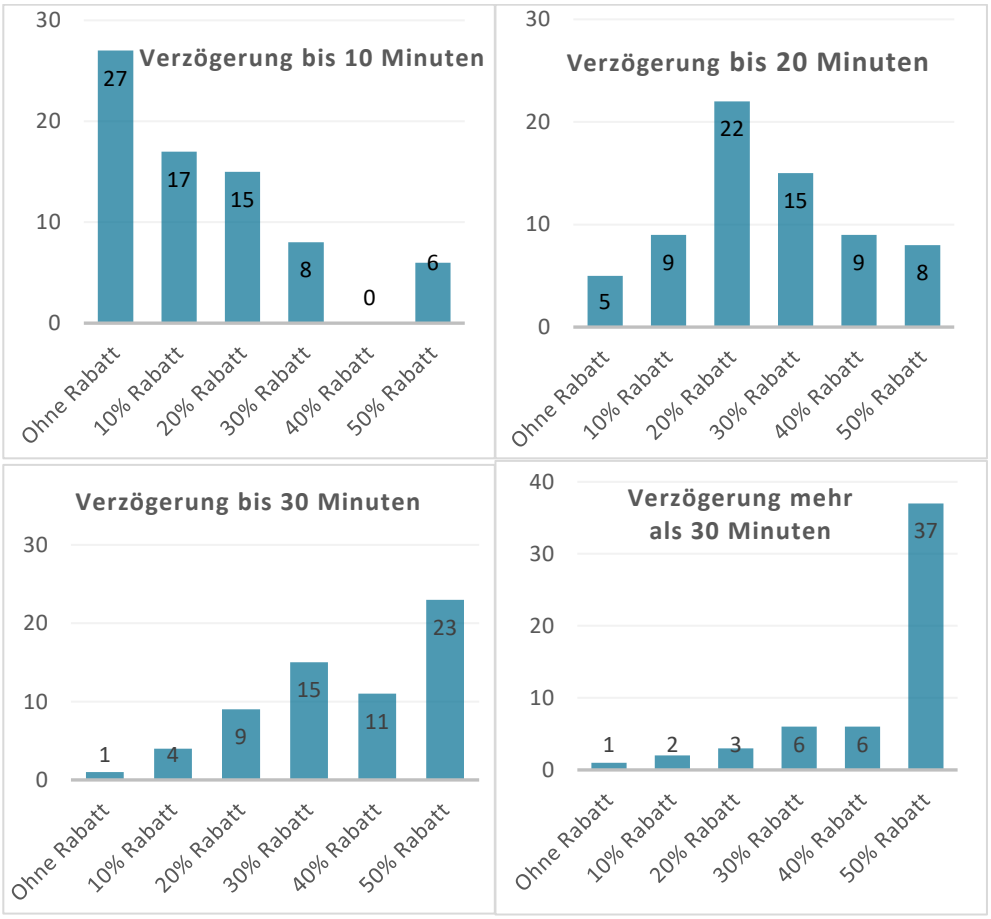


Abbildung 34: Erwartungen an Rabattierung nach Wartezeit auf ein autonom fahrendes Fahrzeug (»Autonomes Taxi«) bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20

Andere Anwendungszwecke:
Bei anderen Anwendungszwecken liegt die meiste Zustimmung bei der Abholung von Einkäufen im lokalen Handel (Abbildung 36). Bei der Paketverteilung im Allgemeinen sind Zustimmung und Ablehnung bei den Befragten eher ausgeglichen. Eine Ablehnung erfahren die Verlagerung der Paketverteilung auf außerhalb der Stoßzeiten oder auf Industriegebiete und ganz besonders die Paketverteilung zu jeder Uhrzeit. Auch die Idee, ein afF mit seiner Fahrzeugbatterie für den Energietransport nutzbar zu machen, wird gemischt als sinnvoll erachtet und auch das Nutzen des afF als Ruhe- oder Pausenort würde nach der Mehrheit der Teilnehmenden eher nicht in Frage kommen (Abbildung 36).

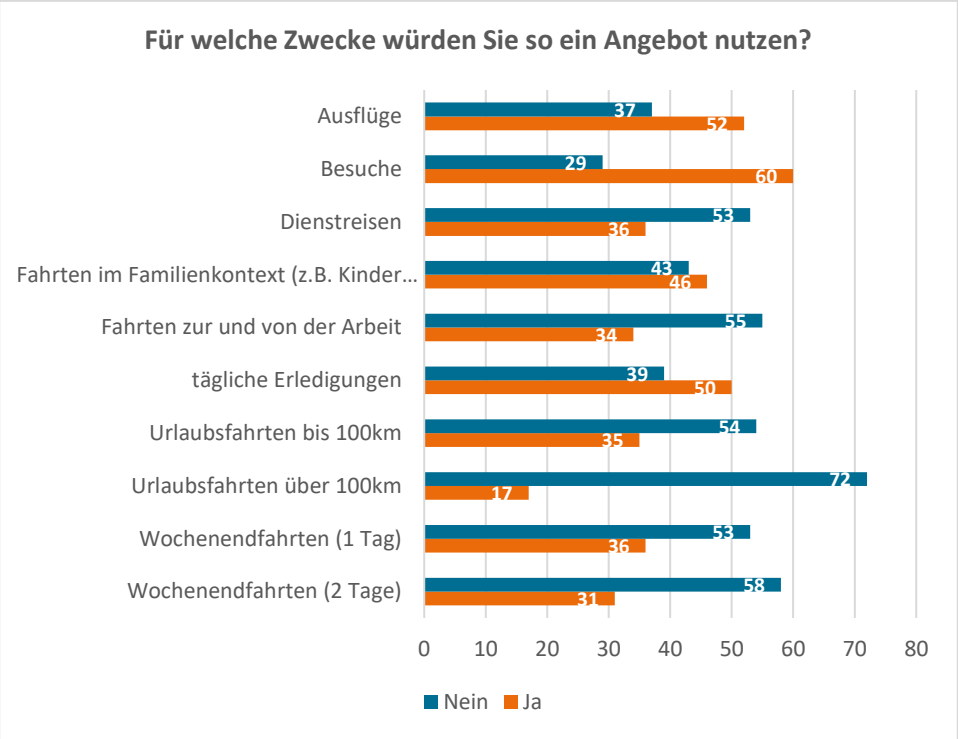


Abbildung 35: Einschätzung des Anwendungszwecks Personenbeförderung von autonom fahrenden Fahrzeugen bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20

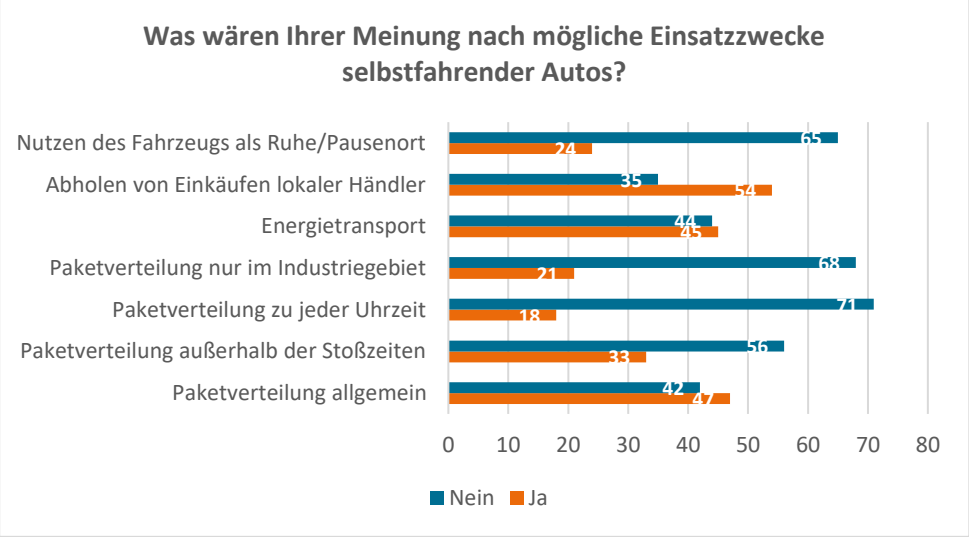


Abbildung 36: Einschätzung anderer Anwendungszwecke von autonom fahrenden Fahrzeugen bei Teilnehmenden der Umfrage 2019–20

4 Anwendungsszenarien

4.1 Inhaltlich-methodische Grundlagen

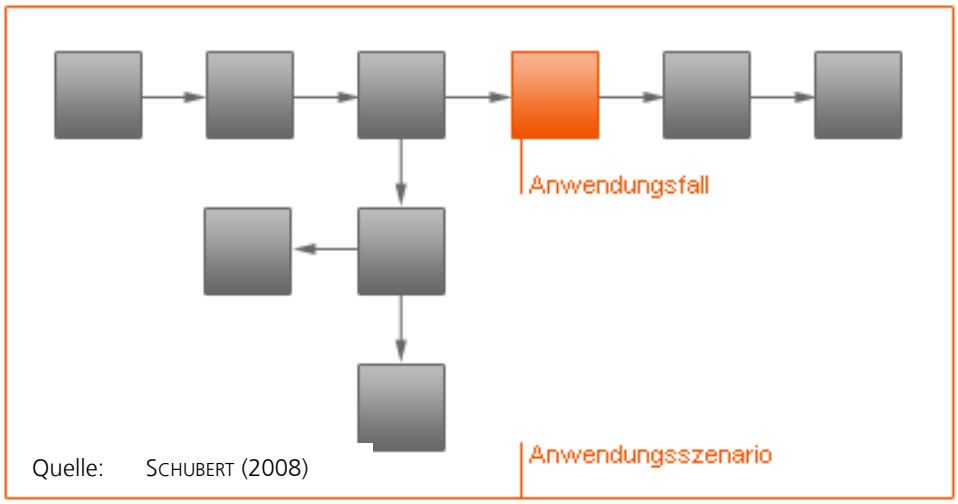
4.1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

In diesem Kapitel werden Einsatzmöglichkeiten von afF in der CS-Flotte der SMRN identifiziert und diese als sogenannte Anwendungsszenarien, zum einen über funktionale Cluster (z. B. Privat-/ Geschäftsnutzung, Personen-/ Güterbeförderung) klassifiziert, und zum anderen über Abschätzungen zu technischen (Umsetzbarkeit), wirtschaftlichen (Marktpotenzial) und ökologischen (CO_2-Emissionen) Aspekten analysiert und bewertet. Als Bezugsraum dient jeweils die Metropolregion Rhein-Neckar als Verbreitungsgebiet der CS-Flotte der SMRN.

4.1.2 Abgrenzung Anwendungsszenario und Anwendungsfall

Über gleichartige bzw. ähnliche Nutzungs- und Nutzerprofile (siehe Kapitel 3, S.12ff) werden sogenannte Anwendungsszenarien abgeleitet, die beschreiben, wie eine Anwendung (= Nutzung eines autonom fahrenden Fahrzeuges der Carsharing-Flotte) mit dem geplanten System (= alle autonom fahrenden Fahrzeuge der Carsharing-Flotte) ganzheitlich interagieren wird.

In der Literatur wird unterschieden zwischen »Anwendungsszenario« und »Anwendungsfall« (= »Use Case«)[2]. Demnach beinhaltet ein Anwendungsszenario auch die Interaktion mit allen für die Anwendung erforderlichen Teilschritten (= Anwendungsfällen). Beispielsweise wäre die gesamtheitliche Anwendung »Paketlieferung durch autonom fahrendes Fahrzeug aus Carsharing-Flotte« ein Anwendungsszenario und alle hierzu erforderlichen Teilschritte (wie z. B. »Bestückung des autonom fahrenden Fahrzeugs mit Paketen«, »Benachrichtigung des Empfängers über Zeitpunkt der Lieferung« u.a.m.) wären Anwendungsfälle (Abbildung 37).



Quelle: SCHUBERT (2008)

Abbildung 37: Begriffstrennung Anwendungsfall und Anwendungsszenario

[2] Wie z. B. bei SCHUBERT, ULF (2008): Use Case, Anwendungsfall, Anwendungsszenario – wo ist da der Unterschied? Online-Artikel: https://www.user-experience-blog.de/2008/10/use_case_anwendungsfall_anwend/

In diesem Projekt werden jedoch nur Anwendungsszenarien, nicht aber Anwendungsfälle betrachtet, da es den Rahmen dieser Studie sprengen würde, für jedes Anwendungsszenario auch alle einzelnen hierfür erforderlichen Anwendungsfälle aufzuzeigen. Dies wäre ggf. Aufgabe für tiefergehende Studien zur weiteren Umsetzung der einzelnen Anwendungsfälle für die jeweiligen Zielgruppen (z. B. nutzerspezifische App-Entwicklungen).

4.1.3 Abstraktionen von Nutzungs- und Nutzerprofilen als Grundlage für Anwendungsszenarien

Die Anwendungsszenarien werden gewonnen über Abstraktionen

- der aktuellen (über Befragungen (App)) und der historischen (über vorliegende Nutzungsdaten) Nutzungsprofile (= durchgeführte Fahrten der CS-Flotte der SMRN) und
- der aktuellen Kundenprofile (= Kunden der SMRN), aus denen sich Affinitäten zu bestimmten sozialen Milieus ableiten lassen (über vorliegende Nutzungsdaten).

In den Anwendungsszenarien sind entsprechend alle Anwendungsfälle, die für ein erfolgreiches Interagieren innerhalb des jeweiligen Anwendungsszenarios erforderlich sind, ohne weitere Dokumentation enthalten bzw. abstrahiert dargestellt. Eine tiefergehende detaillierte Darstellung aller möglichen Anwendungsfälle innerhalb eines Anwendungsszenarios wie in Abbildung 37 (S.41) aufgezeigt (beispielsweise für eine App-Codierung) würde jedoch den Blick fürs Wesentliche dieser Studie nehmen. Vielmehr soll angestrebt werden, dass über ausgewählte Anwendungsszenarien realistische und erfolgreiche Simulationen durchgeführt werden können, die eine Entscheidungsgrundlage für tiefergehende App-Entwicklungen und –Umsetzungen für eine erfolgreiche Markteinführung als »Business Goal« bilden können. Entsprechend werden insgesamt 20 Anwendungsszenarien für afF in der CS-Flotte von SMRN unter folgenden Fragestellungen konzipiert:

Anwendungsszenarien ROBO-TAXI (Fortschreibung Status Quo 2019):
Autonom fahrende Fahrzeuge in Carsharing-Flotten <u>mit Personenbeförderung</u>

- Welche typischen Nutzungs- und Kundenprofile gab es 2019 bei SMRN (und bei anderen CS-Flotten) und wie dürften sich diese künftig unter Berücksichtigung der zu erwartenden gesellschaftlichen Megatrends als jeweilige Anwendungsszenarien bei der Einführung von afF in CS-Flotten entwickeln?
- Lassen sich für 2029 typische Kundengruppen für afF in der CS-Flotte der SMRN herauskristallisieren?

Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG:
Autonom fahrende Fahrzeuge in Carsharing-Flotten <u>ohne Personenbeförderung aber mit Personenkontakt auf der letzten Meile</u>

- Welche Anwendungsszenarien ohne Personenbeförderung, aber mit Personenkontakt/ -interaktion auf der letzten Meile sind für afF in der CS-Flotte der SMRN denkbar?

Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE:
Autonom fahrende Fahrzeuge in Carsharing-Flotten <u>ohne Personenbeförderung und ohne Personenkontakt auf der letzten Meile</u>

- Welche Anwendungsszenarien ohne Personenbeförderung und auch ohne Personenkontakt/ -interaktion auf der letzten Meile sind bei autonom fahrenden Fahrzeugen in der CS-Flotte der SMRN denkbar?

Die konzipierten Anwendungsszenarien werden abgeschätzt hinsichtlich

- Wirtschaftlichkeit (Marktpotenzial),
- Umsetzbarkeit (Schwierigkeitsgrade, Anforderungen, Kosten) und
- Verkehrsökologischen Auswirkungen (CO_2-Emissionen).

4.2 Konzeption von Anwendungsszenarien 2029

4.2.1 Einflüsse der Mobilitätsanalyse 2019 auf die Anwendungsszenarien 2029

Die konkreten Anwendungszwecke der erfolgten Fahrten bei SMRN sind explizit unbekannt. Allerdings lassen sich anhand verschiedener Merkmale einer Buchung auf deren konkretem Anwendungszweck Rückschlüsse ziehen. So lassen sich wohl Fahrten über mehrere Tage mit einer hohen Kilometerleistung eher dem Anwendungszweck Besuche oder Urlaube zuordnen und entsprechend Fahrten von kurzer Dauer mit geringer Kilometerleistung in Abhängigkeit von der Tageszeit eher dem Anwendungszweck diverse Besorgungsfahrten.

Das Anwendungsszenario wird wesentlich geprägt vom Anwendungszweck, der sich grob in folgenden Kategorien einteilen lässt:

- Arbeit / (Aus-)Bildung
  - Erreichen des Arbeitsplatzes bzw. der Bildungsstätte bzw. Heimfahrt
  - Dienstreisen und geschäftliche Fahrten
- Besorgungen/Versorgung
  - **Einkaufen** findet in der Regel während der Geschäftszeiten statt und dauert nicht länger als vier Stunden.
  - **private Erledigungen** werden wesentlich dadurch gekennzeichnet, dass sie während der Geschäftszeiten stattfinden.
  - Beförderung von Personen
- Freizeit/ Erholung/ Kultur
  - **Abendliche Freizeitaktivitäten** beginnen nach 17:00 Uhr und enden spätestens am darauffolgenden Tag um 5:00 Uhr.

- **Besuche/Verabredungen** mit Übernachtung beginnen gegen Mittag oder später und enden am folgenden Tag gegen Mittag
- **Ausflüge** finden in der Regel während der Freizeit statt und dauern maximal einen Tag.
- **Kurzurlaube** dauern mehr als einen Tag und gehen maximal über ein Wochenende von Freitagnachmittag bis Montagvormittag.
- Urlaubsreisen

So kommt man bei einer differenzierten Betrachtung der vorliegenden Fahrten zur Kategorisierung im Hinblick auf Anwendungsszenarien. Auch werden hier nur mögliche Anwendungsszenarien von Privatkunden detailliert betrachtet, da es wenig sinnvoll erscheint, für dienstliche, beziehungsweise geschäftliche Nutzungen, konkrete Anwendungsszenarien zu plausibilisieren. Dienstliche Fahrten finden meist während der Arbeitszeit statt und irgendwelche Annahmen zur Nutzung lassen sich nur schwer treffen. Für die Ableitung von Anwendungsszenarien aus den Fahrtdaten wird von folgenden Grundannahmen ausgegangen:

- Das Anwendungsszenario bestimmt den Fahrzeugtyp
- Die zurückgelegten Entfernungen korrelieren mit den Anwendungsszenarien. Hier werden im Wesentlichen unterschieden:
  - Einwegfahrten, die nur mit Free Floating (FF) - Fahrzeugen, also JoeCar bei SMRN möglich sind. Ansonsten sind Fahrzeuge dort abzustellen, wo sie abgeholt wurden.
  - lokale Fahrten
  - regionale Fahrten
  - überregionale Fahrten
  - nationale Fahrten
  - internationale Fahrten
- Zeitliche Lage der Fahrten, also Zeitabschnitte in denen Fahrten stattfinden, korreliert mit den Fahrzwecken. Zeitabschnitte sind:
  - übliche Geschäftszeiten
  - Ladenöffnungszeiten
  - Freizeit
  - Werktage
  - Sonn- und Feiertage
  - Betrachtet werden neben den Fahrtdauern auch Zeiträume in denen Fahrten starten oder enden.

- Fahrten über mehrere Zeitabschnitte hinweg dienen nicht einfachen Besorgungen

Jede einzelne Fahrt wird im Hinblick auf das mutmaßliche Anwendungsszenario und das Kundenprofil charakterisiert.

4.2.2 Einflüsse von sozialen Milieus 2019 auf Anwendungsszenarien 2029

In der Mobilitätsanalyse (siehe Kapitel 3, S.12ff) wurden die CS-Kundenprofile von SMRN auch anhand sogenannter »Soziale Milieus« differenziert. Die Zuordnung der Nutzer zu einzelnen sozialen Milieus nach sociodimensions 2019 (Abbildung 12, S.21) erfolgte dabei über verschiedene Annahmen, die zu den einzelnen vorhandenen Datensätzen bei den Kundendaten getroffen wurden (wie z. B. Alter, Beruf). Dabei zeigte sich, dass im Jahr 2019 die CS-Kunden SMRN nicht gleichermaßen über alle sozialen Milieus verteilen, sondern dass das CS von bestimmten sozialen Milieus stärker genutzt wird (z. B. »Junge Pragmatische«) als von anderen (z. B. »Traditionelle Milieus«). Entsprechend kann für die Konzeption von Anwendungsszenarien angenommen werden, dass soziale Milieus mit hoher Affinität zum CS 2019 auch künftig eher afF in der CS-Flotte der SMRN als Technologieadaptoren und Innovationsempfänger stärker vorantreiben werden als soziale Milieus, die bislang eher unterdurchschnittlich als SMRN-Kunden registriert sind. Dabei kann auch angenommen werden, dass die in 2019 vorhandenen Affinitäten zum CS in den einzelnen sozialen Milieus 2019 bzw. bei den Nutzenden 2019 von SMRN bis 2029 gewissermaßen »mitaltern« bzw. dass beispielsweise in 2029 deutlich mehr Ältere CS nutzen werden als in 2019.

4.2.3 Einflüsse von »Gesellschaftlichen Megatrends« 2019 auf Anwendungsszenarien 2029

Zu berücksichtigen sind bei der Konzeption von Anwendungsszenarien für afF in der CS-Flotte der SMRN auch die Einflüsse von sogenannten »Gesellschaftlichen Megatrends«:

Gesellschaftliche Megatrends definieren sich über ihre **Dauer** meist über mehrere Jahrzehnte, über ihre **Ubiquität** mit Auswirkungen in allen gesellschaftlichen Bereichen, über ihre **Globalität** mit Auswirkungen auf die gesamte Welt und ihre **Komplexität** mit vielschichtigen und mehrdimensionalen Dynamiken und Wechselwirkungen (vgl. www.zukunftsinstitut.de und https://trendreport.de/megatrends). Bis zur Einführung von autonom fahrenden Fahrzeugen im Jahr 2029 (fiktiv) ist nach ZUKUNFTSINSTITUT 2021[3] mit folgenden Gesellschaftlichen Megatrends, unter der Berücksichtigung der Coronakrise als bestimmender Einflussfaktor und Trendbeschleuniger seit 2020, zu rechnen:

Megatrend 1: Wissenskultur
»Die Welt wird schlauer: Der globale Bildungsstand ist heute so hoch wie nie. Vor allem im Zusammenhang mit dem Megatrend Konnektivität verändert sich unser Wissen über die Welt und auch die Art und Weise, wie wir mit Informationen umgehen – unsere Wissenskultur. Die Pandemie hat Bildung endgültig digitalisiert, kooperative und dezentrale Strukturen zur Wissensgenerierung vorangetrieben und innovatives Denken angekurbelt.«

[3] Siehe https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/megatrends-nach-corona-zeit-fuer-eine-revision/

Megatrend 2: Urbanisierung
»Die Stadt als Lebensraum hat sich durch Corona stärker verändert als das Leben auf dem Land. Zuvor war der Alltag von Städterinnen und Städtern von hoher Mobilität geprägt, die Lebensqualität ergab sich aus den zahlreichen Angeboten der Metropolen. Die Pandemie hat die Vorteile des städtischen Lebens teilweise ins Gegenteil verkehrt. In Zeiten des Lockdowns wurde das Zuhause zum wichtigsten Lebensraum, das öffentliche Leben kam zum Erliegen. Auch wenn sich Gastronomie und kulturelle Angebote in Städten langsam wieder erholen, bleibt ungewiss, wann sich das urbane Leben wieder voll entfalten kann. Die Bedeutungsverschiebung der eigenen vier Wände bleibt und wird den Megatrend Urbanisierung begleiten.«
Für Deutschland ist darüber hinaus zu bemerken, dass der Zuwanderungsdruck, insbesondere auf Städte in Aktivräumen, zunimmt, was dort zu steigenden Wohnkosten führen wird. Verbunden damit ist zum einen, eine Verdrängung von alteingesessenen Bevölkerungsgruppen durch neu zugezogene, besser verdienende, Bevölkerungsgruppen (Gentrifizierung), und zum anderen eine Abnahme von Bevölkerungsgruppen aus der Mittelschicht, für die der Anteil der Wohnkosten, welches sie aus ihrem aus ihrem Erwerbseinkommen bestreiten müssen, zu teuer wird (Polarisierung).

Megatrend 3: Konnektivität
»Das Prinzip der Vernetzung dominiert bereits seit Jahren den gesellschaftlichen Wandel und eröffnet ein neues Kapitel in der Evolution der Gesellschaft. Digitale Kommunikationstechnologien reprogrammieren soziokulturelle Codes und lassen neue Lebensstile und Verhaltensmuster entstehen. Diese einschneidende Entwicklung der Konnektivität verstärkte sich nochmals, als während der Corona-Krise persönliche Begegnungen vielerorts durch Virtualität ersetzt wurden. Corona hat die Digitalisierung vollends von der Zukunft in die Gegenwart geholt.«

Megatrend 4: Individualisierung
»Individualisierung ist das zentrale Kulturprinzip der westlichen Welt, das seine Wirkungsmacht zunehmend global entfaltet. Der komplexe Megatrend hat in vielen Wohlstandsnationen seinen Zenit bereits überschritten und ist Basis unserer Gesellschaftsstruktur geworden. Individualisierung prägt Wertesysteme, Konsummuster und Alltagskultur gleichermaßen. Im Kern bedeutet Individualisierung die Freiheit der Wahl, aber ihre Auswirkungen sind komplex und bringen sowohl scheinbare Gegentrends, wie eine Wir-Kultur, als auch neue Zwänge hervor. Vor allem während der Corona-Krise wurden Solidarität und Gemeinschaft zunehmend wichtiger als Abgrenzung und Individualität – so hat die Pandemie den Shift hin zur Post-Individualisierung weiter befeuert.«

Megatrend 5: Neo-Ökologie
»Umweltbewusstsein ist vom individuellen Lifestyle zur gesellschaftlichen Bewegung geworden. Der Megatrend Neo-Ökologie bewirkt nicht nur eine Neuausrichtung der Werte der globalen Gesellschaft, der Alltagskultur und der Politik. Er erschüttert auch unternehmerisches Denken und Handeln in seinen elementaren Grundfesten. Durch die Corona-Krise erhält der Megatrend eine neue Aufmerksamkeit – Covid-19 rief uns auf erschütternde Weise ins Gedächtnis, dass wir Teil der Natur sind und sie nicht wirklich kontrollieren können. Der Reset ebnet den Weg für eine von Nachhaltigkeit und Entschleunigung geprägte Post-Corona- Gesellschaft.«
In Deutschland zeugen vom gestiegenen Umweltbewusstsein beispielsweise die aktuellen Bemühungen zur Reduzierung von CO_2-Emissionen (z. B. Energiewende, Förderung der Nahmobilität) oder von Feinstaub (z. B. Fahrverbote für ältere Dieselfahrzeuge).

Megatrend 6: Globalisierung
»Die Welt wird durch die Globalisierung oft als fragmentiert und kompliziert wahrgenommen – Handelskriege, diplomatische Eklats, Cyberhacking und globale Mega-Unternehmen, die nationalstaatlichen Regulierungen trotzen. Wie gehen wir mit dieser hypervernetzten, überkomplexen Welt um? Das zentrale Dilemma besteht darin, dass wir versuchen, globale Prozesse und Probleme mit nationalstaatlichen Mechanismen zu regulieren. Das verdeutlichte auch die Corona-Krise – die zugleich den Trend in Richtung Globalisierung, also neuartiger Verbindungen globaler und lokaler Elemente und Perspektiven, stark vorangetrieben hat.«

Megatrend 7: Geschlechterdiversion
»Das Geschlecht verliert im Zeichen des Gender Shift das Schicksalhafte, egal ob bei der Berufs- oder Kleiderwahl. Noch nie zuvor hat die Tatsache, ob jemand als Mann oder Frau geboren wird, weniger darüber ausgesagt, wie eine Biografie verlaufen wird. Dieses Aufbrechen der Geschlechterstereotype sorgt für einen radikalen Wandel in Wirtschaft und Gesellschaft – und schafft eine neue Kultur des Pluralismus. Die Pandemie trägt dazu bei, indem sie bestehende Missstände sichtbar macht: Für die kollektive Reflexion einer vermeintlich gleichberechtigten Gesellschaft wirkt die Krise als Katalysator.«

Megatrend 8: Gesundheit
»Gesundheit ist das Synonym für ein gutes Leben. Als zentrales Lebensziel hat sich der Megatrend tief in das Bewusstsein, die Kultur und das Selbstverständnis von Gesellschaften eingeschrieben und prägt sämtliche Lebensbereiche. Gesundheit und Zufriedenheit sind dabei kaum noch voneinander zu trennen. Corona hat den Fokus unseres Gesundheitsverständnis als endloses Selbstoptimierungsprojekt zurück auf den Boden der Tatsachen geholt. Gesundheit wird wieder stärker als die Abwesenheit von Krankheit gesehen – und als etwas, das nicht allein das Individuum betrifft.«

Megatrend 9: Neues Arbeiten
»Der Megatrend New Work beschreibt einen epochalen Umbruch, der mit der Sinnfrage beginnt und die Arbeitswelt von Grund auf umformt. Das Zeitalter der Kreativökonomie ist angebrochen – und es gilt Abschied zu nehmen von der rationalen Leistungsgesellschaft. New Work stellt die Potenzialentfaltung eines jeden einzelnen Menschen in den Mittelpunkt: In Zukunft geht es um die gelungene Symbiose von Leben und Arbeiten. Die Corona-Krise erweist sich hier als wahrer Trendbeschleuniger, der unsere Arbeitswelt agiler, flexibler und digitaler macht – ein Effekt, der von Dauer sein wird.«

Megatrend 10: Mobilität
»Kein Megatrend wurde durch das Corona-Virus so ausgebremst wie Mobilität. Die vernetzte Gesellschaft ist gekennzeichnet durch einen stetig wachsenden Mobilitätsbedarf und einer wachsenden Vielfalt an Mobilitätsformen: Die Mobilität der Zukunft ist vernetzt, digital, postfossil und geteilt. Vor Corona war Mobilität ein Teil des Alltags der meisten Menschen – der sich tendenziell beschleunigte und komplexer wurde. Geschlossene Grenzen und eingeschränkte Infrastrukturen bewirkten nun eine plötzliche Entschleunigung, zum Teil sogar eine Vollbremsung. In der Welt nach Corona wird unsere Erfahrung von Mobilität nicht mehr dieselbe sein.«

Megatrend 11: Demographischer Wandel
»Rund um den Globus wird die Bevölkerung älter – und gleichzeitig bleiben die Menschen länger gesund. In dieser Silver Society entsteht eine völlig neue Lebensphase im letzten Drittel des Lebens. Dieser Lebensabschnitt verlängert sich und bietet Raum für Selbstentfaltung und Selbstverwirklichung im hohen Alter. Ein neues Mindset bereitet dabei den Weg für eine Gesellschaft, die gerade durch die veränderte Altersstruktur vitaler wird: der Abschied vom Jugendwahn und eine grundlegende

Umdeutung von Alter und Altern. Corona war ein Backlash für diesen Trend zum Free Aging: »Alter« wurde plötzlich gleichbedeutend mit »Risikogruppe«. Deutschland wird darüber hinaus die Zuwanderungen von jüngeren, meist männlichen, Personen, insbesondere aus dem afrikanischen und islamischen Kulturkreis, erfahren, was zu einem stark steigenden Anteil an Personen mit Migrationshintergrund, insbesondere in den jüngeren Altersguppen, führen wird.

Megatrend 12: Sicherheit
»Die Gesellschaft befindet sich im Daueralarm: Eine Krise jagt die nächste und auch Corona hat unmissverständlich klargemacht, wie unsicher und fragil unser Leben und unsere Umwelt sind. Sicherheit wird dadurch mehr denn je zum obersten Gebot, für Individuen sowie für die gesamte Gesellschaft – und zu einem wichtigen Verkaufsargument. Eigentlich jedoch trügt die Wahrnehmung, dass die Welt immer unsicherer wird – denn tatsächlich leben wir in der sichersten aller Zeiten.«

4.3 Anwendungsszenarien 2029

4.3.1 Anwendungsszenarien ROBO-TAXI

Die Anwendungsszenarien ROBO-TAXI werden konzipiert aus der Fortschreibung des Status Quo 2019 mit den typischen Nutzendengruppen (siehe Kapitel 3.1.2). Dabei werden alle Fahrten aus dem Datenpool der SMRN 2019 über die skizzierte »Rasterfahndung« mittels den Parametern möglichst eindeutig bestimmt.

Zielsetzung ist dabei, jeder einzelnen Fahrt eine typische Anwendung und damit auch ein mögliches künftiges typisches Anwendungsszenario mit der entsprechenden Nutzendengruppe zuordnen zu können. So wird beispielsweise eine kurze Besorgungsfahrt regelmäßig morgens zum Geschäftsbeginn wahrscheinlich bei älteren Menschen einen anderen Hintergrund haben, als bei jüngeren.

Letztlich ergibt sich eine Darstellung, die Anwendungsszenarien, soziale Milieus und Kundenprofile in einen Zusammenhang bringt. Darauf aufbauend lässt sich dann unter bestimmten Annahmen das Potenzial von afF allgemein, und für das CS im Besonderen, abschätzen. Entsprechend erscheinen folgende Anwendungsszenarien (AS) für afF in CS-Flotten künftig als sehr wahrscheinlich:

ROBO-TAXIS für

- AS 1: Feste Termine in der Region zu Geschäftszeiten
- AS 2: Flexible Termine in der Region zu Randzeiten
- AS 3: Kleingruppen in der Region für flexible Aktivitäten
- AS 4: Soziale und kulturelle Langzeitaktivitäten inner- und außerhalb der Region
- AS 5: Überregionale und/oder Übernacht-Geschäftstermine
- AS 6: Spontane flexible Aktivitäten in der Region
- AS 7: Wochenend- und Ferienaktivitäten in der Region
- AS 8: Außerhäusliche Aktivitäten von Kindern und Jugendlichen regelmäßig zu festen Terminen (»Eltern-Taxi«)

- AS 9: Außerhäusliche Aktivitäten von Kindern und Jugendlichen unregelmäßig zu spontanen Terminen (»Eltern-Taxi«)

- AS 10: Fahrten von und zu Verkehrsdrehscheiben (z. B. Bahnhöfe, Flughäfen)

Zu jedem dieser Anwendungsszenarien (AS) gibt es unzählige Untervarianten:

Tabelle 7: Ausgewählte Untervarianten von Anwendungsszenarien ROBO-TAXI

AS	AS-Untervariante	AS	AS-Untervariante
AS01	Berufstätige - Kundentermin	AS07	Haushaltsführende – Ferienausflug in der Region
AS01	Berufstätige - Pendeln nach Hause		
AS01	Berufstätige - Pendeln zur Arbeit	AS07	Kurzurlaub bis 1 Woche
AS01	BestAger - Behördengang	AS07	Senioren - Familienausflug in den Schulferien außerhalb der Region
AS01	Migranten - Behördengang		
AS01	Senioren - Arztbesuche	AS07	Senioren - Familienausflug in den Schulferien in der Region
AS02	Freizeitaktive - Discobesuch		
AS02	Senioren - Theaterbesuch	AS07	Senioren - Familienbesuch außerhalb der Region am Wochenende
AS03	BestAger - Konzertbesuch		
AS03	Migranten - Einkaufen, Shopping	AS07	Senioren - Familienbesuch in der Region am Wochenende
AS04	Best-Ager - Familienbesuch Kinder, Enkel		
AS04	Best-Ager - Wochenendtrip in Großstadt	AS07	Studierende – außerhalb der Region
AS04	Diverse Termine	AS07	Studierende – in der Region
AS05	Überregionale Geschäftstermine	AS07	Urlaub länger als 1 Woche
AS05	Überregionale Geschäftstermine mit Übernachtung	AS08	Eltern – abends Freizeit Termine (Musikschule, Vereine)
AS06	Baumarktbesuch	AS08	Eltern – abends Wochenende feste Termine (Musikschule, Vereine)
AS06	Diverse Termine		
AS06	Wochenendeinkauf	AS08	Eltern – mittags Wochenende feste Termine (Musikschule, Vereine)
AS07	BestAger - Familienbesuch außerhalb der Region am Wochenende	AS08	Eltern – morgens Wochenende feste Termine (Musikschule, Vereine)
AS07	BestAger - Familienbesuch in der Region am Wochenende	AS08	Eltern – nachmittags Wochenende feste Termine (Musikschule, Vereine)
AS07	Freizeitaktive – abends außerhalb der Region	AS08	Großeltern – abends Wochenende Freizeit-Termine (Musikschule, Vereine)
AS07	Freizeitaktive – abends in der Region	AS08	Großeltern –mittags Wochenende Freizeit-Termine (Musikschule, Vereine)
AS07	Freizeitaktive – Wochenende außerhalb der Region	AS08	junge Eltern – abends Freizeit Termine (Musikschule, Vereine)
AS07	Freizeitaktive – Wochenende in der Region	AS09	Junge Eltern – abends Werktag Kinder besuchen Freunde
AS07	Haushaltsführende – Besuch der Großeltern in der Region am Wochenende	AS10	Auszubildene und Studierende – Familienbesuch mit Bahn - Hinfahrt
AS07	Haushaltsführende – Ferienausflug außerhalb der Region	AS10	Auszubildene und Studierende – Familienbesuch mit Bahn - Rückfahrt
		AS10	Berufstätige – Abholung Geschäftspartner vom Flughafen

Als typische »Hot Spots« für die Anwendungsszenarien ROBO-TAXI sind zu nennen:

Versorgung: Ärzte- und Krankenhäuser, Behörden und Bürgerämter/ Rathäuser, Erstaufnahmeeinrichtungen (NG2), Einkaufszentren;
(Aus-)Bildung: Universitäten, Volkshochschulen, Bibliotheken;
Arbeiten: Großunternehmen, Messe- und Kongresszentren;
Freizeit: Freizeitzentren (z. B. Kino, Sportarenen, Szenekneipen/Discos/Clubs, Schwimmbäder, Freizeitparks); Kulturzentren (z. B. Theater, Oper);
Sozialleben: »Dritte Orte«, belebte Plätze;
Verkehr: Verkehrsknoten (z. B. Bahnhöfe).

Tabelle 8: Anwendungsszenarien ROBO-TAXI nach Nutzergruppen

	NG01	NG02	NG03	NG05	NG06	NG07	NG08	NG09	NG10
AS01	0.3	28.0	17.7	6.2	0.0	37.7	0.0	0.7	9.5
AS02	0.0	29.4	10.2	25.1	0.0	31.7	2.8	0.8	0.0
AS03	0.0	36.5	1.4	37.2	0.0	22.3	2.7	0.0	0.0
AS04	0.0	28.9	6.8	33.8	0.0	19.8	10.6	0.0	0.0
AS05	0.0	27.1	14.5	22.9	0.0	30.7	3.4	0.1	1.2
AS06	0.0	30.5	9.4	27.5	0.1	27.3	3.7	0.1	1.4
AS07	0.0	28.2	8.7	29.1	0.1	29.2	4.3	0.4	0.0
AS08	0.0	28.2	7.0	33.3	0.2	27.3	2.8	0.1	1.1
AS09	0.0	39.9	4.0	5.4	0.0	41.1	0.0	0.2	9.4
AS10	0.0	33.9	4.8	30.9	0.2	25.2	5.0	0.0	0.0

Tabelle 9: Anwendungsszenarien ROBO-TAXI nach ausgewählten sozialen Milieus

	1	2.2	2.3	3.2	3.4	4.2
AS01	0.3	40.1	12.3	0.7	0.2	46.5
AS02	0.0	57.3	6.4	0.1	0.3	36.0
AS03	0.0	62.2	6.8	0.0	0.0	31.1
AS04	0.0	59.5	8.9	0.5	0.2	30.9
AS05	0.0	51.2	12.0	0.2	0.1	36.5
AS06	0.0	60.6	4.6	0.4	0.2	34.3
AS07	0.0	57.8	6.7	0.1	0.3	35.1
AS08	0.0	63.2	2.6	0.4	0.1	33.8
AS09	0.0	40.9	8.4	3.5	0.4	46.8
AS10	0.0	64.0	1.8	0.0	0.1	34.1

4.3.2 Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG

Die Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG beinhalten im wesentlichen klassische Lieferdienste mit Personenkontakten auf der letzten Meile bei der Entgegennahme der Lieferung. Folgende Anwendungsszenarien (AS) sind dabei denkbar:

ROBO-LIEFERUNG von und für:

- AS 11: Privathaushalte (z. B. Post, Paket- und Kuriersendungen, Lebensmittel, Frisch zubereitetes Essen, Medikamente, Wäsche, Kleider, Energie für Elektroautos u.a.m.)
- AS 12: Stationäre Arbeitsstätten (z. B. Unterlagen Home-Office, Bürobedarf)
- AS 13: Mobile & temporäre Arbeitsstätten (z. B. Baustellen)
- AS 14: Versorgungseinrichtungen (z. B. Einzelhandel Food und Non Food, Apotheken/Arztpraxen/Krankenhäuser)
- AS 15: Öffentliche Dienstleistungen/ »Dritte Orte«/ Bürgertreffs (Entertainment, (z. B. mobiles Open-Air-(Klein-) Kino/Vorträge, VHS-Tele-Learning, Tele- Sprechstunden, Formularausgabe)

Als typische »Hot Spots« für die Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG sind zu nennen:

Versorgung: Einzelhandel Food und Non Food, Gastronomie, Logistikzentren, Stadtteilzentren und Ortsmitten im städtischen und ländlichen Raum;
(Aus-)Bildung: Universitäten, Volkshochschulen, Bibliotheken;
Arbeiten: Großunternehmen, Großbaustellen;
Sozialleben: »Dritte Orte«

4.3.3 Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE

Die Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE beinhalten völlig autarke Einsätze ohne Erfordernis von Personenkontakten während der Anwendung. Dabei sind folgende Anwendungsszenarien (AS) denkbar:
ROBO-SERVICE für:

- AS 16: Öffentliche Aufgaben (z. B. Sicherheit, Luftreinhaltung (Messung) Geschwindigkeitskontrollen, Pflege von Grünanlagen, Reinigung)
- AS 17: Mobilitätsoptimierung (z. B. Positionierung von afF in CS-Flotten zu Nachfrageschwerpunkten (»Hot Spots«))
- AS 18: Info-Litfaßsäule/ -Guide bei (Groß-) Veranstaltungen
- AS 19: Notfalldienste (z. B. mobile Antennen bei Ausfall stationärer Antennen)
- AS 20: Energiespeicherung (z. B. gezielte Stationierung an »energieintensiven windigen und/ oder sonnigen« Standorten)

Als typische »Hot Spots« für die Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE sind Großveranstaltungen zu nennen.

4.4 Umsetzbarkeit der Anwendungsszenarien

Letztlich stellt sich die Frage, welche der bisher definierten Anwendungsszenarien sich mit afF in CS-Flotten abbilden lassen und welche Einflussfaktoren bestimmend sind. Man kann wohl davon ausgehen, dass die wenigsten Menschen mit einem afF spazieren fahren werden. Tatsächlich liegen die Durchschnittsgeschwindigkeiten bei 95 Prozent aller Buchungen unterhalb von 31,11 und bei 50 Prozent unterhalb von 9,15 Kilometern pro Stunde. Unabhängig von Szenarios und Kundengruppen kann man daher eine konkrete Nutzung in folgende Phasen unterteilen:

1) Hinweg

2) Eventuell weitere Nutzungen am Zielort

3) Rückweg

Im Anhang zu Kapitel 4: Anwendungsszenarien (S. 85f) wird die Einschätzung zur Umsetzbarkeit der Anwendungsszenarien zu ROBO-TAXI, ROBO-LIEFERUNG und ROBO-SERVICE aufgezeigt:

Grundsätzlich sind nach Einschätzung von PAN GEO alle skizzierten Anwendungsszenarien auch umsetzbar – dabei manche leichter aufgrund nur weniger besonderer Anforderungen (z. B. Anwendungsszenarien AS6, AS8-AS10, AS17) und manche schwerer aufgrund spezieller Anforderungen (z. B. Anwendungsszenarien mit NG1 Senioren 80plus, AS15-16). Dabei zeigt sich auch, dass bei den Anwendungsszenarien ROBO-TAXI und ROBO-LIEFERUNG die meisten Nutzungen in den Hauptverkehrszeiten stattfinden werden, während bei den Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE mit einer 24/7-Nutzung zu rechnen ist. Dies bedeutet, dass ein

autonom fahrendes Fahrzeug in der CS-Flotte von SMRN bei einer Kombination mehrerer Anwendungsszenarien quasi rund-um-die-Uhr betrieben werden und dabei auch seine Energie autark selbst beschaffen kann (AS20).

4.5 Wirtschaftlichkeit der Anwendungsszenarien

4.5.1 Überlegungen zum Nachfragepotenzial allgemein

Das im Folgenden aufgezeigte, im Vergleich zum Status Quo 2019, sehr hohe Marktpotenzial von afF in der CS-Flotte von SMRN wird im Jahr 2029 möglicherweise utopisch hoch erscheinen. Unter der Annahme, dass die potenzielle Nachfrage an Nutzungen durch die afF der CS-Flotte von SMRN komplett befriedigt werden kann (d.h. es stehen genügend Fahrzeuge zur Verfügung, die Kosten für Nutzung sind akzeptabel usw.) und dass die afF in einer CS-Flotte, ausgestattet mit einer auf die jeweiligen relevanten Anwendungsszenarien optimierten KI/Software, eine Vielzahl an neuen Fahrten bedingen werden, wie beispielsweise über

- einen das ganze Jahr optimierten 24/7-Betrieb mit kaum Standzeiten,
- Substitutionen zahlreicher bisheriger Fahrten (z. B. »Elterntaxi«) und über
- Entstehen und Umsetzen neuer Mobilitätsbedarfe (z. B. von »Führerscheinlosen«).

erscheint dieses Marktpotenzial jedoch weniger utopisch. Daher dienen die vorgestellten Schätzwerte zur Anzahl der jeweiligen Nutzungen bei den vorgestellten Anwendungsszenarien weniger als Grundlage für die Wirtschaftsplanung zur Finanzierung einer mit afF bestückten CS-Flotte der SMRN o.ä., sondern als Verdeutlichung des enormen Marktpotenzials, mit welchem die SMRN mit autonom fahrenden und von einer passenden Künstlichen Intelligenz (KI) gesteuerten Fahrzeuge in ihrer CS-Flotte rechnen könnte.

Im Anhang zu Kapitel 4: Anwendungsszenarien (S.87f) ist die Einschätzung zur Wirtschaftlichkeit der Anwendungsszenarien zu ROBO-TAXI, ROBO-LIEFERUNG und ROBO-SERVICE dargestellt:

Demnach zeigt die Einschätzung von PAN GEO zum Marktpotenzial 2029 für afF in der CS-Flotte der SMRN, für die zehn skizzierten Anwendungsszenarien ROBO-TAXI (d.h. Fahrzeuge mit Personenbeförderung), ein Marktpotenzial von rund 3,5 Mio. Nutzungen, d.h. rund der siebzehnfachen Menge an Fahrten der CS-Flotte von SMRN 2019! Darunter sind mit rund 1 Mio. Fahrten in 2029 rund ein Drittel aller Fahrten dem AS1 (Feste Termine in der Region zu Geschäftszeiten) zuzuordnen, gefolgt von AS2 (Flexible Termine in der Region zu Randzeiten) mit rund 0,8 Mio. Fahrten und AS6 (Spontane und flexible Aktivitäten in der Region) mit rund 0,4 Mio. Fahrten.

Bei der Einschätzung von PAN GEO zum Marktpotenzial 2029 für afF in der CS-Flotte der SMRN, für die fünf skizzierten Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG (d.h. Fahrzeuge ohne Personenbeförderung, aber mit Personenkontakt am Bordstein bei Entgegennahme der Lieferung), wird mit einem Marktpotenzial von rund 1,7 Mio. Nutzungen, d.h. rund der achtfachen Menge an Fahrten der CS-Flotte von SMRN 2019, gerechnet! Darunter sind mit rund 1,2 Mio. Fahrten rund drei Viertel aller Fahrten dem AS11 (Lieferant für und von Privathaushalten) zuzuordnen, gefolgt von rund 0,2 Mio. Fahrten von AS14 (Bestückung des Einzelhandels durch die jeweiligen Logistikzentren).

In den meisten vorgestellten Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG würden die afF der CS-Flotte der SMRN im Wettbewerb mit den traditionellen Logistikunternehmen (wie z. B. DHL, Hermes, UPS u.a.) stehen, die wohl auch eine Flotte mit afF anbieten werden.

Entsprechend stellt sich für die SMRN ggf. die Frage, wie sie einen Lieferdienst mit Mehrwert für ihre Kunden schaffen kann (z. B. Kundenbindung über günstige Tarife).

Das Marktpotenzial 2029 für afF in der CS-Flotte der SMRN wird bei den fünf skizzierten Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE, (d.h. Fahrzeuge ohne Personenbeförderung und ohne Personenkontakt während der Nutzung (Fahrt)) nach Einschätzung von PAN GEO, auf rund 0,9 Mio. Nutzungen, d.h. rund der vierfachen Menge an Fahrten der CS-Flotte von SMRN 2019, geschätzt! Darunter sind mit jeweils rund 0,4 Mio. Fahrten dem AS17 (Mobilitätsoptimierung) und AS20 (Energiespeicherung) zuzuordnen, d.h. »internen Zwecken dienenden« Fahrten, die der Optimierung von Betriebsabläufen und den Energiekosten innerhalb der CS-Flotte dienen. Ein weiterer Vorteil dieser beiden Anwendungsszenarien gegenüber den anderen ist, deren relativ einfache Umsetzbarkeit.

4.5.2 Überlegungen zur Umsetzung des Nachfragepotenzials in einer mit afF bestückten CS-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG

Unter der Voraussetzung einer kurzfristigen Verfügbarkeit von afF an allen Orten könnten alle Teilfahrten mit unterschiedlichen afF zurückgelegt werden: Menschen buchen ein afF, fahren zum Zielort, geben dort das afF ab, tätigen ihre Erledigungen und buchen ein anderes afF für die Rückfahrt zum Ausgangsort. Eventuell erfolgen am Zielort, nach demselben Muster, weitere Buchungen mit Einzelfahrten. Das wäre ein maximales Szenario für den Einsatz von afF in CS-Flotten. Nach momentaner Sicht ist dies jedoch unrealistisch. Selbst wenn SMRN nur noch afF im Einsatz hätte, würden Buchungen mit Zielen außerhalb des eigenen Bediengebietes, der Metropolregion Rhein-Neckar, nicht zur Beendigung der Buchung führen, da nicht sichergestellt werden könnte, dass für die Rückfahrt überhaupt afF zu Verfügung stehen. Davon abgesehen, müssten alle afF wieder in den Verfügungsbereich der Halter und Halterinnen zurückgeführt werden. Dadurch verdoppeln sich die Fahrtkosten, was eine Unterbrechung wenig sinnvoll erscheinen lässt. Mittelfristig, wobei dieser Zeitraum an der generellen Möglichkeit, überhaupt afF in nennenswertem Umfang zu beschaffen, gekoppelt ist, kann ein wesentlicher Vorteil afF in CS-Flotten eben nicht ausgespielt werden. Dafür fehlen Interoperabilität, Verwaltungsinfrastrukturen und rechtliche Rahmenbedingungen.

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass in städtischen Bereichen zumindest während der Geschäftszeiten die Durchschnittsgeschwindigkeiten unterhalb von 30 km/h liegen. Zumindest bei kürzeren Nutzungen von weniger als einem halben Tag kann man daher wohl ausgehen, dass keine weiteren Nutzungen am Zielort stattfinden. Es ist daher sinnvoll, im Hinblick auf die nähere Zukunft nur lokale und regionale Fahrten zu betrachten. Wenn überhaupt, könnte SMRN die Verfügbarkeit afF absehbar in nur diesem Raum sicherstellen. Je kürzer eine Fahrt ist, umso uninteressanter dürfte für die Nutzenden ein Fahrzeugwechsel sein, da dieser mit persönlichem Aufwand verbunden ist und die Kosteneinsparungen durch eine dann sehr kurze Buchungsunterbrechung sehr niedrig ausfallen.

Für Abbildung 38 wurde das Jahr 2019 in 30-minütige Zeitintervalle eingeteilt, für jeden die Anzahl der gleichzeitig genutzten Autos gezählt und die gefundenen Werte für alle Zeitintervalle wochenweise aufgetragen. So ergibt sich ein Wochenverlauf über das gesamte Jahr.

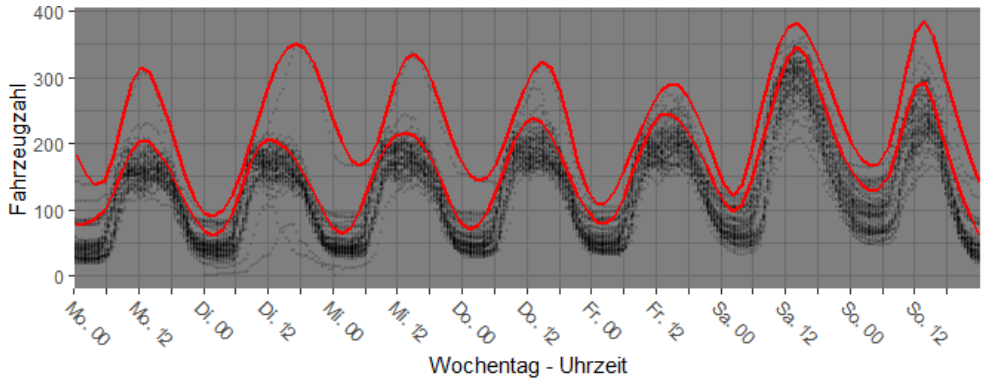


Abbildung 38: Anzahl der gebuchten Autos insgesamt; differenziert nach Wochentag und Uhrzeit in der Carsharing Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019

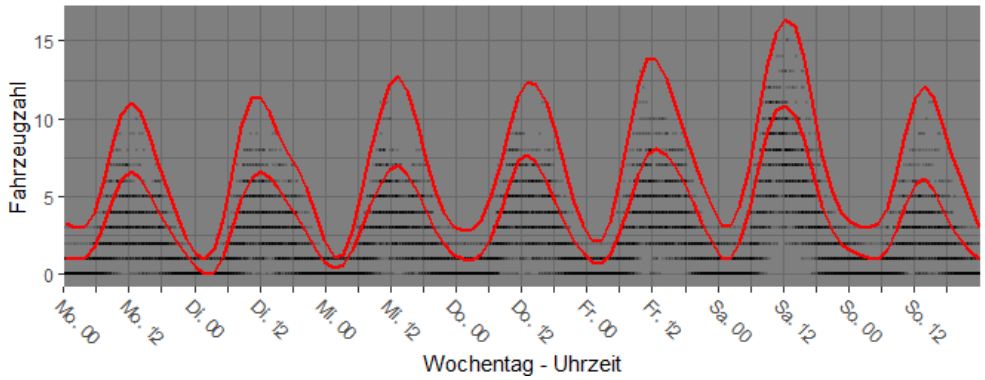


Abbildung 39: Anzahl der gebuchten Autos Typen T5 und T6; differenziert nach Wochentag und Uhrzeit in der Carsharing Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019

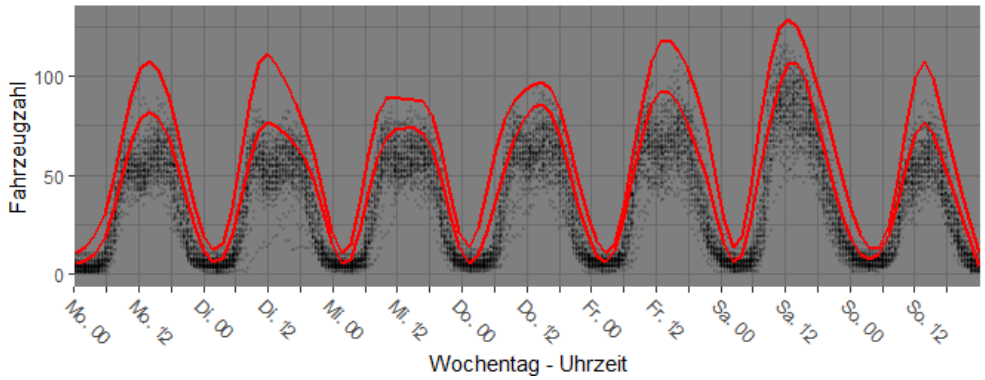


Abbildung 40: Anzahl der gebuchten Autos Typen T0 bis T3; differenziert nach Wochentag und Uhrzeit in der Carsharing Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019

Bei den Kurven handelt es sich um Splines, die jeweils 30 nebeneinanderliegende Werte umfassen. Dabei liegt die obere Kurve jeweils oberhalb aller Werte des jeweiligen Zeitintervalls und die untere oberhalb der 90-Prozent-Dezile. Der Maximalwert von gleichzeitig genutzten Autos im Jahr 2019 lag bei 383 Autos, was in etwa 65 Prozent der vorhandenen Autos entspricht. Für die Autoanzahl wurde der Wert vom 1. August genommen, da sich dann die meisten Autos in der Flotte befanden. Einige Verschiebungen gibt es in den Wochenverläufen durch Feiertage,

Brückentage und Ferien. Es ist eine deutliche Periodizität in Abhängigkeit von der Uhrzeit und dem Wochentag erkennbar. Diese wird durch saisonale periodische Effekte überlagert.

Nun ist es wenig sinnvoll in eine derartige Betrachtung alle Autos einzubeziehen. Bestimmte Autoklassen sind nur in geringen Zahlen im Bediengebiet verstreut vorhanden. Um diese auf Abruf innerhalb einer kurzen Zeit verfügbar zu machen, wird eine Anzahl von Autos benötigt, welche wegen der geringen spezifischen, regionalen Kundendichte kaum wirtschaftlich betrieben werden kann. Am Beispiel von Kastenwägen (T5, T6) lässt sich das einfach verdeutlichen. Von den 34 vorhandenen Autos wurden maximal 44 Prozent gleichzeitig genutzt (
Abbildung 39). Theoretisch
Ist hier durch afF ein hohes Einsparpotenzial. Allerdings sind diese Fahrzeuge aktuell in einem Gebiet von 5.637,78 km² verteilt, was sich negativ auf die Abrufbarkeit im gesamten Bediengebiet auswirken würde.

Abbildung 43 zeigt abschließend die Buchungen nur auf Autos der Klassen T0 bis T3, welche sich sicher im Umkreis von maximal 40 Kilometern bewegt haben[4]. Weiterhin bleiben Fahrten mit einer Dauer von weniger als einer Stunde unberücksichtigt. Insgesamt machen diese Fahrten einen Umsatzanteil von 24 Prozent aus. Wenn man davon ausgeht, dass diese Fahrten dann auch tatsächlich mit afF getätigt werden, ergibt sich ein maximales Einsparpotenzial zwischen 35 und 76 Autos der Flotte von SMRN. Die Unschärfe rührt daher, dass es eben keine getrennten Fuhrparks für Fahrten mit hoher und geringer Reichweite gibt.

4.6 Verkehrsökologische Auswirkungen

4.6.1 Überlegungen zu verkehrsökologischen Auswirkungen allgemein

Beim Einsatz von (Elektro-) afF in der CS-Flotte von SMRN ist mit folgenden **verkehrsökologischen Potenzialen** zu rechnen:

- Reduzierung des MIV-Aufkommens
    - über höheren Anteil von SMRN am Modal Split durch Verlagerungen von Privatauto zu CS (Abbildung 41) [5]
    - bedarfsoptimierte Bring-/ Abholdienste (FF) mit Minimierung von Leerfahrten,
    - bedarfsoptimierte Mitfahrgelegenheiten zu Hot Spots (z. B. Universitäten Heidelberg und Mannheim, Stadtverwaltungen (z. B. der

[4] Die zitierten Werte basieren auf www.co2online.de/klima-schuetzen/mobilitaet/auto-co2-ausstoss/ sowie auf ÖKO-INSTITUT U.A. (2018) sowie IFEU (2021) und sind höher als die durch das Umweltbundesamt veröffentlichten Werte. Die Werte des Umweltbundesamtes (in Klammern) beziehen sich wohl nur auf die reinen Verbrennungswerte, während die verwendeten Werte auch die Emissionen bei der Brennstofferzeugung umfassen.

[5] So belegen ältere Studien eine deutliche Reduktion der *»[..]durchschnittlich im Jahr mit dem eigenen Pkw gefahrenen Kilometer [..] nach Beitritt zur Carsharing-Organisation von circa 12.000 Kilometer auf 2.200 Kilometer [..].«* (LICHTENBERG UND HÄNEL 2007).

Großstädte Mannheim, Heidelberg und Ludwigshafen), Großunternehmen (z. B. SAP AG), Veranstaltungsstätten (wie z. B. Prezero-Arena, SAP-Arena)) mit höherer Personenbelegung der Autos;
- Effizientere Verkehrsflüsse und Ausnutzungen der vorhandenen Verkehrsflächen/ Ressourcen;
- Reduzierung der Emissionen (Luft, Lärm) über CO_2-neutrale und leise E-Mobilität;
- Reduzierung des Ressourcenverbrauchs (Rohstoffe, Flächen u.a.) über
  - Stärkung von CS (z. B. weniger Privatautos, Flächen für fließenden und ruhenden Verkehr, Unfälle)
  - Optimierung CS-Flotte (umweltfreundliche Autotypen mit geringerem Energieverbrauch und Wartungsaufwand (Verschleiß, Reparaturen usw.) sowie längerer Lebensdauer).

Dem gegenüber ist jedoch auch mit folgenden **verkehrsökologischen Risiken** zu rechnen:

- Steigerung des Verkehrsaufkommens über
  - neue Mobilitätsbedürfnisse (z. B. afF als » Elterntaxi 2.0« ") und neue Kunden (z. B. »Führerscheinlose«),
  - Veränderung des Modal Splits zu Lasten der umweltfreundlicheren Nahmobilität über Verkehrsträgern wie ÖPNV, E-Bikes/ Pedelecs, Segways, E-Scooter, Fahrrad, Roller oder Fußgängerverkehre (Substitution/ »Kannibalisierung«)(Abbildung 41)

- Zunahme des Ressourcenverbrauchs/ -aufwands (Rohstoffe (z. B. Batterien), Flächen u.a.) über
  - zunehmende Anzahl an autonom fahrenden Autos als neues Status-Symbol,
  - zunehmender Bedarf an Flächen für fließenden und ruhenden Verkehr,
  - Bereitstellung einer flächendeckenden neuen Infrastruktur (Ladestationen),
  - Schwächung des (kommerziellen und dadurch eher intensiven) CS über privates CS von Kunden untereinander (geringere »Sharing-Barriere«);
- Zunahme der Belastung auf das Ökosystem durch effizientere/ vielseitigere In- und Outdoor-Aktivitäten;
- Zunahme des Entsorgungs-/ Recyclingaufwands (z. B. Batterien).

Die Bewertung der Anwendungsszenarien nach verkehrsökologischen Kriterien erfolgt über eine dreistufige Kategorisierung (Tabelle 10).

In den drei Anhängen 0 bis 0 (S. 89ff) ist eine Einschätzung zu den verkehrsökologischen Auswirkungen der drei Anwendungsszenarien zu ROBO-TAXI, ROBO-LIEFERUNG und ROBO-SERVICE dargestellt.

Demnach ist bei den afF in der CS-Flotte der SMRN für die zehn skizzierten Anwendungsszenarien ROBO-TAXI (d.h. Fahrzeuge mit Personenbeförderung) mit unterschiedlichen verkehrsökologischen Auswirkungen zu rechnen. Bei den meisten Anwendungsszenarien wird mit eher neutralen Auswirkungen, bei einem (AS2: Flexible Termine zu Rand-zeiten) mit eher positiven und bei vier mit eher negativen Auswirkungen gerechnet, wobei diese vor allem in einer umweltbelastenden Verschiebung im Modal Split (Abnahme Nahmobilität)(Abbildung 41)
und einer Verkehrszunahme durch neue Bedarfe begründet sind.

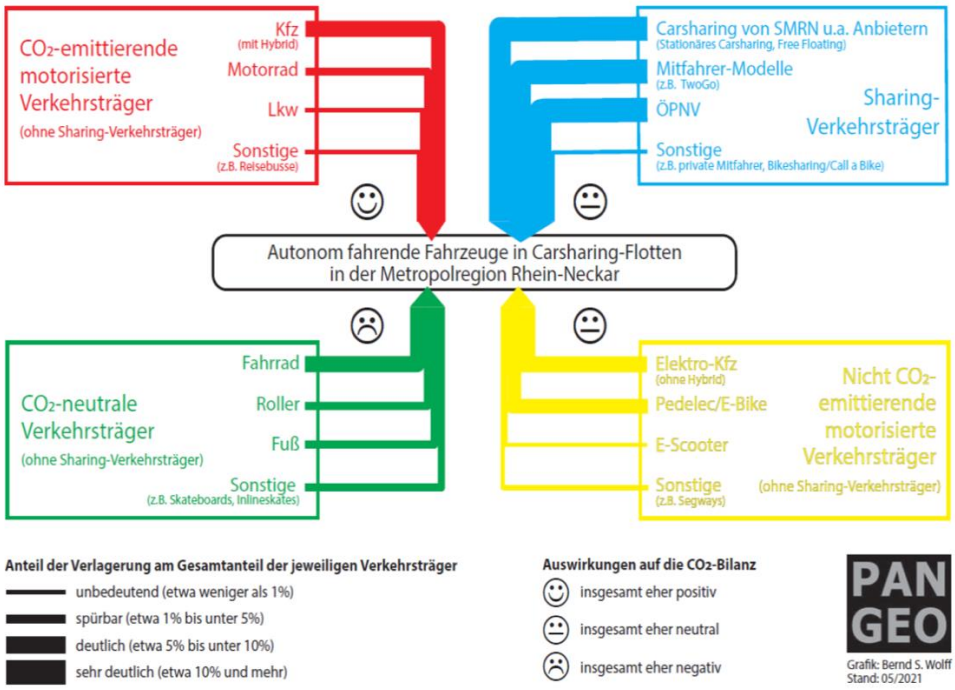


Abbildung 41: Geschätzte Substitution von Verkehrsträgern durch autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG

Tabelle 10: Verkehrsökologische Kategorisierung der Anwendungsszenarien für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG

Kategorien für Anwendungs-szenarien (AS):	**Kriterien zur Einschätzung**	**Beschreibung möglicher verkehrsökologischer Auswir-kungen von autonom fahrenden Fahrzeugen (afF) in der Carsharing (CS) Flotte von Stadtmobil Rhein-Neckar AG**
Kategorie 1: AS mit ökologischen Stärken / Chancen	Verkehrsökolo-gische Rele-vanz von afF in CS-Flotten anhand .. *#1: der ge-samten CO2-Emissionen; #2: des ge-samten Be-stands an Ver-kehrsträgern und #3: des ge-samten Ver-kehrskommens* .. im jeweiligen AS	*#1: eher umweltfreundlichere Verschiebungen im Modal Split (z.B. weniger MIV)* *#2: eher Substitutionen von umweltbelastenden Verkehrsträgern (z.B. Abschaffung von Privat-Kfz)* *#3: eher weniger Verkehrsaufkommen (z.B. Mitfahrermodelle sowie bedarfsoptimierte CS-Verkehre)*
Kategorie 2: AS mit neutralen öko-logischen Wirkungen		*#1: eher unklare Verschiebungen im Modal Split (z.B. gleichbleibender Anteil an CS-Verkehren)* *#2: eher unklare Entwicklung im Kfz-Bestand (z.B. gleichbleibende Anzahl an Kfz pro Haushalt)* *#3: eher unklare Entwicklung des Verkehrsaufkommens im Vergleich zum Ist-Verkehr*
Kategorie 3: AS mit ökologischen Schwächen / Risiken		#1: eher umweltbelastende Verschiebungen im Modal Split (z.B. Kannibalisierungen von CO2-neutralen Fahrrad- und Fußgängerverkehren) #2: eher Neuanschaffungen von umweltbelastenden Verkehrsträgern (z.B. afF als neues Statussymbol) #3: eher mehr Verkehr über neue Mobilitätsbedürfnisse und Kunden (z.B. Elterntaxi 2.0)

Bei der Einschätzung der verkehrsökologischen Auswirkungen bei afF in der CS-Flotte der SMRN für die fünf skizzierten Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG (d.h. Fahrzeuge ohne Personenbeförderung, aber mit Personenkontakt am Bordstein bei Entgegennahme der Lieferung) wird bei drei mit eher positiven und bei zwei mit eher neutralen Auswirkungen gerechnet.

Die ökologischen Potenziale bei diesen Anwendungsszenarien werden vor allem bei der Reduzierung des Kfz-Bestands (gewerbliches CS, Optimierung der Auslastungen) und des Verkehrsaufkommens (optimierte Routenführungen) gesehen.

Bei den vorgestellten fünf Anwendungsszenarien zu ROBO-SERVICE (d.h. Fahrzeuge ohne Personenbeförderung und ohne Personenkontakt während der Nutzung (Fahrt)) ist bei den afF der CS-Flotte der SMRN, aufgrund von Reduzierungen des Kfz-Bestands und des Verkehrsaufkommens sowie von Optimierungen der Verkehre, insgesamt mit eher positiven und eher neutralen verkehrsökologischen Auswirkungen zu rechnen. Lediglich beim Anwendungsszenario AS20 (Energiespeicherung) ist mit eher negativen Auswirkungen zu rechnen, weil diese Anwendung bislang noch nicht erbracht wurde, so dass es sich um einen völlig neuen Bedarf handelt. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass die Leistung aus AS20 einen ökologisch hohen Nutzen aufweist.

4.6.2 Überlegungen zu den verkehrsökologischen Auswirkungen in einer mit afF bestückten CS-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG

Wesentliche Kriterien zur verkehrsökologischen Auswirkung von Fahrzeugnutzung ergeben sich aus den Fahrtleistungen und den damit einhergehenden Kraftstoffverbräuchen. Kennt man die realen CO_2-Emissionen, kann man mithilfe von Annahmen zur Entwicklung der Fahrten für die unterschiedlichen Anwendungsszenarien Emissionen prognostizieren. Im Folgenden werden die CO_2-Emissionen in 2019 näher analysiert. Tatsächlich werden bei SMRN bislang nur CO_2Emissionen und Euronormen systematisch erfasst. Aus diesem Grund und wegen der herausragenden Klimarelevanz werden in Zusammenhang mit dieser Arbeit nur die CO_2-Emissionen betrachtet.
Die Fahrleistung aller Autos der CS-Flotte von SMRN lag in 2019 bei ca. 9,8 Millionen Kilometern. Es ist mittlerweile allgemein bekannt, dass die in den KFZ-Typzulassungen ausgewiesenen Emissionswerte auf realitätsfernen Messverfahren beruhen und darüber hinaus auch, teils betrügerisch, manipuliert sind. Deshalb wird die CO_2-Belastung, neben den aus den Typzulassungen entnommenen Werte, auf Basis des realen Kraftstoffverbrauchs berechnet. Bei der Verbrennung von jeweils einem Liter Kraftstoff entsteht CO_2[6]. SMRN geht davon aus, dass die Nutzung ihrer CS-Autos durchaus typisch ist und damit die abgeleiteten Verbräuche gut auf die allgemeine Autonutzung übertragbar sind.

- Benzin: 2,5 kg (2,38)
- Diesel: 3,09 kg (2,65)

Tabelle 11 zeigt eine differenzierte verkehrsökologische Betrachtung der CS-Flotte von SMRN 2019 und ist wie folgt zu interpretieren: Im Jahr 2019 wurden beispielsweise mit Fahrzeugen des Autotyps T2 (Kleinwägen wie Fiesta, Corsa und Yaris jeweils als 5-Türer) rund 15,21 Prozent der Flottenkilometer insgesamt zurückgelegt. Der Anteil der realen Emissionen dieses Autotyps (mit realen Emissionswerten von 147 gCO_2/km) lag bei 13,48 Prozent der gesamten CO_2-Flottenemissionen. Es ist zu erwarten, dass dieser Anteil bei größeren Autos höher ist. Der Anteil der Kraftstoffkosten lag bei 14,23 Prozent.

[6] Die zitierten Werte basieren auf www.co2online.de/klima-schuetzen/mobilitaet/auto-co2-ausstoss/ sowie auf ÖKO-INSTITUT U.A. (2018) sowie IFEU (2021) und sind höher als die durch das Umweltbundesamt veröffentlichten Werte. Die Werte des Umweltbundesamtes (in Klammern) beziehen sich wohl nur auf die reinen Verbrennungswerte, während die verwendeten Werte auch die Emissionen bei der Brennstofferzeugung umfassen.

Als Grundlage für weitere Kalkulationen ist es sinnvoll, die realen, auf Basis der Verbräuche zurückgerechneten Emissionen, zu verwenden. So lassen sich Abschätzungen für die Zukunft treffen [7]. Betrachtet man die Einzeldaten, ist es aus Klimasicht durchaus interessant, auf Hybridfahrzeuge zu setzen. Die Fahrzeuge der Autoklasse T2 sind vorrangig Yaris Hybrid. Diese weisen mit die niedrigsten realen CO_2Werte aus, tragen weniger zu den Emissionen und Kraftstoffkosten bei, als es ihrer Fahrleistung entspricht. Wirtschaftlich sind nach wie vor Dieselfahrzeuge interessant. Das betrifft besonders die T2-Diesel, welche nahezu 26 Prozent der Fahrleistung ausmachen, aber nur knapp 19,3 Prozent der Kraftstoffkosten. Ähnliches gilt für T3-Diesel, also Kombis wie Ford Focus.

Tabelle 11: Anteile der gefahrenen Kilometer 2019 je Fahrzeugtyp mit zugehörigen Emissionswerten (in Prozent) der Carsharing-Flotte von stadtmobil Rhein-Neckar AG

Auto-klasse	Kraft-stoff	gCO_2 / km	gCO_2 / km (real)	Kilo-meter	Emis-sionen	Kilometer-Kosten (in Cent)
				Anteil in %		
T0	Benzin	99	168	14.90	15.09	21.78
T1	Benzin	99	147	10.81	9.58	11.85
T2	Benzin	99	147	15.21	13.48	14.23
T2	Diesel	95	156	25.95	24.40	19.31
T3	Benzin	109	165	11.92	11.85	13.27
T3	Diesel	97	168	10.59	10.72	8.68
T4	Diesel	122	206	1.16	1.44	1.44
T5	Benzin	165	217	0.88	1.15	0.99
T5	Diesel	146	214	0.53	0.68	0.50
T6	Diesel	168	249	3.39	5.08	3.71
T7	Diesel	177	268	2.84	4.59	2.35
T8	Benzin	141	173	0.26	0.28	0.25
T8	Diesel	89	149	0.44	0.40	0.15
T9	Benzin	122	193	0.81	0.94	1.16
T9	Diesel	101	167	0.31	0.31	0.33

Generell gilt, dass sich afF Autos in CS-Flotten unabhängig von den jeweiligen Nutzungszwecken effizient steuern lassen. Infrastrukturen werden besser ausgenutzt. AfF werden elektrisch unterwegs sein und damit kein CO_2 im Betrieb emittieren. Dadurch ergeben sich viele Möglichkeiten.

Aus Sicht einer kleinen, mittelständischen, lokalen CS-Betreiberin (wie SMRN), die aktuell vorrangig Angebote im Personenverkehr bietet, stellen sich mittelfristig folgende Herausforderungen:

- afF funktionieren wie Taxis (ROBO-TAXIS) nur ohne Fahrer. Die Software für die Buchung von afF-CS-Flotten steht heute schlichtweg nicht zur Verfügung. Sie muss viele Funktionalitäten einer Taxizentrale vollautomatisch abbilden. Neben der Verfügbarkeitsorganisation muss sie auch in der Lage sein, afF zu steuern, damit diese auf Kommando den Standort wechseln. Dafür gibt es aktuell keinerlei normierte Schnittstellen.

[7] Erwähnenswert ist die Tatsache, dass es insgesamt über die letzten Jahre kaum Kraftstoffeinsparungen gab.

- Wie lassen sich afF sukzessive in den operativen Betrieb einbinden? Wegen der erwartbaren deutlich höheren Beschaffungskosten der Autos, muss die Auslastung derselben deutlich erhöht werden. Aktuell liegt die Auslastung von CS-Fahrzeugen in etwa bei 25 bis 30 Prozent und damit höher als bei Privat-Fahrzeugen. Heute definiert sich die Auslastung über die Buchungsdauer und nicht über die einzelnen Nutzungsdauern während einer Buchung. Wenn afF zwischen Nutzungen abgegeben werden können, fallen die Pausenzeiten weitgehend aus der Auslastung raus. Die Buchungsdauern entsprechen dann zunehmend den Nutzungsdauern. AfF müssen diesen Ausfall nicht nur durch ein Mehr an Nutzungen kompensieren, vielmehr müssen darüber hinaus auch die erhöhten Beschaffungskosten zu verstärkten Nutzungen führen, wenn diese nicht auf die Kundschaft umgelegt werden können.

- AfF und herkömmliche Fahrzeuge werden getrennte Flottenbestandteile mit unterschiedlichen Anwendungsszenarien und Bepreisungen sein. Wie bereits ausgeführt, ist nicht damit zu rechnen, dass überall afF zur Verfügung stehen werden. Sie werden daher nicht in absehbarer Zeit für überregionale Fahrten, oder aber zu deutlich erhöhten Kosten, für derartige Nutzungen zur Verfügung stehen.

- AfF werden nach heutiger Sicht elektrisch unterwegs sein und sich bei Bedarf selbständig aus der Buchbarkeit herausnehmen und rechtzeitig an spezielle Ladepunkte begeben. Auch sonstige Servicearbeiten werden in ähnlicher Form stattfinden. Hierfür werden passende Infrastrukturen benötigt.

- Sollen völlig neue Anwendungsszenarien und damit einhergehend auch entsprechende Nutzendengruppen erschlossen werden?

- CS-Flotten bieten grundsätzlich die Möglichkeit, Teile des ÖPNV zu ersetzen, beziehungsweise Beförderungsangebote in Bereiche zu schaffen, die heute durch den ÖPNV nicht oder nur schlecht erschlossen sind.

4.7 Clustering der Anwendungsszenarien

Tabelle 12 zeigt eine Einschätzung der Erfolgsaussichten für die einzelnen analysierten und bewerteten Anwendungsszenarien für afF in der CS-Flotte von SMRN. Demnach empfiehlt sich vorrangig die Realisierung folgender »TOP Five«-Anwendungsszenarien mit den besten Erfolgsaussichten:

- AS1: ROBO-TAXI für feste Termine in der Region zu Geschäftszeiten
- AS2: ROBO-TAXI für flexible Termine in der Region zu Randzeiten
- AS 11: ROBO-LIEFERUNG für Privathaushalte
- AS14: ROBO-LIEFERUNG für Versorgungseinrichtungen
- AS17: ROBO-SERVICE zur Mobilitätsoptimierung

Tabelle 12: Clustering der Anwendungsszenarien für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG

Anwendungsszenarien		Analyse und Bewertung: (überwiegend eher + positiv, 0 neutral, - negativ)			"Summe" (+ = 1, 0=0, - = -1)	Empfehlung
		Umsetzbarkeit	Wirtschaftlichkeit	Verkehrsökologie		
ROBO-TAXI (AS1-AS10)						
AS1: Feste Termine in der Region zu Geschäftszeiten		+	+	0	**2**	
AS2: Flexible Termine in der Region zu Randzeiten		0	+	+	**2**	
AS 3: Kleingruppen in der Region für flexible Aktivitäten		0	0	0	**0**	
AS4: Soziale und kulturelle Langzeitaktivitäten in und außerhalb der Region		+	-	0	**0**	
AS5: Überregionale und/oder Übernacht-Geschäftstermine		-	0	0	**-1**	
AS6: Spontane flexible Aktivitäten in der Region		+	0	-	**0**	
AS7: Wochenend- und Ferienaktivitäten außerhalb der Region		+	0	0	**1**	
"Elterntaxi": Außerhäusliche Aktivitäten von Kindern und Jugendlichen:	AS8: Regelmäßig zu festen Terminen	+	0	-	**0**	
	AS9: Unregelmäßig zu spontanen Terminen	+	0	-	**0**	
AS10: Fahrten von und zu Verkehrsdrehscheiben		+	0	-	**0**	
ROBO-LIEFERUNG (AS11-AS15)						
AS11: Privathaushalte		+	+	+	**3**	
AS12: Stationäre Arbeitsstätten		0	0	+	**1**	
AS13: Mobile und temporäre Arbeitsstätten		+	-	0	**0**	
AS14: Versorgungseinrichtungen		+	0	+	**2**	
AS15: Öffentliche Dienstleistungen / "Dritte Orte" / Bürgertreffs		-	0	0	**-1**	
ROBO-SERVICE (AS16-AS20)						
AS16: Öffentliche Aufgaben		-	0	+	**0**	
AS17:Mobilitätsoptimierung		+	0	+	**2**	
AS18:Info-Litfaßsäule		+	-	0	**0**	
AS19: Notfalldienste		+	-	0	**0**	
AS20: Energiespeicherung		+	0	-	**0**	

TOP Five:	Anwendungsszenarien mit sehr guten Erfolgsaussichten
GOOD Ones:	Anwendungsszenarien mit guten Erfolgsaussichten
NORMAL Ones:	Anwendungsszenarien mit Erfolgsaussichten
DIFFICULT Ones:	Anwendungsszenarien mit weniger guten Erfolgsaussichten

5 Verkehrssimulation

5.1 Potenziale von Verkehrssimulationen

Verkehrssimulationen sind effiziente Werkzeuge zur realitätsnahen Bewertung von Verkehrsströmen. So können einerseits bestehende Verkehrsströme analysiert, und beispielsweise die Ursache lokaler Staubildungen besser verstanden werden. Darüber hinaus können Eingriffe in das bestehende Verkehrssystem bereits im Vorfeld untersucht und eventuelle neue Problemstellen identifiziert werden.

Durch die derzeit starken gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Umbrüche stehen Stadt- und Verkehrsplanende vor großen Herausforderungen - den neuen Anforderungen an die Stadt der Zukunft gerecht zu werden. Bei diesem sukzessiven Umgestaltungsprozess ist es in Anbetracht der großen Herausforderungen essenziell, sich effizienter digitaler Werkzeuge zu bedienen, um optimale Maßnahmen zu erarbeiten. So können mit Verkehrssimulationen beispielsweise folgende Szenarien untersucht werden:

- Realisierung zusätzlicher Fahrradwege
- Ausweitung der Fußgängerzonen
- Errichtung von Mobilitätshubs
- Einführung lokaler Dieselfahrverbote und Geschwindigkeitsreduktionen
- Lokale Verkehrsflussänderungen (z. B. bei Straßensperrungen)
- Großräumige Verkehrsflussänderungen (z. B. bei Brückensanierungen)

Neben den oben gelisteten klassischen Anwendungsszenarien können Verkehrssimulationen zusätzlich auch in der Forschung eingesetzt werden. Somit können die Auswirkungen zukünftiger Mobilitätsarten, die heute erst in der Erprobung sind, aber zukünftig vielleicht eine große Rolle spielen, bereits heute erforscht werden. Hierbei sind folgende Szenarien für den massenhaften Einsatz denkbar:

- Autonom fahrende Fahrzeuge (afF)
- Flugtaxis
- Paketzustellung per Drohne
- E-Scooter in Innenstädten

Je nach Anwendungsfall muss ein geeignetes Simulationswerkzeug gewählt werden.

Für die Simulationen im Rahmen des Forschungsprojektes KI4ROBOFLEET wurde das Simulationswerkzeug SUMO (Simulation of Urban Mobility) gewählt, das vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) bereits seit 2001 eingesetzt wird. SUMO ist als Open Source Software frei verfügbar und wird weltweit von einer international vernetzten Community eingesetzt und laufend weiterentwickelt. Hierzu finden jährlich Konferenzen statt, bei denen sich Anwendende, Entwickelnde und Forschende zu neuen Funktionen, neuen Einsatzmöglichkeiten und wissenschaftlichen Arbeiten im Zusammenhang mit SUMO austauschen. Durch den Open Source Ansatz und die gute Anbindung von Programmierschnittstellen (beispielsweise für die Programmiersprache » Python«) kann SUMO beliebig angepasst und erweitert werden.

Abbildung 42 ist ein kleiner Ausschnitt einer SUMO Simulation zu sehen. Die roten und grünen Linien auf der Fahrbahn stellen die Ampelschaltungen und die kleinen roten und gelben Kreise an den einzelnen Fahrzeugen die Bremsleuchten und die Blinker dar. Die Verkehrssimulation mit SUMO erlaubt es, jedes einzelne Fahrzeug im Detail

nachzuverfolgen und Parameter wie Geschwindigkeit, Kraftstoff- bzw. Stromverbrauch bis hin zum Reifenabrieb zu jedem beliebigen Zeitpunkt (bzw. Zeitschritt) auszulesen.

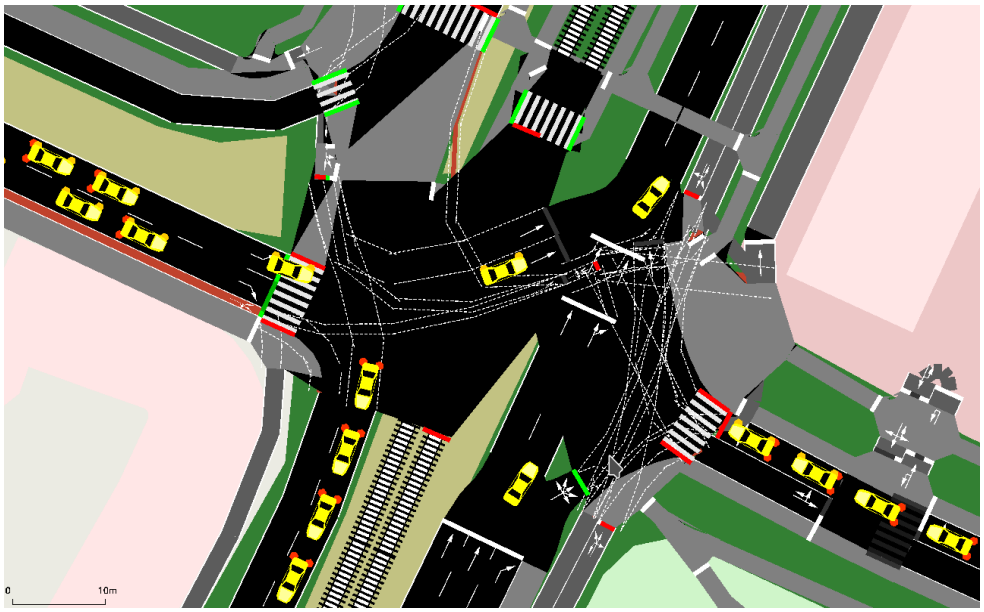


Abbildung 42: Ausschnitt einer Verkehrssimulation

5.2 Einschränkungen von Verkehrssimulationen

Verkehrssimulationen sind effiziente Werkzeuge, mit denen, bei einer sorgfältigen und ausreichend detaillierten Modellierung auf Basis realer Daten, wertvolle Erkenntnisse und nützliche Daten gewonnen werden können.

Diese können dann unterstützend für komplexe Entscheidungsprozesse herangezogen werden. Die Simulationsergebnisse sollten allerdings immer gründlich auf Plausibilität untersucht und nicht übereilt in Entscheidungsprozesse überführt werden. Es handelt sich schließlich nur um ein Modell auf Basis realer Daten, welches sich im Idealfall ähnlich zur realen Welt verhält. Es können allerdings starke Abweichungen zur realen Welt auftreten, wobei die Ursachen vielfältig sein können und auch bei einer sehr sorgfältigen Modellierung nicht immer leicht nachvollziehbar sind. Allerdings überwiegen trotz aller Vorsicht bei der Bewertung der Simulationsergebnisse, die enormen Potentiale, die durch Verkehrssimulationen ausgeschöpft werden können.

5.3 Verkehrssimulationen im Kontext mit afF-Flotten

Vollautonome Fahrzeuge befinden sich derzeit noch in der Entwicklung, allerdings sind sich viele Experten einig, dass es nur noch eine Frage der Zeit ist, bis afF in unseren Alltag einziehen werden. »Hierbei ist es müßig zu spekulieren, ob das bereits in zehn, in fünfzehn oder erst in zwanzig Jahren sein wird. Vielleicht wird es auch noch fünfzig Jahre dauern. Wir müssen uns aber auf eine Zukunft einstellen, in der das autonome Fahren die Regel sein wird, möglicherweise sogar die allein zulässige Form individueller motorisierter Mobilität. «[8]

[8] Lalli, M. (2020) Autonomes Fahren und die Zukunft der Mobilität, Springer Verlag S.8 ISBN: 978-3-662-61811-0

Auch klassische CS-Anbieter werden in Zukunft vermehrt afF-Flotten betreiben und stehen vor einer großen Herausforderung die Chancen und Risiken richtig abzuwägen. Da sich derzeit die Auswirkungen von afF-Flotten auf den innerstädtischen Verkehr kaum prognostizieren lassen, ist es sinnvoll, hierzu bereits heute Untersuchungen mit Hilfe von Simulationswerkzeugen durchzuführen. Den CS-Anbietenden und Stadtplanenden wird mit der Simulationsumgebung, ergänzend zu den allgemeinen, statistischen Methoden zur Nutzung von afF-Flotten, ein effizientes Werkzeug in die Hand gegeben, diesen Transformationsprozess zu gestalten. Hiermit können Anwendungsszenarios gezielt in einzelnen Städten oder Stadtbezirken mit deren lokalen Gegebenheiten und Besonderheiten untersucht werden. Die Ergebnisse geben CS-Anbietenden eine Datengrundlage frühzeitig geeignete Geschäftsmodelle für die jeweiligen Kommunen zu entwickeln. Auch Stadtplanende können von den Ergebnissen profitieren, indem die Verkehrskonzepte und Stellflächen entsprechend für afF-Flotten optimiert werden.

5.4 Konzept

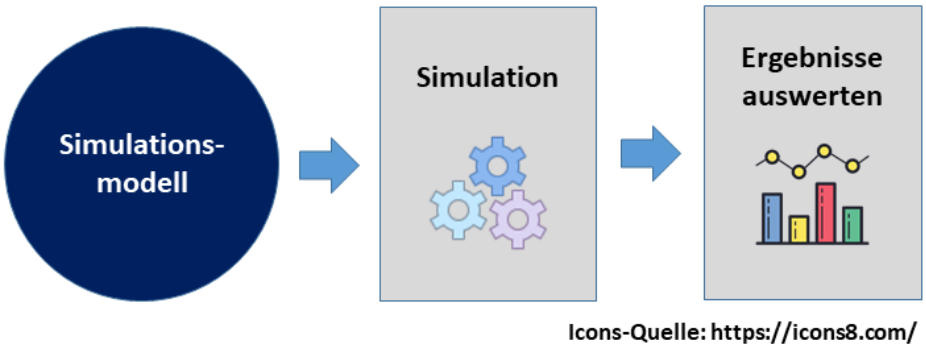


Abbildung 43: Arbeitsschritte einer Simulation im Allgemeinen

Der erste Arbeitsschritt umfasst die Erstellung des Simulationsmodells, in das alle relevanten Daten, Komponenten und Regeln eingepflegt werden. Bezüglich der Verkehrssimulation im Kontext von afF-Flotten musste also im Vorfeld ermittelt werden, welche Daten hierzu erforderlich sind und welche Komponenten nach welchen Regeln miteinander interagieren. Hierbei wurden folgende relevanten Punkte identifiziert:

- Infrastruktur: Straßen, Schienen, Fahrradewege, Gehwege, Ampeln, usw..
- Relevante Orte: Schulen, Theater, Bürogebäude, Restaurants, usw.
- Basisverkehr: Fahrzeuge, die nicht zur betrachteten Flotte gehören
- Fahrgäste: Werden an relevanten Orten platziert und setzen Aufträge ab
- afF: Arbeiten die Kundenaufträge ab
- CS-Stationen: Liegt gerade kein Auftrag vor, parken die Fahrzeuge dort
- Anwendungsszenarien: Definition relevanter Orte zu bestimmten Zeiten
- Routen-Strategie: Vorgehensweise zur Abarbeitung der Kundenaufträge

Der statische Teil des Simulationsmodells wird weitgehend mit Hilfe grafischer Benutzerschnittstellen erstellt, wofür keine Programmierkenntnisse erforderlich sind. Nachdem der statische Teil erstellt wurde, und zusätzliche Parameter wie Laufzeit und Zeitschritt definiert wurden, kann dieses an das eigentliche Simulationsprogramm übergeben werden. Die Simulation wird je nach Umfang auf einem gewöhnlichen PC /

Notebook oder, falls erforderlich, auf externen Hochleistungsrechnern durchgeführt. Um möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu bekommen, wird die Simulation meist mehrmals (hintereinander oder parallel) mit unterschiedlichen Parametern durchgeführt. Somit wird deutlich, welche Parameter den größten Einfluss auf die Ergebnisse haben und mit welchen Einstellungen die besten Ergebnisse erzielt werden.

Wie bereits im Abschnitt 5.1 erwähnt, wurde im Forschungsprojet KI4ROBOFLEET die Simulationsumgebung SUMO eingesetzt. Trotz der Tatsache, dass SUMO nun seit 20 Jahren ein sehr etabliertes Werkzeug mit einer aktiven Community ist und laufend Verbesserungen und Erweiterungen veröffentlicht werden, ist der hier vorliegende Anwendungsfall im Kontext von afF-Flotten so speziell, dass noch eine ganze Reihe zusätzlicher Funktionen implementiert werden mussten. So musste beispielsweise eine Routine entwickelt werden, die relevante Orte (»Points of Interest«) wie beispielsweise Schulen, Theater, Bürogebäude, Restaurants, Supermärkte, usw. automatisch aus der digitalen Stadtkarte ausliest und als mögliche Start- und Zielpunkte für die afF bereitstellt. Eine weitere große Herausforderung war das »Sharing Scenario«, dass also mehrere Personen von unterschiedlichen Positionen abgeholt und eine gewisse Wegstrecke gemeinsam chauffiert werden. Hier mussten geeignete Optimierungsalgorithmen entwickelt werden, dass einerseits die Fahrzeuge ideal ausgelastet und andererseits die Umwege nicht zu groß werden.

5.5 Implementierung eines realitätsnahen Simulationsmodells

Bei der Modellierung werden alle relevanten Komponenten und entsprechende Datenquellen einbezogen. Häufig liegen allerdings die erforderlichen Daten nicht in der gewünschten Quantität und Qualität vor, sodass plausible Annahmen getroffen werden müssen, um mit vertretbarem Aufwand ein möglichst realitätsnahes Simulationsmodell zu erstellen.

Abbildung 44 ist dargestellt, welche Komponenten im Simulationsmodell für die Verkehrssimulation im Kontext von afF-Flotten relevant sind.

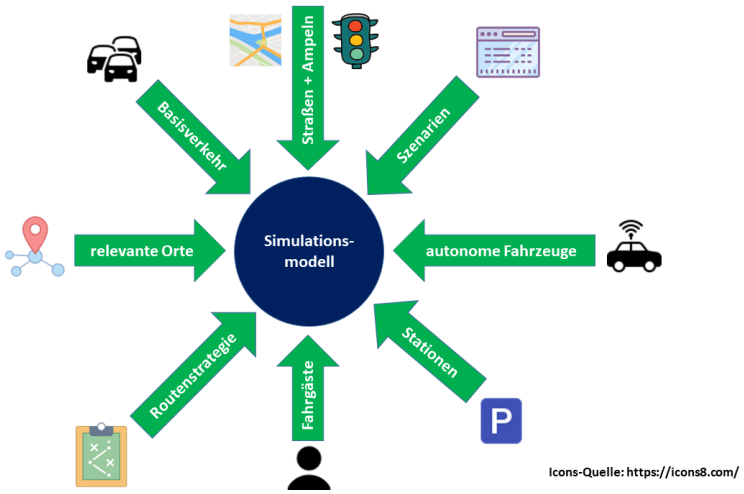


Abbildung 44: Komponenten des Simulationsmodells

5.5.1 Infrastruktur und relevante Orte

Die Infrastruktur wie Straßen, Schienen, Fahrradewege, Gehwege, Ampeln, usw. und die relevanten Orte (»Points of Interest«) werden aus OpenStreetMap[9] in das Simulationsmodell importiert.

In der vorliegenden Studie wurde hierzu das Stadtzentrum von Mannheim betrachtet. Mit mehr als 300.000 Einwohnern bietet Mannheim eine gewisse repräsentative Größe und Vergleichbarkeit mit vielen deutschen Städten. Der Hauptgrund liegt allerdings darin, dass der Projektpartner „stadtmobil Rhein Neckar AG“ allein im Stadtzentrum von Mannheim mehr

als 30 CS-Stationen betreibt und entsprechend viele anonymisierte Nutzungsdaten bereitstellen konnte. Damit wird für den Projektpartner ein konkreter Nutzen generiert, in dem mögliche Anwendungsszenarien von afF-Flotten simulativ untersucht werden können.

5.5.2 Basisverkehr

Ein komplexes Thema bei der Erstellung des Simulationsmodells stellt die Einbeziehung des Basisverkehrs dar. Um möglichst realistische Aussagen zu Fahrtzeiten von afF, bzw. Wartezeiten von Kunden treffen zu können, ist es entscheidend, den Basisverkehr möglichst realistisch zu erfassen. Hierzu werden Daten aus Verkehrszählstellen in das Simulationsmodell importiert.

Abbildung 45 sind die Verkehrszählstellen im Zentrum von Mannheim eingezeichnet. Für jeden grünen Punkt liegen Zähldaten im Zeitraum von 6:00 bis 22:00 Uhr für Intervalle von jeweils 30 Minuten, und jeweils separat für PKWs und LKWs vor. Ein spezieller sogenannter Route-Sampler-Algorithmus sorgt dafür, dass hunderte und tausende Fahrzeuge mit vorgegebenen Routen so erstellt werden, dass die Verkehrszählstellen genau von der vorgegebenen (gezählten) Anzahl an Fahrzeugen passiert werden. Somit werden folglich auch die Straßen in der Umgebung der Zählstellen befahren und je mehr Verkehrszählstellen vorhanden sind, desto genauer wird das reale Verkehrsaufkommen dadurch abgebildet. Hierbei spielt die geschickte Anordnung der Verkehrszählstellen eine entscheidende Rolle, die sich, wie in Abbildung 45 dargestellt, idealerweise bevorzugt an wichtigen Verkehrsknoten wie Kreuzungen und stark befahrenen Hauptverkehrsadern befinden.

[9] https://www.openstreetmap.org

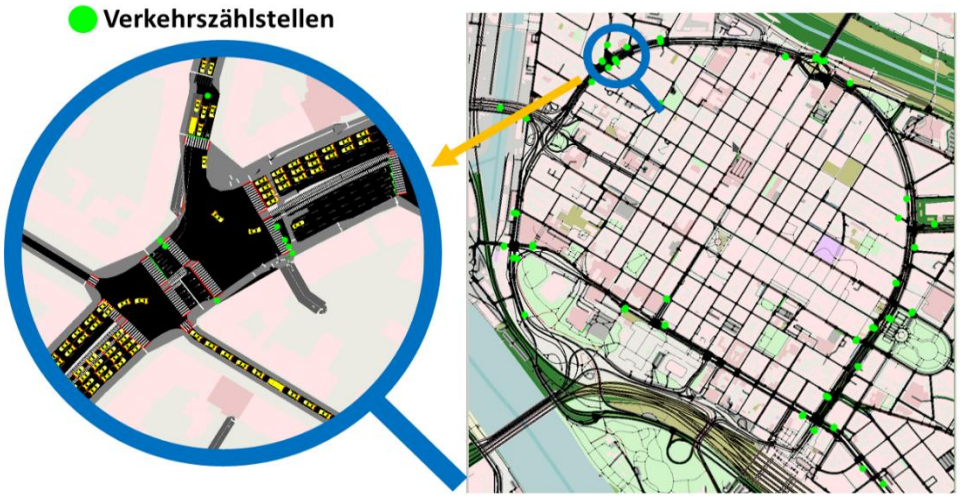


Abbildung 45: Verkehrszählstellen im Zentrum von Mannheim

5.5.3 Fahrgäste und autonom fahrende Fahrzeuge (afF)

Abbildung 46 ist ein Ausschnitt einer SUMO Simulation abgebildet, in dem ein wartender Fahrgast in ein afF einsteigt. Erwähnenswert ist hier die Detailtreue, dass beim Fahrzeug die Blinker und die Bremslichter während des Einstiegs zu sehen sind. Die Fahrgäste werden an den relevanten Orten aus den Anwendungsszenarien, wie beispielsweise Schulen, Restaurants, Bürogebäude, usw., platziert und senden dort eine Anfrage an das Flottenmanagement, damit ein Fahrzeug zum entsprechenden Ort geschickt wird.

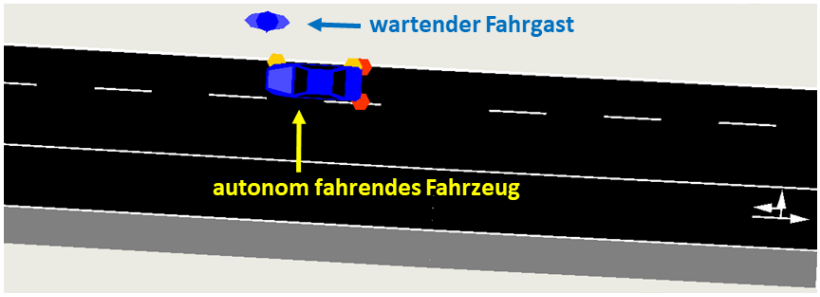


Abbildung 46: Einstieg eines wartenden Fahrgastes in ein afF

5.5.4 Carsharing-Stationen

»Die Betreiber dieser neuen Flotten autonomer Fahrzeuge […] werden ihre Fahrzeuge an strategisch sinnvollen Punkten platzieren. Es wird dafür ausgewiesene Flächen in den Städten geben, ähnlich wie den heutigen Taxiständen.«[10].

Es wird davon ausgegangen, dass CS-Stationen auch zukünftig für afF Flotten eine wichtige Rolle spielen, da diese in den Pausen zwischen den Aufträgen als Parkplatz dienen und zudem als automatische Ladestation genutzt werden können. Im Simulationsprogramm werden die Parkplätze an den CS-Stationen daher als Start-, Ziel- oder Haltepunkt für die afF genutzt.

Abbildung 47 sind rechts die CS-Stationen der stadtmobil Rhein Neckar AG im Zentrum von Mannheim eingezeichnet. Links in der Vergrößerung ist zu erkennen, dass an den Stationen Parkplätze dargestellt sind.

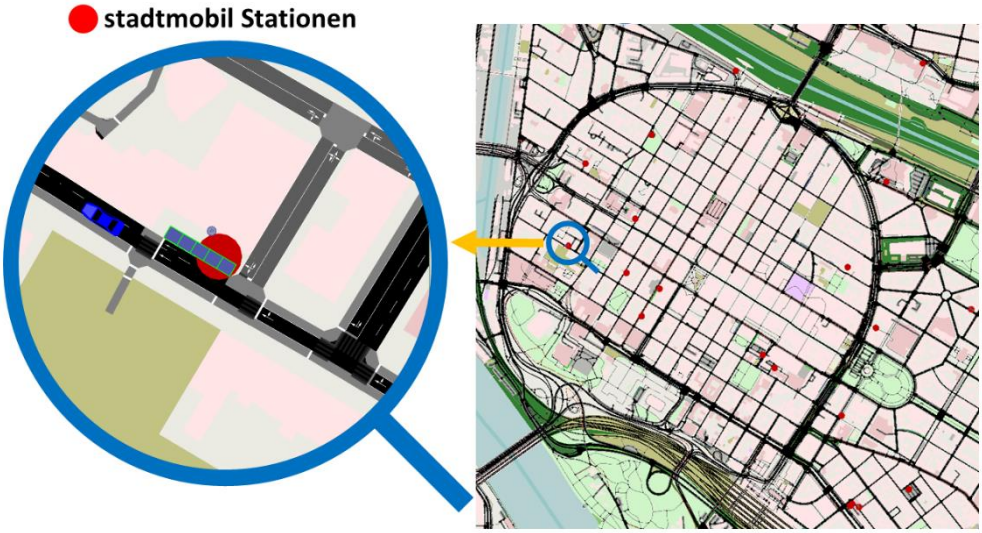


Abbildung 47: Stadtmobil Stationen

5.5.5 Anwendungsszenarien

In Kapitel 4 wurde beschrieben, dass die folgenden beiden Anwendungsszenarien im Kontext von afF-Flotten eine zentrale Rolle spielen werden:

- AS 1: Feste Termine in der Region zu Geschäftszeiten
- AS 2: Flexible Termine in der Region zu Randzeiten

Um ein »Proof of Concept« für die implementierten Simulationsverfahren durchzuführen, wurden für diese beiden Anwendungsszenarien zwei konkrete, realitätsnahe Beispiele entworfen:

[10] Lalli, M. (2020) Autonomes Fahren und die Zukunft der Mobilität, Springer Verlag S.31 ISBN: 978-3-662-61811-0

- **Anwendungsszenario 1: Mannheim Zentrum am Morgen**

Ein mögliches konkretes Szenario für »Feste Termine in der Region zu Geschäftszeiten« ist die Nutzung der afF am Morgen. Hierbei werden die Fahrzeuge in die Wohngebiete bestellt und die Ziele stellen die Schulen, Kindergärten und Bürogebäude dar. Hierzu wurden, wie in Abbildung 48 dargestellt, aus den Open Streetmap Kategorien »Apartment« und »Residential« zufällige Startpunkte gewählt und aus der Kategorie »office«, »school«, und »kindergarten« zufällige Zielpunkte gewählt. Es wurde der Zeitraum von 7:30 bis 8:30 Uhr erfasst und der Basisverkehr entsprechend den Verkehrszähldaten für diesen Zeitraum eingestellt.

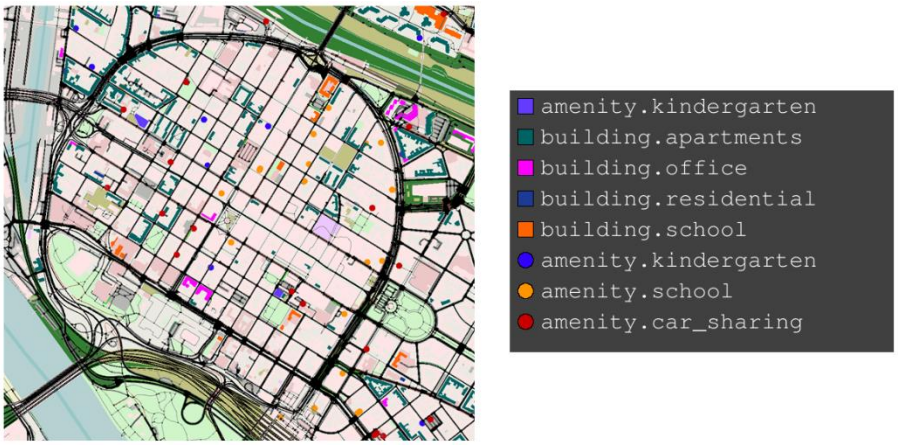


Abbildung 48: Mannheim Zentrum mit Einfärbung der »Points of Interest« für das Morgen-Szenario

- **Anwendungsszenario 2: Mannheim Zentrum am Abend**

Ein mögliches konkretes Szenario für »Flexible Termine in der Region zu Randzeiten« ist die Nutzung der afF am Abend. Hierbei werden die Fahrzeuge zu den Bürogebäuden und Wohngebieten bestellt und die Ziele stellen Restaurants, Theater, Kinos, Pubs, Fitnesszentren und Biergärten dar. Hierzu wurden wie in Abbildung 49 dargestellt aus den Open Steetmap Kategorien »apartments« und »residential« zufällige Startpunkte gewählt und aus der Kategorie »restaurant«, »cinema«, und »theatre« zufällige Zielpunkte gewählt. Es wurde der Zeitraum von 19:00 bis 22:00 Uhr erfasst und der Basisverkehr entsprechend den Verkehrszähldaten für diesen Zeitraum eingestellt.

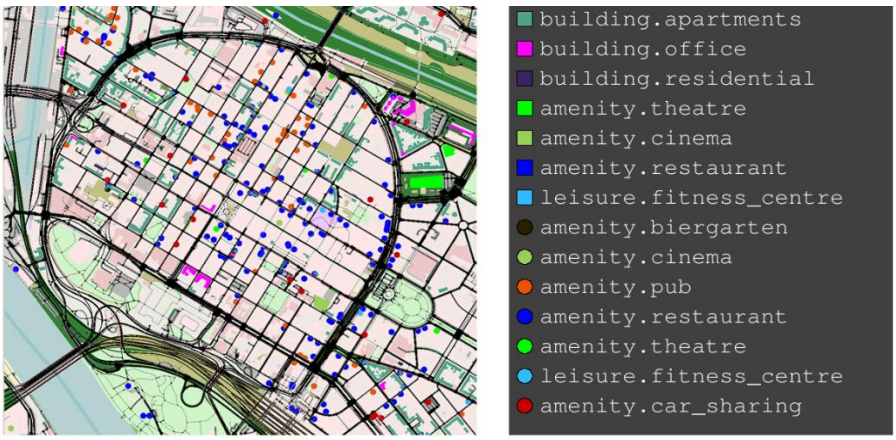


Abbildung 49 : Mannheim Zentrum mit Einfärbung der »Points of Interest« für das Abend-Szenario

5.5.6 Routen-Strategie

Die Simulation kann mit unterschiedlichen Routen-Strategien durchgeführt werden. Es kann also definiert werden, nach welchem Schema die afF die einzelnen Kundenaufträge abarbeiten.

Folgende Strategien wurden implementiert:

- Einfache Strategie:
  - Ein Fahrgast pro Fahrzeug
  - Das nächstgelegene freie Fahrzeug übernimmt den Auftrag.

- Vorausschauende Strategie:
  - Ein Fahrgast pro Fahrzeug
  - Die Fahrzeuge fahren auf der Basis der KI-Vorhersage (siehe Kapitel 6) vorausschauend Bezirke an, in denen demnächst Aufträge erwartet werden.

- »Shared« Strategie:
  - Mehrere Fahrgäste pro Fahrzeug sind gleichzeitig möglich.

  - Auf Basis der KI-Vorhersage werden Routen vorberechnet, die mehrere Passagiere bedienen. Die Fahrzeuge wählen die Route so, dass mehrere Fahrgäste, die eine ähnliche Strecke fahren, an unterschiedlichen Positionen abgeholt werden, ohne dass dabei lange Umwege entstehen

5.6 Steuerung der Verkehrsteilnehmer und der Infrastruktur

Das Simulationsmodell enthält, wie in
Abbildung 44 (S.65) dargestellt, die unterschiedlichsten Komponenten, die im Simulationsdurchlauf miteinander interagieren. Die beweglichen Objekte wie der Basisverkehr, die afF und die Fahrgäste bewegen sich innerhalb der Begrenzungen, die durch die Infrastruktur wie dem Straßennetz, dem Schienennetz, den Ampeln und den Parkplätzen vorgegeben sind.

Für die Interaktion zwischen Fahrgästen und den afF wurde auf bereits bestehenden Funktionen der SUMO Simulationsumgebung aufgebaut, die für Taxis entwickelt wurden und die Verarbeitung von Kundenaufträgen sowie das erforderliche Routing durchführen können.

5.7 Optimierungsmethoden

Wird die Simulation mehrmals iterativ mit unterschiedlichen Parametern und Routen-Strategien durchgeführt, können Zusammenhänge erkannt und optimierte Lösungen gefunden werden.

5.7.1 Klassische Optimierungsmethoden

Bei den klassischen Optimierungsmethoden werden bekannte Algorithmen wie beispielsweise der Greedy-Algorithmus angewendet, der in einem Entscheidungsbaum schnellstmöglich die ideale Lösung sucht.

Für die Optimierung der Fahrzeug-Routen der »shared«- und der »look-ahead«-Strategie wird davon ausgegangen, dass die Nachfrage der Passagiere vom KI-Service (siehe Kapitel 6) vorhergesagt werden kann. Auf Basis dieser Vorhersage werden die Routen der Fahrzeuge bei der »shared«-Strategie mittels Dynamischer Programmierung (Bellman, 1957) optimiert. Dabei werden auch Umwege in Kauf genommen, um mehrere Passagiere, die ähnliche Ziele haben, gemeinsam zu transportieren. Der Umfang der Umwege, die für Passagiere akzeptabel sind, können mittels Parameter eingestellt werden.

5.7.2 KI-Methoden

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde konzeptionell untersucht, inwieweit künstliche Intelligenz im Kontext von Verkehrssimulationen eingesetzt werden kann. Bei den KI-Methoden bietet sich das sogenannte »Reinforcement Learning« (bestärkendes Lernen) an, um Interaktionen zwischen den Komponenten im Simulationsmodell zu optimierten. Hierzu wurde »FLOW«, ein bereits bestehendes Deep-Reinforcement-Learning-Framework für Verkehrssimulationen, eingesetzt.
Da der Lernvorgang für die KI hier bereits bei sehr kleinen Modellen einen hohen Rechenaufwand erfordert, wurde das Modell auf eine Straßenkreuzung reduziert und untersucht, wie eine intelligente Ampelschaltung realisiert werden kann, sodass die Fahrzeuge eine möglichst geringe Wartezeit aufweisen.

Das Training der intelligenten Ampel erfolgt in mehreren Iterationen.
Der Agent bekommt Rückmeldungen vom »Environment« (Umgebung) über den aktuellen »State« (Zustand). Nach jedem Durchlauf wird ein »Reward« (eine Belohnung) vergeben, um zu bewerten, wie gut der aktuelle Durchlauf war. Dieser wird aus der Anzahl der Fahrzeuge, die eine Geschwindigkeit unter 5 km/h aufweisen, berechnet. Je weniger Fahrzeuge durch die Ampelschaltung ausgebremst werden, desto höher ist die Belohnung für den aktuellen Durchlauf.

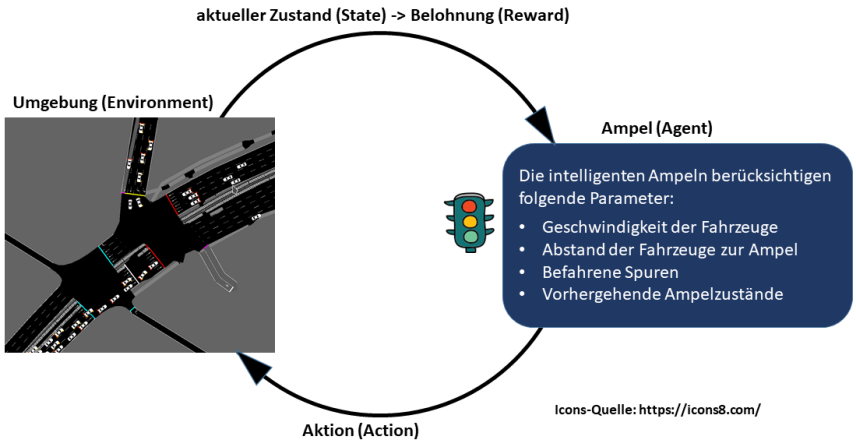


Abbildung 50: Reinforcement Zyklus für eine intelligente Ampelschaltung

5.8 Simulationsergebnisse

In Abbildung 51 ist die grafische Benutzeroberfläche zur Simulationsauswertung mit den entsprechenden verkehrsökonomischen- und ökologischen Parametern zu sehen.

Die Simulationsergebnisse können entweder direkt über die grafische Benutzeroberfläche einzeln nacheinander dargestellt, oder gesammelt als CSV- und als HTML Datei exportiert werden.
Die CSV-Datei kann dann wiederum mit einem Tabellenverarbeitungsprogramm beliebig bearbeitet und grafisch aufbereitet werden. Im Anhang (Anhang zu Kapitel 5: Simulationsergebnisse) sind die Simulationsergebnisse für die in Abschnitt 5.5.5 beschriebenen Anwendungsszenarien zusammengefasst. Diese ersten Simulations-ergebnisse sind als Proof of Concept und nicht als umfassende Analyse zu betrachten, die den Rahmen dieses Forschungsprojektes sprengen würde. Doch bereits diese ersten Ergebnisse zeigen, dass für einen ökonomisch- und ökologisch sinnvollen Betrieb der autonomen Flotte die Wahl der Flottengröße und des Routing- Algorithmus entscheidend sind. Insbesondere autonome Fahrzeugflotten die als »Ridepooling« Flotten betrieben werden, bieten große ökologische Potentiale.



Abbildung 51: Beispiel einer Simulationsauswertung

5.9 Ausblick und Veröffentlichung des Quellcodes

Im Projekt KI4ROBOFLEET wurde anhand von zwei realitätsnahen Anwendungsszenarien gezeigt, dass Verkehrssimulationen im Kontext von afF-Flotten zukünftig von CS-Unternehmen zur Bewertung neuer Anwendungsszenarien für bestimmte Regionen eingesetzt werden können. Auch Stadtplaner können stark von den Ergebnissen profitieren um Verkehrskonzepte und Flächenwidmungen entsprechend frühzeitig anzupassen. Die im Rahmen des Projekts entwickelten Verfahren stellen somit einen »Proof of Concept« dar, die nun auf weitere Szenarien angewendet werden können. Ein wichtiges Szenario stellt beispielsweise die Untersuchung von afF-Flotten im Kontext von Mobilitätshubs dar. Hierbei könnten dann für einzelne Fahrgäste gesamte Reiseketten simuliert werden.

SUMO ist ein Open Source Projekt und lebt von einer aktiven Community. Um dieser etwas beizutragen, wurde der Quellcode der entwickelten Verfahren auf die Programmierplattform »GitHub« hochgeladen und kann frei und ohne eigenes Benutzerkonto direkt über den folgenden Link heruntergeladen werden.



https://github.com/keim-hs-esslingen/ki4robofleet.git

5.10 Fazit zur Simulationsumgebung

Die Simulationsumgebung dient zur konkreten Analyse und Optimierung von Geschäftsmodellen, die lokal sehr unterschiedlich ausgeprägt sein können. Potenzielle Anwendungsszenarien können mit einer einfach zu bedienenden grafischen Oberfläche erstellt und dann hinsichtlich wirtschaftlicher und verkehrsökologischer Parameter untersucht werden. Die Auswertung der Simulationsergebnisse erlaubt Rückschlüsse auf die Fahrtdauer, die Fahrtstrecke, den Energieverbrach, die Wartezeit der Kunden und kann somit bei der Bestimmung der idealen Flottengröße, und der Ermittlung der zu erwartenden Betriebskosten unterstützend herangezogen werden.

6 Anforderungen an Informationssysteme mit KI

Die Umsetzung von erweiterten Anwendungsszenarien im Umfeld vom autonomen Fahren ist ohne den Einsatz von IKT-Systemen nicht möglich. Daher liegt ein weiterer Schwerpunkt des Projekts auf der Analyse von Anforderungen an Flottenmanagement-IKT-Lösungen, die erweiternde Anwendungsszenarien technisch abbilden können. Die notwendige Vernetzung und Integration dieser Systeme und die einhergehende Berücksichtigung von Echtzeit- und Prognosedaten sorgt für eine exponentiell ansteigende Komplexität und erfordert die Entwicklung neuartiger Lösungskonzepte unter Einsatz von KI-Technologien (McKinsey, 2017).

Die Verfügbarkeit solcher IKT-Systeme mit entsprechenden Fähigkeiten hat wesentlichen Einfluss auf die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen im Mobilitätssektor. Die erzielten Ergebnisse unterstützen Unternehmen bei der Vorbereitung bestehender IKT-Systeme und Umsetzung von Neuentwicklungen. Trotz fehlender gesetzlicher Rahmenbedingungen und Unsicherheiten bezüglich der Marktverfügbarkeit entsprechender Fahrzeuge, können so wirtschaftliche Risiken für KMUs reduziert werden.

6.1 Anforderungen

Allgemein gibt es für IKT-Systeme für das Flottenmanagement einige grundlegende Anforderungen (siehe

Abbildung 52). Bei der Maximierung der Flottenauslastung und bei der Vorpositionierung der Fahrzeuge spielt die zuverlässige Prognose der Auslastung eine wichtige Rolle:

- Wann, wo und wie lange sind die Fahrzeuge unterwegs?
- Wo sollen die Fahrzeuge für den nächsten Auftrag sein?
- Welche Art von Auftrag haben die Fahrzeuge?
    - Fahrdienst
    - Energietransport
    - Warentransport
    - Ladevorgänge
- Mit welcher Route kommt es zum Zielort?

Dabei gibt es eine Vielzahl an Einflüssen auf die Flottenauslastung, mit Hilfe deren Kenntnis das KI-System bessere Prognosen und dadurch höhere Auslastungen sowie bessere Vorpositionierungen der Fahrzeuge ermöglicht, wodurch jedoch eine hohe Komplexität des Gesamtsystems entsteht:

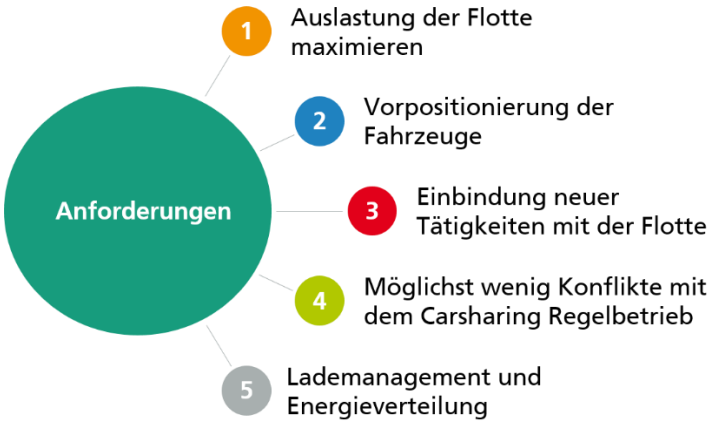


Abbildung 52: Anforderungen an IKT-Systeme für das Flottenmanagement mit KI-Systemen

- Verkehrsaufkommen
- Ausfälle im ÖPNV und Fahrpläne
- Ladestand der Fahrzeuge
- Wetter
- Historische Auftragslage
- Feiertage und Schulferien
- Großveranstaltungen
- Wochentag

6.1.1 Datenquellen

Je nach betrachtetem Anwendungsfall erweitern sich die Datenquellen, d.h. das System muss flexibel bei der Datenspeicherung sein.

- App zum Rufen eines Fahrzeugs
- Energiemanagementsysteme beim Transport von Batterieladung
- Parkleitsysteme
- Paketdienste
- Lebensmittelhändler und Warensysteme

6.1.2 Komplexität

Eine hohe Anzahl von Schnittstellen, Datenquellen und Services wird erwartet:

- Das System muss über klare Schnittstellen und Definitionen verfügen
- Das System muss eine klare Kommunikationsstruktur besitzen, da theoretisch jeder Service mit jedem Kommunizieren kann.
- Rückverfolgbarkeit durch Signaturen und Metainformationen

6.1.3 Services

Das System muss auf einer Reihe von unabhängigen Micro-Services basieren, die bei Bedarf einzeln veränderbar sind.

- Berechtigungs- und Zugangssystem für Services (Gilt für Datenquellen als auch Zugriff auf andere Services)
- Einzelne fehlerhafte Services dürfen nicht das Gesamtsystem zum Absturz bringen.
- Grundlegende Funktionen für den Betrieb müssen dauerhaft verfügbar sein.

6.1.4 Rechtliches

Durch den Datenaustausch über verschiedene Domänen und Anbieter hinweg ergeben sich weitere Anforderungen:

- Der Ursprung von Daten muss überprüft werden können und auf Validität prüfbar sein.
- Der Datenschutz der Nutzer des Systems muss gewährleistet werden.
- Die Nutzungsbedingungen der Daten müssen im System einsehbar und umgesetzt sein.

Weitere Anforderungen aus rechtlicher Sicht:

- Datenschutz und Datenweitergabe
- Urheber- und Nutzungsrechte pro Datensatz/Quelle
- Zugriff Dritter, inkl. Behörden (dürfen z. B. Strafzettel vergeben werden auf Basis von Bewegungsdaten?)
- Physikalischer Speicherort der Daten
- Datenvalidierung (Integrität, Validierung, Verifizierung)

6.1.5 Datenmanagement und Kommunikation zwischen den beteiligten Services in der Architektur

Für das Datenmanagement und die Kommunikation zwischen einzelnen Diensten gelten folgende Anforderungen:

- Alle Services benötigen für ihre Arbeit mit KI-Algorithmen eine Datenbasis die gemeinschaftlich aufgebaut werden muss
    - (Erlaubte) Zeiträume der Speicherung müssen berücksichtigt werden, damit diese datenschutzkonform sind (wie lange und wo ein Fahrzeug unterwegs ist kann Aufschluss über personenbezogene Daten geben)
    - Der physikalische Speicherort muss definierbar (z. B. Standort Deutschland) sowie Speicherformate und Schnittstellen müssen einheitlich sein
    - Redundanz kritischer Systeme muss gewährleistet sein und Split-Brain-Szenarien müssen verhindert werden (Teilsysteme müssen sich abstimmen, wie bei Teilausfällen weitergearbeitet wird)

- Das System greift in den realen Fahrzeugbetrieb ein, Probleme oder Ausfälle müssen vorgeplant sein

- Das System muss den Fahrzeugen genug Informationen liefern, so dass auch kurzfristige bis mittelfristige Verbindungsprobleme oder Ausfälle sich nicht auf den Realbetrieb auswirken
- Die unmittelbare Steuerung und Routenfindung bleibt dem Fahrzeug vorbehalten
- Der Ausfall oder Verlust einzelner Services darf den Gesamtbetrieb nicht beeinflussen
- Entscheidungen der KI-Algorithmen müssen vor Umsetzung auf Plausibilität geprüft werden

6.1.6 Verschlüsselung und Verifizierung der Kommunikation und der Datensätze

- Signaturen und Validierung der Daten für die Fahrzeuge und Entscheidungsfindung
- Aufbau einer Vertrauensbasis im Gesamtsystem das zur Validierung dient
- Verschlüsselte Kommunikation
- Berechtigungen und Nutzer- bzw. Serviceverwaltung

6.1.7 Definitionen der Schnittstellen und Formate

- Schnittstellen sollten bestmöglich so gestaltet werden, dass Anbieter nicht bevorzugt oder benachteiligt werden, indem offene Standards verwendet werden:

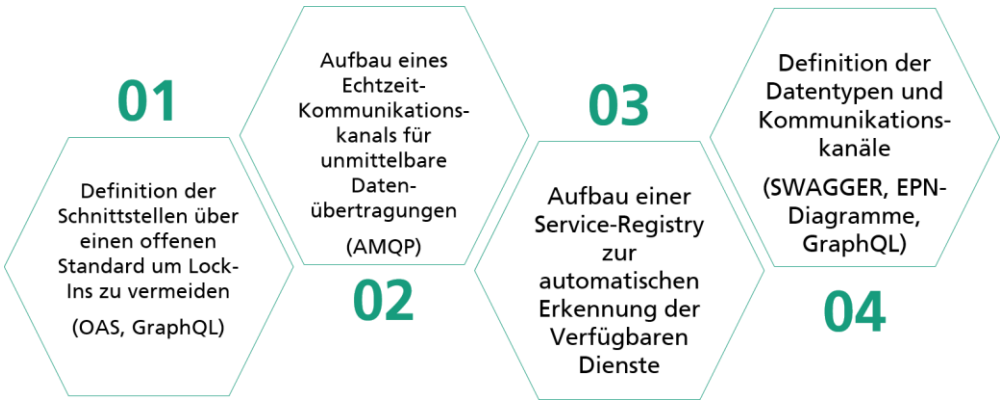


Abbildung 53: Definition der Schnittstellen und Formate

- OAS: die OpenAPI Specification (vormals Swagger Specification) ist ein Standard zur Beschreibung von REST-konformen, also offenen und herstellerneutralen Schnittstellen und ermöglicht es Dienste in einem Netzwerk ausfindig zu machen

- GraphQL: ist eine Open-Source Datenabfragesprache und Server-Laufzeitumgebung, die es erlaubt die genaue Struktur der abzufragenden Daten zu definieren, um unnötig große Datenmengen zu übermitteln, wie es bei REST-Schnittstellen oft der Fall ist. GraphQL ist nicht an eine spezielle Datenbank gebunden und unterstützt darüber hinaus das Lesen, Schreiben sowie Echtzeit-Updates

- Unmittelbare Datenübertragungen für Vorhersagen mithilfe eines Echtzeit-Kommunikationskanals nutzen, beispielsweise mithilfe des Advanced Message Queuing Protocol (AMQP). AMQP ist ein binäres Netzwerkprotokoll auf Anwendungsebene und ermöglicht die Kommunikation zwischen Client und Message-Broker, beispielsweise einem Open-Source Message-Broker wie RabbitMQ
- Aufbau einer Service-Registry, also einer Datenbank von Diensten, deren Instanzen und ihrem Standort, welche zur automatischen Erkennung der verfügbaren Dienste dient.
- Definition der Datentypen und Kommunikationskanäle, beispielsweise mithilfe von
    - Swagger, um REST-APIs zu entwerfen, zu dokumentieren und zu nutzen
    - Event Processing Network – Diagrammen bei ereignisgesteuerten Softwarearchitekturen (Event Driven Architecture)
    - GraphQL

6.1.8 Architekturvorschlag

Eine Software-Architektur wird als eine strukturierte oder hierarchische Anordnung der Systemkomponenten sowie Beschreibung ihrer Beziehungen zueinander definiert (Balzert, 2011). Sie ist eine Abstraktion und noch kein detaillierter Entwurf des zu konstruierenden Gesamtsystems. Die Modellierung von Software-Architekturen dient der Dokumentation, Kommunikation und Verständigung über Architekturen (Clements et al., 2002). Für die Wiederverwendung und die Weiterentwicklung von Best Practices spielen Software-Architekturen, auch sogenannte Referenzarchitekturen, eine wichtige Rolle. Ebenso stellt sich die Frage nach der Komplexität des Systems und der Konstanz der Anforderungen an das System. Die Auswirkungen von Änderungen der Anforderungen auf ein komplexes Gesamtsystem können nicht immer vorhergesagt werden. Daher ist eine wichtige Entscheidung die Frage des Detaillierungsgrades einer Architekturbeschreibung, damit diese auch keine unnötigen Einschränkungen eines sich in der Evolution befindenden Gesamtsystems verursacht.
Dieser Abschnitt liefert Empfehlungen und Hinweise für Architektur-Vorschläge, die bei der Modellierung eines Systems im IKT-Umfeld berücksichtigt werden sollten.

Damit Basisdienste autonomer Fahrzeugflotten wie beispielswiese die Positionierung von Fahrzeugen, schnell auf Echtzeitdaten reagieren können (Buchungen, Verkehrsmeldungen, usw.), gleichzeitig aber auch historische Daten (beispielsweise Nutzungsstatistiken) mittels KI in Entscheidungen direkt miteinbezogen werden sollen, empfiehlt sich die Trennung ähnlich wie bei der Lambda-Architektur in separate Datenpfade: einem Echtzeitpuffer für geringe Latenz getrennt von dem Datenpfad, der auf den Gesamtspeicher mit seinen Rohdaten (Data-Lake) zugreift (

Abbildung 54).
Dadurch wird eine schnelle Fahrzeugpositionierung ermöglicht mit Hilfe von Echtzeitdaten mit geringer Latenz sowie mit historischen Daten aus dem Data-Lake. Für die Integration von KI-Technologien bietet sich unter den Open Source Kandidaten scikit-learn für klassische Machine-Learning-Methoden und tensorflow für Deep-Learning-Algorithmen an.

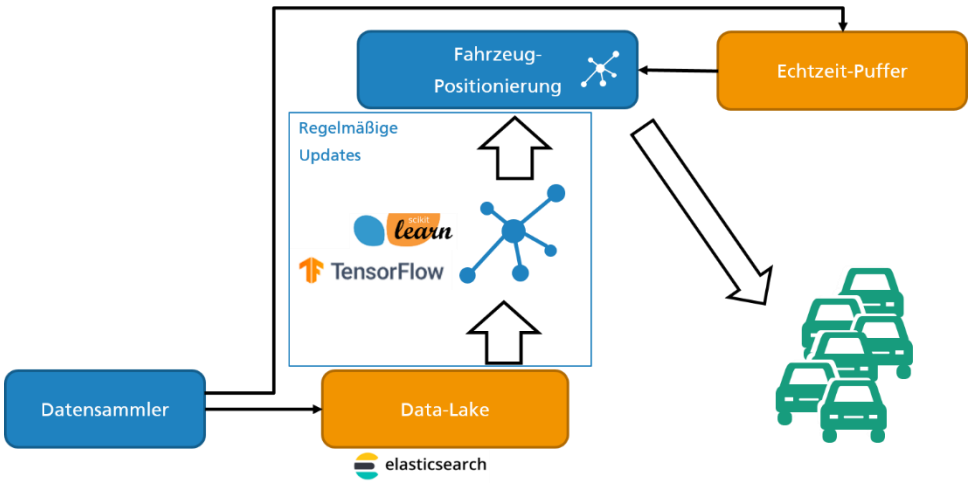


Abbildung 54: Anbindung von KI-Technologien

6.1.9 Integration in ein Flottenmanagementsystem

Für jedes existierende Flottenmanagementsystem (FMS) wird ein Connector benötigt, um einen einheitlichen Datenaustausch zu ermöglichen. Die Kommunikation erfolgt bidirektional über das KI-FMS-Interface, beispielsweise zustandslos mittels REST/JSON oder mit Hilfe von WebSockets. Das KI-FMS-Interface ist an den Echtzeit-Puffer und den Data-Lake angebunden und kapselt verschiedene FMS vom Data-Lake ab.

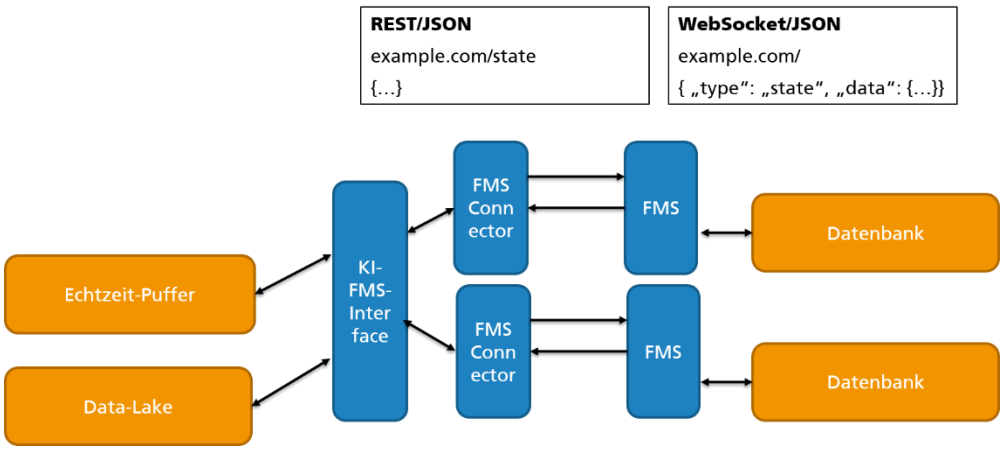


Abbildung 55: Integration in ein Flottenmanagement-System

7 Literaturverzeichnis

Balzert, H. (2011). Entwurf, Implementierung, Installation und Betrieb, Spektrum Akademischer Verlag. In *Lehrbuch der Softwaretechnik. Bd. 2* (S. 580). doi:ISBN 978-3-8274-1706-0

beliebte-vornamen.de. (kein Datum). Von www.beliebte-vornamen.de abgerufen

CarSharing.de. (kein Datum). Von www.CarSharing.de abgerufen

Clements et al. (2002). Documenting Software Architectures: Views and Beyond. Addison-Wesley.

co2online.de. (kein Datum). Von www.co2online.de abgerufen

Datenland Deutschland. Urbane Mobilität und autonomes Fahren im Jahr 2035. Welche Veränderungen durch Robotaxis auf Automobilhersteller, Städte und Politik zurollen. (kein Datum). 2019: DELOITTE .

DESTATIS [Statistisches Bundesamt]. (27. 3 2017). Von Bevölkerungsentwicklung bis 2060. Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Aktualisierte Rechnung auf Basis 2015: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Publikationen/Downloads-Vorausberechnung/bevoelkerung-bundeslaender-2060-aktualisiert-5124207179004.pdf?__blob=publicationFile&v=3 abgerufen

destatis.de. (kein Datum). Von www.destatis.de abgerufen

FOCUS . (05. 11 (2018). Von Wohnpreis-Irrsinn! Wie deutsche Großstädte Normalverdiener vergraulen: https://www.focus.de/immobilien/wohnen/keiner-will-sich-mehr-luxus-wohnungen-leisten-fataler-teufelskreis-deshalb-schneiden-sich-staedte-beim-verkauf-von-baugrund-ins-eigene-fleisch_id_9851079.html abgerufen

FORSA [FORSA Gesellschaft für Sozialforschung und Statistische Analysen mbH]. (2017). Von Carsharing-Umfrage. Wer nutzt es und Warum?: https://roadmap-magazine.de/carsharing-umfrage-wer-nutzt-es-warum/ abgerufen

FORSA [FORSA Gesellschaft für Sozialforschung und Statistische Analysen mbH]. (2019). Von Studie zu Mobilitäts- und Umweltherausforderungen in der Stadt: Studie zu Mobilitäts- und Umweltherausforderungen in der Stahttp://www.business-on.de/dateien/dateien/pm_smart_forsa_ready_to_share_de.pdf abgerufen

IFMO [Institut für Mobilitätsforschung]. (2016). Von Carsharing 2025 – Nische oder Mainstream?: https://www.ifmo.de/files/publications_content/2016/ifmo_2016_Carsharing_2025_de.pdf abgerufen

Koch, C. (1 2019). *Wirtschaftsmagazin brand eins*. Von Was wäre, wenn es nur noch selbstfahrende Autos gäbe?: https://www.brandeins.de/magazine/brand-eins-wirtschaftsmagazin/2019/widerstaende-ueberwinden/was-waere-wenn-es-nur-noch-selbstfahrende-autos-gaebe?utm_source=zeit&utm_medium=parkett abgerufen

Kraftfahrt-Bundesamt. (2019). Jahresbilanz und Bestandsüberblick. Von https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz/fz_b_jahresbilanz_archiv/2019/2019_ueberblick_jahresbilanz_uebersicht.html?nn=2598042 abgerufen

Lalli, M. (2020). *Autonomes Fahren und die Zukunft der Mobilität.* Berlin: Springer Verlag .

Le Vine, & Polak. (Februar 2014). Automated Cars: A smooth ride ahead? *ITC Occasional Paper*. Abgerufen am 06. 05 2021 von http://www.theitc.org.uk/docs/114.pdf

Lichtenberg, J., & Hanel, F. (2007). *Der Nahverkehr. Öffentlicher Personenverkehr in Stadt und Region*. Von Carsharing und ÖPNV: Nutzen für beide? Eine Analyse der Situation in Frankfurt am Main: https://www.traffiq.de/filead-

min/user_upload/pdfs/Fachartikel/2007-11_Carsharing_und_OEPNV__Der_Nahverkehr_.pdf abgerufen
Marz, N., & Warren, J. (2013). *Big Data: Principles and best practices of scalable realtime data systems.* Manning Publications.
McKinsey. (2017). The road to artificial intelligence in mobility—smart moves required. Abgerufen am 06. 05 2021 von https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-road-to-artificial-intelligence-in-mobility-smart-moves-required
Metropolregion Rhein-Neckar. (kein Datum). Von https://metropolatlas.digitale-mrn.de/#/cms/~dashboards~statistikmonitor~ abgerufen
Nehrke , G., & Loose, W. (2019). *Nutzer und Mobilitätsverhalten in verschiedenen CarSharing-Varianten.* BCS [BUNDESVERBAND CARSHARING E.V.].
Öko-Institut u.a. [Öko-Institut e.V. V., ISOE-Institut für Sozial-Ökologische Forschung, CAR2GOO UND APROXIMA Gesellschaft für Markt- und Sozialforschung mbH]. (2018). Von share – Wissenschaftliche Begleitforschung zu car2go mit batterieelektrischen und konventionellen Fahrzeugen: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/share-Wissenschaftliche-Begleitforschung-zu-car2go-mit-batterieelektrischen-und-konventionellen-Fahrzeugen.pdf abgerufen
Pieper, N., Heußler, T., Woiseschläger, D., & Backhaus, C. (2013). Relevanz der Intermodalität für CarSharing-Konzepte. In W. P. Heike Proff (Hrsg.), *Schritte in die künftige Mobilität* (S. 379-396). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
Plug-in hybrid electric cars: Market development, technical analysis and CO_2 emission scenarios for Germany. (2021). IFEU [IFEU –INSTITUT FÜR ENERGIE-UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG GGMBH].
Roadmap Magazine. (kein Datum). Von www.roadmap-magazine.de/carsharing-umfrage-wer-nutzt-es-warum/ abgerufen
Röhrleef, M. (November 2015). Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge - Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen. Abgerufen am 06. 05 2021 von https://www.vdv.de/position-autonome-fahrzeuge.pdfx
SINUS Markt- und Sozialforschung GmbH. (kein Datum). Von www.sinus-institut.de/sinus-loesungen/sinus-milieus-deutschland/ abgerufen
SMRN [Stadtmobil Rhein-Neckar AG]. (2019). Von Gemeinwohlbericht 2018 der Stadtmobil Rhein-Neckar AG: https://rhein-neckar.stadtmobil.de/media/ abgerufen
Stadt Mannheim. (2018). Von Mannheimer Sozialatlas 2017. Bevölkerung und soziale Lebenslagen.: https://www.mannheim.de/sites/default/files/2018-10/Mannheimer_Sozialatlas_2017.pdf abgerufen
Statista. (22. 02 2021). Umfrage in Deutschland zum Besitz eines PKW-Führerscheins bis 2020. Abgerufen am 06. 05 2021 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/172091/umfrage/besitz-eines-pkw-fuehrerscheins/
Statistisches Landesamt Baden Württemberg. (kein Datum). Von www.statistik-bw.d: https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag20_01_05.pdf abgerufen
Trend Report. (kein Datum). Von https://www.trendreport.de/megatrends/ abgerufen
user-experience-blog.de. (kein Datum). Von https://www.user-experience-blog.de/2008/10/use_case_anwendungsfall_anwend/ abgerufen
Utech, U. (2011). *Rufname und soziale Herkunft. Studien zur schichtenspezifischen Vor¬namenver¬gabe in Deutschland.* Germanistische Linguistik Monographien Band 25.
zukunftsInstitut. (kein Datum). Von https://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrends/ abgerufen

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datensatzbeschreibung Fahrtdaten SMRN 2019 _____13
Tabelle 2: Quantilen der Buchungsdauern und der Umsätze SMRN-Kunden 2019 ___18
Tabelle 3: Nutzung von Freefloating und Stationsbasiert bei SMRN-Kunden 2019 ___21
Tabelle 4: Fahrten von sozialen Milieus und von Nutzergruppen bei SMRN 2019 ____25
Tabelle 5: Startzeiten nach Fahrzeugtypen bei SMRN 2019 (in Prozent der Gesamtfahrten im jeweiligen Zeitintervall) _____27
Tabelle 6: Startzeiten nach Zielgebieten und Geschlecht bei SMRN 2019 (in Prozent der Gesamtfahrten im jeweiligen Zeitintervall) _____28
Tabelle 7: Ausgewählte Untervarianten von Anwendungsszenarien ROBO-TAXI_____49
Tabelle 8: Anwendungsszenarien ROBO-TAXI nach Nutzergruppen _____50
Tabelle 9: Anwendungsszenarien ROBO-TAXI nach ausgewählten sozialen Milieus __50
Tabelle 10: Verkehrsökologische Kategorisierung der Anwendungsszenarien für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG_____57
Tabelle 11: Anteile der gefahrenen Kilometer 2019 je Fahrzeugtyp mit zugehörigen Emissionswerten (in Prozent) der Carsharing-Flotte von stadtmobil Rhein-Neckar AG_____59
Tabelle 12: Clustering der Anwendungsszenarien für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG _____61

Anhang

Anhang zu Kapitel 3: Status Quo: Mobilitätsanalyse stadtmobil Rhein-Neckar AG 2019

Gesamttabelle Auswertung Daten SMRN 2019 (Werte in Prozent)

Bei den Zahlenwerten handet es sich um Prozentzahlen. Bei Diagonalblöpcken ergibt die Blocksumme 100%, ansonsten die Zeilensumme.

		Nutzergruppe									Szenario										Milieu					
		NG01	NG02	NG03	NG05	NG06	NG07	NG08	NG09	NG10	AS01	AS02	AS03	AS04	AS05	AS06	AS07	AS08	AS09	AS10	1	2.2	2.3	3.2	3.4	4.2
Nutzergruppe	NG01	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	86,28	-	-	-	-	-	11,77	1,96	-	-	100,00	-	-	-	-	-
	NG02	-	28,90	-	-	-	-	-	-	-	20,97	8,74	0,28	1,83	5,99	12,93	36,86	5,39	2,26	4,77	-	84,09	11,54	-	0,23	4,15
	NG03	-	-	10,84	-	-	-	-	-	-	35,29	8,08	0,03	1,15	8,56	10,63	30,30	3,54	0,61	1,80	-	76,24	23,76	-	-	-
	NG05	-	-	-	23,23	-	-	-	-	-	5,77	9,27	0,35	2,65	6,28	14,53	47,46	7,91	0,38	5,40	-	91,76	6,59	-	0,23	1,42
	NG06	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	2,50	-	-	-	22,50	37,50	22,50	-	15,00	-	-	-	-	-	100,00
	NG07	-	-	-	-	-	30,87	-	-	-	26,46	8,84	0,16	1,17	6,36	10,84	35,80	4,88	2,18	3,32	-	-	-	1,04	0,33	98,63
	NG08	-	-	-	-	-	-	3,09	-	-	-	7,91	0,19	6,29	7,00	14,58	52,45	4,96	-	6,62	-	-	-	0,52	0,19	99,29
	NG09	-	-	-	-	-	-	-	0,41	-	35,00	15,71	-	-	2,14	4,29	40,71	1,43	0,71	-	-	61,79	38,21	-	-	-
	NG10	-	-	-	-	-	-	-	-	2,53	81,84	-	-	-	3,09	6,58	-	2,39	6,11	-	-	-	-	-	-	100,00
Szenario	AS01	0,30	27,97	17,65	6,19	-	37,69	-	0,67	9,54	21,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	40,07	12,27	0,66	0,20	46,50
	AS02	-	29,40	10,19	25,06	0,02	31,74	2,84	0,75	-	-	8,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57,31	6,40	0,05	0,27	35,97
	AS03	-	36,49	1,35	37,16	-	22,30	2,70	-	-	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	62,16	6,76	-	-	31,08
	AS04	-	28,93	6,85	33,76	-	19,82	10,64	-	-	-	-	-	1,82	-	-	-	-	-	-	-	59,47	8,86	0,48	0,24	30,94
	AS05	-	27,12	14,53	22,86	-	30,74	3,39	0,14	1,22	-	-	-	-	6,38	-	-	-	-	-	-	51,16	12,00	0,16	0,14	36,54
	AS06	-	30,49	9,40	27,54	0,11	27,30	3,67	0,14	1,36	-	-	-	-	-	12,26	-	-	-	-	-	60,56	4,59	0,36	0,18	34,31
	AS07	0,02	28,16	8,68	29,15	0,06	29,21	4,28	0,44	-	-	-	-	-	-	-	37,83	-	-	-	0,02	57,79	6,70	0,13	0,29	35,07
	AS08	0,03	28,21	6,95	33,30	0,24	27,30	2,77	0,11	1,09	-	-	-	-	-	-	-	5,52	-	-	0,03	63,21	2,56	0,37	0,05	33,78
	AS09	-	39,86	4,04	5,39	-	41,11	-	0,18	9,43	-	-	-	-	-	-	-	-	1,64	-	-	40,93	8,44	3,50	0,36	46,77
	AS10	-	33,88	4,81	30,88	0,22	25,20	5,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,07	-	63,96	1,77	0,04	0,11	34,13
Milieu	1	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	86,28	-	-	-	-	-	11,77	1,96	-	-	0,08	-	-	-	-	-
	2.2	-	44,89	15,26	39,38	-	-	-	0,47	-	16,04	9,10	0,25	2,00	6,03	13,71	40,38	6,44	1,24	4,80	-	54,14	-	-	-	-
	2.3	-	43,88	33,89	20,16	-	-	-	2,07	-	35,00	7,24	0,19	2,13	10,08	7,41	33,33	1,86	1,82	0,95	-	-	7,60	-	-	-
	3.2	-	-	-	-	-	95,22	4,78	-	-	42,17	1,30	-	2,61	3,04	13,04	14,35	6,09	16,96	0,44	-	-	-	0,34	-	-
	3.4	-	29,22	-	23,38	-	44,81	2,60	-	-	19,48	10,39	-	1,95	3,90	9,74	48,70	1,30	2,60	1,95	-	-	-	-	0,23	-
	4.2	-	3,19	-	0,88	0,16	80,93	8,14	-	6,71	26,78	8,22	0,18	1,50	6,20	11,18	35,27	4,95	2,04	3,69	-	-	-	-	-	37,62

Anhang zu Kapitel 4: Anwendungsszenarien

Einschätzung Umsetzbarkeit Anwendungsszenarien ROBO-TAXI für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG

Anwendungsszenarien ROBO-TAXI (AS1-AS10)	Typische Nutzergruppen (NG)	Besondere Anforderungen:					Umsetzbarkeit: Geschätzter Schwierigkeitsgrad (1=sehr einfach bis 5=sehr schwer)
		Autonom fahrendes Fahrzeug (afF)			Fahrwege		
		Besondere Ausstattungsmerkmale		Verfügbarkeit / Zeitfenster	Straßen / Navigation	Hot Spots	Nutzungsintensität pro Anwendung
		Fahrzeugtechnik und -komfort	IT (Internet, KI, Navigation, Info-/Entertainmemt usw.)				
AS1: Feste Termine in der Region zu Geschäftszeiten	NG1: Senioren 80plus	Altersgerechte Ergonomie / Ausstattung und "Wohlfühlatmosphäre"	Infotainment und Navigation mit einfacher Bedienung, Aus-/ Zusteigepunkte mit barrierefreier sicherer "Letzter Meile"	Bedarf Mo-Fr 7-19h: Bereitstellung zu Spitzenzeiten	Möglichst stressfreier (Stau) Fahrweg (ggf. Umweg)	Barrierefrei, fußläufig erreichbar	Eher kurze einfache Wege meist im städtischen Raum (kaum Funklöcher)	5
	NG3: Best Ager (60-80Jährige)	"Wohlfühlatmosphäre"	WLAN, Auflademöglichkeiten Laptop, Smartphone, Freisprechanlage, Monitor (z.B. für Videokonferenz), nutzergerechte IT u.a.		Navigationssystem mit u.a. Staumelder in Echtzeit: Gewährleistung Pünktlichkeit (z.B. Arbeits- / Vorlesungsbeginn, Arzttermine u.a.)			2
	NG4: Berufstätige					Ladestationen bei stark frequentierten Hot Spots (z.B. Uni, EKZ, Großunternehmen)		4
	NG8: Auszubildende und Studierende	Geräumig (z.B. Sammelfahrten)	WLAN, Auflademöglichkeiten Laptop und Smartphone, Freisprechanlage, Monitor (z.B. für Videokonferenz) u.a.					2
	NG2: Migranten		Infotainment und Navigation mit Fremdsprachen und einfacher Bedienung, nutzergerechte IT					3
	NG5: Haushaltsführende	Genügend Stauraum für Einkäufe (z.B. Getränkekisten)	Evtl. nutzerorientiertes Infotainment (zu Einkaufen, Freizeit, Bildung usw.)				Eher mehrere Wege mit Unterbrechungen	1
AS2: Flexible Termine in der Region zu Randzeiten	NG6: Freizeitaktive	Geräumig (z.B. Sammelfahrten)	Infotainment mit aktuellen lokalen Veranstaltungshinweisen	abends, Wochenende, Feiertage				2
	NG1: Senioren 80plus	wie NG1 bei AS1			wie NG1 bei AS1			4
AS 3: Kleingruppen in der Region für flexible Aktivitäten	NG2: Migranten	Geräumig (z.B. Sammelfahrten)	wie NG2 bei AS1, Infotainment mit lokalen Veranstaltungshinweisen (auch fremdsprachig)	meist abends und am Wochenende			Eher kurze einfache Wege im städtischen Raum (wenig Funklöcher)	3
	NG3: Best Ager (60-80Jährige)		Infotainment mit aktuellen lokalen Veranstaltungshinweisen					2
AS4: Soziale und kulturelle Langzeitaktivitäten in und außerhalb der Region		Reichweite, Geräumigkeit (auch für Gepäck)	Infotainment mit aktuellen lokalen und regionalen Veranstaltungshinweisen	Wochenende	Navigationssystem mit POI auch von Ladestationen außerhalb der Region und an den Hot Spots		Längere Wege und Nutzungsdauer (auch Übernacht), Risiko von Funklöchern unterwegs	2
AS5: Überregionale und/oder Übernacht-Geschäftstermine	NG4: Berufstätige	wie NG4 bei AS1, zusätzlich Liege-/ Schlafmöglichkeit	Wie NG4 bei AS1	Mo-Fr				5
AS6: Spontane flexible Aktivitäten in der Region	NG5: Haushaltsführende	wie NG5 bei AS1	Wie NG5 bei AS1	Wochenende, Ferien				1
AS7: Wochenend- und Ferienaktivitäten außerhalb der Region	NG6: Freizeitaktive	Geräumig (z.B. Familienfahrten)	Infotainment mit aktuellen regionalen Veranstaltungshinweisen					2
Außerhäusliche Aktivitäten von Kindern und Jugendlichen:								
AS8: Regelmäßig zu festen Terminen	NG7. Kinderbetreuende	Geräumigkeit (z.B. Sammelfahrten)	"Elterntaxi" mit Infotainment mit Angeboten für Kinder und Jugendliche (z.B. Unterhaltung, Lemprogamme)	abends, Wochenende		Ladestationen (z.B. bei Vereinen)	Eher kurze einfache Wege	1
AS9: Unregelmäßig zu spontanen Terminen								
AS10: Fahrtem von und zu Verkehrsdrehscheiben	NG8. Auszubildende und Studierende	Geräumigkeit (Personen, Gepäck)	Infotainment mit aktuellen Hinweisen der relevanten Verkehrsunternehmen	"rund um die Uhr"	Gewährleistung Pünktlichkeit	Ausreichend Ladestationen		1

Einschätzung Umsetzbarkeit Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG und ROBO-SERVICE für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG

Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG (AS11-AS15) mit Personenkontakt und ROBO-SERVICE (AS16-As20) ohne Personenkontakt:	Typische Nutzungen		Besondere Anforderungen:						Umsetzbarkeit: Geschätzter Schwierigkeitsgrad (1=sehr einfach bis 5=sehr schwer)
			Autonom fahrendes Fahrzeug (afF)			Fahrwege			
	Lieferant/Empfänger:	Anwendungsfälle Einmallieferungen bei AS 11-15 (Auswahl):	Besondere Ausstattungsmerkmale (für Einmallieferungen bei AS 11-AS15)		Verfügbarkeit / Zeitfenster	Straßen / Navigation	Hot Spots	Nutzungsintensität pro Anwendung	
			Fahrzeugtechnik und -komfort	IT (Internet, KI, Navigation usw.)					
AS11: Privathaushalte	Einzelhandel "Food" und "Non-Food"-Einzelhandel	Lebensmittel, Kleider	Geräumig mit ggf. Kühlmöglichkeiten (z.B. Food, Medikamente)	Besondere Systeme zur Ausgabe (ggf. auch Bezahlung/ Abrechnung) der Lieferung (und ggf. auch Annahme von einer Lieferung wieder an den Absender bzw. an einen anderen Empfänger), Navigation mit Staumelder usw. in Echtzeit, Benachrichtigung des Empfängers zur Abholzeit und -standort sowie zu Ausgabemodalitäten	Mo-Fr: 08-20h	Sicherstellung einer Navigation auch zu fehlerhaften, neuen und/ oder nicht im System vorhandenen Adressen/ Wegen		Möglichkeit zur monofunktionalen Lieferung (z.B. nur ein Laden) wie auch multi-funktionalen Lieferung (z.B. mehrere Läden) an einen Empfänger	2
	Post / Logistikzentren	Briefe, Waren-, Paket-, Kuriersendungen							
	Apotheken	Medikamente							
	Wäschereien/ Reinigungen	Wäsche, Kleider	Geräumig						
	Gastronomie	Essen	Geräumig mit Warmhaltemöglichkeiten		24/7				
	Energieversorger	Strom für Elektro-Kfz	Besondere Brandschutzvorkehrungen						3
AS12: Stationäre Arbeitsstätten	Unternehmen, Behörden	Eilige Unterlagen, Bürobedarf			Mo-Fr: 09-18h				2
AS13: Mobile und temporäre Arbeitsstätten	(Groß-) Baustellen	Werkzeug von Baumärkten, Pläne von Ingenieurbüros	Geräumig						
AS14: Versorgungseinrichtungen	Großhandel	Einzelhandel Food und Non Food, Apotheken	Geräumig mit Kühlmöglichkeiten		Mo-Sa: 03-06h				
AS15: Öffentliche Dienstleistungen / "Dritte Orte" / Bürgertreffs	Mit öffentlichen Dienstleistungen unterversorgte Stadtteilzentren und Ortsmitten im Städtischen wie auch im Ländlichen Raum	"Bücherbus", Entertainment (z.B. mobiles Open-Air-(Klein-) Kino/ Vorträge, VHS-Tele-Learning, Tele-Sprechstunden, Formularausgabe u.a.	Geräumig mit multifunktionaler Nutzbarkeit (z.B. fest installierter Großmonitor evtl. Rückfront/ Heck, Warenausgabe Beifahrerseite)	Spezielle IT für die jeweiligen Nutzungen, spezielle POI für geeignete Standorte	Mo-So: 10-22h	Sicherstellung geeigneter Standorte für Leistungen (z.B. überdacht, Sitzplätze)	Zentral, barrierefrei, überdacht, Sitzmöglichkeiten	Auch längere Wege mit längeren Nutzungszeiten	4
AS16: Öffentliche Aufgaben	Öffentliche Hand (z.B. Stadtverwaltung, Polizei)	Sicherheit, Luftreinhaltung (Messung), Geschwindigkeitskontrollen, Pflege von Grünanlagen, Reinigung	Wie AS15, doch komplexere Ausstattung für multifunktionale Nutzbarkeit (z.B. Messgeräte, Kameras u.a. Installationen)	Spezielle IT für die jeweiligen Nutzungen	24/7	Navigation mit einem Routing nach Bedarf in Echtzeit		Ggf. multifunktionale Einsätze (z.B. Geschwindigkeitskontrolle, Luftreinhaltung)	5
AS17:Mobilitätsoptimierung	Potenzielle Nutzer	afF vor der Türe bei einem potenziellen Nutzer		Spezielle IT zur Ermittlung potenzieller "Nachfrage-Hot-Spots"		Navigation mit einem Routing nach Bedarf in Echtzeit			1
AS18:Info-Litfaßsäule	Veranstalter, Öffentliche Hand (z.B. Ordnungsamt, Polizei)	Informationen in Echtzeit für Besucher von Großveranstaltungen	Wie AS15 (Großmonitor Rückfront/Heck)	Spezielle IT zur Bereitstellung relevanter Infos in Echtzeit				Ggf. multifunktionale Einsätze (z.B. Luftreinhaltung, Sicherheit)	2
AS19: Notfalldienste	Mobilfunkanbieter	Mobile Antennen bei Ausfall / Versorgungsengpässen	Wie AS16 (z.B. Aufsatz von einer Antenne auf das Autodach)						
AS20: Energiespeicherung	Carsharing-Anbieter (Autarke Energieversorgung der Flotte)	Energiespeicherung über gezielte Stationierung an "windigen" und/ oder "sonnigen" Standorten	Wie AS19 (z.B. Aufsatz von Windrädern und/ oder Sonnenkollektoren)	Sepzielle IT zur Ermittung geeigneter Standorte			Konfliktfreies längeres Parken		

Abschätzung Marktpotenzial Anwendungsszenarien ROBO-TAXI für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar)

Anwendungsszenarien ROBO-TAXI (AS1-AS10)	Typische Nutzergruppen (NG): Ausgewählte NG als Hauptnachfrager für jeweiliges AS	Indikatoren zur Abschätzung des Nutzerpotenzials in Metropolregion Rhein-Neckar: Datengrundlagen nach metropolatlas.digitale-mrn.de (Abfrage 05/2021)	Nutzerpotenzial 2019 und 2029: Status Quo 2019 (abs) Potenzielle Nutzer insgesamt	Status Quo 2019 (abs) Darunter SMRN-Nutzer (z.T. geschätzt)	Eigene Schätzung 2029 Potenzielle Nutzer insgesamt	Eigene Schätzung 2029 Darunter potenzielle Nutzer von afF in SMRN-Flotte in %	Eigene Schätzung 2029 Darunter potenzielle Nutzer von afF in SMRN-Flotte abs.	Anzahl geschätzte Nutzungen von afF in SMRN-Flotte in 2029 pro potenziellen Nutzer: Spitzen-Woche	Anzahl geschätzte Nutzungen von afF in SMRN-Flotte in 2029 pro potenziellen Nutzer: Jahres-durchschnitt	Geschätztes Marktpotenzial für afF in SMNR-Flotte: Nutzungen 2029 pro... .. NG in AS pro Spitzen-Woche	.. NG in AS pro Jahres-durchschnitt	.. AS pro Spitzen-Woche	.. AS pro Jahres-durchschnitt
AS1: Feste Termine in der Region zu Geschäftszeiten	NG1: Senioren 80plus	Einwohner 60 Jahre und älter (2018)	661.633	275	700.000	1%	7.000	2	30	14.000	210.000	50.000	1.030.000
	NG3: Best Ager (60-80Jährige)			1.050									
	NG2: Migranten	Ausländer (2018)	360.584	25	500.000	1%	5.000	1	20	5.000	100.000		
	NG4: Berufstätige	Beschäftigte in Dienstleistungs-bereichen (G-T) (2019)	656.975	5.500	700.000	2%	14.000	1	30	14.000	420.000		
	NG5: Haushaltsführende	Wohnungen (2018)	1.196.417	8.000	1.300.000	1%	13.000	1	20	13.000	260.000		
	NG8: Auszubildende und Studierende	Abgänger allgemeinbildende und berufliche Schulen (2018)	29.694	4.000 (Azubis und Studierende)	80.000 (Azubis und Studierende)	5%	4.000	1	10	4.000	40.000		
AS2: Flexible Termine in der Region zu Randzeiten	NG1: Senioren 80plus	Einwohner 60 Jahre und älter (2018)	661.633	75	250.000	1%	2.500	0	10	0	25.000	26.000	805.000
	NG6: Freizeitaktive	Wohnungen (2018)	1.196.417	8.000	1.300.000	2%	26.000	1	30	26.000	780.000		
AS 3: Kleingruppen in der Region für flexible Aktivitäten	NG2: Migranten	Ausländer (2018)	360.584	25	500.000	1%	5.000	1	20	5.000	100.000	9.500	190.000
	NG3: Best Ager (60-80Jährige)	Einwohner 60 Jahre und älter (2018)	661.633	200	450.000	1%	4.500	1	20	4.500	90.000		
AS4: Soziale und kulturelle Langzeitaktivitäten in und außerhalb der Region	NG3: Best Ager (60-80Jährige)	Einwohner 60 Jahre und älter (2018)	661.633	200	450.000	1%	4.500	1	10	4.500	45.000	4.500	45.000
AS5: Überregionale und/oder Übernacht-Geschäftstermine	NG4: Berufstätige	Beschäftigte in Dienstleistungs-bereichen (G-T) (2019)	656.975	5.500	700.000	2%	14.000	1	10	14.000	140.000	14.000	140.000
AS6: Spontane flexible Aktivitäten in der Region	NG5: Haushaltsführende	Wohnungen (2018)	1.196.417	8.000	1.300.000	1%	13.000	1	30	13.000	390.000	13.000	390.000
AS7: Wochenend- und	NG6: Freizeitaktive	Wohnungen (2018)	1.196.417	8.000	1.300.000	2%	26.000	1	10	26.000	260.000	26.000	260.000
Außerhäusliche Aktivitäten von Kindern und Jugendlichen:													
AS8: Regelmäßig zu festen Terminen	NG7: Kinderbetreuende	Einwohner unter 20 Jahren (2018)	443.289	8.000	1.300.000	1%	13.000	2	14	26.000	182.000	26.000	182.000
AS9: Unregelmäßige zu spontanen Terminen			443.289	8.000	1.300.000	1%	13.000	1	10	13.000	130.000	13.000	130.000
AS10: Verkehrsdrehscheiben	NG4: Berufstätige	Beschäftigte in Dienstleistungs-bereichen (G-T) (2019)	656.975	5.500	700.000	4%	28.000	1	10	28.000	280.000	36.000	360.000
	NG8: Auszubildende und Studierende	Abgänger allgemeinbildende und berufliche Schulen (2018)	29.694	4.000 (Azubis und Studierende)	80.000 (Azubis und Studierende)	10%	8.000	1	10	8.000	80.000		
Geschätztes Marktpotenzial für afF in CS-Flotten (Anwendungen / Nutzungen) in den Anwendungsszenarien AS1 bis AS10 MIT Personenbeförderung im Jahr 2029 insgesamt												**218.000**	**3.532.000**

Davon in jeweilgen Nutzergruppen NG1 bis NG8:

[zum Vergleich: Stadtmobil Rhein-Neckar AG 2018 mit rund 10.800 Akteuren und rund 206.000 Fahrten (Anwendungen / Nutzungen (Quelle: Gemeinwohlbericht 2018 der Stadtmobil Rhein-Neckar AG, S.44)

Nutzergruppe (NG): NG in AS pro	Spitzen-Woche	Jahresdurchschnitt
NG1: Senioren 80plus	14.000	235.000
NG2: Migranten	10.000	200.000
NG3: Best Ager	9.000	135.000
NG4: Berufstätige	56.000	840.000

Nutzergruppe (NG): NG in AS pro	Spitzen-woche	Jahres-durchschnitt
NG5: Haushaltsführende	26.000	650.000
NG6: Freizeitaktive	52.000	1.040.000
NG7 :Kinderbetreuende	39.000	312.000
NG8: Auszubildende und Studierende	12.000	120.000

Abschätzung Marktpotenzial Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG und ROBO-SERVICE für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar)

Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG (AS11-AS15) mit Personenkontakt und ROBO-SERVICE (AS16-AS20) ohne Personenkontakt:	Typische Nutzungen 2019				Nutzungspotenzial 2019 und 2029:						Geschätztes Marktpotenzial für afF in SMNR-Flotte: Nutzungen 2029 pro...	
							Eigene Schätzung 2029				.. AS pro	
	Lieferant/ Empfänger:	Anwendungsfälle Einmallieferungen bei AS 11-15 (Auswahl):	Beschreibung Status Quo 2019	Indikatoren zur Abschätzung des Nutzungspotenzials in Metropolregion Rhein-Neckar: Datengrundlagen nach metropolatlas.digitale-mrn.de (Abfrage 05/2021)	Status Quo 2019 (abs): Potenzielle Nutzer insgesamt	Potenzielle Nutzer insgesamt	Darunter potenzielle Nutzungen von afF in SMRN-Flotte		Anzahl geschätzte potenzielle Nutzungen von afF in SMRN-Flotte in 2029		Spitzen-Woche	Jahres-durchschnitt
							in %	abs.	Spitzen-Woche	Jahres-durchschnitt		
AS11: Privathaushalte	Einzelhandel "Food" und "Non-Food"-Einzelhandel	Kurzfristige Schnelllieferung Lebensmittel, Kleider u.a.	Personengebundene auch kurzfristige Zustellungen von eigenen Zustellern (z.B. "Pizza-Taxi", Einzelhandel, Behörden) und externen Logistikern (z.B. DHL, FedEx, aber auch Lieferando u.a.) mit Selbstabholung durch Empfänger am Bordstein bzw. an Tür	Wohnungen (2018)	1.196.417	1.300.000	1%	13.000	1	10	78.633	1.238.165
	Post / Logistikzentren	Briefe, Waren-, Paket-, Kuriersendungen					1%	13.000	2	50		
	Apotheken	Medikamente					1%	13.000	1	10		
	Wäschereien/ Reinigungen	Wäsche, Kleider					1%	13.000	1	5		
	Gastronomie	Essen ("Pizza-Taxi")					1%	13.000	1	20		
	Energieversorger	Strom für Elektro-Kfz	Notfalldienste für liegengebliebene E-Autos (z.B. ADAC)	E-Autos 2019: Kraftfahrzeugbundesamt(www.kba.de), Schätzwerte 2029: Mittelwerte aus eigenen Szenarien	4.220	12.660	5%	633	1	5		
AS12: Stationäre Arbeitsstätten	Unternehmen, Behörden, Home Office	Eilige Unterlagen, Bürobedarf	Über eigene Angestellte/ Arbeiter oder auch eigene Kurierdienste (z.B. Behörden)	Betriebe in Dienstleistungsbereichen (G-T) (2019)	48.505	60.000	5%	3.000	2	50	6.000	150.000
AS13: Mobile und temporäre Arbeitsstätten	(Groß-) Baustellen	Werkzeug von Baumärkten, Pläne von Ingenieurbüros		Betriebe im produzierenden Gewerbe (B-F) (2019)	12.191	15.000	1%	150	1	20	150	3.000
AS14: Versorgungseinrichtungen	Großhandel	Einzelhandel Food und Non Food (auch Bäckereien, Apotheken u.a.).	Beschickung innerstädtischer Einzelhandel per Klein-Lkw, Lastenräder u.ä.	Eigener Schätzwert: 5 Betriebe pro 1.000 Einwohner (Ew) (2018: 2.420.026 Ew.)	12.100	10.000	20%	2.000	3	100	6.000	200.000
AS15: Öffentliche Dienstleistungen / "Dritte Orte" / Bürgertreffs	Mit öffentlichen Dienstleistungen unterversorgte Stadtteilzentren und Ortsmitten im Städtischen wie auch im Ländlichen Raum	"Bücherbus", Entertainment (z.B. mobiles Open-Air-(Klein-) Kino/ Vorträge, VHS-Tele-Learning, Tele-Sprechstunden, Formularausgabe u.a.	"Bücherbus" und andere mobile Versorger (z.B. mobile Supermärkte, Thekenfahrzeuge, begehbare Lkw)	Eigene Schätzwerte				1.000	5	150	5.000	150.000
Geschätztes Marktpotenzial (Nutzungen) für afF in CS-Flotten in den Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG (AS11-AS15) im Jahr 2029 insgesamt											**95.783**	**1.741.165**
AS16: Öffentliche Aufgaben	Öffentliche Hand (z.B. Stadtver-waltung, Polizei)	Sicherheit, Luftreinhaltung (Messung), Geschwindigkeitskontrollen, Pflege von Grünanlagen, Reinigung	Personengebundene Fahrzeuge	Eigene Schätzwerte				1.000	5	150	5.000	150.000
AS17: Mobilitätsoptimierung	Potenzielle Nutzer	afF vor der Türe bei einem potenziellen Nutzer	Stationäres Carsharing und Free Floating	Carsharing-Flotte (2019)	...	2.500	51%	1.266	7	300	8.859	379.650
AS18:Info-Litfaßsäule	Veranstalter, Öffentliche Hand (z.B. Ordnungsamt, Polizei)	Informationen in Echtzeit für Besucher von Großveranstaltungen	Personengebundene Fahrzeuge	Eigene Schätzwerte				500	2	50	1.000	25.000
AS19: Notfalldienste	Mobilfunkanbieter	Mobile Antennen bei Ausfall / Versorgungsengpässen		Eigene Schätzwerte				500	1	10	500	5.000
AS20: Energiespeicherung	Carsharing-Anbieter (Autarke Energieversorgung der Flotte)	Energiespeicherung über gezielte Stationierung an "windigen" und/ oder "sonnigen" Standorten	Bislang keine Anwendungen bekannt	Eigene Schätzwerte				1.266	7	300	8.859	379.650
Geschätztes Marktpotenzial (Nutzungen) für afF in CS-Flotten in den Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE (AS16-AS20) im Jahr 2029 insgesamt											**24.217**	**939.300**
Geschätztes Marktpotenzial (Nutzungen) für afF in CS-Flotten in den Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG (AS11-AS15) und ROBO-SERVICE (AS16-AS20) im Jahr 2029 insgesamt											**120.000**	**2.680.465**

Abschätzung verkehrsökologische Auswirkungen Anwendungsszenarien ROBO-TAXI für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar

Anwendungsszenarien AS1-AS10 MIT Personenbeförderung 2029: ROBO-TAXI für:		**Kriterien zur Einschätzung**	**Einschätzung möglicher verkehrsökologischer Auswirkungen von afF in CS-Flotten in den einzelnen Anwendungsszenarien (AS) nach den Kategorien 1-3***
AS 1:	Feste Termine in Region zu Geschäftszeiten	Verkehrsökologische Relevanz von afF in CS-Flotten anhand .. *#1: der gesamten CO2-Emissionen;* *#2: des gesamten Bestands an Verkehrs-trägern und* *#3: des gesamten Verkehrs-kommens* .. im jeweiligen AS	*#1: Eher unklare Verschiebungen im Modal Split: Meiste Fahrten wohl weiterhin per Auto; möglicher Wegfall von (auch CO2-emittierenden) Fahrten mit ÖV sowie Privat-KfZ durch zunehmende Nutzerakzeptanz von (CO2-emissionsneutralen) afF in CS-Flotten*
			#2: Eher gleichbleibende Anzahl an Kfz: Ersatz von Privatautos durch afF in CS-Flotte wird wohl kompensiert durch Neuanschaffungen von Privat-afF (z.B. bei Pendlern); Optimierung der Auslastung von afF in CS-Flotten
			#3: Eher gleichbleibendes Verkehrsaufkommen: Einerseits Umstieg von "führerscheinlosen" ÖV-Nutzern (z.B. Migranten, Senioren, Jugendliche) auch auf afF in CS-Flotten, andererseits Optimierung von CS-Mifahrmodellen nur für regelmäßige feste Termine (z.B. Pendeln), aber eher nicht für feste Einzeltermine
AS 2:	Flexible Termine in Region zu Randzeiten		*#1: Mögliche Verschiebungen im Modal Split zugunsten von afF in CS-Flotten über Substitution von Fahrten mit ÖV und Privat-Pkw*
			#2: Eher abnehmende Anzahl an Kfz, da Substitution von Privatautos durch attraktives Angebot von afF-in CS-Flotten (mit afF jederzeit und überall mobil)
			#3: Abnehmendes Verkehraufkommen, da flexible Termine über afF in CS-Flotten sowie Mitfahrermodelle organisiert werden können
AS 3:	Flexible Aktivitäten von Kleingruppen in Region		*#1: Eher unklare Verschiebungen im Modal Split: Gruppen aktuell auch ÖV oder Rad benutzen (wenn sie nicht in ein Auto passen oder auch Alkoholgenuss geplant ist), andere Gruppen fahren heute aber noch mit mehreren PKW*
			#2: Eher neutral für die Substitution von umweltbelastenden Verkehrsträgern aufgrund nur einzelner (weniger) Freizeittermine
			#3: Eher unklare Entwicklung des Verkehrsaufkommens: Wechsel von ÖV/Rad auf afF in CS-Flotten, aber auch Substitution von Privat-Kfz duch afF
AS 4:	Soziale und kulturelle Langzeitaktivitäten inner- und außerhalb der Region		*#1: Eher umweltbelastende Verschiebung im Modal Split: Eigenes (Familien-) Auto kostengünstiger bei Langstrecken, eher sogar auch Verschiebung heutiger Zugreisender zum MIV*
			#2: Entwicklung der Verkehrsträger eher neutral, da Anteil an Gesamtfahrten zu gering für Kfz-Neuanschaffungen
			#3: Verkehrsaufkommen eher unklar, da mehr Zugreisene im Auto, aber auch Möglichkeiten für Mitfahrermodelle

*Kategorien 1-3:

Kategorie 1=AS mit ökologischen Stärken/Chancen
Kategorie 2=AS mit neutralen ökologischen Wirkungen
Kategorie 3=AS mit ökologischen Schwächen/Risiken

Anwendungsszenarien AS1-AS10 MIT Personenbeförderung 2029: ROBO-TAXI für:			Kriterien zur Einschätzung	Einschätzung möglicher verkehrsökologischer Auswirkungen von afF in CS-Flotten in den einzelnen Anwendungsszenarien (AS) nach den Kategorien 1-3*
AS 5:	Überregionale und/oder Übernacht-Geschäftstermine		Verkehrsökologische Relevanz von afF in CS-Flotten anhand .. #1: der gesamten CO2-Emissionen; #2: des gesamten Bestands an Verkehrs-trägern und #3: des gesamten Verkehrs-kommens .. im jeweiligen AS	*#1: Bei günstiger Preis- und Komfortentwicklung von afF in CS-Flotten positive Verschiebungen im Modal Split, da nicht nur Zugreisende, sondern auch Geschäfts/-Dienstfahrten über afF in CS-Flotten substituiert werden,*
				#2: Reduzierung des Aufkommens an CO2-emittierenden Verkehrsträgern bei Substitution von Geschäfts-/Dienstwagen durch afF in CS-Flotten
				#3: Verkehrsaufkommen eher höher über Substitution von Zugverkehr durch bedarfsgerechte afF in CS-Flotten (z.B. mobiler Arbeitsplatz, Liegemöglichkeiten)
AS 6:	Spontane flexible Aktivitäten in Region			*#1: Eher neutrale Verschiebungen im Modal Split*
				#2: Eher steigendes Aufkommen an Verkehrsträgers, da afF in CS-Flotten als kostengünstigerer Taxi-Ersatz bis zur Haustür besser akzeptiert werden
				#3: Eher steigendes Verkehrsaufkommen, da neue Mobilitätsbedürfnisse über attraktives und im Vergleich zum Taxi preiswertes Angebot an afF in CS-Flotten
AS 7:	Wochenend und Ferienaktivitäten in Region			*#1: Eher umweltbelastende Verschiebung im Modal Split, da Wechsel von ÖV auf afF in CS-Flotten insbesondere bei Führerscheinlosen (z.B. Senioren)*
				#2: Eher umweltfreundliche Reduzierung bei Verkehrsträgern durch afF in CS-Flotten bei attraktiven (günstiger als Privat-Kfz) Preisen zu erwarten
				#3: Entwicklung des Verkehrsaufkommens eher neutral: Umsteiger von ÖV, jedoch auch Mitfahrmodelle (mehrere Personen)
"Eltern-Taxi": Außerhäusliche Aktivitäten von Kindern und Jugendlichen:				
	AS 8:	Regelmäßig zu festen Terminen		*#1: Eher umweltbelastende Verschiebung im Modal Split, da auch Wegfall von ÖV- und Radnutzern*
				#2: Eher Reduzierung der Verkehrsträger, da Verzicht auf eigens privates Kfz ("Zweitwagen") denkbar bei preiswerten, kostengünstigen afF in CS-Flotten
				#3: Eher steigendes Verkehrsaufkommen: bei attraktiven Preisen von afF in CS-Flotten neue Mobilitätsbedürfnisse auch von bislang autofreien Haushalten
	AS 9:	Unregelmäßig zu spontanen Terminen		*#1: Eher umweltbelastende Verschiebung im Modal Split, da auch Wegfall von CO2-neutralen ÖV- und Radverkehren*
				#2: Eher Reduzierung der Verkehrsträger: Verzicht auf privates Kfz denkbar wenn afF in CS-Flotten attraktiv (Preis, Verfügbarkeist usw.) für Haushalt
				#3: Eher steigendes Verkehrsaufkommen: bei attraktiven Preisen von afF in CS-Flotten neue Mobilitätsbedürfnisse auch von bislang autofreien Haushalten
AS 10:	Fahrten von und zu Verkehrsdrehscheiben (z.B. Bahnhöfe, Flughäfen)			*#1: Eher negative Verschiebung im Modal Split: "Kannibalisierung" von ÖV oder Rad*
				#2: Eher gleichbleibende Anzahl von Verkehrsträgern: Keine Substitution von Privat-KfZ wegen "Fahrten zum Bahnhof"
				#3: Eher zunehmendes Verkehrsaufkommen wegen steigender Nutzung von afF in CS-Flotten (zu Lasten des ÖV)

*Kategorien 1-3:

Kategorie 1=AS mit ökologischen Stärken/Chancen
Kategorie 2=AS mit neutralen ökologischen Wirkungen
Kategorie 3=AS mit ökologischen Schwächen/Risiken

Abschätzung verkehrsökologische Auswirkungen Anwendungsszenarien ROBO-LIEFERUNG für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar

Anwendungsszenarien AS11-AS15 OHNE Personenbeförderung 2029: ROBO-LIEFERUNG von und für:		**Kriterien zur Einschätzung**	**Einschätzung möglicher verkehrsökologischer Auswirkungen von afF in CS-Flotten in den einzelnen Anwendungsszenarien (AS) nach den Kategorien 1-3***
AS 11	Privathaushalte (z.B. Post, Paket- und Kuriersendungen, Lebensmittel, Frisch zubereitetes Essen, Medikamente, Wäsche und Kleider, Unterlagen Home Office, Energie u.a.m.)	Verkehrs-ökologische Relevanz von afF in CS-Flotten anhand .. *#1: der gesamten CO2-Emissionen ; #2: des gesamten Bestands an Verkehrs-trägern und #3: des gesamten Verkehrs-kommens* .. im jeweiligen AS	*#1: Eher keine Verschiebungen im Modal Split: Bisherige personengebundene Lieferverkehre erfolgen künftig duch afF in CF-Flotten, mögliche CO2-steigernde "Kannibalisierungen" über Verlagerungen von (Lasten-) Fahrrad /E-Bike auf afF in CS-Flotten*
			#2: Reduzierung an Kfz, da personengebundene Liefer-Kfz sowie private "Kfz zum Hauptzweck Einkaufen" substituiert werden durch afF in CS-Flotten
			#3:Eher Reduzierung des Verkehrsaufkommens, da afF in CS-Flotten mit optimierter Routenführung (z.B. bei Bedienung mehrerer Haushalte hintereinander, Kolonnenfahrten, weniger private Fahrten, Leerfahrten (kundenorientierte Zustellungen) und Park-Such-Verkehre im innerstädtischen Bereich u.a. mehr Einspareffekte erzielen als mögliche neue Verkehre durch neue Bedarfe (z.B. Einsatz als mobiler Stromspeicher im Pannendienst, Notstromversorgung, Katastrophenschutz), "Kannibalisierungen" (z.B. "Pizza-Taxi" von Lastenrad zu afF) und höhere Auslastungen über "Rund-Um-die-Uhr"-Betrieb
AS 12	Stationäre Arbeitsstätten (z.B. Unterlagen Home Office, Bürobedarf)		*#1: Mögliche eher CO2-neutrale Verlagerungen von ÖPNV auf MIV, afF in CS-Flotten, aber auch Pedelecs (da sich "Monatskarten nicht mehr rechnen") bei unregelmäßigen Fahrten ins Büro*
			#2: Substitution von Privat-Kfz mit Hauptzweck "Pendeln" durch afF in CS-Flotten sowie andere Verkehrsträger (z.B. ÖPNV, Pedelec)
			#3: Weniger Verkehrsaufkommen (Pendlerverkehr), Erleichterung in der Rush-Hour
AS 13	Mobile & temporäre Arbeitsstätten (z.B. Baustellen)		*#1: Eher keine Verschiebungen im Modal Split: Bisherige personengebundene Fahrten werden substitiert durch afF in CS-Flotten*
			#2: Eher Reduzierung des Kfz-Bestands durch gewerbliches Sharing und Optimierungen der Auslastungen
			#3:Eher gleichbleibendes Verkehrsaufkommen: "Spareffekte" durch optimierte Routenführungen werden kompensiert durch spontane Besorgungsfahrten durch afF in CS-Flotten (die "billiger" sind bisherige personengebundene Fahrten)
AS 14	Versorgungseinrichtungen (z.B. Einzelhandel Food und Non Food, Apotheken/ Arztpraxen/ Kankenhäuser)		*#1: Eher keine Verschiebungen im Modal Split: Bisherige personengebundene Fahrten werden substitiert durch afF in CS-Flotten*
			#2: Eher Reduzierung des Kfz-Bestands durch gewerbliches Sharing und Optimierungen der Auslastungen
			#3: Eher weniger Verkehrsaufkommen (private Fahrten) im innerstädtischen Bereich über optimierte Lieferdienste zur Versorgung beispielsweise von immobilen Menschen, was bislang mit höherem Verkehrsaufwand (über Familie, Freunde, Nachbarn) erfolgte
AS 15	"Dritte Orte"/Bürgertreffs (Entertainment (z.B. mobiles Open Air-(Klein-) Kino), "Bücherbus", "Tante Emma"-Laden, Internet)		*#1: Eher keine Verschiebungen im Modal Split: Bisherige personengebundene Fahrten ("Bücherei-Bus") werden substitiert durch afF in CS-Flotten*
			#2: Eher gleichbleibender Bestand, da afF in CS-Flotten i.d.R. wie klassische Kfz nur jeweils eine Funktion (z.B. "Bücherbus") übernehmen können
			#3: Eher Reduzierung des Verkehrsaufkommens, da die denzentrale Versorgung verbessert wird

*Kategorien 1-3:

Kategorie 1=AS mit ökologischen Stärken/Chancen
Kategorie 2=AS mit neutralen ökologischen Wirkungen
Kategorie 3=AS mit ökologischen Schwächen/Risiken

Abschätzung verkehrsökologische Auswirkungen Anwendungsszenarien ROBO-SERVICE für autonom fahrende Fahrzeuge in der Carsharing-Flotte der stadtmobil Rhein-Neckar AG (Verbreitungsgebiet Metropolregion Rhein-Neckar

Anwendungsszenarien AS16-AS20 OHNE Personenbeförderung 2029: ROBO-SERVICE für		**Kriterien zur Einschät-zung**	**Einschätzung möglicher verkehrsökologischer Auswirkungen von afF in CS-Flotten in den einzelnen Anwendungsszenarien (AS) nach den Kategorien 1-3***
AS 16	Öffentliche Aufgaben (z.B. Sicherheit, Luftreinhaltung (Messung), Geschwindigkeits-kontrollen, Pflege von Grünanlagen, Reinigung)	Verkehrsöko-logische Rele-vanz von afF in CS-Flotten anhand .. *#1: der gesamten CO2-Emissionen; #2: des gesamten Bestands an Verkehrs-trägern und #3: des gesamten Verkehrs-kommens* .. im jeweiligen AS	*#1: Eher neutrale Bilanz: Bisherige personengebundene Verkehre erfolgen künftig duch afF in CF-Flotten, einerseits optimierte Routen, andererseits zusätzliche Nachfrage an neuen Leistungen*
			#2: Eher Reduzierung an Kfz bei öffentlicher Hand über Outsourcing von bestimmten Leistungen, die keine teuren Installationen erfordern (z.B. Messung der Luftreinhaltung) an afF in CS-Flotten
			#Eher Reduzierung des Verkehrsaufkommens, da hohe Auslastung/wenig Leerfahrten von afF in CS-Flotten über multifunktionale Einsatzmöglichkeiten
AS 17	Mobilitätsoptimierung (z.B. Positionierung von afF in CS-Flotten zu potenziellen Nachfrageschwerpunkten)		*#1: Eher positive Bilanz über Optimierung der Quell-Zielverkehre durch "mitdenkende" afF in CS-Flotten*
			#2: Eher Reduzierung von afF in CS-Flotten über Optimierung von Auslastungen
			#3: Eher Weniger Verkehrsaufkommen über optimierte Qiell-Zielverkehre
AS 18	Info-Litfaßsäule/ -Guide bei (Groß-) Veranstaltungen		*#1: Eher neutrale Bilanz, da bisherige personengebundene Fahrten substitiert werden durch afF in CS-Flotten*
			#2: Eher Reduzierung des Kfz-Bestands bei multifunktionalen Einsatzmöglichkeiten von afF in CS-Flotten
			#3:Eher gleichbleibendes Verkehrsaufkommen, da bisherige personengebundene Fahrten substitutiert werden durch afF in CS-Flotten
AS 19	Notfalldienste (z.B. mobile Antennen bei Ausfall stationärer Antennen)		*#1: Eher gleichbleibende Bilanz, da bisherige personengebundene Fahrten substitiert werden durch afF in CS-Flotten*
			#2: Eher Reduzierung des Kfz-Bestands bei multifunktionalen Einsatzmöglichkeiten von afF in CS-Flotten
			#3:Eher gleichbleibendes Verkehrsaufkommen, da bisherige personengebundene Fahrten substitutiert werden durch afF in CS-Flotten
AS 20	Energiespeicherung (z.B. gezielte Stationierung an "windigen" und/ oder "sonnigen" Standorten bei längeren Standzeiten) **		*#1: Eher (geringe) negative Bilanz, da bisher keine Fahrten in diesem AS*
			#2: Eher gleichbleibender Bestand bei einer Multifunktionalität von afF in CS-Flotten
			#1: Eher (geringe) Zunahme des Verkehrsaufkommens durch zusätzliche Fahrten

*Kategorien 1-3:
** AS jedoch mit hohem ökologischen Nutzen

Kategorie 1=AS mit ökologischen Stärken/Chancen
Kategorie 2=AS mit neutralen ökologischen Wirkungen
Kategorie 3=AS mit ökologischen Schwächen/Risiken

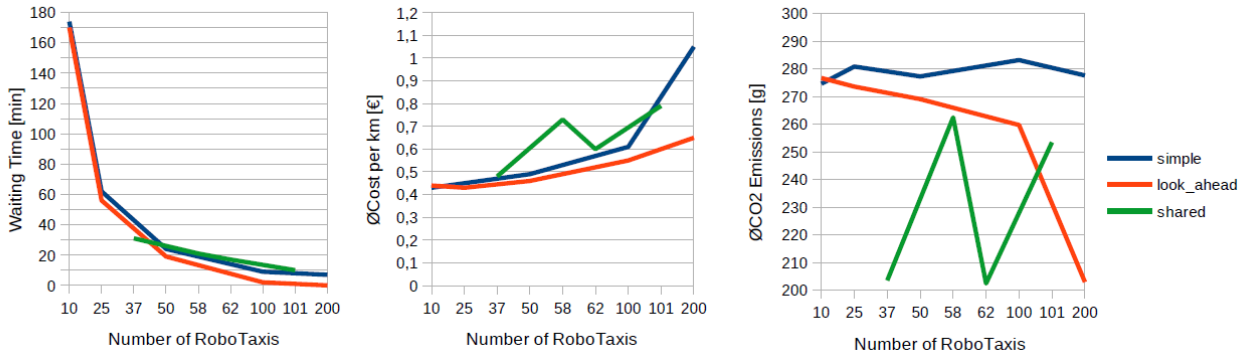
Anhang zu Kapitel 5: Simulationsergebnisse

Simulationsergebnisse Mannheim am Morgen

Simulationsergebnisse Anwendungsszenario 1: Mannheim Zentrum am Morgen

Randbedingungen:	Energieverbrauch pro Fahrzeug: 15 kWh / 100km	Energiekosten: 0,32€ / kWh	kein Hintergrundverkehr	
	Emissionen (Energiemix Deutschland 2019): 401g / kWh	Flottenkosten: 3€ / h		
Parameter:	look_ahead 900s: der Algorithmus weiß 900 Sekunden (15min) vorher, wo die nächsten Aufträge zu erwarten sind			
	shared LF=1.5 RT=2.0: LatenessFactor (LF) und RealisticTime (RT) dienen zur Einstellung des Sharing- Algorithmus zur Abschätzung der Umwege			

Requests	Simulation-Strategy	reqiredTime[s]	RoboTaxis	ØdrivingDist [km]	ØpassengerDist [km]	ØwaitingTime [min]	ØpowerCons. [kWh]	Øemissions [gCO2]	ØenergyCost [€]	ØfleetCost [€]	ØtotalCost [€]	ØcostPerKm [€]
250	simple	22844	10	4.57	2.31	174	0.68	274.62	0.22	0.76	0.98	0.43
250	look_ahead 900s	23858	10	4.6	2.31	170	0.69	276.68	0.22	0.8	1.02	0.44
250	simple	9815	25	4.67	2.31	62	0.7	280.82	0.22	0.82	1.04	0.45
250	look_ahead 900s	9385	25	4.55	2.31	56	0.68	273.58	0.22	0.78	1.0	0.43
250	shared LF=1.5 RT=1.0	9328	37	3.38	2.75	31	0.51	203.49	0.16	1.15	1.31	0.48
250	simple	5402	50	4.61	2.31	24	0.69	277.25	0.22	0.9	1.12	0.49
250	look_ahead 900s	5105	50	4.47	2.32	19	0.67	269.04	0.21	0.85	1.07	0.46
250	shared LF=1.0 RT=1.0	7628	58	4.36	2.32	21	0.65	262.43	0.21	1.47	1.68	0.73
250	shared LF=1.5 RT=2.0	7160	62	3.37	2.74	17	0.5	202.41	0.16	1.48	1.64	0.6
250	simple	3563	100	4.71	2.3	9	0.71	283.16	0.23	1.19	1.41	0.61
250	look_ahead 900s	3243	100	4.32	2.34	2	0.65	259.69	0.21	1.08	1.29	0.55
250	shared LF=1.0 RT=2.0	4844	101	4.21	2.32	10	0.63	253.44	0.2	1.63	1.83	0.79
250	simple	3302	200	4.62	2.3	7	0.69	277.6	0.22	2.2	2.42	1.05
250	look_ahead 900s	2066	200	3.37	2.37	0	0.51	202.92	0.16	1.38	1.54	0.65



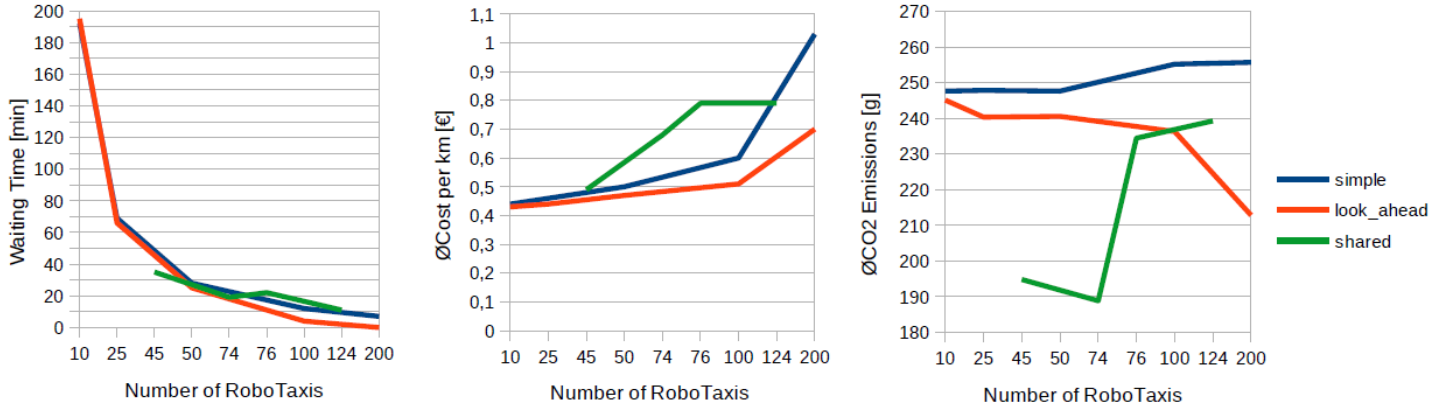
Hinweis: Die Durchschnittswerte beziehen sich auf eine durchschnittliche Kundenanfrage (Request)

Simulationsergebnisse Mannheim am Abend

Simulationsergebnisse Anwendungsszenario 2: Mannheim Zentrum am Abend

Randbedingungen:	Energieverbrauch pro Fahrzeug: 15 kWh / 100km	Energiekosten: 0,32€ / kWh	kein Hintergrundverkehr
	Emissionen (Energiemix Deutschland 2019): 401g / kWh	Flottenkosten: 3€ / h	
Parameter:	look_ahead 900s: der Algorithmus weiß 900 Sekunden (15min) vorher, wo die nächsten Aufträge zu erwarten sind		
	shared LF=1.5 RT=2.0: LatenessFactor (LF) und RealisticTime (RT) dienen zur Einstellung des Sharing- Algorithmus zur Abschätzung der Umwege		

Requests	Simulation-Strategy	reqiredTime[s]	RoboTaxis	ØdrivingDist [km]	ØpassengerDist [km]	ØwaitingTime [min]	ØpowerCons. [kWh]	Øemissions [gCO2]	ØenergyCost [€]	ØfleetCost [€]	ØtotalCost [€]	ØcostPerKm [€]
300	simple	25991	10	4.12	2.09	192	0.62	247.67	0.2	0.72	0.92	0.44
300	look_ahead 900s	25589	10	4.08	2.09	195	0.61	245.13	0.2	0.71	0.91	0.43
300	simple	11088	25	4.12	2.09	69	0.62	247.87	0.2	0.77	0.97	0.46
300	look_ahead 900s	10545	25	4.0	2.09	66	0.6	240.37	0.19	0.73	0.92	0.44
300	shared LF=1.5 RT=1.0	8753	45	3.24	2.56	35	0.49	194.84	0.16	1.09	1.25	0.49
300	simple	6127	50	4.12	2.08	28	0.62	247.66	0.2	0.85	1.05	0.5
300	look_ahead 900s	5720	50	4.0	2.1	25	0.6	240.59	0.19	0.79	0.99	0.47
300	shared LF=1.5 RT=2.0	7806	74	3.14	2.57	19	0.47	188.87	0.15	1.6	1.76	0.68
300	shared LF=1.0 RT=1.0	7010	76	3.9	2.12	22	0.58	234.47	0.19	1.48	1.67	0.79
300	simple	3738	100	4.24	2.08	12	0.64	255.22	0.2	1.04	1.24	0.6
300	look_ahead 900s	3227	100	3.93	2.13	4	0.59	236.33	0.19	0.9	1.08	0.51
300	shared LF=1.0 RT=2.0	4341	124	3.98	2.14	11	0.6	239.3	0.19	1.5	1.69	0.79
300	simple	3525	200	4.25	2.1	7	0.64	255.71	0.2	1.96	2.16	1.03
300	look_ahead 900s	2422	200	3.54	2.15	0	0.53	212.86	0.17	1.35	1.52	0.7



Hinweis: Die Durchschnittswerte beziehen sich auf eine durchschnittliche Kundenanfrage (Request)

Ergänzender Ergebnisbericht zur bundesweiten Übertragbarkeit der Studienergebnisse (Erstellt von der cantamen GmbH)

Einleitung 96
Mobilitätsanalyse CarSharing 97
Angebotsformen im CarSharing 97
Datensatzbeschreibung 98
Analyse der Kundenprofile 99
Gruppen gleichartig nutzender Personen 99
Analyse der Fahrten differenziert nach den Einzugsgebieten 105
Geschlechts- und altersspezifische Betrachtung 108
Analyse der Nutzungsprofile 113
Erkenntnisse zur Übertragbarkeit 117

Einleitung

Ziel dieser ergänzenden Analyse ist es, die Ergebnisse des Hauptberichts der Studie KI4ROBOFLEET auf eine bundesweite Übertragbarkeit zu prüfen.
Inwieweit sich erarbeitete Anwendungsszenarien und Nutzungsanalysen der Hauptstudie zwischen unterschiedlichen CarSharing Unternehmen aus Deutschland übertragen lassen, wird durch die Analyse und den Vergleich von zusätzlichen Datensätzen zweier weiterer CarSharing Unternehmen erarbeitet.
Für die Analyse der Übertragbarkeit werden neben den Daten von stadtmobil Rhein-Neckar AG weitere Datensätze mit Fahrt- und Kundeninformationen von stadtmobil Hannover sowie von Stadtmobil Karlsruhe zur Verfügung gestellt. Die Datensätze sind für die Vergleichbarkeit, ebenso wie die Daten von stadtmobil Rhein-Neckar AG für den Hauptbericht, aus dem Jahr 2019.

Es werden aus Datenschutzgründen prinzipiell keine konkreten Routen während oder auch nach der Fahrt erfasst, alle Erkennungsmerkmale zur Identifizierung einer Person entfernt und, um jede Möglichkeit der reversen Analyse zu verhindern, Kundennummern verschlüsselt.

Erfasste Inhalte der bereitgestellten Daten sind bei den ausgewerteten Fahrten

- der Stellplatz,
- die Fahrzeugklasse,
- die Buchungszeit,
- der tatsächliche Start und das Ende einer Fahrt,
- die Fahrtstrecke in km und
- der Umsatz.

Bezüglich der Kundeninformationen wurden

- das Geschlecht,
- das Alter in Altersklassen
- ob der Vertrag privat oder als Firma o.ä. abgeschlossen wurde,
- die PLZ des Wohnortes und
- das Eintrittsalter

im CarSharing erfasst.

Die Datenhoheit liegt bei der erhebenden Organisation.

Mobilitätsanalyse CarSharing

Ziel der Mobilitätsanalyse ist es, mit den Datensätzen zu realen Fahrt- und Kundendaten, Gruppen gleichartig nutzender Personen zu identifizieren und damit eine Basis für die Erstellung von Nutzenden- und Nutzungsprofilen zu schaffen. Mittels dieser Profile soll geklärt werden, ob die Ergebnisse zwischen unterschiedlichen CarSharing Unternehmen übertragbar sind, oder es zu große Unterschiede gibt.

Angebotsformen im CarSharing

Im CarSharing werden drei unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten geboten.
Diese sind das

- Stationsbasierte CarSharing
- FreeFloating CarSharing
- Quartier-CarSharing

Beim **stationsbasiertem** CarSharing werden die Fahrzeuge an festen Stellplätzen gebucht, abgeholt und zum Ende der Nutzung dort auch wieder zurückgegeben. Dies ermöglicht der Kundschaft eine Buchung weit vor dem geplanten Nutzungszeitraum und stellt sicher, dass in dem benötigten Zeitraum auch das entsprechende Fahrzeug zur Verfügung steht.

Das **Freefloating** CarSharing dagegen hat keine festen Stellplätze. Die Fahrzeuge werden in festgelegten Gebieten abgeholt und wieder abgestellt. Innerhalb dieser Gebiete sind damit One-Way-Fahrten möglich. Das Freefloating-Fahrzeug darf auch außerhalb der Gebiete bewegt werden, muss aber vom Nutzenden zum Buchungsende innerhalb des Gebietes abgestellt werden. Eine Freefloating-Buchung ist als Open End Buchung vorgesehen, jedoch geben die anbietenden Unternehmen einen maximalen Nutzungszeitraum vor.
Die Freefloating-Fahrzeuge sind aufgrund des Nutzungsprinzips nicht vorab buchbar und damit eher für spontane Nutzungen geeignet.

Ein weiteres Anwendungsszenario ist das sogenannte **Quartier**-CarSharing. Es funktioniert ähnlich wie das Freefloating, jedoch sind hier die Gebiete sehr viel kleiner und die Fahrzeuge können sofort oder für die Zukunft gebucht werden. Es gibt keine festen Stellplätze, die Fahrzeuge müssen in dem zugehörigen Quartier abgestellt werden.
Die genaue Ortsinformation, wo das Fahrzeug abgeholt werden kann, wird kurz vor Fahrtbeginn mitgeteilt.
Da die entsprechenden Quartiere nicht ganze Stadtbereiche, sondern eher einzelne Häuserblocks abdecken, sind die Fahrzeuge entsprechend schnell fußläufig erreichbar.
Das Quartier-CarSharing wurde erst nach 2019 eingeführt und kann daher für diese Auswertung nicht herangezogen werden.

Damit eine Beziehung zwischen den Freefloating-Bediengebieten und den Fahrzeugen aus dem stationsbasiertem CarSharing hergestellt werden kann, wird die sogenannte Buchungszielgruppe verwendet. In einer Buchungszielgruppe werden Fahrzeugtypen von ähnlicher Größe und Ausstattung zusammengefasst.

Datensatzbeschreibung

Die zur Verfügung gestellten Daten werden durch cantamen aufbereitet und entsprechend anonymisiert.
Eine erste Unterteilung nach Privatnutzung und öffentlicher Nutzung (Firmennutzung, städtische Nutzung, Vereine und soziale Dienste) ist mit den zugänglichen Kundeninformationen von stadtmobil Hannover und stadtmobil Karlsruhe eingeschränkt möglich, da dies vor allem bei Stadtmobil Hannover bei älteren Datensätzen nicht systematisch gepflegt wurde.

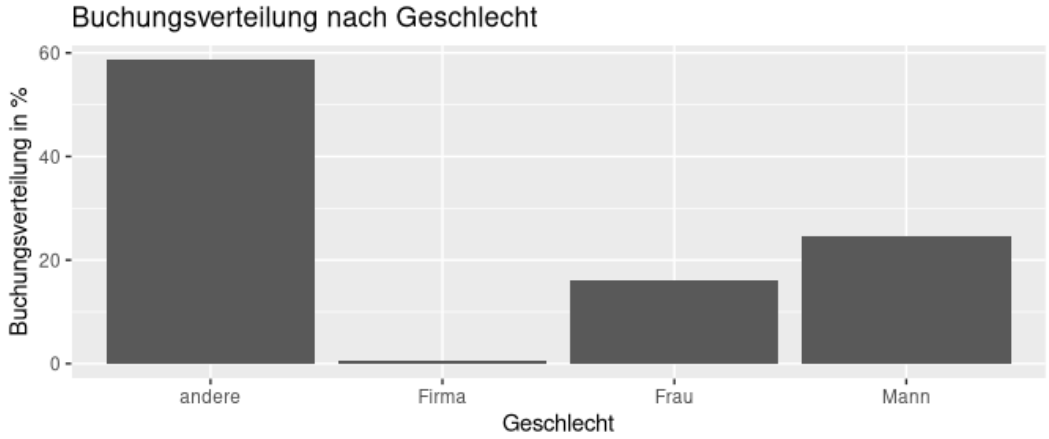


Abb.1: Buchungsverteilung nach Geschlecht für Stadtmobil Hannover

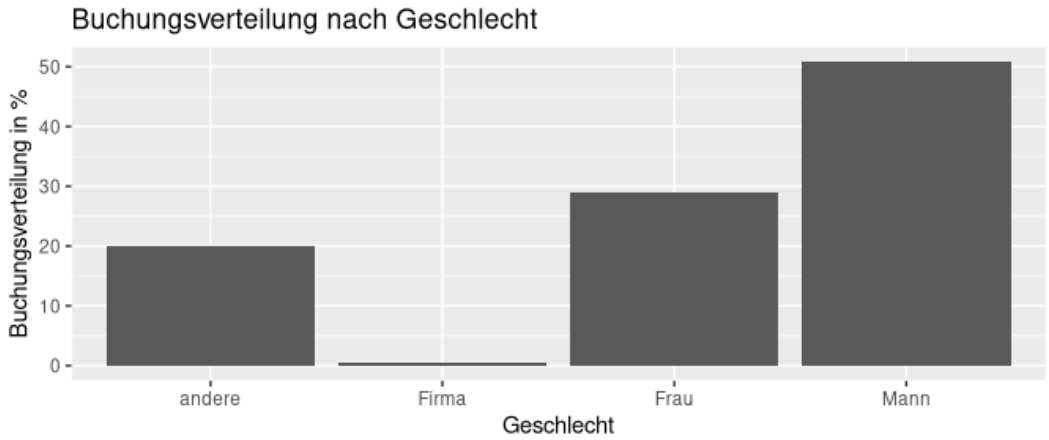


Abb.2: Buchungsverteilung nach Geschlecht für Stadtmobil Karlsruhe.

Die beiden Grafiken zeigen anschaulich, dass der überwiegende Anteil aller Buchungen auf Personenkonten getätigt wurden und damit einer privaten Nutzung zugeordnet werden können. Ein Großteil der Kundendaten von Stadtmobil Hannover hat kein explizites Geschlecht angegeben.
In den Abbildungen 1 und 2 werden unter » andere« alle Nutzenden geführt, bei denen in den entsprechenden Datensätzen kein explizites Geschlecht angegeben wurde.
Zusammengefasst sind dies Buchungen von Vereinen, sozialen Verbänden, städtischen- sowie Firmenkunden. Den größten Anteil daran haben die Firmenbuchungen.
Da hier eine entsprechende Nutzungsanalyse stark von den unterschiedlichen Wirtschaftszweigen der Firmen abhängt, diese aber nicht bekannt sind, ist hier eine Mobilitätsanalyse schwierig und wenig aussagekräftig. Für die folgende Analyse werden nur die Buchungen betrachtet, die privat Nutzenden zugeordnet sind.

Analyse der Kundenprofile

Im Folgenden werden nur die privaten Nutzungen betrachtet. Anhand gegebener Kundendaten ist eine differenzierte Betrachtung nach Alter, Geschlecht, Umsatz und Einzugsgebiet sinnvoll. Dadurch sollen Ähnlichkeiten aber auch Unterschiede im personenabhängigen Nutzungsverhalten gezeigt werden.

Gruppen gleichartig nutzender Personen

In einem ersten Schritt werden alle Nutzenden auf zuvor bestimmte Gruppen verteilt. Diese Nutzendengruppen (NG) werden anhand der in der Hauptstudie definierten Kriterien und den vorliegenden Kundeninformationen gebildet.
Die in den folgenden Abbildungen 3 bis 10 fehlenden Gruppen (*) konnten anhand der vorhandenen Daten nicht exakt aufgelöst werden. Kundinnen und Kunden, die beispielsweise in der Gruppe NG02 hätten landen können, sind aufgrund fehlender Merkmale wie Migrationshintergrund o.ä. in den Datensätzen, einer anderen Gruppe zugeordnet worden. Damit sind weiterhin 100 Prozent der als Privat zugeordneten Buchungen auf die Nutzendengruppen verteilt, allerdings sind einige Gruppen im Diagramm nicht mehr enthalten.
Nutzende, die in keine der Gruppen eingefügt werden konnten, werden im weiteren über die Gruppe » Unzugeordnete Nutzer« in der Statistik geführt.

Die zuvor bestimmten Nutzendengruppen werden wie folgt bezeichnet:

- NG01 → Senioren 80+
- NG02 → Migranten (*)
- NG03 → BestAger 60-80 Jahre
- NG04 → Berufstätige
- NG05 → Haushaltsführende
- NG06 → Freizeitaktive
- NG07 → Junge Eltern (*)
- NG08 → Studierende (*)
- NG09 → Großeltern
- NG10 → Eltern (*)

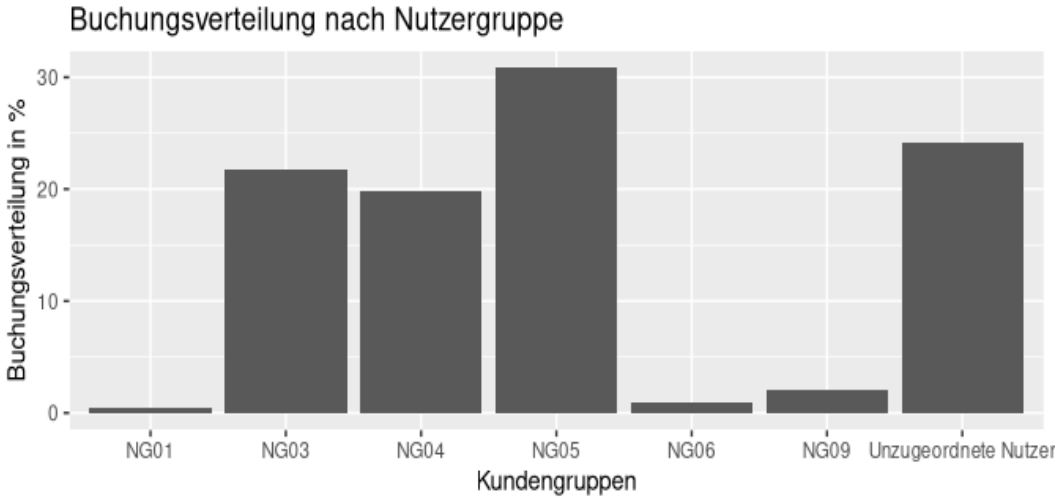


Abb.3: Buchungsverteilung nach Nutzendengruppe für Stadtmobil Hannover

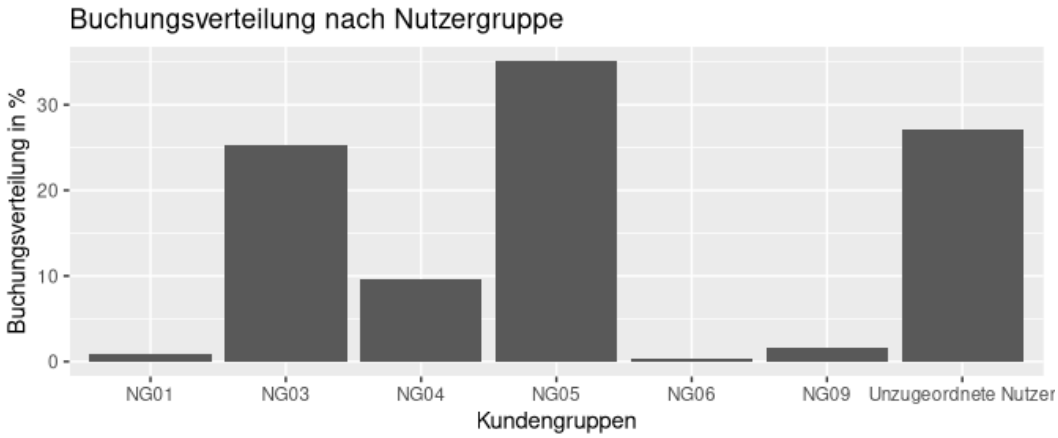


Abb.4: Buchungsverteilung nach Nutzendengruppe für Stadtmobil Karlsruhe

In den Datensätzen von stadtmobil Hannover fällt der größte Anteil der Buchungen, mit etwa 30 Prozent, auf die Gruppe der Haushaltsführenden. Mit ca. 21Prozent folgt die Gruppe der BestAger. Die Gruppe der Berufstätigen macht nochmal etwa 19 Prozent aus. Auffällig ist der große Anteil an Kundinnen und Kunden, die keiner Nutzendengruppe zugeordnet werden können. Der Anteil liegt bei ca. 25 Prozent. Die Nutzendengruppen Senioren, Freizeitaktive,Großeltern machen zusammen nur 5 Prozent aus.
Außerdem konnten mit den vorhandenen Daten die Gruppen Migranten, junge Eltern, Studierende und Eltern nicht gefüllt werden. Hier fehlt es an entsprechenden Informationen in den Datensätzen.

Der Vergleich zwischen Stadtmobil Hannover und Stadtmobil Karlsruhe (Abb.3 u. 4) zeigt einen ähnlichen Verlauf in der Verteilung auf die Nutzendengruppen. Auch bei Stadtmobil Karlsruhe ist die Gruppe der Haushaltsführenden (NG05) am stärksten vertreten. Mit knapp 35 Prozent liegt der Wert leicht über dem von Stadtmobil Hannover. Am zweit- bzw drittstärksten besetzt sind dann die Gruppen der BestAger (NG03) und der Berufstätigen (NG04), ausgenommen sind hier die unzugeordneten Nutzer, die mit über 25 Prozent mehr Anteile haben als die NG 03 bzw. NG 04.
Ein relativ großer Unterschied tritt in der Verteilung dieser beiden Gruppen NG03 und NG04 auf. Bei Stadtmobil Hannover sind beide Gruppen nahezu gleichstark besetzt und stellen gemeinsam etwa 40 Prozent des zugeordneten Kundenstamms. Bei Stadtmobil Karlsruhe zeigt sich beim Vergleich dieser Gruppen eine größere Differenz.

Die Gruppe der BestAger (NG03) ist mehr als doppelt so stark besetzt wie die Gruppe der Berufstätigen (NG04) mit ca 25 Prozent zu 10 Prozent.
Der Gesamtanteil der zugeordneten Kundschaft auf diese beiden Nutzergruppen liegt im Vergleich zu Stadtmobil Hannover 5 Prozent darunter.
Dahingegen liegt bei Stadtmobil Karlsruhe der Anteil der nicht zugeordneten Nutzenden mit ungefähr 27 Prozent minimal höher als bei Stadtmobil Hannover.

Die Daten zeigen auch entsprechende Ähnlichkeiten zu tadtmobil Rhein-Neckar AG.
NG05 ist auch bei stadtmobil Rhein-Neckar AG die Gruppe mit dem größten Anteil an Buchungen, gefolgt von NG03.
Ebenfalls kommt an dritter Stelle der Buchungsverteilung die NG 04.
Der Anteil der unzugeordneten Nutzenden ist allerdings etwas geringer. Die NG 05 hat bei stadtmobil Rhein-Neckar AG etwa 10 Prozent mehr Anteile an der Buchungsverteilung als bei den anderen beiden Anbietern Stadtmobil Karlsruhe und Hannover. Die Unterschiede sind damit zwar sichtbar, stellen aber eine Übertragbarkeit nicht in Frage.

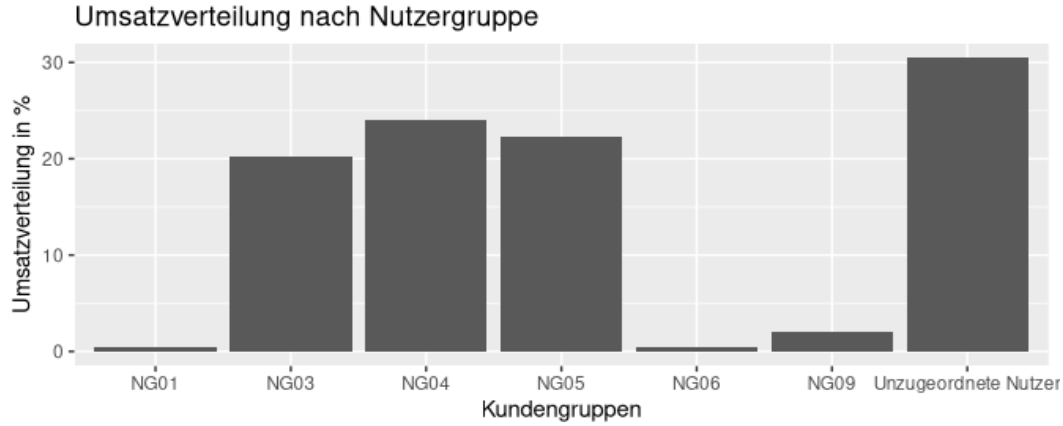


Abb.5: Umsatzverteilung nach Nutzendengruppe für Stadtmobil Hannover

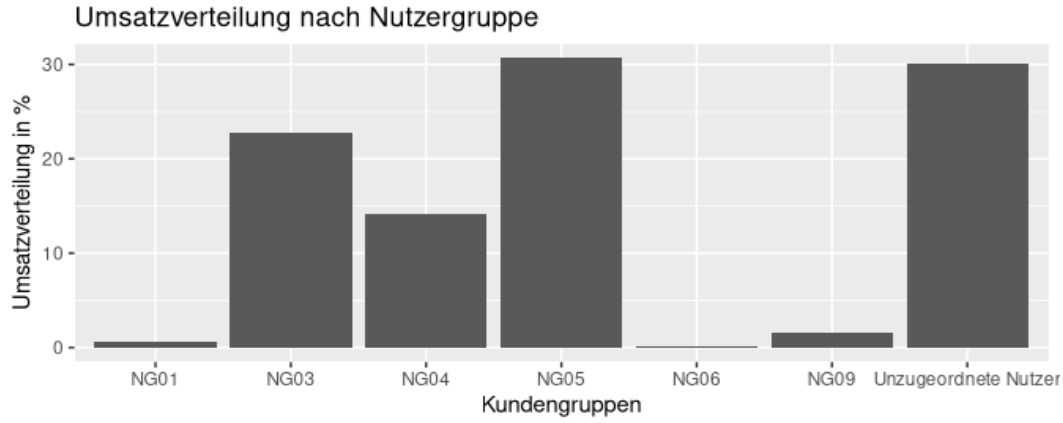


Abb.6: Umsatzverteilung nach Nutzendengruppe für Stadtmobil Karlsruhe

Betrachtet man dagegen die Umsatzverteilung von Stadtmobil Hannover (Abb.5) nach den einzelnen NG, so ist zu erkennen, dass die Gruppe der Berufstätigen (NG04), ausgenommen die unzugeordneten Nutzenden, den größten Anteil an den Umsätzen haben. Die Umsatzbeteiligung liegt bei ca 25 Prozent. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Kundinnen und Kunden dieser Gruppe entweder längere Buchungen tätigen, längere Strecken oder größere Fahrzeuge fahren beziehungsweise eine Kombination aus diesen Möglichkeiten nutzen.

Gleichzeitig ist die Umsatzbeteiligung der Haushaltsführenden wesentlich geringer als der Anteil an den Buchungen vermuten lässt.
Die Umsatzbeteiligung der Haushaltsführenden (NG05) liegt bei ca 22 Prozent, die der BestAger (NG03) bei etwa 20 Prozent.
Gegensätzlich zur NG04 kann man daher darauf schließen, dass Nutzende der Gruppe NG05 eher kürzere Buchungen tätigen, kürzere Strecken oder günstigere Fahrzeuge fahren. Auch hier ist natürlich eine Kombination aller drei Merkmale möglich.
Den größten Anteil an den Umsätzen haben die unzugeordneten Nutzenden mit fast 30 Prozent.

Betrachtet man im Vergleich zu Stadtmobil Hannover die Umsätze nach Nutzendengruppen für Stadtmobil Karlsruhe (Abb. 6), ist hier nur ein leicht erhöhter Umsatz bei der Gruppe der Berufstätigen (NG04) zu verzeichnen. Die Umsätze der buchungsstärksten Gruppe der Haushaltsführenden (NG05) sowie der BestAger (NG03) gehen minimal zurück.

Das Kundenverhalten der Gruppen NG04 und NG05 für Stadtmobil Hannover unterscheidet sich dahingehend von dem Kundenverhalten der Karlsruher Stadtmobil Kundinnen und Kunden. Dennoch besteht eine Ähnlichkeit, da jeweils die Umsätze der Gruppen NG04 höher sind als der Anteil an den Buchungen und gleichzeitig die Umsätze der Gruppen NG05 geringer als der Anteil der Buchungen sind. Dieses Verhalten ist bei der Kundschaft von Stadtmobil Hannover stärker ausgeprägt.

Die Analyse der Umsatzanteile der einzelnen Nutzendengruppen von Stadtmobil Karlsruhe ist bei den Nutzendengruppen von stadtmobil Rhein-Neckar AG nahezu identisch. Die Gruppe der Haushaltsführenden hat einen minimal geringeren Anteil an der Umsatzverteilung als noch bei der Buchungsverteilung, dafür hat die NG 04 einen größeren Anteil an der Umsatzverteilung als an der Buchungsverteilung.

Für eine genauere Analyse werden die Buchungen und Umsätze über die einzelnen Gruppen monatsweise betrachtet, um jahreszeitliche Effekte analysieren zu können.

Die folgenden Grafiken sind jeweils auf den maximal auftretenden Monatswert über die verschiedenen Nutzendengruppen bezogen. Die NG 05 hatte im August die höchste Anzahl an Buchungen. Dieser Wert wird als 100 Prozent eingetragen, alle anderen Werte werden an diesem gemessen. Im selben Monat hatte damit die NG 04 nur etwa 60 Prozent der Buchungen getätigt, die auf NG 05 getätigt wurden.

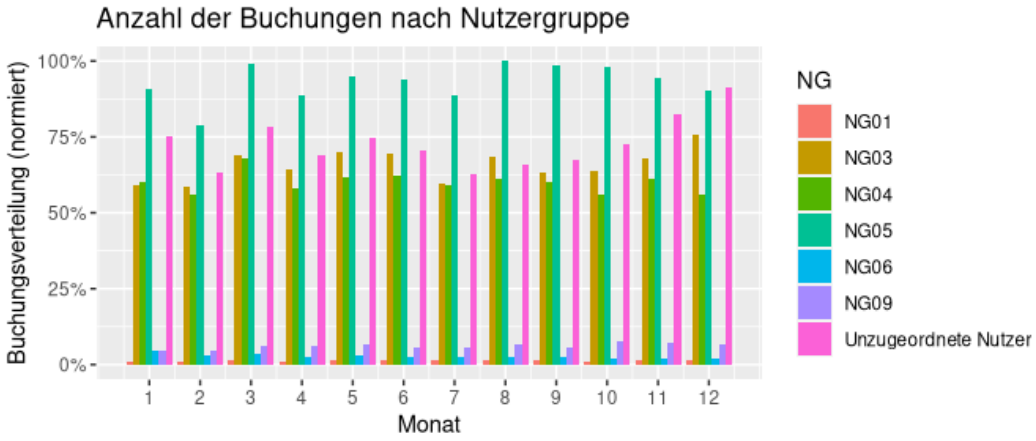


Abb.7 Anzahl der Buchungen nach Nutzendengruppe Stadtmobil Hannover - Monatsweise Max. Anzahl an Buchungen wurden im August von der NG 05 getätigt.

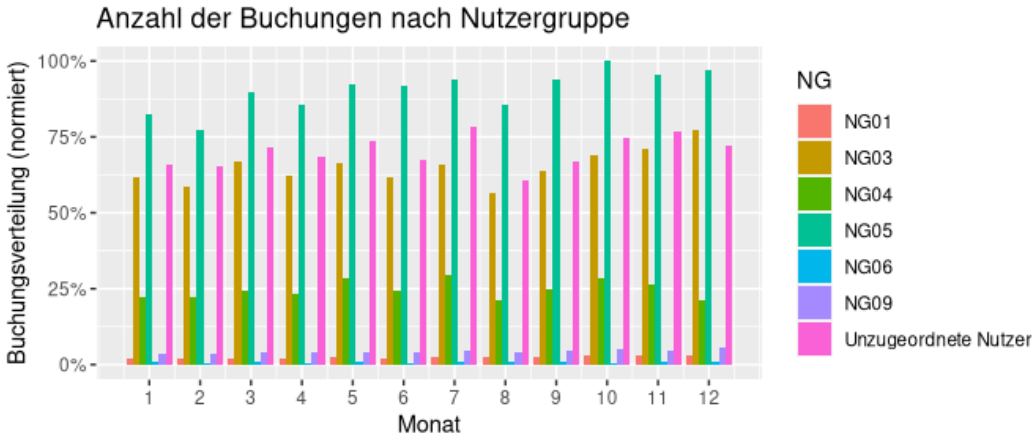


Abb.8 Anzahl der Buchungen nach Nutzendengruppe Stadtmobil Karlsruhe - Monatsweise Max. Anzahl an Buchungen wurde im Oktober ebenfalls von der NG 05 getätigt.

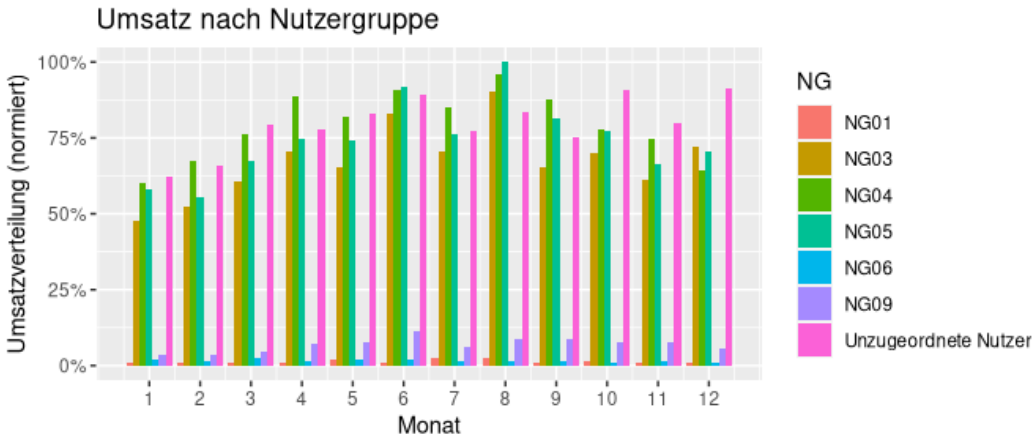


Abb.9: Umsatz nach Nutzendengruppe Stadtmobil Hannover - Monatsweise Max. Umsätze wurden im August von der NG 05 erbracht

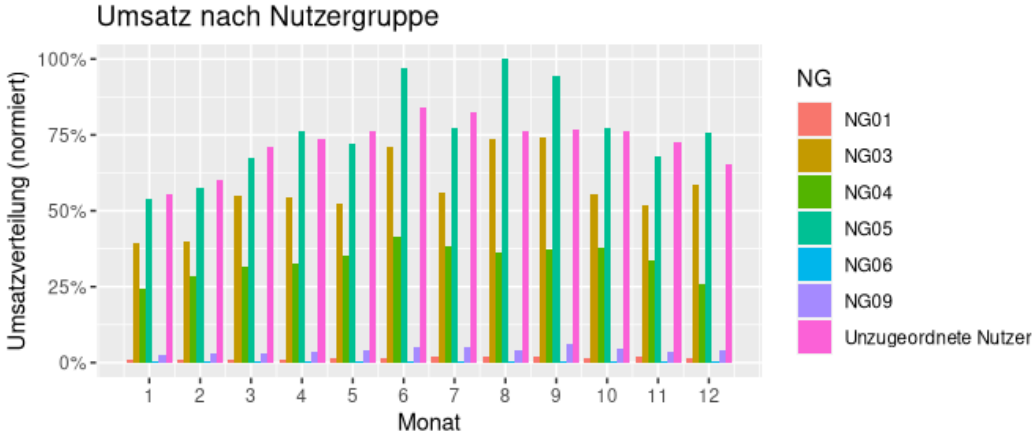


Abb 10.: Umsatz nach Nutzendengruppe Stadtmobil Karlsruhe - Monatsweise Max.Umsätze wurden ebenfalls im August von der NG 05 erbracht

Die Daten von Stadtmobil Hannover zeigen im Vergleich von Buchungsanzahl zum Umsatz nochmal deutlicher, dass obwohl die NG 05 den höchsten Anteil an Buchungen tätigt, dennoch die Umsätze der Gruppen 03 und 04 pro Monat höher sind. Dies bestätigt die Vermutung, dass in diesen Gruppen, im Vergleich zur NG 05, die Umsätze je Buchung höher sind, eine Buchung also entsprechend länger, die Kilometerleistung höher und/oder das gebuchte Fahrzeug teurer ist.

Der monatsweise Vergleich für Stadtmobil Karlsruhe zeigt dabei gewisse Unterschiede zu Stadtmobil Hannover auf.
Die unterschiedlichen Umsätze nach Nutzendengruppen werden in der Monatsübersicht sehr deutlich. Die Gruppe der Haushaltsführenden tätigt die meisten Buchungen und erbringt auch den größten Anteil an den Umsätzen.
Bei beiden Anbietern ist gut zu erkennen, dass die NG 04 über das gesamte Jahr relativ konstante Buchungen tätigt. Auch die NG 03 ist übers Jahr gesehen konstant in der Buchungsanzahl.

Bei beiden Anbietern steigen auch die entsprechenden Umsätze dieser Gruppen in den Monaten Juni, August, und Dezember zu den jeweiligen Vormonaten.
Außerdem ist zu erkennen, dass die Umsätze bei beiden Anbietern zur Jahresmitte hin von Monat zu Monat steigen und zum Jahresende wieder leicht abnehmen.
Dieser Umstand ist auch bei stadtmobil Rhein-Neckar AG erkennbar.

Wesentliche Teile der Umsätze werden von den unzugeordneten Nutzenden ohne nachvollziehbaren Bezug zu einer natürlichen Person erbracht, die für die Vergleichbarkeit zur Hauptstudie aus der Analyse ausgeschlossen wurden. Dadurch geht ein spürbares Potential verloren. Um dieses Potenzial in die Auswertung mit aufzunehmen, müssten die vor der Auswertung aufgestellten Nutzendengruppen überarbeitet werden, da für diese Buchungen kein expliziter Personenbezug hergestellt werden kann.
Mit einer entsprechenden Überarbeitung der Gruppierungen, abgestimmt auf die gegebenen Kundendaten und einer Bearbeitung der Datensätze in Bezug auf Geschlecht, Firma etc., würden sich weitaus aussagekräftigere Ergebnisse erbringen lassen, und ein großer Teil der bisher nicht zugeordneten Nutzer in die Nutzergruppen verteilt werden.

Analyse der Fahrten differenziert nach den Einzugsgebieten

Es werden die Buchungen und Umsätze nach Einzugsgebiet des stationären CarSharings im Vergleich mit den FreeFloatern betrachtet. FreeFloater Fahrzeuge werden bei Stadtmobil Karlsruhe und Hannover als »Stadtflitzer« bezeichnet. Bei stadtmobil Rhein-Neckar AG heißen diese Fahrzeuge » JoeCar«. Dafür werden die Buchungen entsprechend der zugehörigen Kundinnen und Kunden auf Großstadt, Umland und die FreeFloating Fahrzeuge ausgewertet. Auch hier werden nur Buchungen betrachtet, die auf Privatpersonen getätigt wurden. Eine Unterscheidung nach Geschlecht oder einer fehlenden Zuordnung wird in diesem Vergleich nicht vorgenommen.
Zu beachten ist, dass die FreeFloating Fahrzeuge zwar im Umland gefahren werden dürfen, dort aber zumeist kein Bediengebiet haben. Diese Gebiete liegen bisher immer in zentralen Gebieten der Großstädte.
Ein FreeFloating Fahrzeug wird also in der Großstadt abgeholt und dort zum Ende der Buchung auch wieder abgestellt.

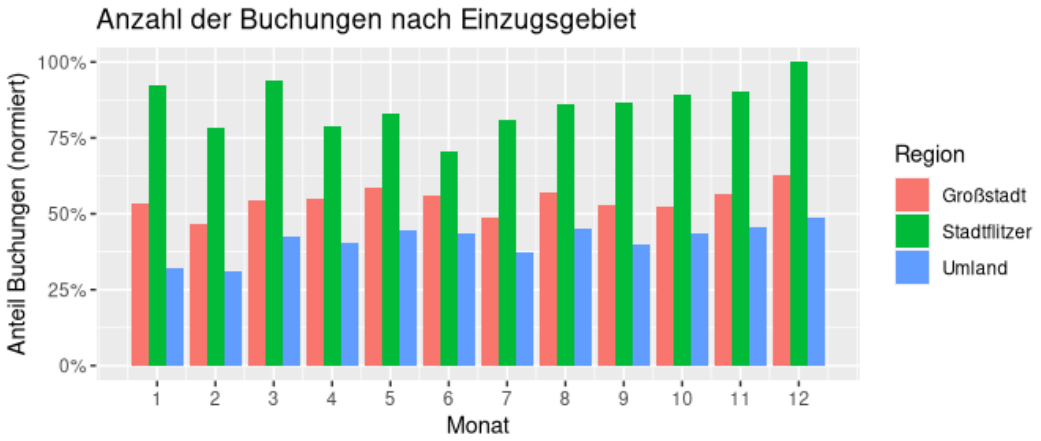


Abb. 11: Anzahl Buchungen nach Einzugsgebiet für Stadtmobil Hannover

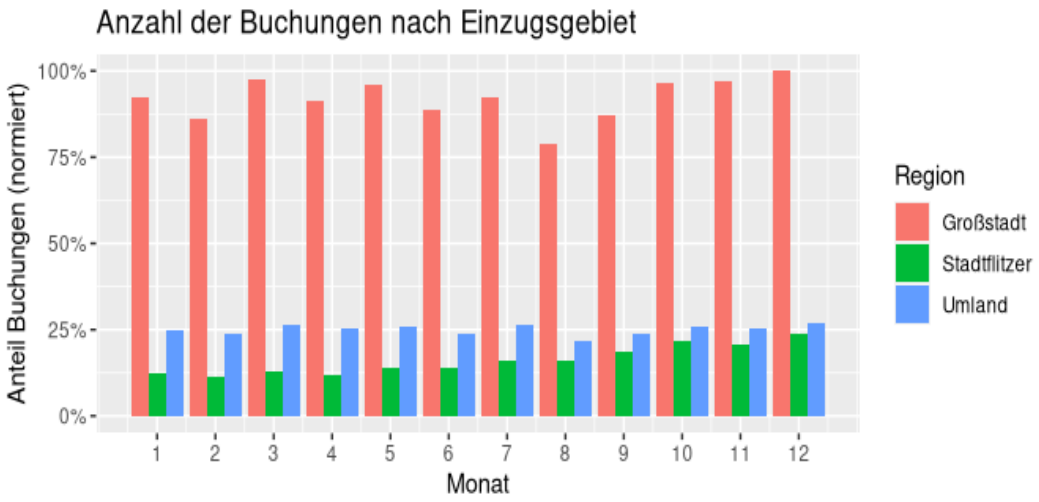


Abb. 12: Anzahl Buchungen nach Einzugsgebiet für Stadtmobil Karlsruhe

Anhand der Buchungsverteilung für Stadtmobil Hannover und Karlsruhe zeigt sich bereits ein sehr differenziertes Nutzendenverhalten. Den Großteil der Buchungen machen in Hannover die FreeFloating Buchungen aus, dafür fällt die Differenz zwischen Stadt und Umland relativ gering aus. Im städtischen Gebiet werden im Vergleich zwar immer noch mind. 10 Prozent - 15 Prozent mehr Buchungen getätigt als im Umland, im Vergleich zu Stadtmobil Karlsruhe ist diese Differenz aber weitaus geringer. Bei Stadtmobil Karlsruhe fällt der Großteil der Buchungen dahingegen auf das städtische, stationsgebundene CarSharing. Der Anteil der FreeFloating Buchungen ist dafür nochmal geringer als der Anteil der Umland-Buchungen. Die Differenz zwischen Umland- und Großstadt-Buchungen liegt im Durchschnitt bei mehr als 50 Prozent. Die große Differenz zwischen den FreeFloating und den stationsgebundenen Fahrzeugen für Stadtmobil Karlsruhe liegt an zwei Faktoren begründet. Erstens ist der prozentuale Anteil der FreeFloating Fahrzeugen an der gesamten Flotte im Vergleich zu Stadtmobil Hannover relativ gering und zweitens ist das Bedienungsgebiet kleiner als in Hannover (in Relation zur Stadtgröße). Daher ist der Unterschied von Stadt und Umland in Hannover geringer, da für Kundinnen und Kunden aus dem Umland das Stadtgebiet deutlich besser zu erreichen ist. Damit sind auch die FreeFloating Fahrzeuge für die Umlandkundschaft entsprechend leichter zu erreichen.

Die Analyse von stadtmobil Rhein-Neckar AG zeigt auch bei der Betrachtung der Einzugsgebiete eindeutige Ähnlichkeiten mit Stadtmobil Karlsruhe. Im Februar geht bei allen betrachteten Anbietern die Nutzung zurück, um in den darauffolgenden Monaten bis in den späten Sommer wieder leicht zuzunehmen. Nach einem weiteren Tief steigt die Nutzung dann bis zum Jahresende wieder an.

Im Folgenden werden die durchschnittlichen Umsätze pro Buchung nach Einzugsgebiet betrachtet.

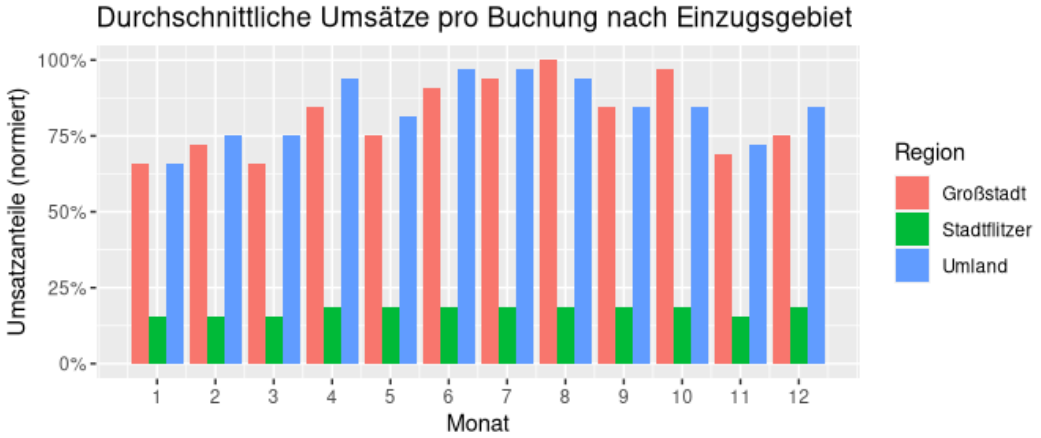


Abb. 13: Durchschnittliche Umsätze pro Buchung nach Einzugsgebiet für Stadtmobil Hannover

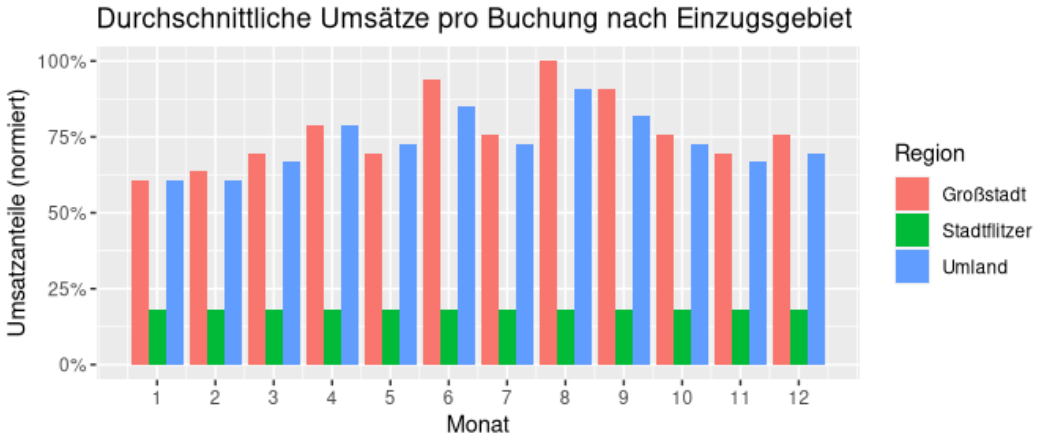


Abb. 14: Durchschnittliche Umsätze pro Buchung nach Einzugsgebiet für Stadtmobil Karlsruhe

Zwischen Stadtmobil Hannover (Abb.11) und Karlsruhe (Abb.12) ist ein deutlicher Unterschied in der Verteilung der Buchungen nach Einzugsgebiet sowie der Nutzung von FreeFloating-Fahrzeugen zu erkennen.
In der Umsatzverteilung ist dieser Unterschied nicht mehr in der Deutlichkeit vorhanden.
Den Umsätzen nach zu schließen, sind sich die Kundinnen und Kunden von Stadtmobil Karlsruhe und Stadtmobil Hannover in ihrem Nutzungsverhalten sehr ähnlich.
Ähnliches Nutzungsverhalten zeigt sich ebenfalls bei stadtmobil Rhein-Neckar AG.
Bei beiden betrachteten Anbietern ist die Nutzung nach der Buchungsanzahl im Umland geringer als im Stadtgebiet, die Umsätze jedoch relativ ähnlich. Für Stadtmobil Karlsruhe sind die Umsätze der Großstadt-Buchungen etwas höher als die der Umland-Buchungen, bei Stadtmobil Hannover ist es genau umgekehrt.

Für beide Anbieter nahezu identisch ist der Anteil des FreeFloatings an den Umsätzen mit ca.12 Prozent - 15 Prozent.
Daraus lässt sich schließen, dass FreeFloating in Hannover weitaus öfter für kurze Fahrten genutzt wird, als in Karlsruhe bzw. das FreeFloating in Karlsruhe ähnlicher zum stationsgebundenen CarSharing genutzt wird als in Hannover.

Geschlechts- und altersspezifische Betrachtung

In den Datensätzen von Stadtmobil Karlsruhe und Hannover sind auch Informationen zum Kundenalter bzw. zum Geschlecht eingetragen. Nicht in allen Kundendatensätzen ist das allerdings eindeutig erfasst. Bei Stadtmobil Hannover ist bei einer größeren Anzahl von Datensätzen kein Geschlecht zugeordnet worden. Das Alter ist bei allen Anbietern eine Pflichtangabe, daher ist diese Angabe in den Datensätzen jeder Buchung zuordbar.

Betrachtet werden nun die Verteilungen des (biologischen) Kundenalters zum Zeitpunkt der Buchung, aufgeteilt nach Geschlecht.

Die folgenden Grafiken sind aufgesetzt erstellt und werden folgendermaßen gelesen: Der höchste Ausschlag in Abb.15 liegt bei den 38-Jährigen Kundinnen und Kunden. Dieser Balken hat sein Maximum bei etwa 3,5 Prozent. Das bedeutet, dass etwa 3,5 Prozent aller Kundinnen und Kunden von Stadtmobil Hannover 38 Jahre alt waren zum Zeitpunkt einer Buchung. Der Balken selbst teilt sich in 4 Bereiche, wobei der Anteil der Firmen nicht erkennbar ist. Der Anteil derjenigen Kundschaft, die 38 Jahre alt sind aber kein Geschlecht angegeben haben beträgt etwa 43 Prozent. Die verbleibenden 57 Prozent teilen sich gleichmäßig auf Frauen und Männer auf.

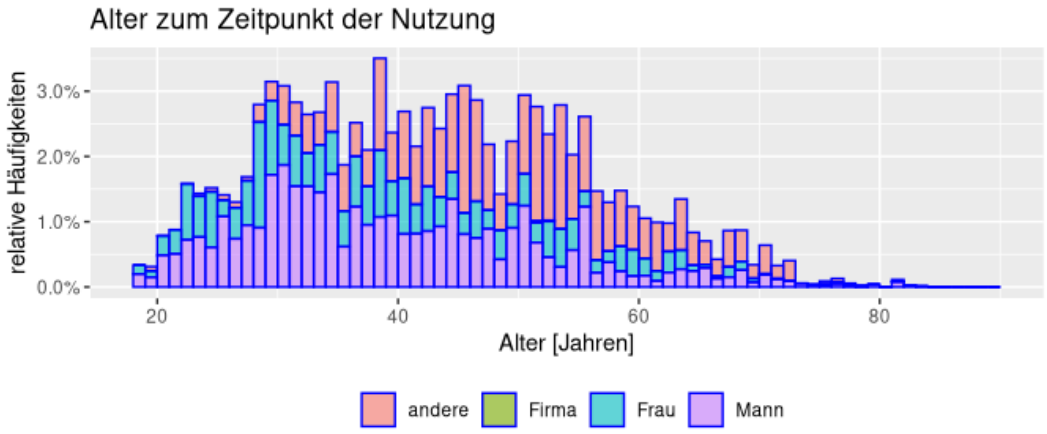


Abb.15: Kundenalter zum Zeitpunkt der Nutzung für Stadtmobil Hannover

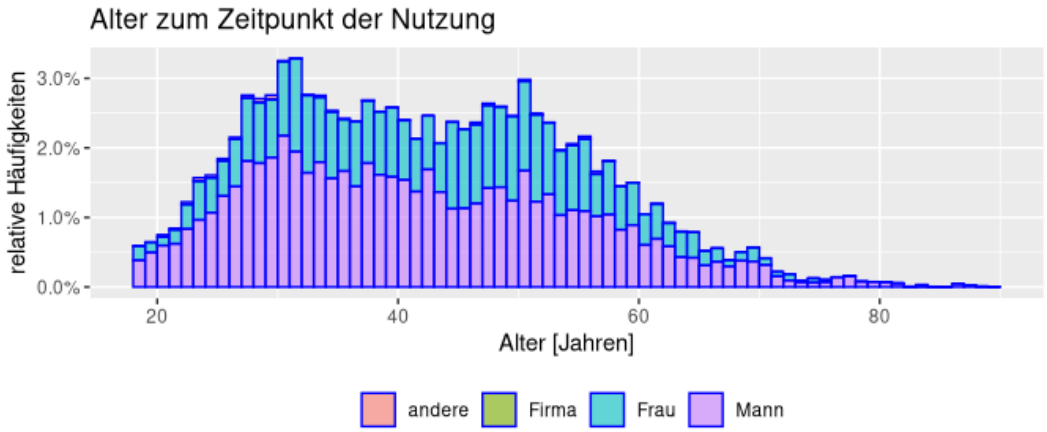


Abb.16: Kundenalter zum Zeitpunkt der Nutzung für Stadtmobil Karlsruhe

Die beiden Abbildungen 15 u. 16 zeigen im Kundenstamm einen gewissen Unterschied in der Geschlechterverteilung. Bei Stadtmobil Karlsruhe ist die Kundschaft bis Mitte 40 zum Großteil männlichen Geschlechts. Danach nimmt der prozentuale Anteil der Frauen bis in die Altersgruppe ab 55 zu. Der Großteil der Kundschaft über 55 ist dann wieder männlich dominiert.
Die Daten für Stadtmobil Hannover zeigen, dass der weibliche Kundenanteil in dem Altersbereich der 22 - 24-Jährigen leicht über dem männlichen Anteil liegt.
Mit Ausnahme der 28-Jährigen überwiegen sonst die männlichen Kunden bis in den Bereich der ab 58-Jährigen. Im Bereich von 58 bis 63 sind die Frauen wieder stärker vertreten.
Insgesamt ist der Trend zu erkennen, dass der Anteil an Kundinnen und Kunden ab Mitte 20 und damit entsprechend auch die Nutzung, ansteigt. Im Altersbereich zwischen 30 u. 40 nimmt die Nutzung dann leicht ab, um dann ab 40 bis 50 wieder leicht anzusteigen. Ab 50 nimmt der Anteil dann aber konstant ab. Bei stadtmobil Rhein-Neckar AG ist dies ebenfalls zu erkennen.
Dieser Trend lässt sich zum einen damit erklären, dass es insgesamt weniger Kundinnen und Kunden in höheren Altersklassen gibt, aber auch dass mit steigendem Alter die Nutzung von CarSharing allgemein weniger wird.
Bei beiden Anbietern und Geschlechtern ist der Großteil der Kundschaft in einer ähnlichen Altersspanne. Bei Stadtmobil Karlsruhe geht die Altersspanne von 28 - 51 Jahre. Für Stadtmobil Hannover geht die Spanne von 29 - 56 Jahre.
Die Analyse aus dem Hauptbericht der Daten für stadtmobil Rhein-Neckar hat gezeigt, dass die vorrangig vertretene Altersspanne im Bereich von 28 - 38 Jahren liegt, also deutlich begrenzter ist, als bei den anderen beiden Anbietern aus Hannover und Karlsruhe.

Die Ähnlichkeiten zwischen den Kundenstämmen hinsichtlich der Nutzung der Anbieter werden folgend in den Aspekten der Häufigkeit von Fahrtstrecken und Fahrtdauer weitergehend betrachtet.
Für die Betrachtung werden Altersgruppen gebildet. Die Quartile werden jeweils durch die gestrichelten, grünen Linien dargestellt. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Daten werden nur die Datensätze betrachtet, bei denen ein Geschlecht eingetragen ist. Der große Anteil an Kundendaten für Stadtmobil Hannover, bei denen kein Geschlecht eingetragen wurde, fällt damit aus dieser Betrachtung heraus. Dafür lassen sich bessere Aussagen zur unterschiedlichen Nutzung der weiblichen bzw. männlichen Kundschaft treffen.
Die angegebenen Quartile sind in den zugeordneten Tabellen nochmal als genauer Zahlenwert angegeben.

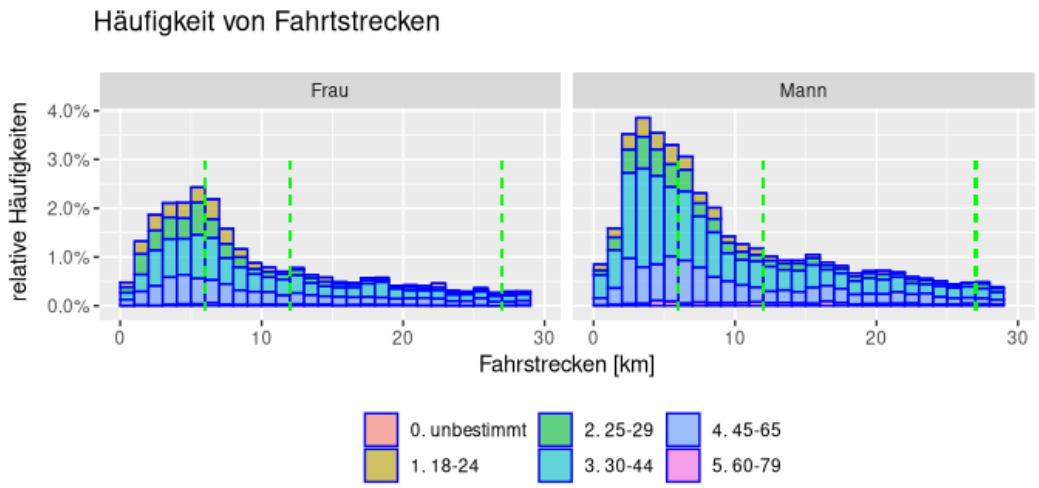


Abb.17: Häufigkeit von Fahrtstrecken für Stadtmobil Hannover

Quartile Kilometerleistung	min	25%	50%	75%
Frauen	1	6	10	24
Männer	1	5	10	25
Gesamt	1	6	12	27

Tab.1: Quantile der Kilometerleistungen für Stadtmobil Hannover

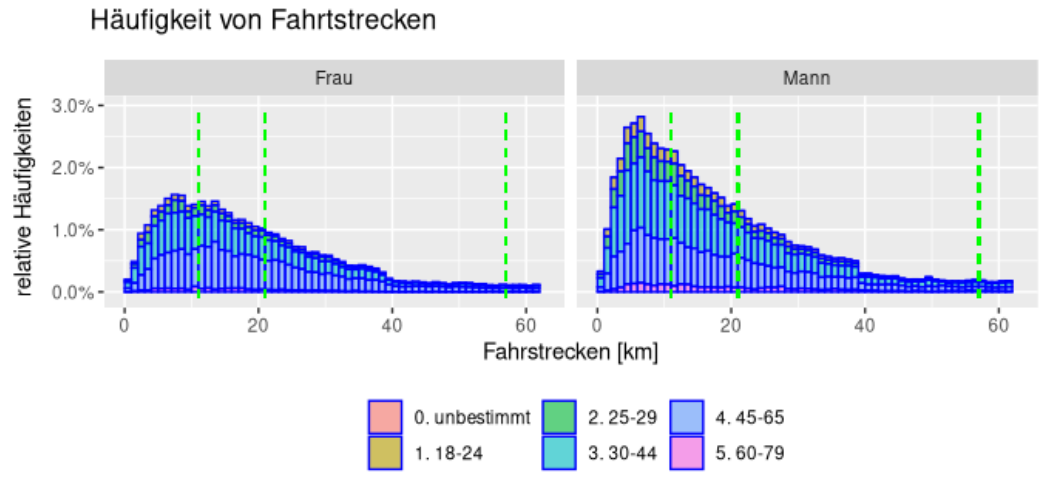


Abb.18: Häufigkeit von Fahrtstrecken für Stadtmobil Karlsruhe

Quartile Kilometerleistung	min	25%	50%	75%
Frauen	1	11	21	48
Männer	1	10	21	64
Gesamt	1	11	21	57

Tab.2: Quantile der Kilometerleistung für Stadtmobil Karlsruhe

Aus den Abbildungen 17 und 18 ist zu erkennen, dass weibliche Kundinnen und männliche Kunden ein ähnliches Nutzungsverhalten haben. Dies tritt sowohl bei Stadtmobil Hannover als auch bei Stadtmobil Karlsruhe auf und ist ebenfalls bei Stadtmobil Rhein-Neckar erkennbar. Die männliche Kundschaft aller betrachteten Anbieter hat einen größeren Anteil insgesamt an den Buchungen, was unter anderem an einem größeren Anteil der Männer im Kundenstamm liegt und zum anderen auch daran, dass Männer häufiger ein CarSharing Fahrzeug buchen als Frauen.

Bei beiden Anbietern und Geschlechtern ist die Gruppe der 30 - 44-Jährigen über alle Fahrtstrecken am stärksten vertreten (Abb.17 und Abb.18).
Besonders auffällig aber in den Bereichen der eher kurzen Fahrten unter 10 km Fahrtstrecke.
Unterschiedlich sind die Quartile der Fahrtstrecke zwischen Stadtmobil Hannover und Karlsruhe. Betrachtet man die eindeutigen Zahlenwerte aus den Tabellen 1 und 2, so sind die Fahrtstrecken der Stadtmobil Karlsruhe Kundschaft (ähnliches auch bei Stadtmobil Rhein-Neckar) fast doppelt so hoch wie die der Hannoveraner Kundschaft.

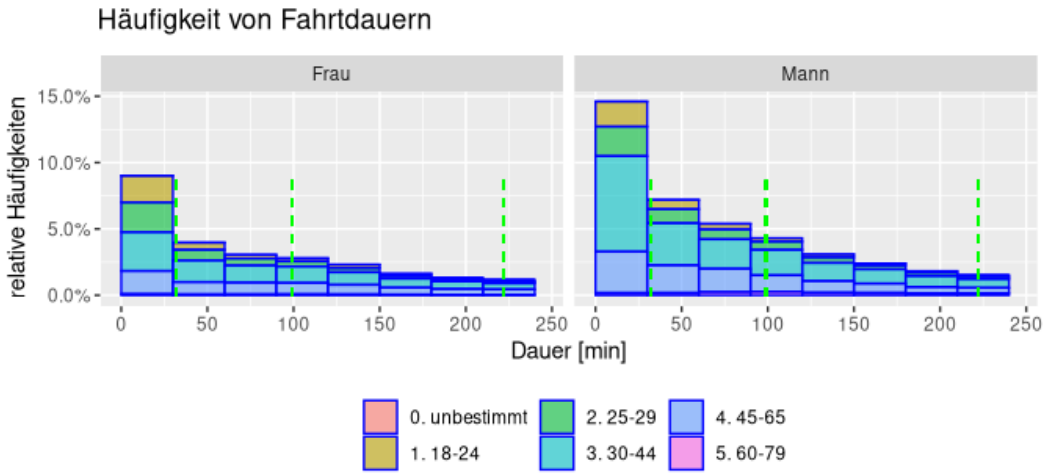


Abb.19: Häufigkeit von Fahrtdauern für Stadtmobil Hannover

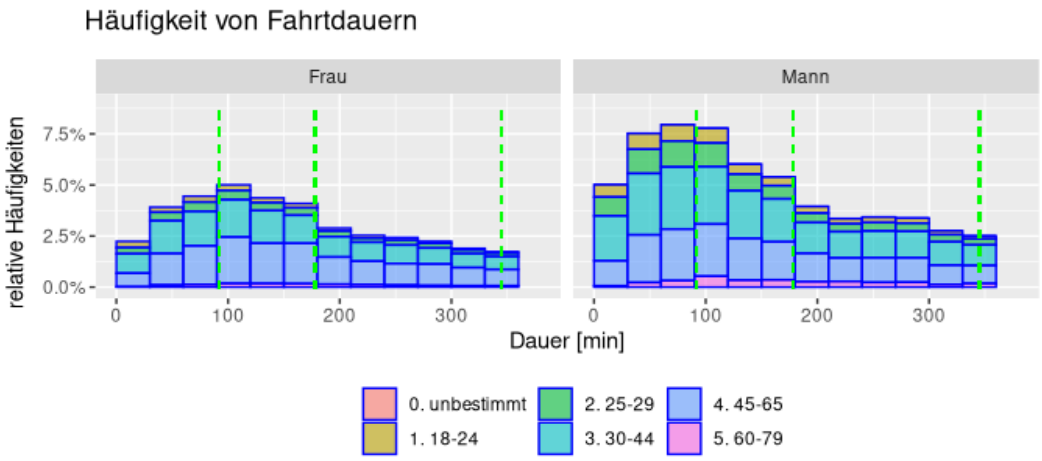


Abb.20: Häufigkeit von Fahrtdauern für Stadtmobil Karlsruhe

Auch die Häufigkeiten der Fahrtdauer zeigen Ähnlichkeiten in der Nutzung zwischen weiblicher und männlicher CarSharing-Kundschaft. Auch hier hat die jeweilige Gruppe der 30 - 44-Jährigen die größten Anteile.
Deutliche Unterscheidungen gibt es aber hier zwischen den Kundinnen und Kunden von Karlsruhe und Hannover.
Bei der Hannoveraner Kundschaft sind die kurzen Fahrten bis 30 Minuten dominierend. Sowohl bei der weiblichen wie auch der männlichen Kundschaft. Dies ist mit großer Wahrscheinlichkeit auch dem Nutzungsverhalten mit den FreeFloatern (Stadtflitzer) geschuldet, die bei Stadtmobil Hannover einen weitaus größeren prozentualen Anteil an der Gesamtflotte einnehmen als bei Stadtmobil Karlsruhe. Für eine bessere Vergleichbarkeit der beiden Anbieter sollte die Nutzung des FreeFloatings daher besser komplett für sich betrachtet werden.
Bei Stadtmobil Karlsruhe dagegen verteilen sich die Anteile gleichmäßiger über einen Zeitbereich von bis zu 3 Stunden, mit einem Maximum bei etwa 1,5 Stunden bei der männlichen und 2 Stunden bei der weiblichen Kundschaft.
Das Nutzungsverhalten der Karlsruher Kundschaft ist dafür nahezu identisch zum Verhalten der Kundinnen und Kunden von stadtmobil Rhein Neckar AG.
Eine differenzierte Betrachtung des FreeFloatings, zumindest nach Kilometerleistung und Buchungsdauer wird im folgenden Kapitel betrachtet.

Analyse der Nutzungsprofile

Hier werden die Daten anhand von Buchungsmerkmalen wie Buchungsdauer, Fahrtstrecke und Buchungszielklasse betrachtet.
Die folgenden Diagramme zeigen Kilometer- und Minutenleistungen für 75 Prozent aller Buchungen. Werte, die außerhalb des Wertebereichs der X-Achse liegen, machen damit nur 25 Prozent aus. Buchungen, die außerhalb dieses Wertebereichs liegen, sind besonders umsatzstark und daher für eine allgemeine Betrachtung weniger von Bedeutung. Extremwerte aus den Datensätzen bzgl. der Buchungen werden damit nicht betrachtet, diese würden die grafischen Abbildungen nur verzerren und eine Vergleichbarkeit damit erschweren.

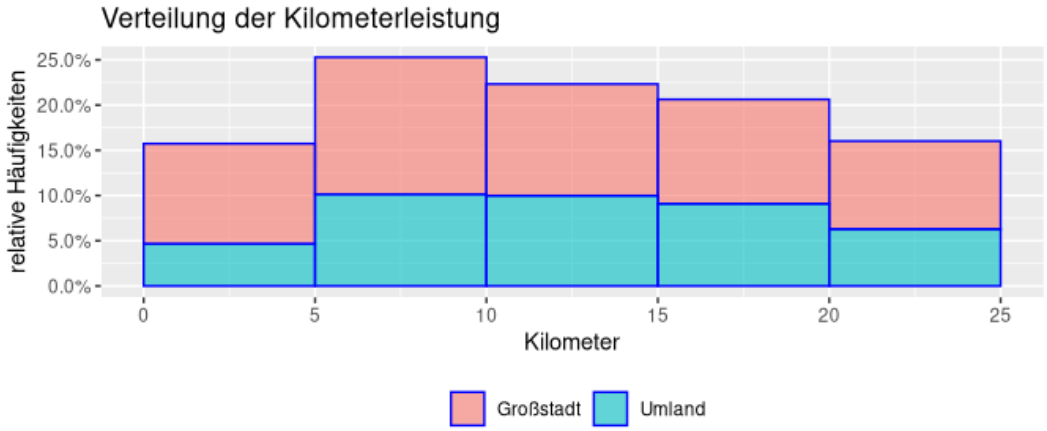


Abb.21: Verteilung der Kilometerleistung für Stadtmobil Hannover
Jeder Balken entspricht in dieser Auflösung 15 Prozent der betrachteten Buchungen

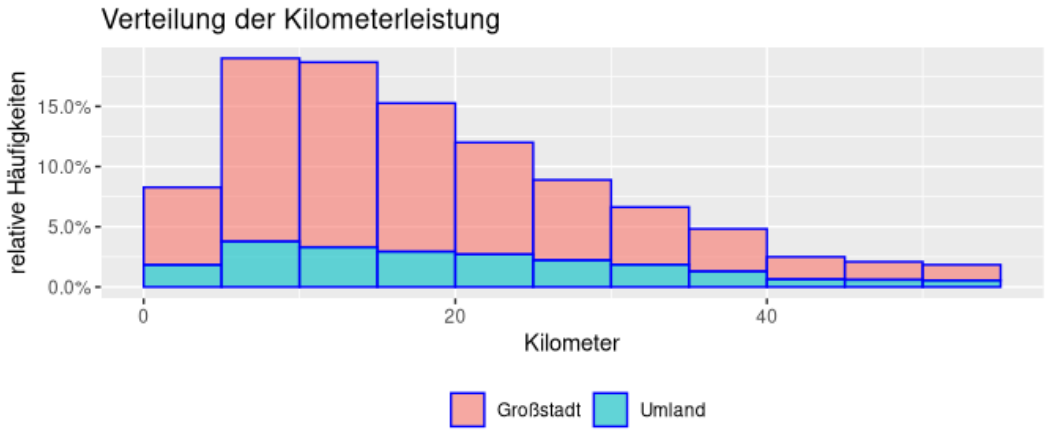


Abb.22: Verteilung der Kilometerleistung für Stadtmobil Karlsruhe
Jeder Balken entspricht in dieser Auflösung ca 6,8 Prozent der betrachteten Buchungen

Die Verteilungen der Kilometerleistungen, aufgetrennt nach Großstadt und Umland deutet eine große Ähnlichkeit in der allgemeinen Nutzung von CarSharing Fahrzeugen an.
Bei beiden Organisationen liegt die höchste, relative Häufigkeit im Intervall von 5 km - 10 km.
Danach flacht der Verlauf bei beiden Organisationen gleichmäßig ab.
Identisches Verhalten ist auch bei stadtmobil Rhein-Neckar AG zu erkennen.
Dies deutet ebenfalls auf entsprechende Ähnlichkeiten im allgemeinen Nutzungsverhalten von CarSharing Kundinnen und Kunden hin. Die entsprechenden

Anteile von Großstadtkundschaft zu Umlandkundschaft sind zwischen den einzelnen Organisationen natürlich unterschiedlich, dabei kommt es immer auch auf den einzelnen Anbieter an und inwieweit das CarSharing Angebot ausgebaut ist.

Da die prozentualen Flottenanteile der FreeFloating Fahrzeuge von Stadtmobil Hannover und Karlsruhe unterschiedlich sind, wird diese spezielle Nutzung im Folgenden einmal gesondert betrachtet.

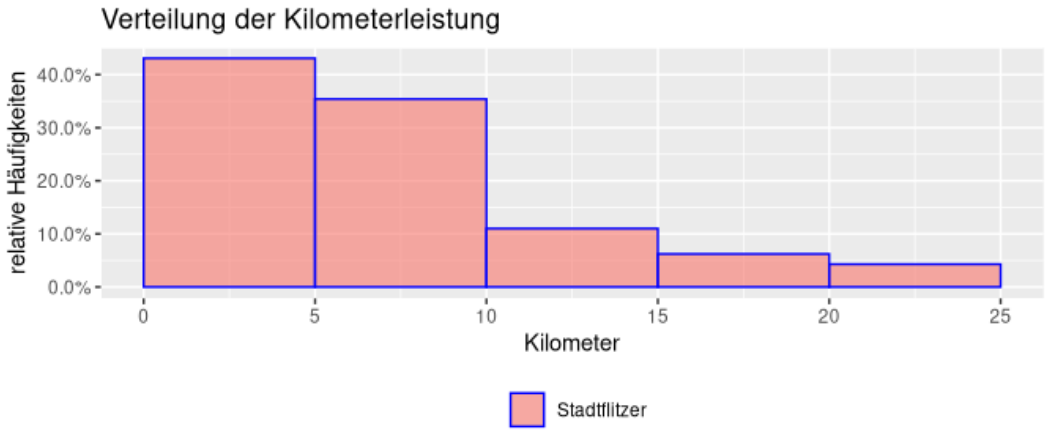


Abb.23: Verteilung der Kilometerleistung des FreeFloatings für Stadtmobil Hannover
Jeder Balken entspricht in dieser Auflösung 15 Prozent der betrachteten Buchungen

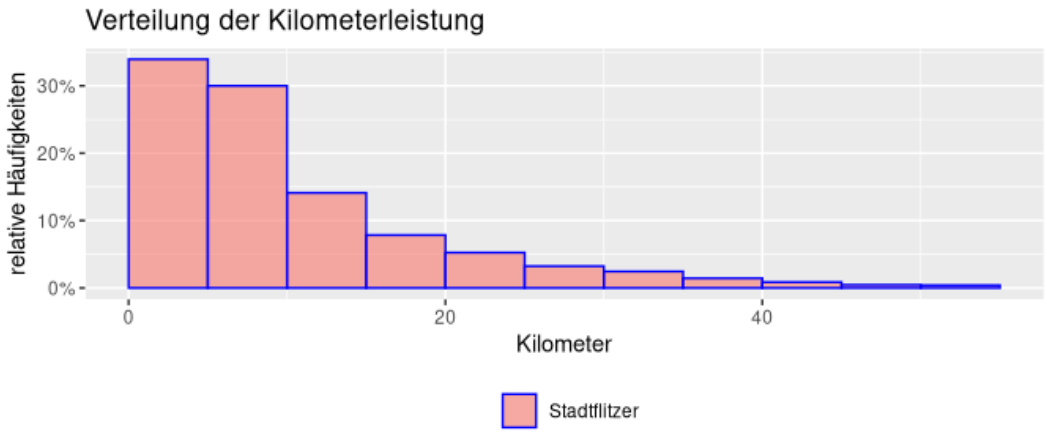


Abb.24: Verteilung der Kilometerleistung des FreeFloatings für Stadtmobil Karlsruhe
Jeder Balken entspricht in dieser Auflösung ca 6,8 Prozent der betrachteten Buchungen

Der einzig erkennbare Unterschied in der Nutzung des FreeFloatings zwischen Stadtmobil Hannover und Karlsruhe liegt darin, dass es für die Karlsruher Kundschaft einen größeren Anteil an Nutzungen über 25km gibt.
75 Prozent aller FreeFloating Buchungen für Hannover haben maximal 25 km Fahrtstrecke.
Bei Stadtmobil Karlsruhe haben immerhin ca. 40 Prozent der Buchungen eine Strecke von mehr als 25 km verzeichnet.
Damit lässt sich die Aussage, dass die Karlsruher Kundschaft prinzipiell eher längere Strecken fahren als die Hannoveraner Kundschaft (siehe S.7, S.9, S.13 und S.16 Tab.1 und 2), auch auf das FreeFloating übertragen.
Betrachtet man die Verteilung der FreeFloating Kilometerleistungen für stadtmobil Rhein-Neckar AG aus dem Hauptbericht, haben 75 Prozent aller FreeFloating Buchungen eine maximale Fahrtstrecke von 40 km. Dieser Wert liegt damit genau zwischen den Maximalwerten von Stadtmobil Hannover und Stadtmobil Karlsruhe.

Etwa 28 Prozent der FreeFloating Buchungen weisen eine Strecke von über 25 km auf. Die Aussage, dass Karlsruher Kundinnen und Kunden die FreeFloating Fahrzeuge eher für längere Buchungen bzw. längere Strecken nutzen, lässt sich damit auch auf stadtmobil Rhein-Neckar AG übertragen.
Der Verlauf der Abbildungen 23 und 24 zeigt deutliche Ähnlichen zwischen beiden Anbietern. Diese Ähnlichkeiten sind auch bei stadtmobil Rhein-Neckar AG zu beobachten.
Mit den folgenden Grafiken für die Minutenleistungen werden diese Ähnlichkeiten noch deutlicher gezeigt.

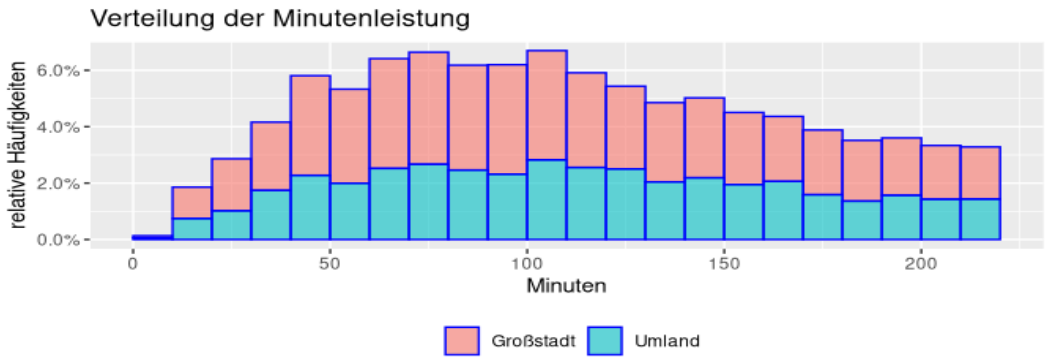


Abb.25: Verteilung der Minutenleistung für Stadtmobil Hannover
Jeder Balken entspricht in dieser Auflösung ca 3,4 Prozent der betrachteten Buchungen

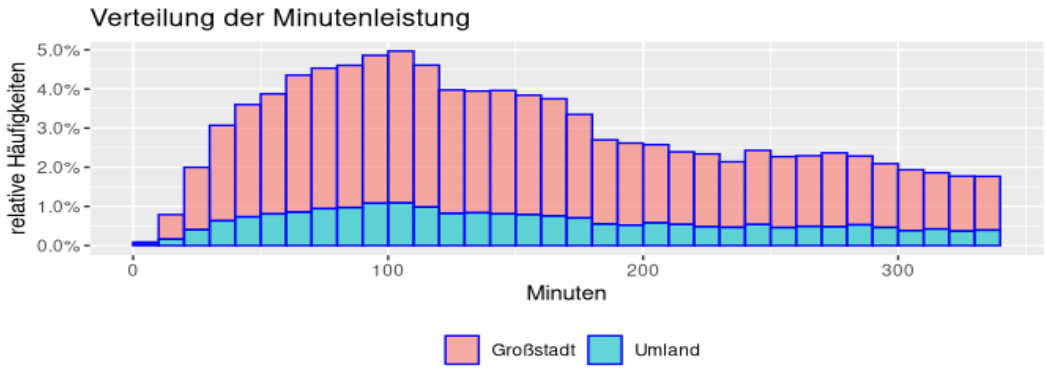


Abb.26: Verteilung der Minutenleistung für Stadtmobil Karlsruhe
Jeder Balken entspricht in dieser Auflösung ca 2,2 Prozent der betrachteten Buchungen

Die Minutenleistung zwischen beiden Anbietern hat ihr Maximum der relativen Häufigkeiten jeweils im Intervall von 100 - 110 Minuten. Bei stadtmobil Rhein-Neckar AG liegt das Maximum im Intervall von 90 - 100 Minuten. Eine Ähnlichkeit der Nutzungen bezogen auf die Minutenleistungen wird auch damit bestätigt.

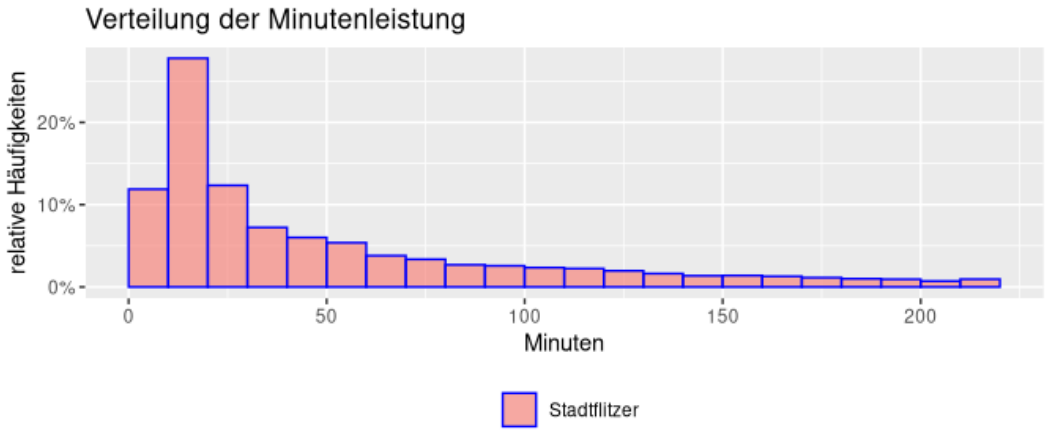


Abb.27: Verteilung der Minutenleistung des FreeFloatings für Stadtmobil Hannover
Jeder Balken entspricht in dieser Auflösung ca 3,4 Prozent der betrachteten Buchungen

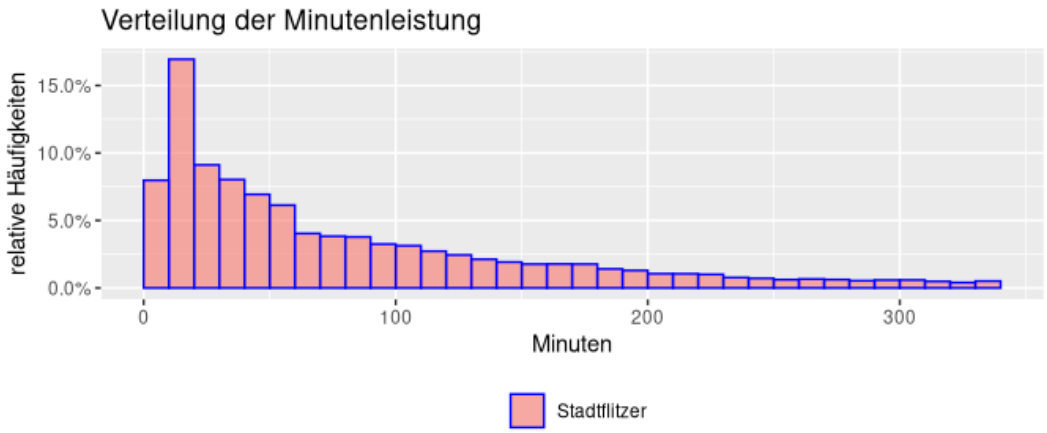


Abb.28: Verteilung der Minutenleistung des FreeFloatings für Stadtmobil Karlsruhe
Jeder Balken entspricht in dieser Auflösung ca 2,2 Prozent der betrachteten Buchungen

Die Minutenleistung für die FreeFloater ist ebenfalls nahezu identisch. Es fällt der identische Verlauf mit dem Maximum im Zeitintervall von 10 - 20 Minuten für beide Anbieter sofort auf.
Für Stadtmobil Karlsruhe zeigt sich ebenfalls zur allgemeinen Minuten- und Kilometerleistung wieder das Verhalten, dass die entsprechende Kundschaft im Vergleich zu Hannover längere Buchungen tätigen und auch längere Strecken fahren. Aber das Gesamtverhalten der Kundinnen und Kunden lässt sich definitiv als ähnlich bezeichnen.

Erkenntnisse zur Übertragbarkeit

Die Vergleichbarkeit der Daten von Stadtmobil Hannover und Stadtmobil Karlsruhe zueinander, aber auch zu stadtmobil Rhein-Neckar AG ist über die Nutzendengruppen aufgrund der unterschiedlichen Datenlage nicht vollständig möglich. Bei einer entsprechenden Überarbeitung der Kriterien sowie einer Aufarbeitung der Kundendaten ließe sich eine Ähnlichkeit im Nutzungsverhalten sehr wahrscheinlich deutlicher aufzeigen.
Im Gegensatz dazu lässt sich durch eine Einteilung der Kundinnen und Kunden in Altersklassen sowie eine geschlechtliche Unterscheidung eine sehr gute Vergleichbarkeit schaffen, um die ähnlichen Nutzungsverhalten von der Kundschaft unterschiedlicher Anbieter zu erschließen.
Selbst bei dem wirtschaftlichen Unterschied der betrachteten Organisationen heben sich immer wieder Ähnlichkeiten aber auch kleinere Unterschiede im Nutzerverhalten hervor. Eine Einteilung nach harten Kriterien, z.B. Geschlecht, Alter oder Wohnort liefert bessere Ergebnisse als eine Einteilung in weiche, nicht klar definierte Kriterien wie die Nutzendengruppen.
Durch gewisse Pflichtangaben beim Aufnahmeprozess neuer Kundinnen und Kunden ließe sich eine verbesserte Datenstruktur schaffen. Auf der Basis nahezu ähnlicher Datensätze je Buchung und Kundin bzw. Kunde könnte man die Vergleichbarkeit aber auch entsprechende Unterschiede nochmal deutlicher aufzeigen.
Trotzdem ist die Aussage zutreffend, dass CarSharing Nutzende aus Karlsruhe insgesamt sehr ähnlich im Nutzungsverhalten zu Nutzenden aus Hannover und von stadtmobil Rhein-Neckar AG sind und umgekehrt.

Die Unterschiede vor allem durch das geographisch erweiterte FreeFloating-Angebot deutet gerade für die zentrale Eigenschaften eines »Robocar«-Angebotes spannende Erkenntnisse für die Nutzung. Diese stellen die Übertragbarkeit nicht in Frage, deuten aber an, dass das Nutzungsmuster durch Robocars, zentrale Kennzahlen über Nutzungslänge und Fahrtstrecke signifikant senken würden.

Impressum

Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de

Titelbild: © kinwun – Adobe Stock

urn:nbn:de:0011-n-6441110
http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-644111.html



https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Fraunhofer IAO, 2022



Kontakt

Thomas Schrodi
Leiter Team Cognitive IoT Applications
Telefon +49 711 970-5135
thomas.schrodi@iao.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de