

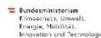
Kooperative Automatisierte SharedServices an Autobahn- Anschlussstellen KASSA.AST

Ein Projekt finanziert im Rahmen von
Mobilität der Zukunft
Verkehrsinfrastruktur – F&E Dienstleistungen 2021

November 2024



GEFÖRDERT DURCH



Impressum:

Herausgeber und Programmverantwortung:

Bundesministerium für Klimaschutz
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien
Radetzkystraße 2
1030 Wien

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-
Aktiengesellschaft
Austro Tower
Schnirchgasse 17
1030 Wien

 **ASFINAG**

Für den Inhalt verantwortlich:

Verkehrsverbund Kärnten GmbH (Konsortialführung)
Bahnhofplatz 5
9020 Klagenfurt am Wörthersee

VKG VERKEHRSVERBUND
KÄRNTEN GMBH 

Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Thematische Programme
Sensengasse 1
1090 Wien

 **FFG**
Forschung wirkt.

Kooperative Automatisierte SharedServices an Autobahn- Anschlussstellen KASSA.AST

Ein Projekt finanziert im Rahmen von
Mobilität der Zukunft

Verkehrsinfrastruktur – F&E Dienstleistungen 2021

Auftraggeber:

Bundesministerium für Klimaschutz

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft

Auftragnehmer:

Verkehrsverbund Kärnten GesmbH

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

ALP.Lab GmbH

DI Isabella Monika Hinterleitner

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

KMG Klagenfurt Mobil GmbH

Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt Abteilung Umweltschutz

pdcp GmbH

PLANUM Fallast Tischler & Partner GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	14
2. PLANERISCHE KONZEPTIONIERUNG	15
2.1 Organisation und Planung: Verkehrsplanungskonzept Mobilitätsknoten Klagenfurt West	15
2.1.1 Bestandsanalyse	15
2.1.2 Verkehrsplanungskonzept Mobilitätsknoten.....	32
2.2 Betrieb und Risikomanagement.....	38
2.2.1 MaaS-Ökosystem.....	38
2.2.2 MaaS-Betreibermodell.....	40
2.2.3 Rollen im MaaS-Betreibermodell	42
2.2.4 Risikomanagement und Risikoanalyse	43
2.3 Gesellschaftliche Akzeptanz.....	45
2.3.1 Konzept Mobilitätsknoten	45
2.3.1.1 Grundkonzept Mobility Hub, Mobilitätsknoten	45
2.3.1.2 Anwendung eines Mobility Hubs an einer Autobahnanschlussstelle	45
2.3.2 Attraktivität von Micro-ÖV & automatisiertem Fahren im Licht der Digitalisierung	46
2.3.3 Theoretische Auseinandersetzung mit der Verkehrsmittelwahl.....	49
2.3.4 Ansätze zur Gestaltung von Interventionsmaßnahmen.....	50
2.3.5 Ableitung von Mobilitätstypen	51
2.3.5.1 Ableitung von Mobilitätskomfort-Typen	52
2.3.5.2 Bildung von Mobilitätstypen zur Erforschung neuer Mobilitätsdienstleistungen: pro:NEWmotion Typologie.....	54
2.3.6 Befragung und Anreize zur Akzeptanz des Konzeptes	60
2.3.6.1 Allgemeines Befragungskonzept: SP-off-RP mit MyTrips	61
2.3.6.2 Allgemeine Auswertungen	63
2.3.6.3 Input für Verkehrsmodelle – Verkehrsmittelwahl.....	74
3. ADMINISTRATIVE KONZEPTIONIERUNG	75
3.1 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	75
3.1.1 Valet Parking und Smart Spaces.....	77

3.1.2	Teil-automatisierte Busse (Last-Mile- Transport)	84
3.1.3	Personentransport, Ridepooling und Carsharing	87
3.1.4	Perspektive des Teleoperators/der Teleoperatorin	89
3.1.5	Akzeptanz und Adoption autonomer Fahrzeuge in der Gesellschaft.....	92
3.2	Anforderungen an die Finanzierung.....	95
3.2.1	Stakeholderanalyse	95
3.2.2	Anforderungen an die Finanzierung – am Beispiel Klagenfurt-West	97
3.2.3	Kostenbericht für die Umsetzung der AIMED-Level Empfehlungen am Mobilitätsknoten Klagenfurt-West	101
3.2.4	Betreiber- und Kostenträgermodelle	102
4.	TECHNISCHE KONZEPTIONIERUNG.....	104
4.1	Technische und infrastrukturelle Anforderungen.....	104
4.1.1	IST-Situationsanalyse.....	104
4.2	Anforderungen an Datenschnittstellen.....	109
4.2.1	Konzeptionelles Schnittstellenmodell.....	109
4.2.1.1	Level & Service Definition	109
4.3	IT-Konzept der MaaS-Plattform	122
4.3.1	IT-Architektur für die MaaS-Plattform	122
5.	PROTOTYPISCHE PILOTIERUNG	127
5.1	Digitaler Zwilling	127
5.1.1	Planungsphase.....	127
5.1.2	Betriebsphase	134
5.1.3	Stufe 1 – Parkplatz-Zufahrtsprognose, statisch	139
5.1.4	Stufe 2 – Parkplatz-Zufahrtsprognose, dynamisch	142
5.1.5	Stufe 3 – Machine Learning (RNN, LSTM, LLM, etc.).....	145
5.2	Evaluierung und Anpassung.....	146
5.2.1	Makro Meso-Simulation: Verkehrsnachfrage P+R Klagenfurt West (städtisch).....	147
5.2.2	Makro Meso-Simulation: Verkehrsnachfrage Grafenstein (ländlich).....	162
5.3	Automatisierter Flottenbetrieb – Lessons Learned.....	169

5.3.1	Evaluierung der Simulationsansätze auf Basis des Pilotversuchs „Automatisierte Shuttles Lakeside Park“	176
5.4	Übertragbarkeit der Ergebnisse	179
5.4.1	Übertragungsmatrix und Anwendbarkeit ländlicher Anschlussstellen	179
5.5	Zusammenfassung: Kernaussagen aus der Prototypischen Implementierung	181

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1 Mobilitätsangebote am Mobilitätsknoten Klagenfurt West	16
Abbildung 2-2 Erreichbarkeit der ÖV-Haltestellen der untersuchten ÖV-Linien.....	17
Abbildung 2-3 Ein- und Ausfahrten sowie Auslastungsgrad P&R West.....	18
Abbildung 2-4 Einfahrten und Auslastungsgrad P&R Minimundus	19
Abbildung 2-5 Aufenthaltsdauern am P&R West	20
Abbildung 2-6 Aufenthaltsdauern am P&R Minimundus	20
Abbildung 2-7 Zweck des Aufenthaltes am P&R Minimundus	21
Abbildung 2-8 Verkehrsstromanalyse P&R West über gesamt Woche	22
Abbildung 2-9 Verkehrsstromanalyse P&R West am Erhebungstag detailliert	23
Abbildung 2-10 Verkehrsstromanalyse P&R Minimundus über gesamt Woche	23
Abbildung 2-11 Verkehrsstromanalyse P&R Minimundus am Erhebungstag detailliert	24
Abbildung 2-12 Analyse der bestehenden Leitsysteme und Anzeigetafeln	25
Abbildung 2-13 Untersuchungsgebiet Klagenfurt West [Quelle: basemap.at]	26
Abbildung 2-14 Knotenstrombelastungsplan Morgenspitzenstunde Knoten B83 / Südring	27
Abbildung 2-15 Knotenstrombelastungsplan Morgenspitzenstunde Knoten B83 / P&R West	27
Abbildung 2-16 Knotenstrombelastungsplan Abendspitzenstunde Knoten B83 / Südring	28
Abbildung 2-17 Knotenstrombelastungsplan Abendspitzenstunde Knoten B83 / P&R West	28
Abbildung 2-18 Signalzeitenplan und Auslastung SP1 Morgenprogramm Knoten B83 / Südring	29
Abbildung 2-19 Signalzeitenplan und Auslastung SP3 Abendprogramm Knoten B83 / Südring	30
Abbildung 2-20 Signalzeitenplan und Auslastung SP1 Morgenprogramm Knoten B83 / P&R West	31
Abbildung 2-21 Signalzeitenplan und Auslastung SP3 Abendprogramm Knoten B83 / P&R West	31
Abbildung 2-22 Park&Ride Klagenfurt West Bestand	33
Abbildung 2-23 Südlicher Teil des geplanten Mobilitätsknoten Klagenfurt West	34
Abbildung 2-24 Nördlicher Teil des geplanten Mobilitätsknoten Klagenfurt West.....	35

Abbildung 2-25 Vergleich der Mobilitätsangebote je Betrachtungslevel (IST-AIMED-BEST)	38
Abbildung 2-26 Schematische Darstellung eines MaaS-Ökosystems	40
Abbildung 2-27 MaaS-Betreibermodell	42
Abbildung 2-28 Rollen im MaaS-Betreibermodell	42
Abbildung 2-29: Beschreibung pro:motion-Typologie	54
Abbildung 2-30: Veränderung Typen 2015-2023	56
Abbildung 2-31: Verschneidung pro:NEWmotion.-Typologie mit Sinues-Milieus	56
Abbildung 2-32: pro:NEWmotion sozioregionale Typcharakteristika	59
Abbildung 2-33: Ablauf einer MyTrips-Befragung mit SP-off-RP-Werkzeug und klassische SP-Teile zur Erhebung von Haushalts- und Personenmerkmalen	62
Abbildung 2-34: Auszug aus Online-Befragung: Stated Choice Fragestellung zur Routenwahl	63
Abbildung 2-35: Zusammensetzung der Stichprobe	64
Abbildung 2-36: Wohnorte der Befragten	65
Abbildung 2-37: Aktivitätenstandorte der Befragten	65
Abbildung 2-38: Derzeit Genutzte P&R Stationen	66
Abbildung 2-39: Führerschein und Zeitkartenverfügbarkeit	67
Abbildung 2-40: Haushaltsausstattung - Verkehrsmittel	67
Abbildung 2-41: Einteilung der Befragten in die pro:NEWmotion Typologie und Verteilung in der österreichischen Gesamtbevölkerung	68
Abbildung 2-42: Verteilung der pro:NEWmotion Typen in der Befragung	69
Abbildung 2-43: Interesse an Mobilitätsangeboten	70
Abbildung 2-44: Interesse an Inhalten	71
Abbildung 2-45: Gewünschte Informationskanäle	72
Abbildung 2-46: Ausgewählte Alternativen nach pro:NEWmotion-Typ	73
Abbildung 2-47: Gründe für die Wahl der Alternativen	73
Abbildung 2-48: Übersicht Parameter Verkehrsmittelwahlmodell	74
Abbildung 3-1 Beispielhafter Mobilitätshub in Grafenstein (Klagenfurt - Nord) Quelle: PLANUM)	77
Abbildung 3-2 Beispielhafte Route für den Shuttle: Kurz die Wegeführung beschreiben	85
Abbildung 3-3 Stakeholderanalyse	97
Abbildung 3-4: Eingabemaske des Kostentools für die Kosten- und Flächenindikation von Mobilitätsknoten	100

Abbildung 3-5: Dokumentation und Anleitung zum Kostentool	100
Abbildung 3-6: Tabellarische Ergebnisdarstellung aus dem Kostentool	101
Abbildung 4-1 REST API	111
Abbildung 4-2 GBFS.....	115
Abbildung 4-3 Website.....	116
Abbildung 4-4 C-ITS	117
Abbildung 4-5 Automated Valet Parking	118
Abbildung 4-6 Smart Charging	119
Abbildung 5-1: Räumliche Einzugsgebiete für die Teilebenen des Digitalen Zwillings am Beispiel der Anschlussstelle Klagenfurt West.....	128
Abbildung 5-2 Digitaler Zwilling „KASSA.AST“	128
Abbildung 5-3: Ausschnitt des für Sumo generierten Tripfiles (trips.xml) auf Basis der Nachfragedaten aus dem LIFE mobility and activity model – Carinthia für die AST Klagenfurt West (Detailgebiet Lakeside Park + Universität Klagenfurt)	133
Abbildung 5-4 Einsatzbereiche der vorgeschlagenen Simulationsebenen eines Digitalen Zwillings für automatisierte Anschlussstellen.....	134
Abbildung 5-5 Digitaler Zwilling „KASSA.AST light“.....	136
Abbildung 5-6: Übersicht Prognosemethode mit Indikator-Kfz-Zählstelle (Realtime) und Parkplatzbesetzung (Realtime), Beispiel zwei zufahrende PKW mit unterschiedlichen Restzufahrtszeiten	138
Abbildung 5-7: Stufenmodell für die Parkplatz-Prognose (Stellplatzauslastung)	138
Abbildung 5-8: Standardganglinie einer Clusterstufe.....	139
Abbildung 5-9: Standardganglinien mit drei Clusterstufen (werktags, samstags, sonntags)	140
Abbildung 5-10 Stufenweise Clusterung für die Generierung von Standardganglinien für die Stufe 1	141
Abbildung 5-11: Standardganglinien (werktags; Sa, So, Fe) mit 95%-Konfidenzintervall..	141
Abbildung 5-12: Prognose der Parkplatzzufahrt auf Basis der AST-Parkplatzsensoren (erster Abweichungswert)	142
Abbildung 5-13: Prognose der Parkplatzzufahrt auf Basis der Indikator-KFZ-Zählstelle (zweiter Abweichungswert).....	143
Abbildung 5-14: Gewichtung der Abweichungswerte für die Prognose der Parkplatzzufahrt als Grundlage für die Berechnung der AST-Parkplatzauslastung für zwei unterschiedliche Zufahrtsstandorte (PKW 1 und 2)	144

Abbildung 5-15: Prognose der AST-Parkplatzbesetzung und AST-Parkplatzauslastung inkl. der Farbwerte (grün, orange, rot) für drei unterschiedliche Zufahrtsstandorte PKW (1, 2 und 3)	145
Abbildung 5-16: Lage der AST Klagenfurt West im überregionalen und lokalen Einzugsgebiet	148
Abbildung 5-17: Tagesganglinie der PKW-Zufahrten an der AST Klagenfurt West (Modellszenarien)	149
Abbildung 5-18: Tagesganglinie der Stellplatzbesetzung der AST Klagenfurt West (Modellszenarien), inkl. Richtwert für die Parkplatzdimensionierung (ca. 80 - 110 Stellplätze)	150
Abbildung 5-19: Prognostizierte maximale Stellplatzbesetzung AST Klagenfurt West der untersuchten Modellszenarien als Richtwerte für Parkplatzdimensionierung (ca. 80 - 110 Stellplätze).....	151
Abbildung 5-20: Implementierte Linienführung (Linie C) des automatisierten Shuttles im Einzugsgebiet der AST Klagenfurt West.....	152
Abbildung 5-21: Exemplarische Darstellung der Fahrgastnachfrage der Linienführung des automatisierten Shuttles für den Planfall 1b-2024 im Einzugsgebiet der AST Klagenfurt West	153
Abbildung 5-22: Umstiegsrelationen der ÖV- und Shuttle-Fahrgäste am S-Bahn-Knoten Klagenfurt West (AST Klagenfurt West)	154
Abbildung 5-23 Relationen der VM der Ankünfte mit den Abgangs-VM an der AST Klagenfurt West für den Planfall 0-2024	155
Abbildung 5-24 Relationen der VM der Ankünfte mit den Abgangs-VM an der AST Klagenfurt West für den Planfall 1-2024	155
Abbildung 5-25 Relationen der VM der Ankünfte mit den Abgangs-VM an der AST Klagenfurt West für den Planfall 1b-2024	155
Abbildung 5-26: Abgangs-VM an der AST Klagenfurt West beispielhaft für die Planfälle 0 und 1b - 2024	156
Abbildung 5-27: Bandbreite des erforderlichen E-Scooter Angebots (Verleihsystem) an der Anschlussstelle Klagenfurt West	157
Abbildung 5-28 Zeitliche E-Scooter (Verleihsystem) Nachfrage und Stellplatzbedarf an der AST Klagenfurt West (Modellschätzung).....	158
Abbildung 5-29: Schematische Einzugsgebiete für P+D Nutzung von AST im Umfeld P+R Klagenfurt West	160

Abbildung 5-30: Bandbreite der P+D Stellplatznachfrage für die AST Klagenfurt West	161
Abbildung 5-31 Treibhausgasemissions- und der km-Verkehrsleistung Einsparpotentiale für die untersuchten P+D Planfälle der AST Klagenfurt West (Modellschätzung).....	162
Abbildung 5-32: Lage der automatisierten Anschlussstellen Grafenstein für die 3 Szenarien	163
Abbildung 5-33: Nutzer:innen der AST Grafenstein für die 3 Szenarien.....	165
Abbildung 5-34 Ankunfts-VM und Abfahrts ÖV-Linien der Nutzer:innen der AST Grafenstein für die 3 Szenarien.....	165
Abbildung 5-35: Exemplarische Darstellung der Fahrgastrelationen der Linienführung (des automatisierten Shuttles für den Planfall SZ3-2024plus im Einzugsgebiet der AST Klagenfurt West	166
Abbildung 5-36: Exemplarische Darstellung der Fahrgastnachfrage (Ein- und Aussteiger) der Linienführung (des automatisierten Shuttles für den Planfall SZ3-2024plus (Fahrtrichtung Gegen-UZS) im Einzugsgebiet der AST Klagenfurt West.....	167
Abbildung 5-37: Bandbreite der P+D Stellplatznachfrage für die AST Grafenstein	168
Abbildung 5-38 Veranstaltung – Lange Nacht der Forschung	169
Abbildung 5-39 Betriebszeiten 2024.....	170
Abbildung 5-40 Schild Testregion.....	170
Abbildung 5-41 Shuttle im Testbetrieb.....	171
Abbildung 5-42 Verwendete Shuttles.....	172
Abbildung 5-43 Warnung "Langsames Fahrzeug".....	172
Abbildung 5-44 Teststrecke mit Ampelanlagen im Mischverkehr.	173
Abbildung 5-45 Mischverkehr mit Mehrzweckstreifen in Klagenfurt.....	174
Abbildung 5-46 Automatisierte Flotte im Mischverkehr.....	174
Abbildung 5-47: Beispieldarstellung der Erhebungsstelle MOB35 mit Sicht auf die Zufahrt und die daraus resultierenden Trajektorien	175
Abbildung 5-48: Genutztes Verkehrsmittel vor der aktuellen Fahrt mit dem automatisierten Shuttle sowie das genutzte Verkehrsmittel vor dem Pilotversuch mit den automatisierten Shuttles.....	177
Abbildung 5-49: Reale Wartezeit für das automatisierte Shuttle im Pilotbetrieb (fahrplangebunden) versus der gewünschten (tolerierten) Wartezeit bei einem automatisierten Shuttle im OnDemand-Betrieb	178
Abbildung 5-50 Auszug der AST Übertragungsmatrix (Bestandsanalyse der AST Klagenfurt West)	180

Abbildung 5-51 Praxistest ASFINAG automatisiertes Fahren.....184
Abbildung 5-52 Marktanteil automatisiertes Fahren (Quelle: CES 2023 and Counterpoint
Analysis)185

1. EINLEITUNG

Das Projekt KASSA.AST wurde am 03.10.2022 gestartet und hat es sich zum Ziel gemacht, ein übertragbares Gesamtkonzept für nachfolgend genannte zentrale Kernthemen zu erstellen:

- Kooperative, automatisierte Mobilitätsdienste an multimodalen Mobilitätsknoten im Nahbereich oder Beziehung zu Autobahn-Anschlussstellen, unter Berücksichtigung barrierefreier, effizienter, platz- und ressourcenschonender Übertrittsmöglichkeiten miteinander zu vernetzen,
- die Schaffung eines auf Nutzer:innen-Bedürfnissen basierenden und somit nachfrageorientierten Angebotes an Mobilitätsservices voranzutreiben,
- die Senkung von Umstiegsbarrieren auf klima- und ressourcenschonende Mobilitätsdienste, durch gebündelte und zielgerichtete Information, Buchung und Bezahlung im Rahmen einer Mobility-as-a-Service-Plattform (MaaS) sicherzustellen, sowie
- die Integration des automatisierten Fahrens in den Gesamtmobilitätsprozess zu untersuchen und pilotieren.

Die Untersuchungen und Erarbeitungen haben dabei in folgenden Arbeitspaketen und deren definierten Tasks stattgefunden:

- AP 1 – Projektmanagement
- AP 2 – Planerische Konzeptionierung
- AP 3 – Administrative Konzeptionierung
- AP 4 – Technische Konzeptionierung
- AP 5 – Prototypische Pilotierung

Als Herausforderung speziell hervorzuheben ist die Erkenntnis, der im Rahmen der vertiefenden Recherche identifizierten Breite und Tiefe der dem Projekt zugrundeliegenden Thematik. Nicht zuletzt waren auch die Erfahrungsberichte aus dem Leitprojekt „DOMINO“ und ergänzende Informationen der Projektbegleitgruppe maßgeblicher Anlass zur nachträglichen Definition von spezifischen Anwendungsfällen – sogenannten Use Cases. Dieses Vorgehen sollte sicherstellen, dass nicht bereits vorliegende Erkenntnisse aus „DOMINO“ neuerlich untersucht werden und zeitgleich andere Aspekte zu wenig oder gar keine Berücksichtigung in KASSA.AST finden. Aus diesem Grund wurden im Rahmen des AP 3 zwei Workshops im Gesamtkonsortium abgehalten, um unter Berücksichtigung aller externen Aspekte, definierte Use Cases zu verabschieden, anhand derer die weiterführenden Analysen, Untersuchungen und Konzepterarbeitungen in den einzelnen Arbeitspaketen umgesetzt werden können. Die definierten Use Cases wurden der Projektbegleitgruppe vorgestellt und in

Facetten nachgeschärft, um gemeinsam die Zielerreichung des vorliegenden Projektes sicherzustellen.

2. PLANERISCHE KONZEPTIONIERUNG

2.1 Organisation und Planung: Verkehrsplanungskonzept

Mobilitätsknoten Klagenfurt West

2.1.1 Bestandsanalyse

Die Parkplätze P&R West und P&R Minimundus liegen im Westen Klagenfurts im Bereich des Mobilitätsknotenpunktes Klagenfurt West nördlich und südlich der Villacher Straße. Mit dem Lakeside Science & Technology Park und der Alpe-Adria-Universität hat das Gebiet große Bedeutung als Forschungs-, Wirtschafts- und Technologiestandort in Klagenfurt. Außerdem befinden sich in der Nähe der Wörthersee, der Europapark, das Wörthersee Stadion und andere Freizeit- und Naherholungsmöglichkeiten, die für die Klagenfurter Bevölkerung sowie für Tourismus einen hohen Stellenwert haben. Aus verkehrsplanerischer Sicht ist dieser Bereich Klagenfurts deshalb von besonderem Interesse.

Für ein Verkehrsplanungssystem an diesem Standort, wurde eine verkehrstechnische Untersuchung durchgeführt. Diese enthält eine Bestandsanalyse, eine Analyse des bestehenden Leitsystems, eine Nachfrageanalyse sowie eine Verkehrsstromanalyse.

Die Bestandserhebung fand zwischen 16. und 20. Jänner und zwischen 13. und 17. März statt. Dafür wurden an den Ein- und Ausfahrten der untersuchten P&R-Anlagen Verkehrszählungskameras (Miovision) installiert. Außerdem war Erhebungspersonal täglich um 08:00 und 15:00 vor Ort, um die parkenden Fahrzeuge zu zählen, die Kfz-Kennzeichen zu erfassen und so nähere Informationen über die Verkehrsströme und das Nutzerverhalten in Erfahrung zu bringen. Am 15. März 2023 wurden von 06:30 bis 18:00 Uhr im Zuge einer ergänzenden Erhebung mittels Kennzeichenverfolgung die Ein- und Ausfahrtzeiten und die daraus ermittelbare Parkdauer, die Fahrtrichtung, die Fahrzeugart sowie der Parkzweck erhoben.

Mobilitätsangebot

Im Zuge der Bestandsanalyse wurden der P&R West und der P&R Minimundus hinsichtlich des Mobilitätsangebotes näher untersucht. Am P&R West beträgt die Anzahl der Stellplätze 161, am P&R Minimundus 307. Beide Parkplätze verfügen über eine direkte Anbindung an das ÖV-Netz sowie an das Radwegenetz. Der Bahnhof Klagenfurt West befindet sich in unmittelbarer Nähe und ist in wenigen Gehminuten erreichbar. Im Bereich des Bahnhofes befindet sich ein überdachter

Radabstellplatz, eine Radbox, eine Radausleihstelle (nextbike) sowie eine Paketbox. Der P&R West verfügt außerdem über eine E-Ladestation mit zwei Anschlüssen, sowie ein E-Carsharing-Angebot, bei dem der Bevölkerung zwei PKW zur Verfügung stehen.

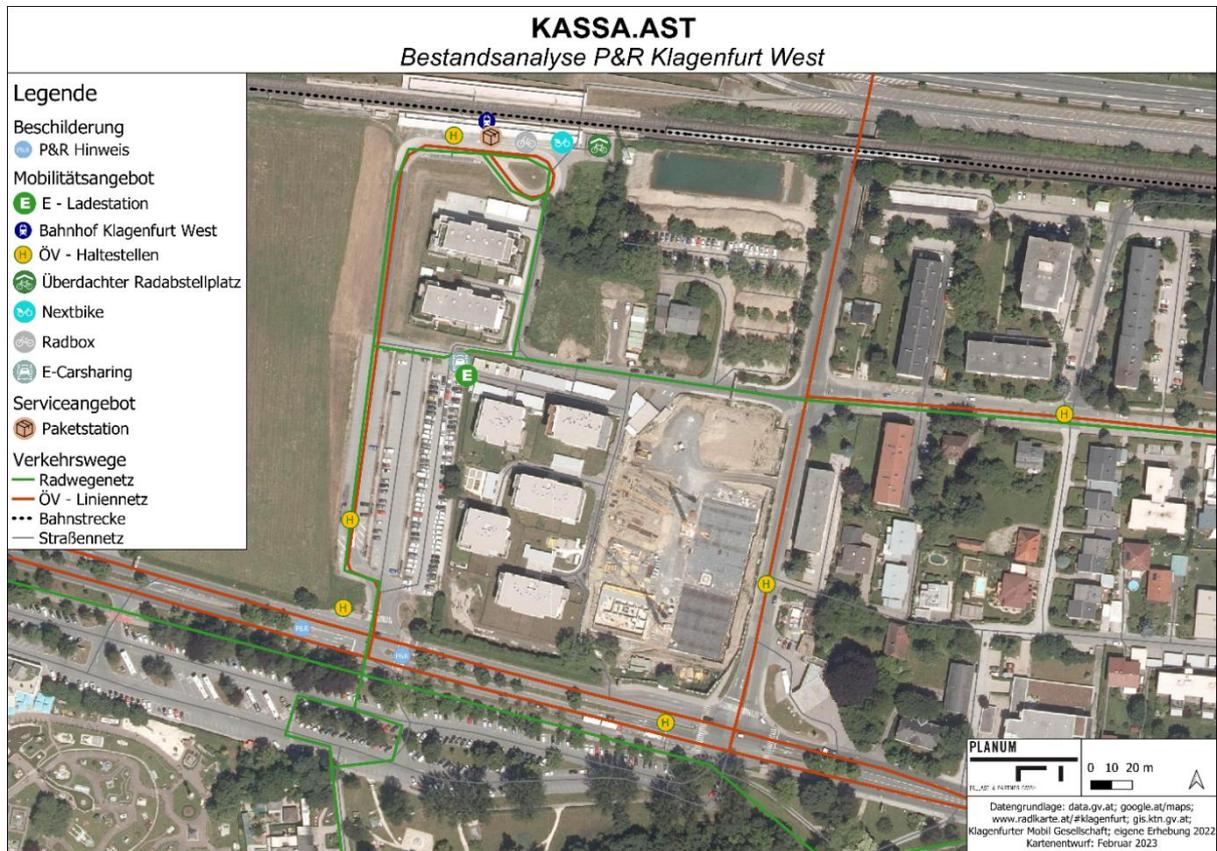


Abbildung 2-1 Mobilitätsangebote am Mobilitätsknoten Klagenfurt West

Um die Nutzung dieser Angebote quantitativ zu erfassen, wurde die Anzahl der Zugriffe auf die Radbox, die nextbike-Station, das e-Carsharing, die E-Ladestation und die Paketbox automatisiert erhoben.

Zugriffe auf die Angebote am P&R West, 15.03.2023:

Radbox: Zu diesem Zeitpunkt wurden alle vier Radboxen von Dauermietern belegt

Nextbike-Station: vier Ausleihen

(07:49) Klagenfurt West – (07:57) Lakeside Park

(08:20) Klagenfurt West – (08:24) Universität Klagenfurt

(14:56) Universität Klagenfurt – (15:00) Klagenfurt West

(16:39) Lakeside Park – (16:46) Klagenfurt West

E-Carsharing: eine Buchung (für vier Tage)

E-Ladestation: keine Ladung

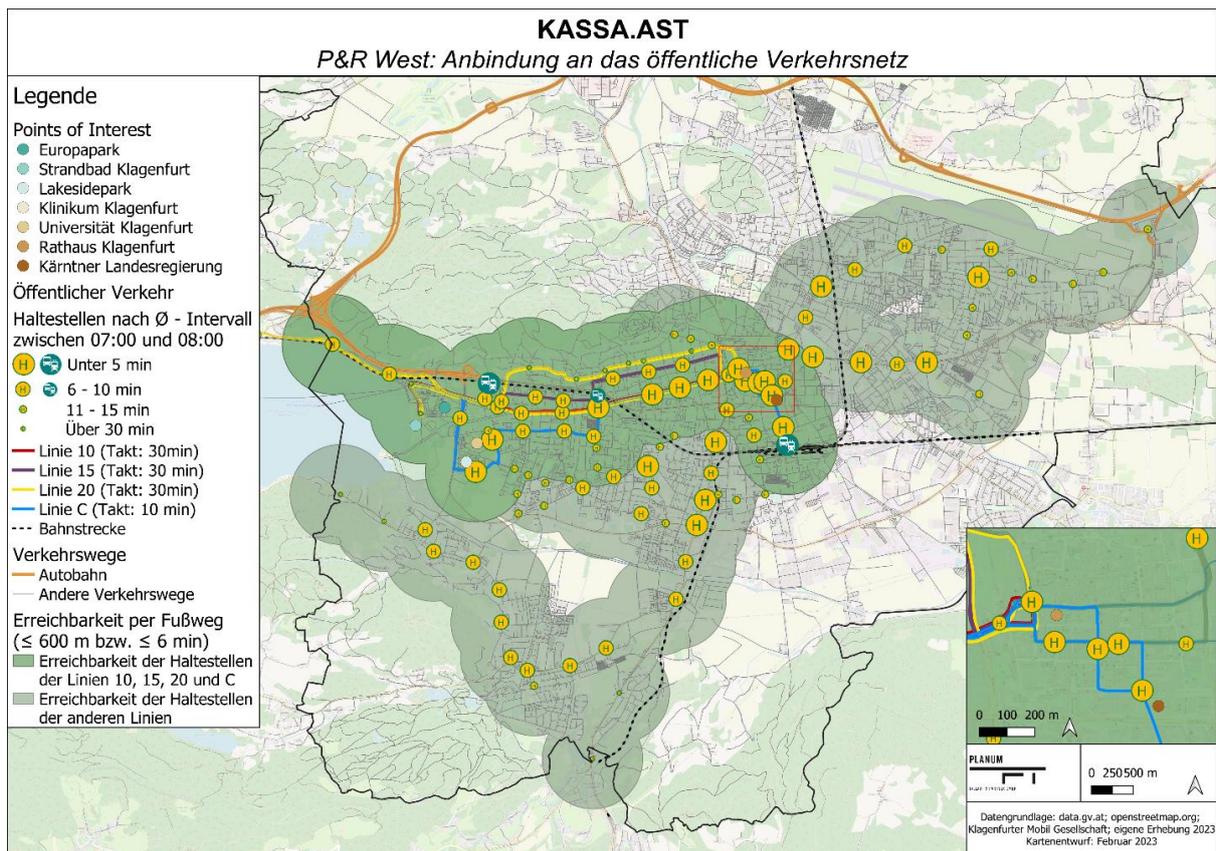


Abbildung 2-2 Erreichbarkeit der ÖV-Haltestellen der untersuchten ÖV-Linien

Abbildung 2-2 zeigt die Erreichbarkeit der Haltestellen der Linien, die direkt am P&R West vorbeiführen sowie jener Linien, die über einen Umstieg (vor dem zentralen Knotenpunkt „Heiligengeistplatz“) innerhalb von 6 Minuten erreichbar sind. Durch die Umstiegsmöglichkeiten ergibt sich eine erweiterte Gebietserschließung vor allem in den Süden und den Osten Klagenfurts.

Die direkte Anbindung an das Öffentliche Verkehrsnetz erfolgt über die Linien 10, 15, 20 und C, wobei mit der Linie C eine Anbindung im 10-Minuten, mit allen anderen Linien im 30-Minuten-Takt angeboten wird. Die Linie 10 ermöglicht eine Weiterfahrt in Richtung Strandbad Wörthersee sowie in Richtung Stadtzentrum. Die Linie 15 hat am Bahnhof Klagenfurt West ihre Endstation und führt über die Koschatstraße in Richtung Stadtzentrum. Linie 20 ermöglicht die Weiterfahrt in Richtung Krumpendorf, sowie in Richtung Stadtzentrum und Linie C die Weiterfahrt in Richtung Strandbad Wörthersee und über die Universität und das Stadtzentrum bis zum Hauptbahnhof Klagenfurt. Relevante POI (Points of Interest) können - mit einer Ausnahme (Klinikum Klagenfurt) - ohne Umstieg erreicht werden.

Umstiegsmöglichkeiten entlang der Streckenführung erweitern die Anbindung vor allem in den Süden und den Osten Klagenfurts.

Verkehrstromanalyse und Auslastung der P&R-Anlagen

Für die Erhebung der Auslastung wurde eine Verkehrszählungskamera (Miovision) im Ein- und Ausfahrtsbereich der Parkplätze für den Zeitraum von einer Woche angebracht. Ergänzend dazu war Erhebungspersonal im Erhebungszeitraum zweimal täglich (08:00 Uhr und 15:00 Uhr) vor Ort, um eine Zählung der parkenden PKW durchzuführen. Eine erste Untersuchung der Auslastung der P&R-Flächen erfolgte im Jänner 2023 (Montag, 16.01.2023, - Freitag, 20.01.2023). Aufgrund von starken Schneefällen während der Erhebungswoche und der anschließenden Analyse der Ergebnisse, wurde ein zweiter Erhebungstermin im März festgelegt (Montag, 13.03.2023, - Freitag, 17.03.2023), der der Prüfung der Repräsentativität diente. Die Ergebnisse der zweiten Erhebung zeigten eine deutlich höhere Auslastung. Das bekräftigte die Annahme, dass die Repräsentativität der Ergebnisse des Jäanners aufgrund der Witterungsverhältnisse eingeschränkt war.

Im Zuge der Erhebungswoche im März wurde ergänzend zur Auslastungserhebung eine detaillierte Erhebung durchgeführt, bei der der Fokus auf den Einfahrt- und Ausfahrtszeiten, der Fahrzeugart (PKW, Bus), der Fahrtrichtung und dem Zweck des Aufenthalts lag.

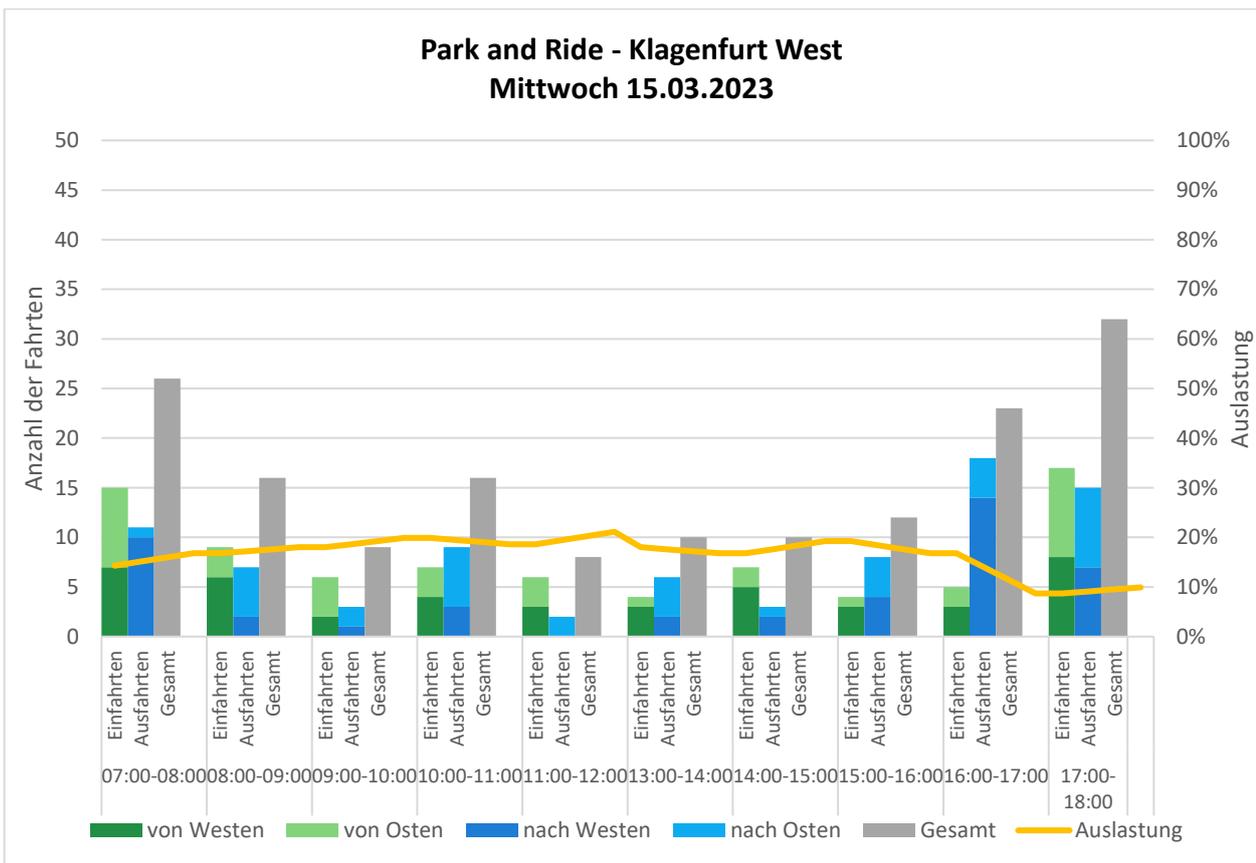


Abbildung 2-3 Ein- und Ausfahrten sowie Auslastungsgrad P&R West

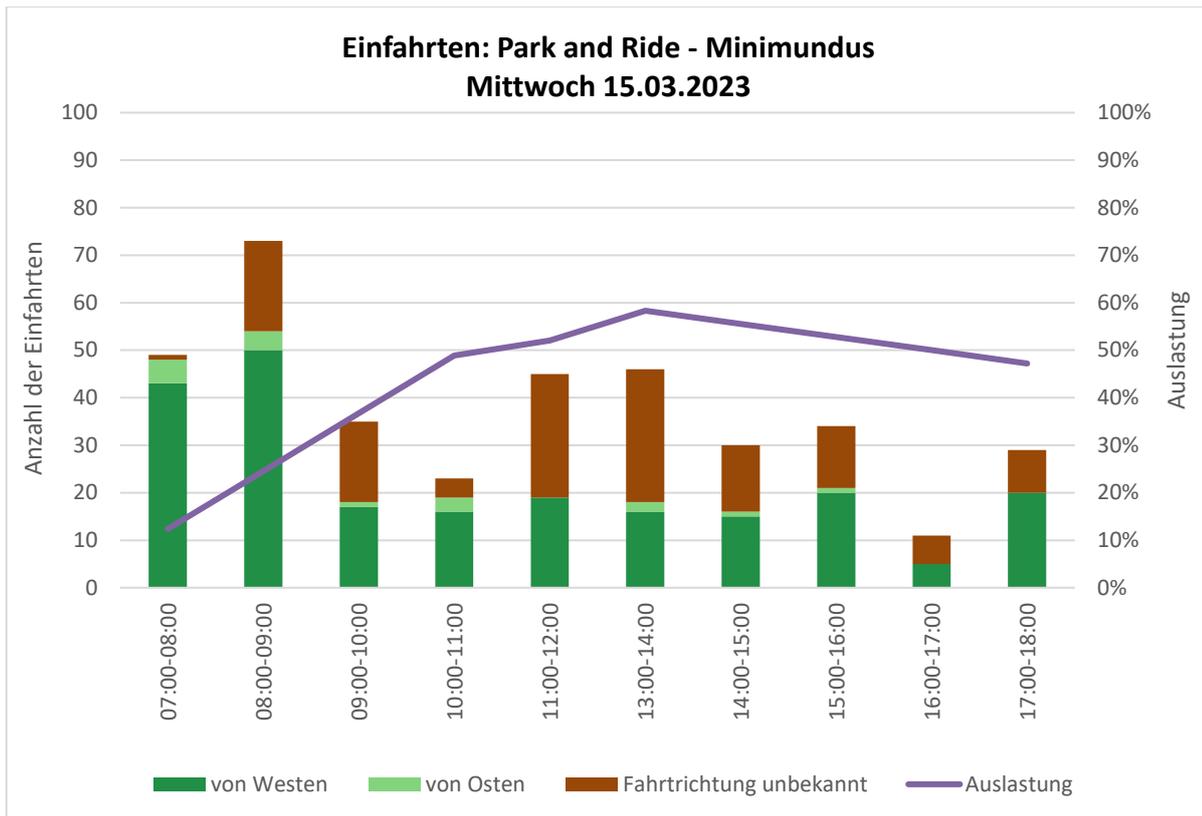


Abbildung 2-4 Einfahrten und Auslastungsgrad P&R Minimundus

Die Ergebnisse zeigen, dass der P&R Minimundus sowohl zu den Spitzenstunden als auch im Tagesverlauf an diesem Tag deutlich höher ausgelastet war als der P&R West. Während der Höchstwert der Auslastung am P&R West nur 21 % beträgt, erreicht die Auslastung am P&R Minimundus einen Höchstwert von rund 58 %. Die P&R-Anlage Minimundus wird deutlich besser angenommen als die die nördlich gelegene P&R-Anlage West, was an den höheren Wartezeiten für die Zufahrt zum P&R West von Westen kommend über die Verkehrslichtsignalanlage liegen könnte. Aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens im Bereich der Ausfahrt zu den Stoßzeiten, konnte kein repräsentativer Wert ermittelt werden, weshalb die Anzahl der Ausfahrten in Abbildung 2-4 nicht dargestellt wurden.

Der Großteil der Fahrzeuge auf beiden P&R-Anlagen kommt vom westlichen Knoten Villacher Straße / Südring, also von der A2 von Villach und dem Süden von Klagenfurt.

Von den 87 erhobenen Fahrzeugen am P&R West hatte mehr als die Hälfte eine sehr geringe Aufenthaltsdauer von unter 10 Minuten, was auf die Bildung von Fahrgemeinschaften, Bringen und Holen oder Abholen von Paketen schließen lässt. Rund ein Fünftel nutzte die Parkmöglichkeit über 8 Stunden, 14 % für einen Zeitraum von bis zu 1 Stunde, 7 % für 5-8 Stunden, 5 % für 1-2 Stunden, 2 % für 2-5 Stunden.

P&R West - Aufenthaltsdauer

n= 87 Fahrzeuge, 15.03.2023

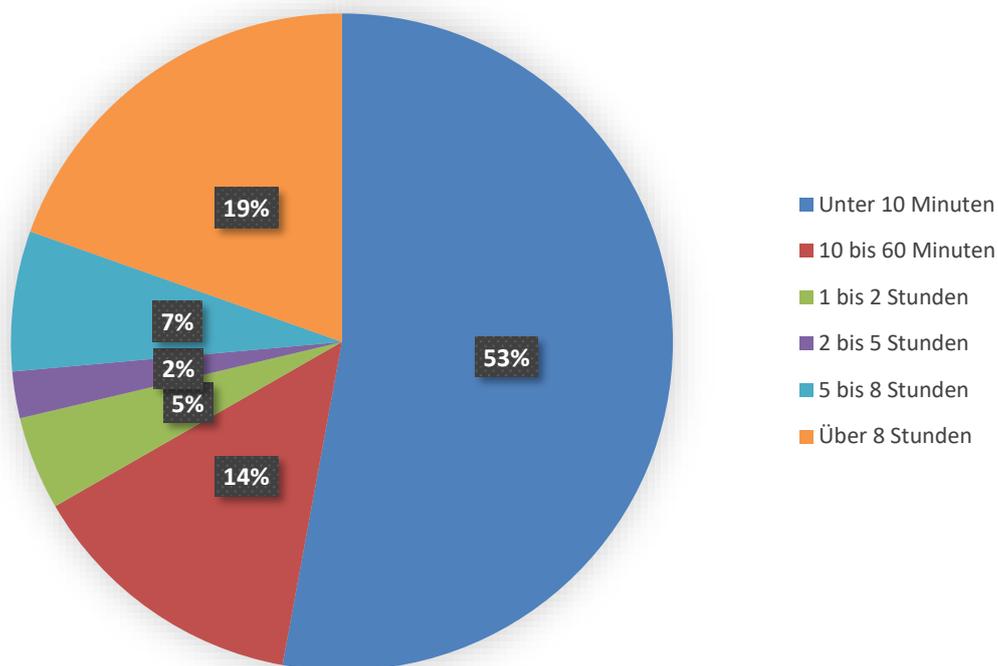


Abbildung 2-5 Aufenthaltsdauern am P&R West

P&R Minimundus - Aufenthaltsdauer

n=370 Fahrzeuge, 15.03.2023

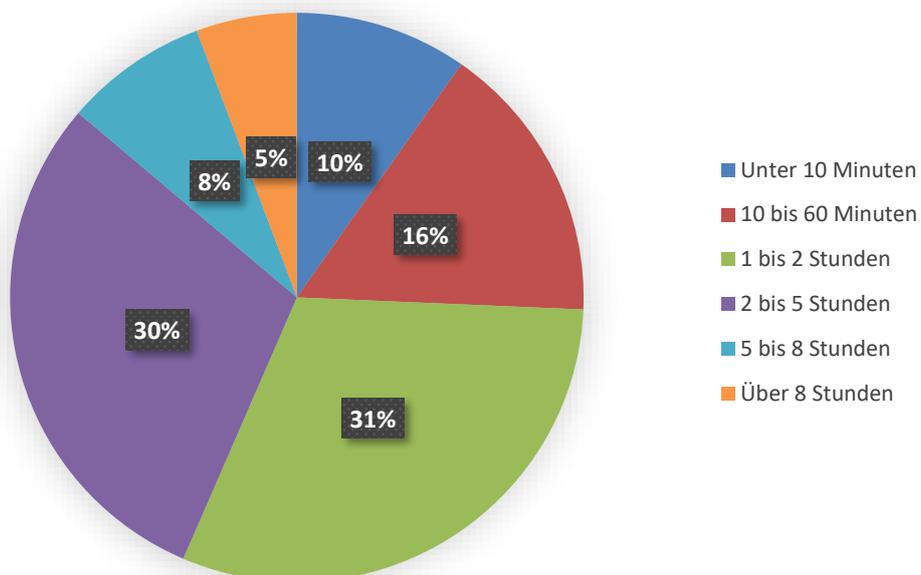


Abbildung 2-6 Aufenthaltsdauern am P&R Minimundus

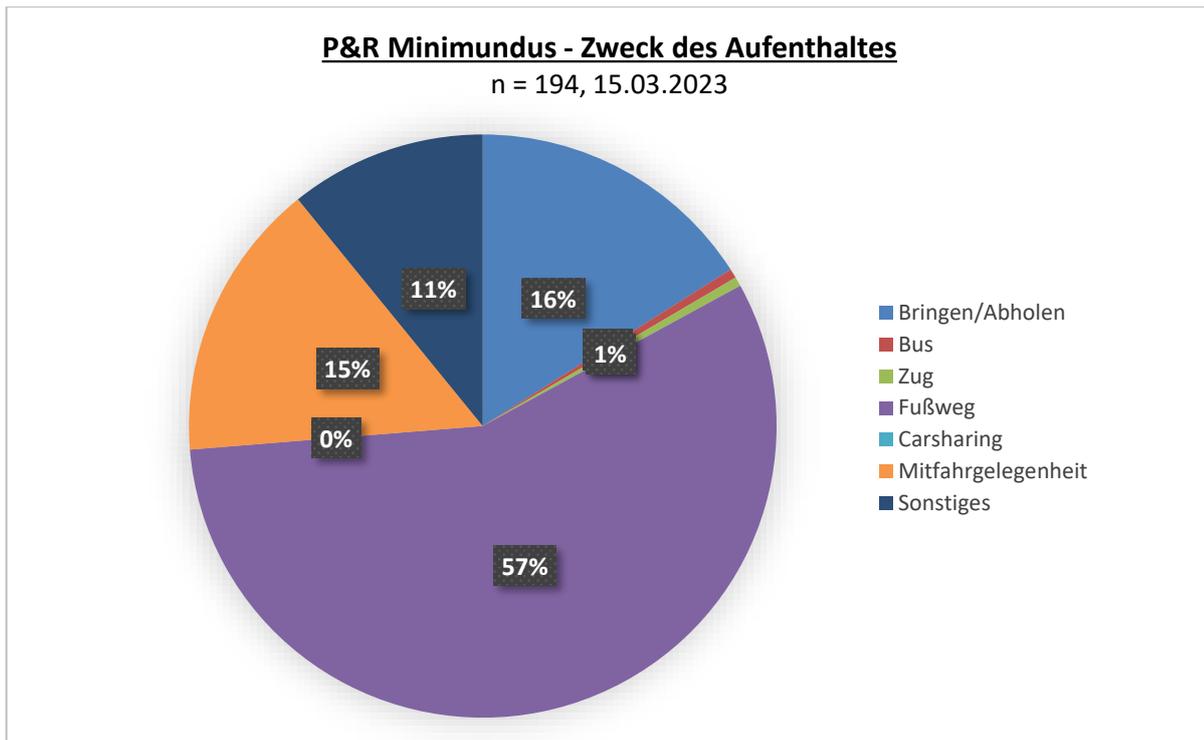


Abbildung 2-7 Zweck des Aufenthaltes am P&R Minimundus

In etwa je ein Drittel der Nutzer des P&R Minimundus hatte eine Parkdauer von 1-2 Stunden, bzw. 2-5 Stunden. 16 % nutzten die Parkmöglichkeit für 10-60 Minuten. Die wenigsten parkten mehr als 8 Stunden. Mehr als die Hälfte setzten ihren Weg vom P&R Minimundus zu Fuß fort, 15 % bildeten Mitfahrgelegenheiten, jeweils 1 % nutzten für die Weiterfahrt den Zug oder den Bus. 16 % nutzten den Parkplatz zum Bringen oder Abholen von Personen. Da die Nachverfolgung jener Personen, die den Parkplatz zu Fuß verließen, von den Standorten des Erhebungspersonals nur begrenzt möglich war, ist es sehr wahrscheinlich, dass unter der Kategorie „Fußweg“ außerdem Personen enthalten sind, die die nächsten ÖV-Haltestellen aufsuchten und somit eigentlich der Kategorie „Bus“ oder „Zug“ zuordenbar wären.

Die erhobenen Kfz-Kennzeichen dienten des Weiteren als Grundlage für die Verkehrsstromanalyse, durch die eine besonders hohe Relevanz der P&R-Angebote für Nutzer aus den Bezirken Klagenfurt und Klagenfurt Land ermittelt wurden. Vor allem der P&R Minimundus hat außerdem eine große Bedeutung für das gesamte Bundesland. Darüber hinaus wird das P&R-Angebot auch von Nutzern aus anderen Bundesländern und Staaten genutzt.

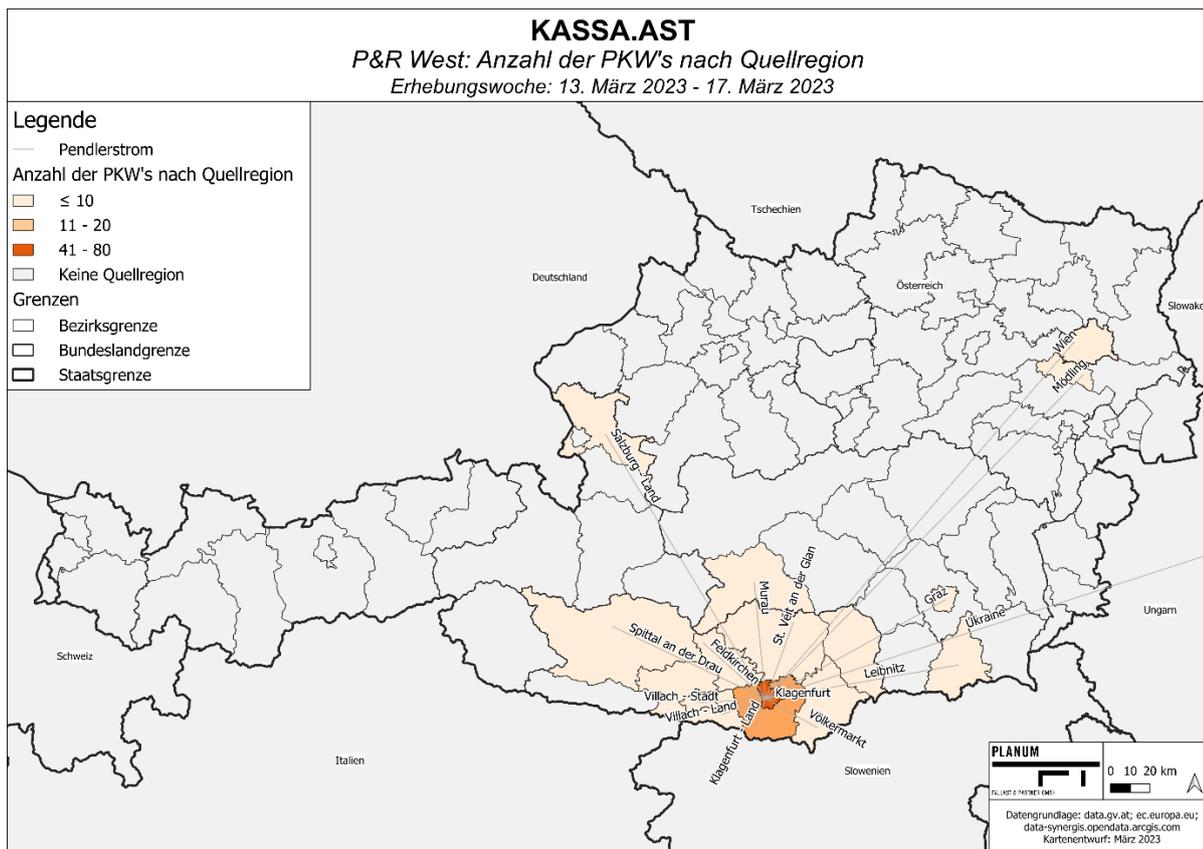


Abbildung 2-8 Verkehrsstromanalyse P&R West über gesamt Woche

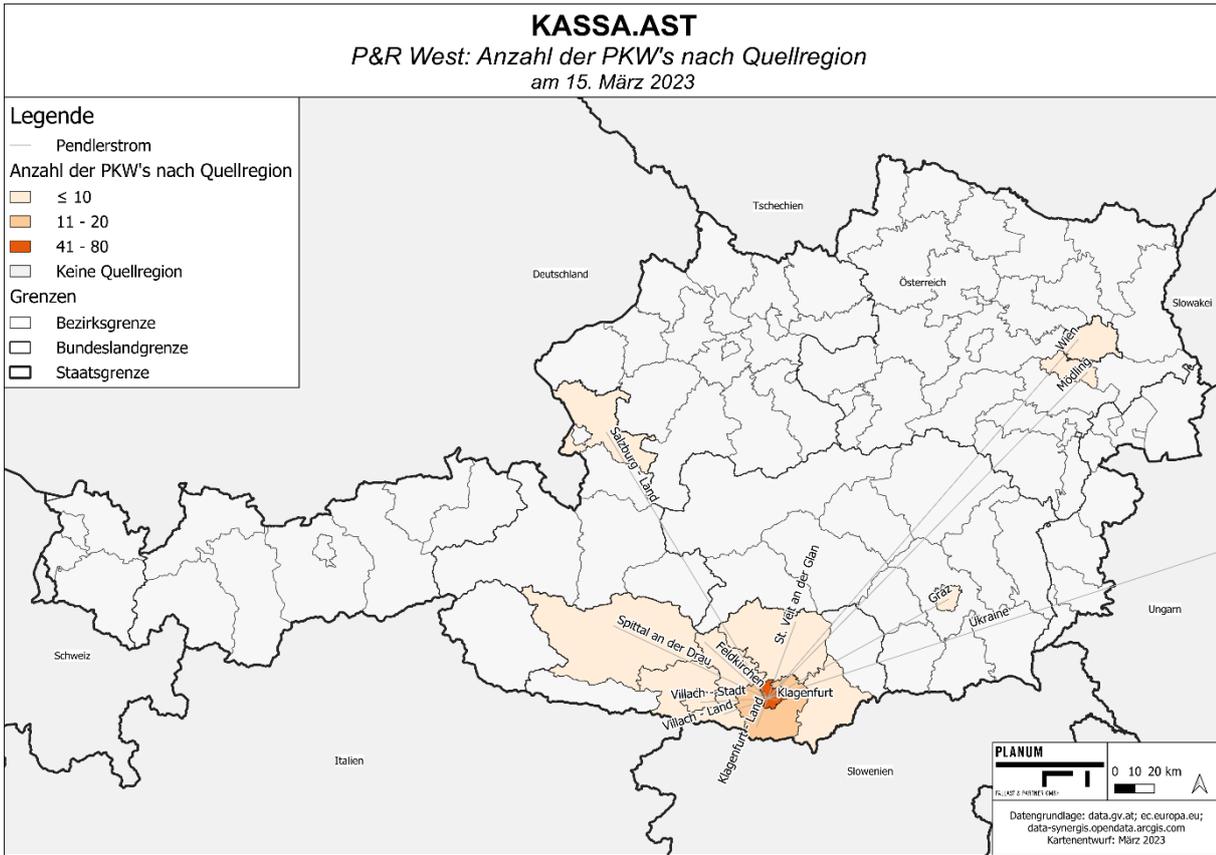


Abbildung 2-9 Verkehrsstromanalyse P&R West am Erhebungstag detailliert

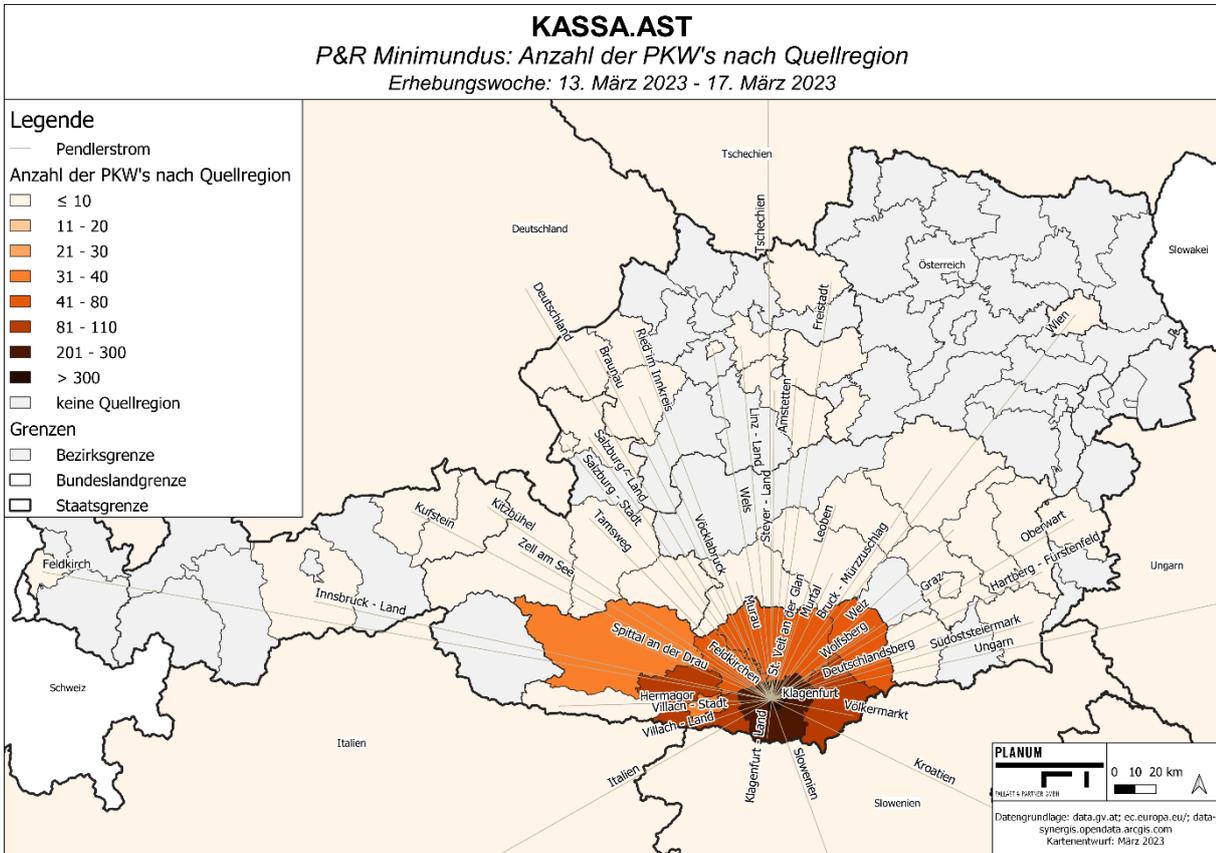


Abbildung 2-10 Verkehrsstromanalyse P&R Minimundus über gesamt Woche

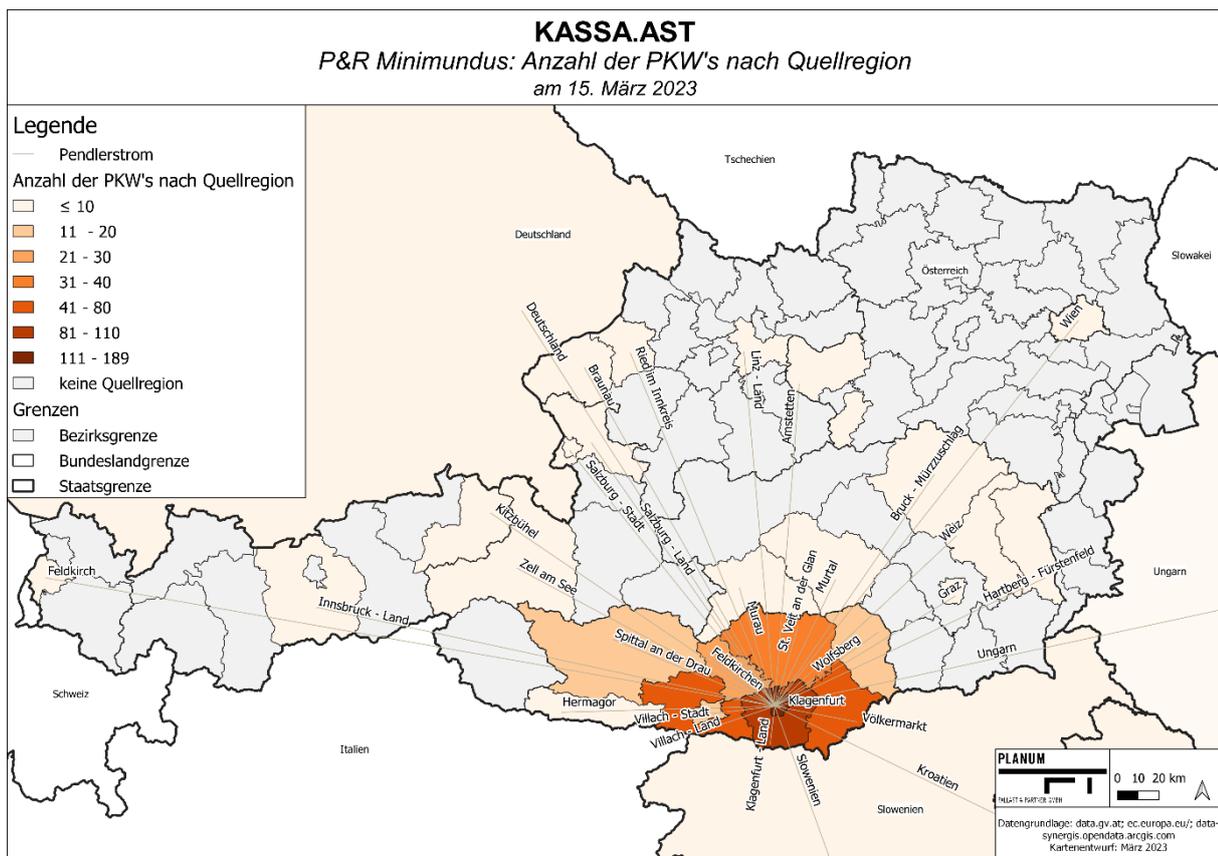


Abbildung 2-11 Verkehrsstromanalyse P&R Minimundus am Erhebungstag detailliert

Analyse des bestehenden Leitsystems

Im Zuge der Leitsystemanalyse wurden die Verkehrswege aus allen relevanten Richtungen befahren und nach Verkehrsschildern mit bestehendem P&R Hinweis untersucht. Verkehrsschilder mit P&R Hinweis befinden sich vor allem im unmittelbaren Nahbereich der P&R-Flächen sowie auf der A2 im Bereich des Knotens Klagenfurt Nord und von Villach kommend zwischen der Abfahrt Krumpendorf und Klagenfurt Wörthersee. Für die Möglichkeit die P&R-Hinweise zu erweitern, wurden außerdem der gesamte Verkehrsschilderbestand sowie digitale Anzeigetafeln im relevanten Bereich erhoben. Im Zuge der Analyse konnte einerseits festgestellt werden, dass die P&R Hinweise auf den Verkehrsschildern meist sehr klein gehalten sind. In Kombination mit der hohen Geschwindigkeit auf der Autobahn werden sie leicht übersehen. Andererseits sollte eine Erweiterung der Beschilderung angedacht werden. Das betrifft vor allem die südliche Route über den Südring. Auch auf der A2 von Villach kommend gibt es noch Verbesserungsbedarf. So könnten bestehende Verkehrsschilder und die digitalen Anzeigetafeln der ASFINAG dazu genutzt werden, Autofahrer:innen auf die P&R-Möglichkeit und den Auslastungsgrad aufmerksam zu machen und sie rechtzeitig von der Autobahn abzuleiten.

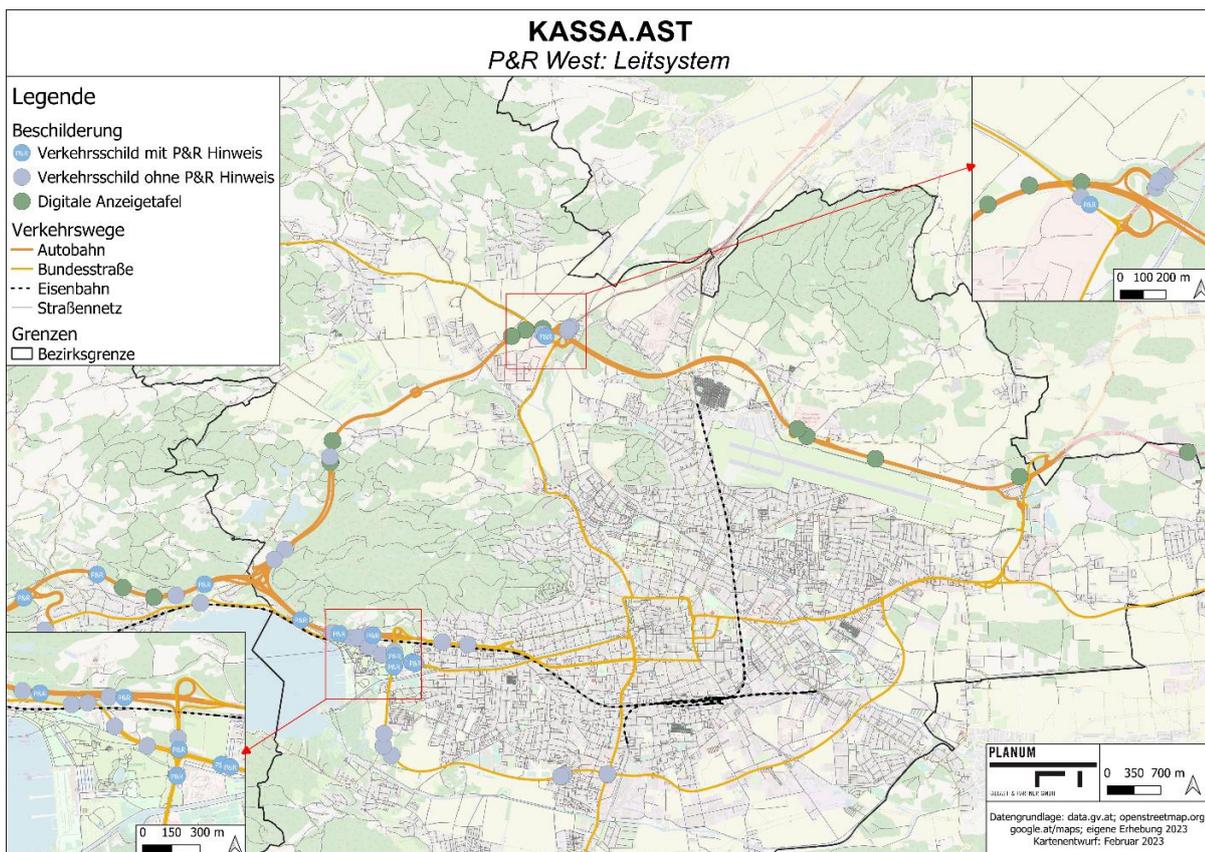


Abbildung 2-12 Analyse der bestehenden Leitsysteme und Anzeigetafeln

Analyse der Infrastruktur und Bestandsverkehrssituation

Bestandsinfrastruktur

Im Zuge der Bestandsanalyse wurden die maßgebenden Knoten B83 Villacher Straße / B70d Südring und B83 Villacher Straße / P&R-Anlage Klagenfurt West untersucht. Die Knotenarme des 4-armigen Knotens Villacher Straße / Südring (VLSA 0706) verfügen über je zwei Geradeausfahrstreifen (R1 von der A2 ASt, R2 von Süden vom Südring, R3 von der Villacher Straße Ost und R4 von der Villacher Straße West), je einen gesichert geführten Linksabbiegestreifen (R1L, R2L, R3L und R4L) und je einen Rechtsabbiegestreifen als Bypass. Die Rechtsabbieger von Süden (R2R) und Westen (R4R) sind über eine Signalisierung geregelt, während die Rechtsabbieger von Norden und Osten vorrangeregelt geführt sind.

Der 3-armige Knoten Villacher Straße / R&R West (VLSA 1703) verfügt am westlichen Knotenarm der Villacher Straße über zwei Geradeausfahrstreifen und einen verkürzten Linksabbiegestreifen Richtung P&R-Anlage Klagenfurt West mit einer Aufstelllänge von etwa 20m. Der östliche Knotenarm auf der Villacher Straße verfügt über einen Geradeaus-Rechtsabbiegestreifen und einen

Geradausfahrstreifen. Die Ausfahrt aus der P&R-Anlage verfügt über eine Mischfahrstreifen für Rechts- und Linksabbieger. Zusätzlich ist am Knotenarm P&R West ein Schutzweg für Fußgänger:innen vorhanden und am Knotenarm Villacher Straße Ost ein Schutzweg für Fußgänger:innen und eine Radfahrerüberfahrt inkl. Mittelinsel. Im Knotenpunktsbereich befindet sich eine Busbucht auf der nördlichen Richtung westlich der Ausfahrt aus der P&R-Anlage in Richtung Westen.



Abbildung 2-13 Untersuchungsgebiet Klagenfurt West [Quelle: basemap.at]

Verkehrserhebung

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der lichtsignalgesteuerten Knoten wurde die Bestandsverkehrssituation erhoben. Von Montag, den 21.11.2022, bis Freitag, den 25.11.2022 wurden Knotenstromerhebungen an den maßgebenden Knotenpunkten durchgeführt. Die Morgenspitzenstunde wurde am Donnerstag, den 24.11.2022, von 07:00 - 08:00 Uhr und die Abendspitzenstunde am Mittwoch, den 23.11.2022, von 16:00 - 17:15 Uhr festgestellt.

Zur Überprüfung, ob es sich bei den erhobenen Verkehrszahlen um eine repräsentative Stichprobe handelt, wurden von der Klagenfurt Mobil GmbH (KMG) die Rohdaten der Verkehrszählung aus den Detektordaten der VLSA 1703 (3-armiger Knoten an der P&R-Anlage West) zur Verfügung gestellt. Für die Morgenspitzenstunde ergibt sich ein mittlerer Korrekturfaktor von 1,13 und für die Abendspitzenstunde von 1,01, mit denen die erhobenen Verkehrszahlen hochgerechnet werden müssen, um eine repräsentative Stichprobe zu erhalten.

Morgenspitzenstunde, 24. November 2022, 07:00 - 08:00 Uhr, korrigiert [Pkw-E]

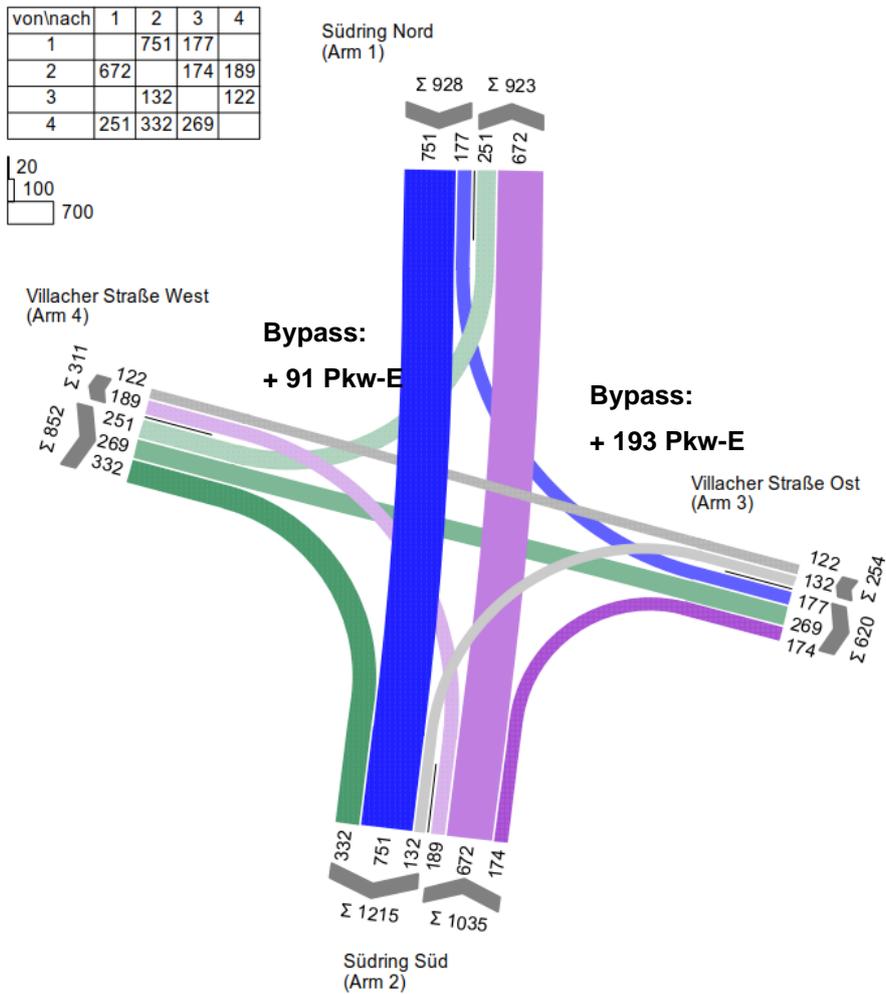


Abbildung 2-14 Knotenstrombelastungsplan Morgenspitzenstunde Knoten B83 / Südring

Morgenspitzenstunde, 24. November 2022, 07:00 - 08:00 Uhr, korrigiert [Pkw-E]

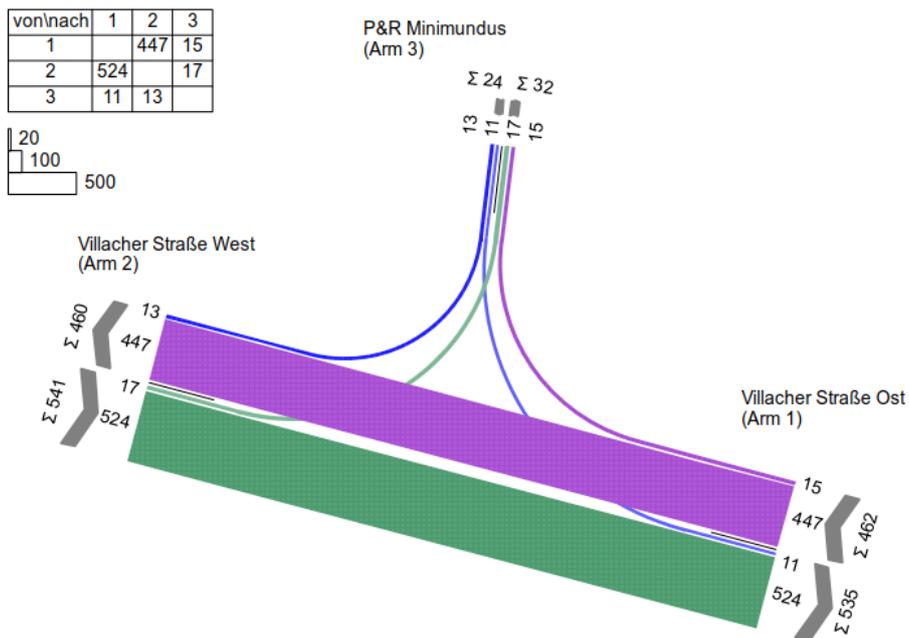


Abbildung 2-15 Knotenstrombelastungsplan Morgenspitzenstunde Knoten B83 / P&R West

Abendspitzestunde, 23. November 2022, 16:00 - 17:00 Uhr, korrigiert [Pkw-E]

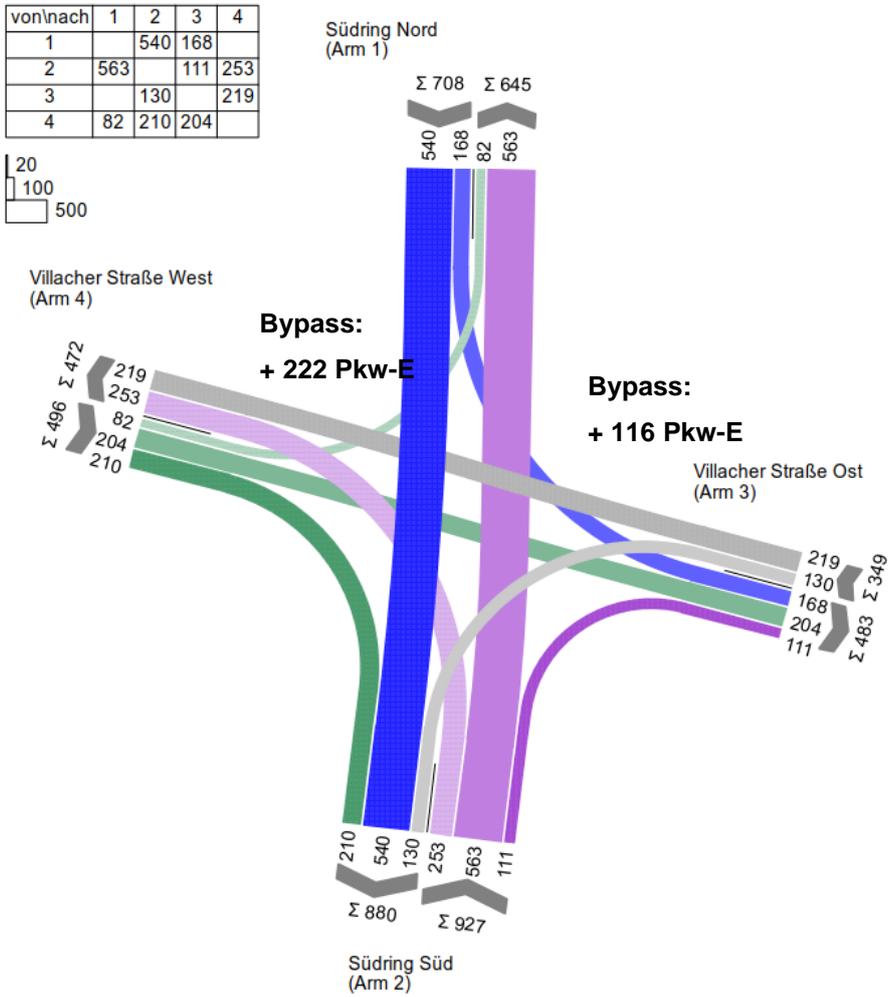


Abbildung 2-16 Knotenstrombelastungsplan Abendspitzestunde Knoten B83 / Südring

Abendspitzestunde, 23. November 2022, 16:00 - 17:00 Uhr, korrigiert [Pkw-E]

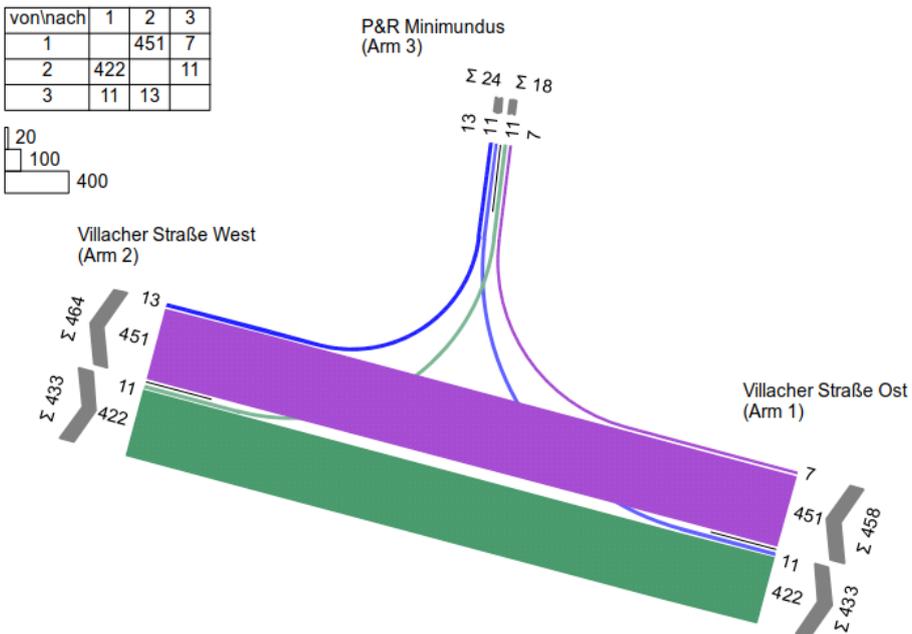


Abbildung 2-17 Knotenstrombelastungsplan Abendspitzestunde Knoten B83 / P&R West

Leistungsfähigkeitsbeurteilung VLSA 0706

Die Leistungsfähigkeitsbeurteilung der Morgenspitzenstunde (siehe Abbildung 2-18) zeigt, dass der linksabbiegende Verkehrsstrom von Westen nach Süden mit einer Auslastung (x) von 1,32 überlastet ist. Da diese Fahrrelation die für dieses Projekt relevanten Verkehrsströme nicht beeinträchtigt, wird darauf nicht weiter eingegangen. Die maßgebenden Fahrrelation für die P&R-Anlagen sind als Zielverkehr die Linksabbieger von der Autobahn-Anschlussstelle kommend (R1L), die Rechtsabbieger von Süden (R2R) und die Geradeausfahrer von Westen (R4), sowie als Quellverkehr die Verkehrsströme des östlichen Knotenarmes (R3 und R3L).

Die maßgebende Zielgruppe der P&R-Anlagen für dieses Forschungsprojekt sind jene Fahrzeuge, die von der Autobahn-Anschlussstelle kommen und die P&R-Anlage nutzen beispielsweise fürs Umsteigen auf ressourcenschonendere Verkehrsmittel. Hierbei handelt es sich um den Linksabbieger von Norden mit der Signalgruppe R1L. Die Leistungsfähigkeitsbeurteilung zeigt, dass dieser Verkehrsstrom mit einer Auslastung von 0,62 und einer mittleren Wartezeit von etwa 45 Sekunden eine gute Verkehrsqualität erreicht. Diese Fahrrelation hat zur Morgenspitzenstunde eine Leistungsfähigkeitsreserve von 108 Pkw-E. Für den Zielverkehr aus Westen und Süden, sowie den Quellverkehr sind ausreichend Leistungsfähigkeitsreserven vorhanden.

Zur Abendspitzenstunde erreichen alle Verkehrsströme von und zur P&R-Anlage Klagenfurt West eine gute bis ausreichende Verkehrsqualität mit genügend Leistungsfähigkeitsreserven (siehe Abbildung 2-19).

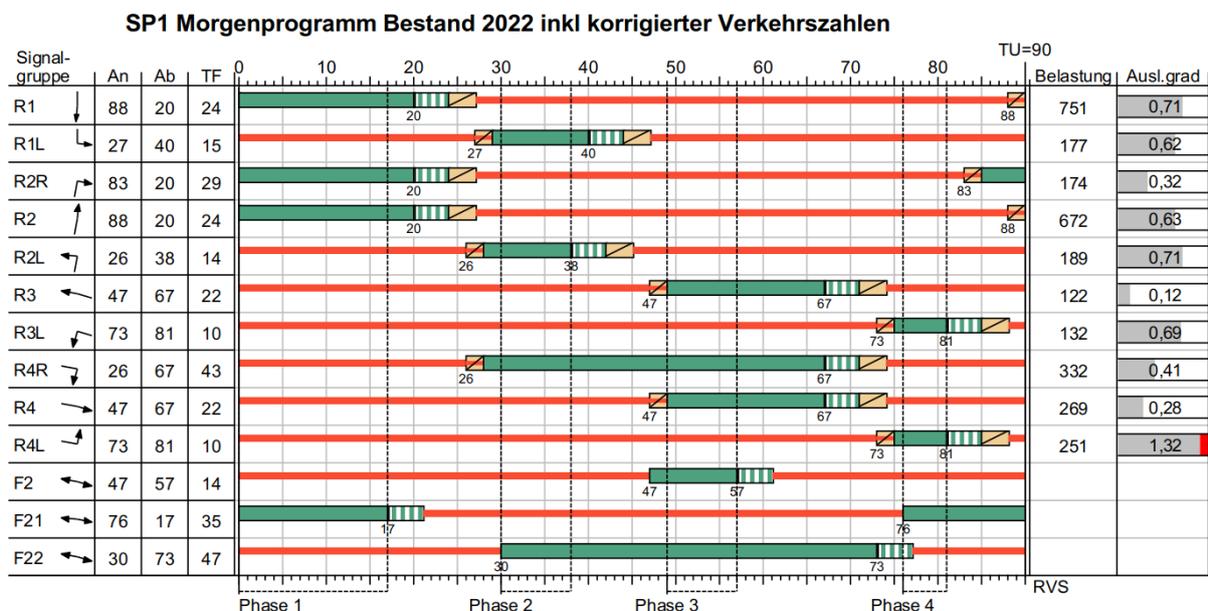


Abbildung 2-18 Signalzeitenplan und Auslastung SP1 Morgenprogramm Knoten B83 / Südring

SP3 Abendprogramm Bestand 2022 inkl korrigierter Verkehrszahlen

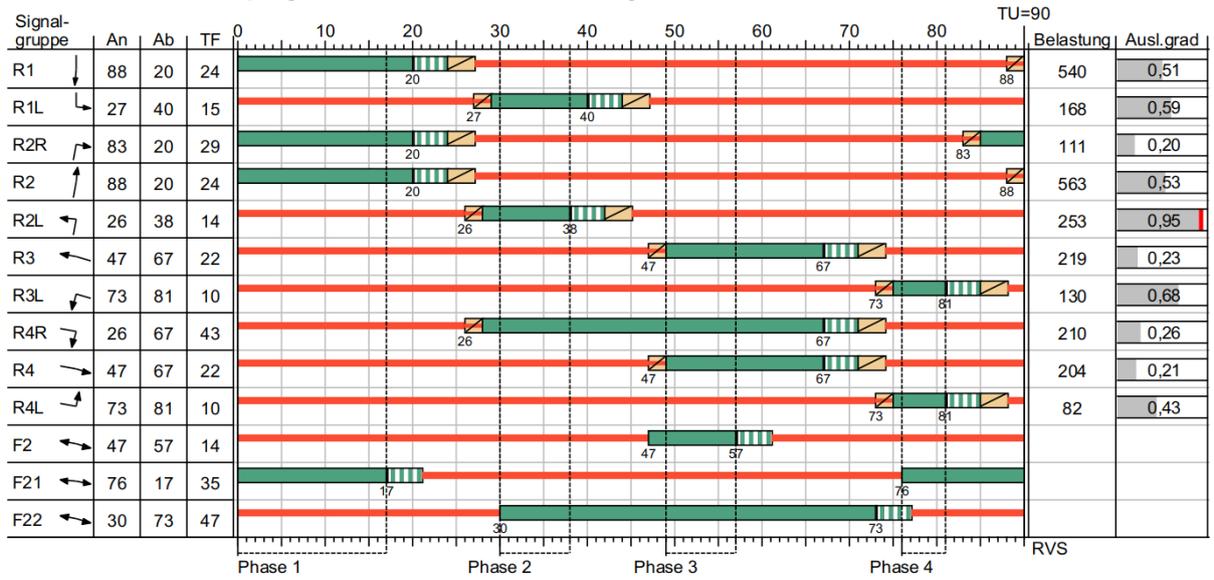


Abbildung 2-19 Signalzeitenplan und Auslastung SP3 Abendprogramm Knoten B83 / Südring

Leistungsfähigkeitsbeurteilung VL5A 1703

Die Leistungsfähigkeitsbeurteilung zeigt, dass alle Verkehrsströme einen sehr niedrigen Auslastungsgrad erreichen und somit eine gute Verkehrsqualität. Die Freigabezeit von 8 Sekunden für den Linksabbieger von Westen kommend (u.a. von der Autobahn) in einem 90 Sekunden Umlauf und die somit höheren Wartezeiten sind eine Erklärung dafür, warum die P&R-Anlage Klagenfurt West nicht so gut angenommen wird wie die P&R-Anlage Minimundus.

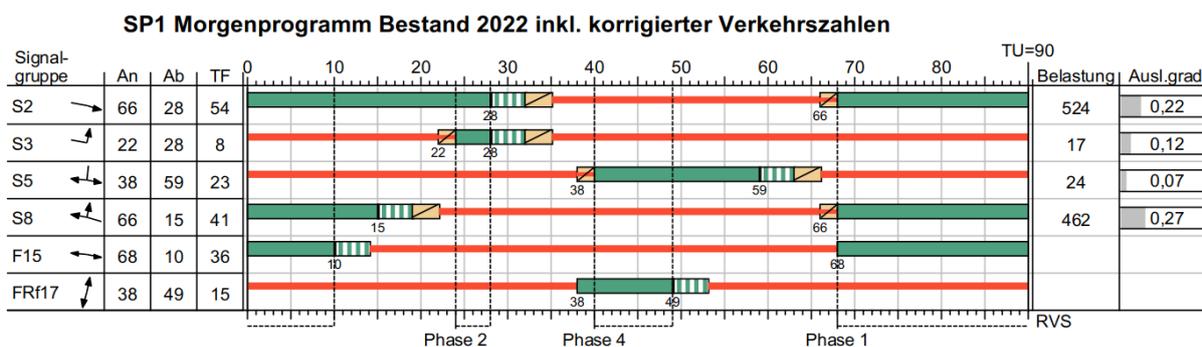


Abbildung 2-20 Signalzeitenplan und Auslastung SP1 Morgenprogramm Knoten B83 / P&R West

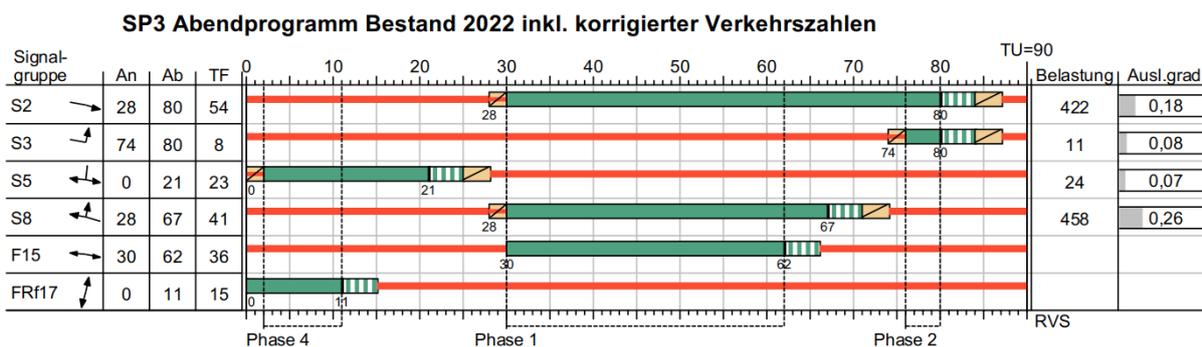


Abbildung 2-21 Signalzeitenplan und Auslastung SP3 Abendprogramm Knoten B83 / P&R West

2.1.2 Verkehrsplanungskonzept Mobilitätsknoten

Die Planung des multimodalen Knotens umfasst die Verknüpfung von MIV und ÖV, sowie alternative Verkehrsmittel wie autonome Shuttles und andere Mobilitätsangebote. Welche Angebote für den Knoten relevant sind, ergeben sich aus der durchgeführten Bestandsanalyse und aus den Ergebnissen der Befragung mit den Erkenntnissen, unter welchen Bedingungen bestimmte Nutzer:innen-Gruppen ein angebotenes Service annehmen würden.

Die angestrebten Zielsetzungen der Umgestaltung waren Verbesserungen im verkehrstechnischen Sinne, eine erhöhte Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmer:innen, eine Erweiterung der Angebote und eine Modernisierung der bereits vorhandenen Angebote, eine allgemein optische Verschönerung des Betrachtungsgebietes und eine umwelttechnische Optimierung.

Erkenntnisse aus der Bestandsanalyse – IST Level

Der P&R im Bestand besteht aus drei Fahrgassen mit Parkplätzen auf jeder Seite, wobei die östlich gelegenen Parkplätze von einem Fahrzeughändler belegt sind. Jeder Parkplatz verfügt im vorderen Bereich über Rasengittersteine, wodurch die Markierung des Parkplatzes durch den visuellen Unterschied der Fläche unübersichtlich wird. Das hat zur Folge, dass die Autos zum Teil über den markierten Parkplatz zurück in die Fahrgasse ragen, was Konflikte bei Begegnungen entgegenkommender Fahrzeuge bewirkt.

Auffällig im Bestand sind ebenso die bestehenden Gehwege, die von der Villacher Straße aus auf den Parkplatz führen. Diese enden direkt bei der Einfahrt des Parkplatzes, was dazu führt, dass die Fahrbahn als Gehweg verwendet werden muss, um den Parkplatz zu überqueren. Dieses Problem erstreckt sich über den gesamten Parkplatz bis zum Bahnhof Klagenfurt West, der direkt über die Walter-Dermuth-Straße erreichbar ist ebenfalls ohne Gehweg. Bei einem Begegnungsfall Bus-Pkw könnte es für den nicht motorisierten Verkehr hier zu Konfliktsituationen kommen.

Die derzeit vorhandenen Bushaltestellen sind nur durch Bodenmarkierungen erkennbar und bieten keinerlei Schutz vor Witterungen und sind mit keinen Ruhemöglichkeiten für die wartenden Fahrgäste ausgestattet. Die Zufahrt der Haltestellen befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Zu- und Ausfahrtsbereich der P&R-Anlage.

E-Ladestationen befinden sich im hinteren Bereich der Parkanlage und sind für Ortsunkundige Lenker:innen eher schwer zu entdecken, da sie sich direkt hinter dem abgezaunten Bereich, der derzeit noch von einem Fahrzeughändler verwendet wird, befinden.

Abstellplätze für Fahrräder und E-Scooter, beziehungsweise Ausleihmöglichkeiten für diese Verkehrsmittel sind im Bestand nicht direkt am Parkplatz oder in der Nähe der Bushaltestelle vorhanden. Dieses Angebot befindet sich weiter nördlich direkt am Bahnhof Klagenfurt West, eine Erweiterung auf den P&R würde die Attraktivität eines multimodalen Knotens deutlich steigern.



Abbildung 2-22 Park&Ride Klagenfurt West Bestand

Planung multimodaler Mobilitätsknoten – AIMED/BEST Level

In der Planung des Mobilitätsknoten Klagenfurt West wird davon ausgegangen, dass alle drei Fahrgassen mit allen Parkplätzen zur Verfügung stehen. Die Grundstruktur des Parkplatzes wird beibehalten, wobei die Fahrgasse im Osten durch einen Grünstreifen unterbrochen wird. Um Konflikte zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmer:innen zu vermeiden, wird der Verkehrsfluss Großteils auf ein Einbahnsystem umstrukturiert. Das Einbahnsystem bietet die Möglichkeit, Stellplätze für den motorisierten Individualverkehr schräg anzuordnen. Die dadurch gewonnenen Flächen können für die Grünraumplanung optimal genutzt werden. Neu gepflanzte Bäume in den Grünflächen sorgen für mehr Beschattungen und ein angenehmeres Wohlbefinden. Die neuen Stellplätze werden ohne Rasengittersteine ausgeführt, um visuelle Verwirrung bei den Fahrzeuglenker:innen zu vermeiden. Im gesamten Areal bis zum Bahnhof im Norden werden Gehwege umgesetzt, um Konflikte von Fußgänger:innen mit dem MIV auf der Fahrbahn zu vermeiden. Insgesamt werden die gesamten Mobilitätsangebote nicht über den Parkplatz verstreut, sondern gesammelt angeordnet. Hier wird die Nähe zum Bahnhof im Norden gewählt, um Fußwege und demnach Reisezeiten kurz zu halten und die Attraktivität zu steigern.

Der südliche Abschnitt des P&R West wurde dahingegen verändert, dass die einfahrenden Fahrzeuge mit der Fahrbahnmarkierung in die mittlere Fahrgasse und dem Einbahnsystem geleitet

werden. Die schräg angeordneten Parkplätze erleichtern das Ein- und Ausfahren. Alternativ kann der Parkplatz auf der östlichen Seite genutzt werden. Da dieser Parkplatz nördlich mit einem Grünstreifen unterbrochen ist, ist dieser Bereich nicht Teil des Einbahnsystems, die Parkplätze sind rechteckig angeordnet. Ein gepflasterter Gehweg verbindet in der Mitte der P&R-Anlage alle Parkplätze miteinander. Auf der gesamten Länge der westlichen Seite ist ein Gehsteig angeordnet, der den Bahnhof Klagenfurt West mit dem P&R verbindet.



Abbildung 2-23 Südlicher Teil des geplanten Mobilitätsknoten Klagenfurt West

Die nördliche Hälfte des Mobilitätsknotens beinhaltet neben den angeordneten Parkplätzen und Grünflächen die gesamten Mobilitätsangebote. Für den öffentlichen Verkehr (Busse, autonomes Shuttle) gibt es aufgrund der speziellen Situation einer Zufahrt im Norden statt nur einer, zwei Bushaltestellen. Eine in Fahrtrichtung zum Bahnhof in der mittleren Fahrgasse, die zweite befindet sich in Fahrtrichtung Süden auf der westlichen Seite. Beide Haltestellen sind mit einem großzügigen Wartebereich für die Nutzer ausgestattet. Je nach Ausbauart kann ein Wartehaus mit verschiedenen Angeboten (WLAN, Fahrplan, Solardach, etc.) umgesetzt werden. Südlich der Haltestelle befindet

sich ein Bereich für Kiss&Ride, wo Autofahrer:innen ihre Mitfahrer:innen Ein- und Aussteigen lassen können, ohne einen Rückstau auf der Fahrbahn zu verursachen.

Weitere Mobilitätsangebote für den motorisierten Individualverkehr sind ebenfalls im nördlichen Teil der P&R-Anlage angeordnet. Dabei handelt es sich um sechs Carsharing-Stellplätze und vier E-Ladestationen. Vier Behindertenstellplätze werden im Nahbereich der Bushaltestelle geplant, um bei notwendigem Wechsel der Verkehrsmittel den Weg über die Verkehrsfläche und den damit verbundenen Aufwand so gering wie möglich zu halten. Um den Anschluss an das bestehende Radnetz zu gewährleisten, werden im nordöstlichen Bereich Radabstellanlagen inklusive Fahrradservice-Einrichtungen, Bike-Sharing und E-Scooter-Bereiche angeboten. Die Nähe zu den anderen Mobilitätsangeboten ermöglicht einen multimodalen Weg und bietet eine schnelle Verbindungsmöglichkeit und komfortable Weiterfahrt zu naheliegenden Arbeitsplätzen oder Freizeitmöglichkeiten.

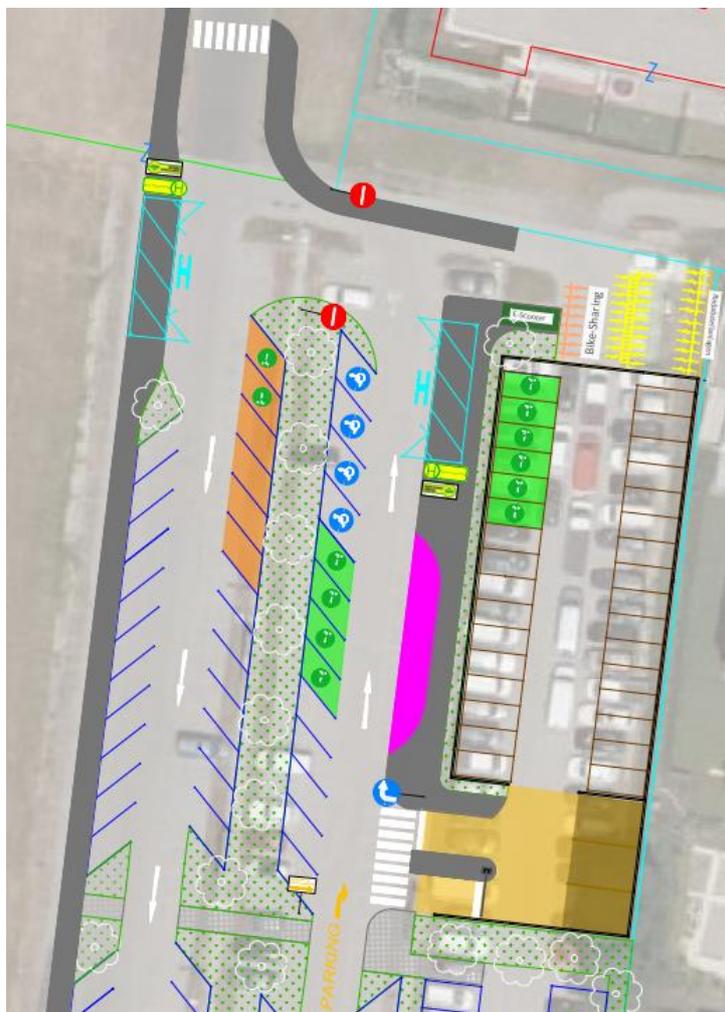


Abbildung 2-24 Nördlicher Teil des geplanten Mobilitätsknoten Klagenfurt West

Ein weiterer Planungsaspekt, der zur Modernisierung und zur Steigerung der Attraktivität führen soll, ist das sogenannte Valet-Parking. Dabei handelt es sich um ein automatisiertes System bei dem die Fahrzeuge ab einem Bereich, der für Fußgänger:innen nicht zugänglich sein soll, autonom weiterfahren, selbst einen Stellplatz finden und einparken. Solche Systeme werden Heutzutage bereits zum Teil an großen Flughäfen oder für Parkhäuser verwendet. Sie helfen dabei Zeit zu sparen und ermöglichen eine komfortable Weiterreise. Außerdem wird durch das System Platz eingespart, da die Parkplätze nicht so groß ausgeführt werden müssen. Für das Valet-Parking werden 32 Parkplätze in einem separaten, baulich getrennten Bereich vorgesehen. Einige Parkplätze davon werden mit Ladestationen für elektrische Fahrzeuge ausgestattet. In einem abgegrenzten Bereich südlich des Valet-Parkings können die Nutzer ihre Fahrzeuge abstellen und auch wieder abholen. Je nach Ausführung und Betreiber kann bereits auf dem Weg zum Parkplatz das Fahrzeug über eine App angefordert werden, um vor Ort nicht warten zu müssen. Dieses System ist sehr zukunftsorientiert und setzt voraus, dass die Fahrzeuge mit entsprechender Technik ausgestattet sind.

Insgesamt wird darauf geachtet, dass die zur Verfügung stehenden Flächen optimal genutzt werden. Neben den geplanten Grünflächen könnten die Stellplätze mit einer Solarüberdachung umgesetzt werden. Die Überdachung würde die Attraktivität der Parkmöglichkeiten steigern, da die Fahrzeuge vor allen Witterungen geschützt wären. Zudem würden die mit Solarzellen ausgestatteten Dächer einen großen Anteil des benötigten Stroms für die vorliegenden Angebote gewinnen. Die dort ladenden Fahrzeuge wie E-Autos, Elektrofahrräder, E-Scooter könnten somit zum Teil oder ganz von dem dort vorkommenden Sonnenlicht versorgt werden.

Bei der Umsetzung sollte darauf geachtet werden, dass für alle Parkplätze bereits eine Leerverrohrung mitgeplant wird um im Bedarfsfall das Mobilitätsangebot (z.B. Ladestationen) ohne großen Kostenaufwand erweitern zu können.

Die Neuplanung des multimodalen Mobilitätsknotens ermöglicht es auch, an Grünflächen zu gewinnen. Insgesamt gibt es am P&R durch die Umgestaltung an etwa 160m² mehr Grünflächen, wodurch einerseits für mehr Versickerungsflächen und auch für ein angenehmeres Mikroklima gesorgt wird.

Vergleich Status Quo mit Planung

Der Status Quo und die Planung des Mobilitätsknotens werden anhand der folgenden Tabelle für die verschiedenen Level betrachtet. Die Angebote beziehen sich nur auf den oben beschriebenen Mobilitätsknoten und nicht auf die bereits bestehenden Mobilitätsangebote beim Bahnhof. Daher sind z.B. beim IST-Level keine Radabstellanlagen vorhanden, da diese im Bestand beim Bahnhof positioniert sind und nicht auf der P&R-Anlage.

Die Gesamtanzahl der Stellplätze nimmt im AIMED- und BEST-Level gegenüber dem IST-Level ab, da bei Erhöhung der Verkehrssicherheit durch das Einbahnsystem und Vergrößerung des Grünraumes bei gleichbleibenden Platzverhältnissen durch Schräg- statt Senkrechtparkplätzen nicht mehr gleich viele Stellplätze möglich sind. Zusätzlich wurden weitere Mobilitätsangebote, wie Bushaltestellen mit überdachten smarten Wartehäusern, Kiss&Ride-Fläche, überdachte Radabstellanlagen, E-Scooter- und Bikesharing Bereiche u.a. zugunsten der Parkplätze untergebracht. Die bestehende Auslastung sowie die Potentialanalyse haben gezeigt, dass die Anzahl der geplanten Stellplätze ausreichend ist.

Weiters ist im Vergleich zum Bestand eine getrennte mit Pflasterung gestaltete Führung der Gehwege vorgesehen, um die Sicherheit und die Attraktivität für den Fußverkehr zu erhöhen, da man über die P&R-Anlage zum nördlich gelegenen Bahnhof gelangt.

Mobilitätsangebote je Level		IST	AIMED	BEST
MIV	Normaler Stellplatz [Anzahl]	161 (davon mit E-Ladestation x2)	112 (davon mit E-Ladestation x4)	112 (davon mit E-Ladestation x4)
	Carsharing Stellplatz [Anzahl]	2 (mit E-Ladestation)	4 (davon mit E-Ladestation x2)	4 (davon mit E-Ladestation x2)
	Valet-Parking Stellplatz [Anzahl]	-	-	32 (davon mit E-Ladestation x6)
	Überdachung	-	vorgesehen	inklusive Solaranlagen
ÖV	Bushaltestelle [Anzahl]	2	2	2
	Autonomes Shuttle	Testbetrieb	vorgesehen	vorgesehen
	Wartehaus [-]	-	Wartehaus mit Fahrplan, Sitzgelegenheit	Smarte Haltestelle mit Solarüberdachung
	Kiss&Ride [-]	-	Abmessungen ~2,70m x 20,00m	Abmessungen ~2,70m x 20,00m
NMIV	Radabstellanlagen [Anzahl]	-	32 (überdacht)	32+ (Solarüberdachung)
	Bike-Sharing [Anzahl]	-	8 mit Radabstellanlagen (überdacht)	8+ mit Radabstellanlagen (Solarüberdachung)
	E-Scooter [Anzahl]	-	12	12+
	Gehsteig [m2]	124	925	925
Infrastrukturelle Maßnahmen	Pflasterung [m2]	-	63	63
	Grünfläche [m2]	890 (keine Bäume/Sträucher)	1040 (Bäume/Sträucher x28)	1040 (Bäume/Sträucher x28)
	Wegweiser für Valet-Parking [Anzahl]	-	-	vorgesehen
Beschilderung	Digitales, dynamisches Parkleitsystem [Anzahl]	-	vorgesehen	vorgesehen
	Leerverrohrung	-	bei allen Parkplätzen	bei allen Parkplätzen
Sonstiges	Solarüberdachung	-	-	bei allen Parkplätzen

Abbildung 2-25 Vergleich der Mobilitätsangebote je Betrachtungslevel (IST-AIMED-BEST)

2.2 Betrieb und Risikomanagement

Die erfolgreiche Implementierung einer MaaS-Plattform hängt maßgeblich von einem gut durchdachten Betreibermodell ab, das die Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und privaten Partnern strukturiert. Dieses Modell ist der Schlüssel, um eine effiziente Integration und Bereitstellung verschiedenster Mobilitätsdienste zu gewährleisten. Im Zentrum steht die Frage, wie Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten klar definiert werden können, um sowohl die technische, infrastrukturelle als auch operative Seite des Projekts abzusichern. Gleichzeitig bildet das Betreibermodell die Grundlage für die finanziellen Rahmenbedingungen. Die Herausforderung besteht darin, ein kooperatives System zu entwickeln, das den komplexen Anforderungen eines modernen Mobilitäts-Ökosystems gerecht wird und dabei die Interessen aller Beteiligten berücksichtigt.

2.2.1 MaaS-Ökosystem

In einem ersten Schritt wird festgelegt, wie das Mobilitäts-Ökosystem grundsätzlich aussehen soll, das die Rahmenbedingung für Projekt und Konzept definiert. Die schematische Darstellung zeigt, dass es sich in mehrere Ebenen gliedert, die funktional miteinander verknüpft sind.

Die Metaebene wird durch den übergeordneten Rahmen gebildet, der das große Ganze definiert und im Modell in der äußersten Schicht zu finden ist. Hier befinden sich zunächst die jeweils fachlich zuständigen Ressorts bei Bund und Land, die Bundesgesellschaften und Infrastruktureigner sowie verkehrsrelevante Zusammenschlüsse. Diese geben gewisse strategische Rahmenbedingungen vor und prägen die Ausrichtung (z.B. über Mobilitätsmasterpläne, regionale Entwicklungsprogramme etc.). Darüber hinaus nehmen sie eine zentrale Rolle als Daten- und Informationsquellen ein. So sammeln die MVO österreichweit die Daten des öffentlichen Verkehrs, bereiten sie für die VAO auf

und fungieren außerdem als Nationaler Zugangspunkt (NAP, National Access Point). Dies wird den Anforderungen von EU-Richtlinien (insbesondere der Delegierten Verordnung (EU) 2017/1926) gerecht. Außerdem wird so der Datenaustausch zwischen Verkehrsbetreibern, Serviceanbietern und Behörden erleichtert, was zentral für die Entwicklung einer MaaS-Plattform ist. Von der Plattform EVIS.AT stammen flächendeckende Informationen zur Echtzeit Verkehrsauslastung auf Österreichs Straßen. Die GIP bildet die geographisch-kartographische Basis, also ein referenziertes Wegenetz mit allen relevanten Verkehrsdaten, für die österreichischen Auskunftssysteme. Für das Mobilitätsökosystem, das für den Standort Klagenfurt relevant ist, sind also konkret folgende Stellen aufzulisten:

- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
- Amt der Kärntner Landesregierung Abteilung 7 – Wirtschaft, Tourismus und Mobilität (AKL7)
- Österreichische Bundesbahnen (ÖBB)
- Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG)
- Mobilitätsverbände Österreich (MVO)
- Echtzeit Verkehrsinformation Straße Österreich (EVIS.AT)
- Verkehrsauskunft Österreich (VAO)
- Graphenintegrationsplattform (GIP)

In der zweiten Ebene befindet sich sämtliche Mobilitätsinfrastruktur, sowohl in öffentlicher als auch privater Hand, die das Setting darstellt, auf dem Mobilität stattfindet. Hier spiegelt sich das wider, was auch in den Use Cases zu finden ist: Knoten, Wegenetze, Parkflächen & Smart Spaces, verkehrsnaher Infrastruktur, automatisiertes Laden, Fahrrad- und Paketboxen.

Die nächste Ebene bringt die entsprechende Dienstleistung in das Mobilitäts-Ökosystem ein. Zu den Mobilitätsdiensten gehören der liniengebundene ÖV, bedarfsorientierter Mikro-ÖV, Ride-Sharing, Taxis als First- und Last-Mile-Lösung, automatisierte Dienste und Services.

Die bisherigen Erkenntnisse haben gezeigt, dass man im Bereich Services, Daten & Schnittstellen von dem Ansatz abkommt, alle Ebenen des Ökosystems in ein großes digitales Service zu packen. Es wird mehrere Services geben mit eigenen Backends und Datenpools. Schnittstellen und Standards sollen für die Integration der Mobilitätsservices sorgen, damit auf Nutzerebene gebündelte Services angeboten werden können.

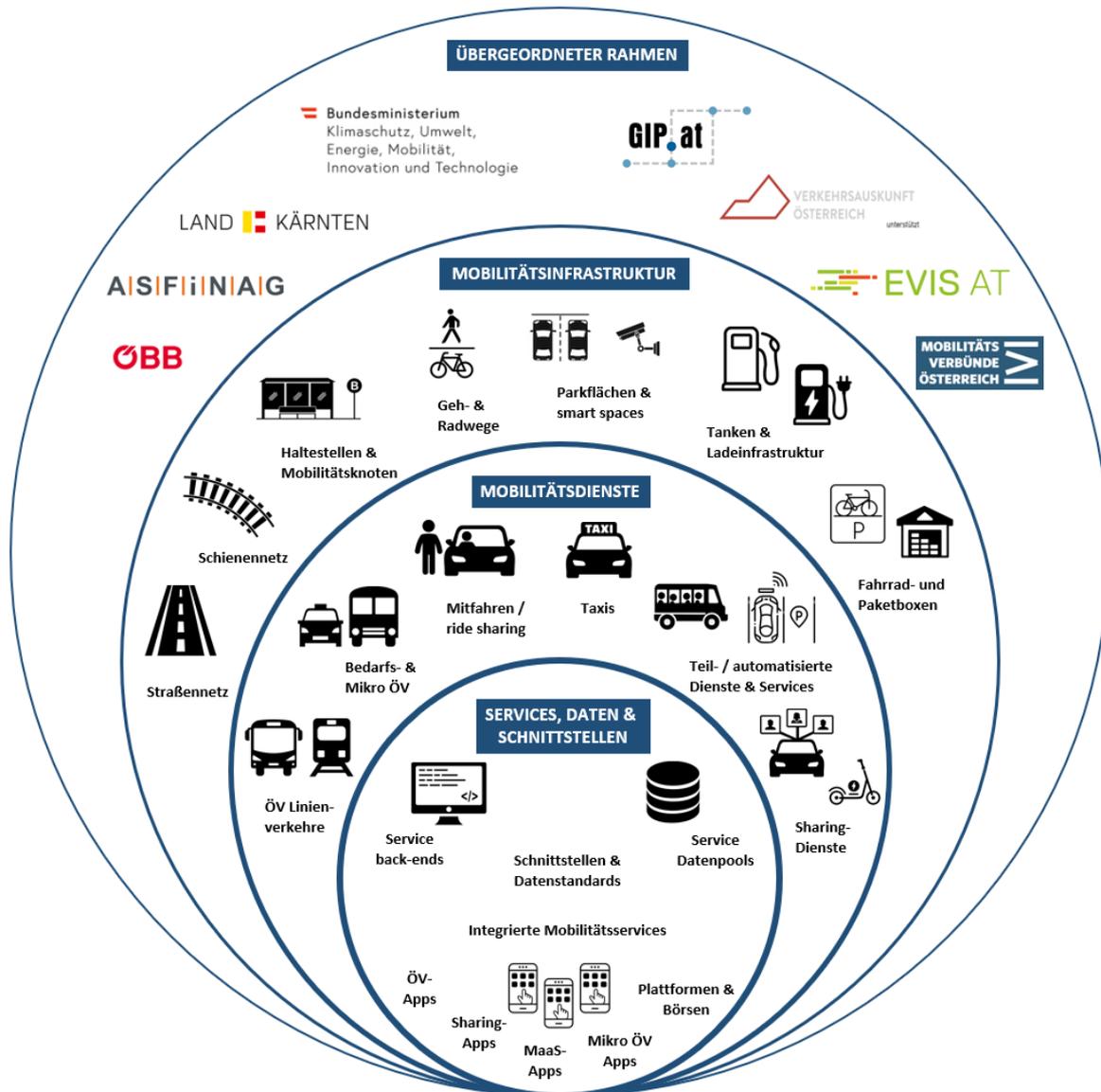


Abbildung 2-26 Schematische Darstellung eines MaaS-Ökosystems

2.2.2 MaaS-Betreibermodell

In einem klassischen Mobilitäts-Ökosystem agieren die einzelnen Verkehrssysteme mehr oder weniger unabhängig voneinander. Die idealtypische Idee hinter MaaS ist allerdings die der Integrierten Mobilität. Grundsätzlich ist vorgesehen, dass die gesamte Reisekette von der Planung über die Buchung bis zur Bezahlung über eine Stelle abgewickelt werden kann und sämtliche Transportmodi umfasst. Zu diesem Zweck braucht es eine Stelle, die die bestehenden Services und Daten integriert und über eine Benutzeroberfläche gesammelt zur Verfügung stellt (EMTA 2019, S. 6). Aus dem Kern des Mobilitäts-Ökosystems wurde ein Betreibermodell abgeleitet, das die erforderlichen Funktionen mitbringt und bereitstellt. Dabei soll sowohl die Übertragbarkeit als auch die Anwendung auf die Bedingungen der Projekt-Pilotregion untersucht werden.

Die Ebene mit Systembetreiber (IT), Infrastrukturbetreiber und Sensorikbetreiber bildet die Basis, die mit der Ebene der Mobilitätsanbieter verknüpft ist.

Ein zentrales Kernelement des Modells bildet ein regionalen Integrator, der den Linking of Services Ansatz verfolgt. Er stellt die entsprechende Infrastruktur dafür zur Verfügung, alle Verkehre bis zum letzten kleinräumigen touristischen Shuttle in den Informationsprozess zu integrieren, auch wenn dies nicht kostendeckend ist. Denkbar ist auch, anstelle eines einzigen zentralen Integrators, themenbezogene Integratoren einzusetzen. Diese Rolle wird die öffentliche Hand übernehmen müssen. Der regionale Integrator würde eine public MaaS-App mit niedriger Eintrittshürde zur Verfügung stellen. Es wird aber auch weiterhin diverse existierende servicebezogene Apps geben, die nicht verdrängt, aber über den Linking of Services Ansatz verbunden werden sollen. Neben dem Betreibermodell soll es weitere organisatorisch wesentliche Rollen mit spezifischen Aufgaben geben.

Es wird ein Steuerungsgremium brauchen, um sicherzustellen, dass alle Betroffenen im Mobilitätsprozess eine Stimme haben. Dieses gibt auch die geplante Weiterentwicklung vor. Im Gremium sollen Gebietskörperschaften, Infrastruktureigner, Mobilitätsdienstleister, Innungsvertreter (z.B. von Taxigewerbe, Tourismus) vertreten sein.

Eine Clearingstelle soll für die zentrale Abrechnung und Einnahmenaufteilung zuständig sein. Im vorliegenden Fall soll das die Aufgabe des regionalen Integrators sein. Generell könnte es aber auch eine eigene Stelle sein.

Weiters soll es eine Ombudsstelle als neutrale Schlichtungsstelle geben, um Entscheidungen herbeizuführen, wenn keine Einigung erzielt werden kann. In dem ganzen MaaS Gefüge sind unterschiedliche Unternehmensgrößen, Akteure mit unterschiedlicher Marktmacht und verschiedenen Interessen vertreten. Deshalb wird es diese Schlichtungsstelle brauchen.

Ein dezentraler Kundenservice soll in der Verantwortung der einzelnen involvierten Servicebereitsteller verbleiben. Sie verfügen über die notwendigen Kenntnisse der Leistungen, die sie anbieten und können bei Anfragen schnell reagieren.

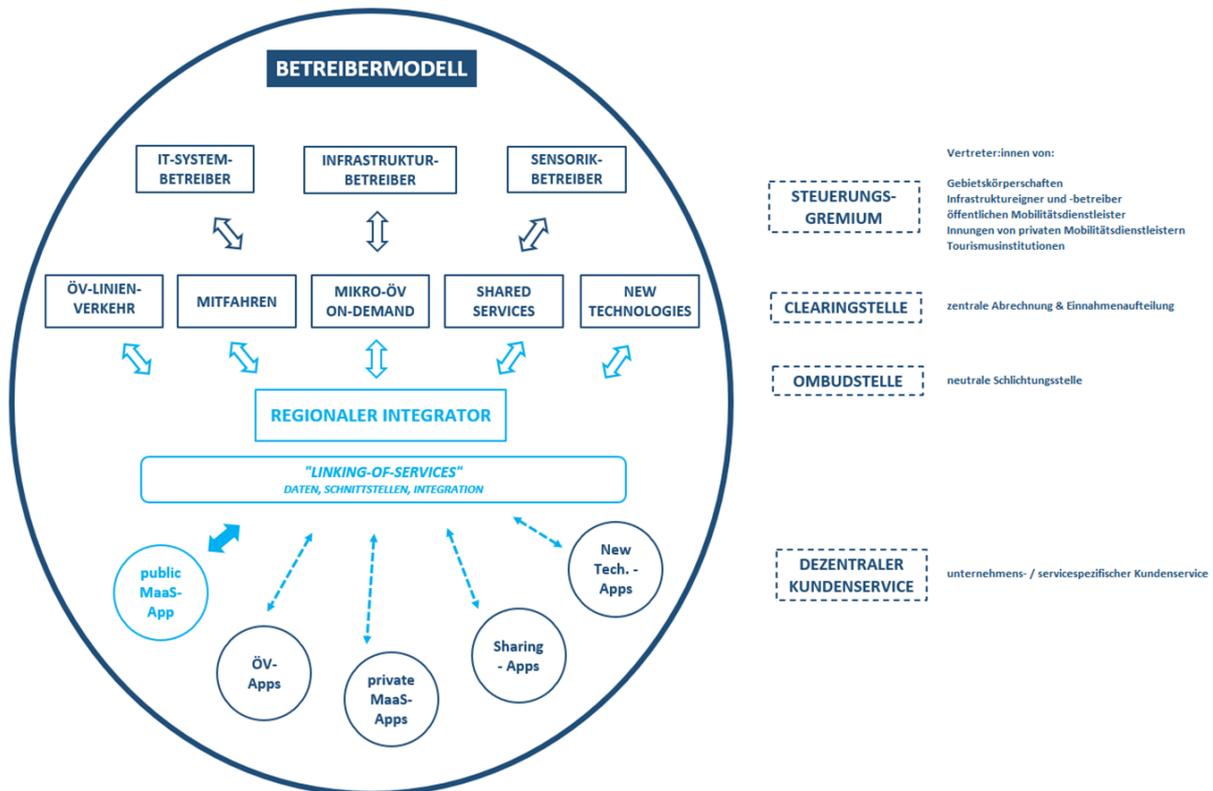


Abbildung 2-27 MaaS-Betreibermodell

2.2.3 Rollen im MaaS-Betreibermodell

ROLLEN	AUFGABEN	AUFGABENTRÄGER (konkrete Beispiele)
STEUERUNGSGREMIUM	Definition der strategischen Ausrichtung und Entwicklung	ARGE-VU Sprecher (Vertreter ÖPNV), Infrastrukturbetreiber (ASFINAG, ÖBB), jeweiliger Innungsvertreter (Taxi, Sharing-Dienste etc.), Vertreter Landesregierung, Vertreter Städte- & Gemeindebund, Vertreter Tourismus
INTEGRATOR	Betrieb einer zentralen, diskriminierungsfreien MaaS-Plattform; Integration kleinstrukturierter Mobilitätsdienste in das Mobilitätssystem	Verkehrsverbundorganisationsgesellschaft / Mobilitätsverbund (zentraler vs. themenbezogener Integrator)
CLEARINGSTELLE	zentrale Vertrags- und Finanzierungsstelle; Einnahmenaufteilung	Verkehrsverbundorganisationsgesellschaft / Mobilitätsverbund (im Beispiel ergänzende Aufgabe der Rolle des Integrators)
OMBUDSTELLE	neutrale Stelle zur Streitschlichtung bzw. Entscheidungsfindung	Ombudstelle des Amtes der Landesregierung (auch denkbar in Kombination mit der Aufgabe der Clearingstelle)

Abbildung 2-28 Rollen im MaaS-Betreibermodell

Im nationalen Rahmen beschäftigt sich auch die ITS austria Community mit dieser Fragestellung. Der Aktionsplan Digitale Transformation der Mobilität des BMK beschäftigt dazu die Arbeitsgruppe AG4 „Integrierte Mobilitätsdienste ermöglichen“ mit der Frage nach einem adäquaten Kooperationsmodell, um ebendiese Integration bestehender Mobilitätsdienste / -services zu ermöglichen bzw. zu unterstützen.

Die in dieser AG4 des Aktionsplans „Digitale Transformation in der Mobilität“ aktiven Teilnehmerinnen und Teilnehmer, ausgewiesene Expert:innen aus diversen Bereichen des Mobilitätssektors, fokussieren sich zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Endberichtes ebenso auf die facettenreiche Definition der notwendigen Rollen & Aufgaben in einem solche Betreiber- bzw. Kooperationsmodell.

In Summe kann festgehalten werden, dass einem kooperativen Betreibermodells eine hohe Gewichtung für die Entwicklung einer effizienten MaaS-Plattform zukommt. Dabei arbeiten öffentliche Hand und private Partner eng zusammen. Durch klare Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten wird eine solide Basis für den reibungslosen Betrieb und die Finanzierung der Plattform geschaffen. Zentral für den MaaS Ansatz ist die Rolle eines regionalen Integrators (die auch über mehrere Teilintegratoren erfüllt werden kann), der die verschiedenen Mobilitätsdienste miteinander verknüpft und Interoperabilität über standardisierte Schnittstellen sicher stellt. Ergänzend sorgen Steuerungsgremien, eine zentrale Clearingstelle und Ombudsstellen dafür, dass alle Beteiligten effizient zusammenarbeiten und potenzielle Konflikte gelöst werden können. So entsteht ein gut abgestimmtes Mobilitätsökosystem, das den Zugang zu unterschiedlichen Verkehrsdiensten verbessert und nachhaltig auf die Bedürfnisse der Region ausgerichtet ist.

2.2.4 Risikomanagement und Risikoanalyse

Das deutsche Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) definiert die Risikoanalyse als den Prozess einer mehrstufigen Risikobeurteilung mit folgenden Schritten: (BSI 2017, 6ff)

- Identifikation von Risiken (Risk Identification)
- Analyse von Risiken (Risk Analysis)
- Evaluation oder Bewertung von Risiken (Risk Evaluation)

Angelehnt an diese Form der Risikoanalyse, lassen sich für den im vorliegenden Projekt definierten Anwendungsfall, folgende Gefahrenpotenziale für das IT-System feststellen:

- Feuer, Wasser, Naturkatastrophen & sonstige Großereignisse
- Abhören, unbefugtes Eindringen in IT-Systeme, Schadprogramme
- Fehlerhafte Software, Fehler in der Update-Planung
- Ausfall, Störung, Fehlfunktion von Hardware
- (Schlüssel-)Personalausfall

Das im Rahmen von AP4 definierte IT-Konzept sieht vor, das MaaS-System auf Basis von webbasierten Microservices in einer hoch-performanten Cloudumgebung eines Cloudservice-Providers hosten und dort von einem externen Software-/IT-Dienstleister betreiben zu lassen. Auf Grund dieses Konzeptes, können die identifizierten Gefahrenpotenziale klar den Verantwortungsbereichen der Akteure zugeordnet werden.

Gefahrenpotenzial	Cloudservice-Provider	Software-/IT-Dienstleister	Betreiber der MaaS-Plattform
Feuer, Wasser, Naturkatastrophen & sonstige Großereignisse	X		
Abhören, unbefugtes Eindringen in IT-Systeme, Schadprogramme	X	X	
Fehlerhafte Software, Fehler in der Update-Planung		X	
Ausfall, Störung, Fehlfunktion von Hardware	X		
Schlüssel-Personalausfall	X	X	
<i>Nicht Verfügbarkeit von Ressourcen zur Risikominimierung</i>			X

Abbildung 2-29 Risikomatrix für den Betrieb eines IT-Systems

Das Risiko für den Betreiber/Anbieter der MaaS-Plattform reduziert sich auf Basis dieses Konzeptes darauf, die notwendigen Ressourcen zur kontinuierlichen Risikominimierung bereitzustellen, z.B. finanzielle Mittel für die rollierende Systemwartung, Durchführung von Updates und Aktualisierungen der eingesetzten Software und Services. Die Notwendigkeit der Implementierung und des Betriebs eines Sekundärsystems als systemische Rückfallebene entfällt aufgrund der redundant und ausfallsicher umgesetzten Systemressourcen in diesem IT-Betriebskonzept in einer Cloudumgebung ebenso.

2.3 Gesellschaftliche Akzeptanz

2.3.1 Konzept Mobilitätsknoten

2.3.1.1 Grundkonzept Mobility Hub, Mobilitätsknoten

Mobilitätsstationen, auch bezeichnet als „Mobility Points“ oder „Mobility Hubs“, sind zentrale Knotenpunkte, die den Zugang zu verschiedenen Mobilitätsangeboten bündeln und damit erleichtern. Ziel dieser Stationen ist es, rund um die Uhr eine komfortable und vielfältige Auswahl an Transportoptionen anzubieten, wobei emissionsarme und nachhaltige Verkehrsmittel besonders gefördert werden sollen. Charakteristische Merkmale von Mobilitätsstationen umfassen die strategische Verknüpfung unterschiedlicher Verkehrsmittel an einem gut erreichbaren Standort sowie die Nähe zu stark frequentierten Orten wie ÖPNV-Knotenpunkten oder Sammelgaragen. Die Infrastruktur solcher Stationen beinhaltet in der Regel eine Vielzahl von Mobilitätsoptionen: von Stellplätzen für Carsharing-Fahrzeuge und Mietwagen über Verleihmöglichkeiten für Zweiräder wie E-Scooter, E-Bikes oder Motorräder bis hin zu Abstellflächen für Fahrräder und Lastenräder. Zudem bieten Mobilitätsstationen häufig Ladestationen für Elektrofahrzeuge sowie Service- und Reparatereinrichtungen für Fahrräder. Ergänzend sind auch Logistikangebote wie Paketboxen und Schließfächer zur kurzfristigen Lagerung typischerweise verfügbar.

Mobilitätsstationen leisten somit potenziell einen bedeutenden Beitrag zur Erweiterung des öffentlichen Nahverkehrs und zur Schaffung neuer Fahrgastpotenziale, indem sie multimodale Fortbewegung fördern. Durch die Bereitstellung und kombinierte Nutzbarkeit verschiedener Verkehrsmittel unterstützen sie eine flexible und nachhaltige Mobilität, die es den Nutzern ermöglicht, das jeweils passende Transportmittel bedarfsgerecht auszuwählen. Zusätzlich fördern sie den Ausbau der Elektromobilitätsinfrastruktur und reduzieren die Anzahl notwendiger Pkw-Stellplätze. (Nobis & Kuhnimhof 2019, Stadt Wien 2021)

2.3.1.2 Anwendung eines Mobility Hubs an einer Autobahnanschlussstelle

Ein Mobility Hub an einer Autobahnanschlussstelle erweitert das Konzept der Mobilitätsstation gezielt um spezifische Angebote für Pendler und Fernreisende. In diesem Kontext stellt das Park-and-Ride-System einen zentralen Bestandteil dar: Reisende haben die Möglichkeit, ihr Fahrzeug an einem strategisch günstig gelegenen Standort abzustellen und auf alternative Verkehrsmittel umzusteigen. Ein solcher Hub dient als Schnittstelle, die die Vorteile individueller und öffentlicher Mobilität kombiniert und sich somit insbesondere für den Pendelverkehr zwischen ländlichen und urbanen Zentren eignet.

Zusätzlich zur Park-and-Ride-Infrastruktur bietet ein solcher Hub verschiedene Mobilitätsalternativen, die eine flexible Weiterfahrt ins Stadtzentrum oder zu spezifischen Zielorten ermöglichen. Für Pendler stehen beispielsweise Elektrobusse, autonome Shuttles oder Bike-Sharing-Angebote zur Verfügung, die den Anforderungen an emissionsarme und flexible Mobilität gerecht werden. Um die Attraktivität nachhaltiger Transportmittel zu erhöhen, könnten darüber hinaus spezielle Anreize wie reservierte Ladepunkte für Elektrofahrzeuge und vergünstigte Tarife für E-Bikes oder E-Scooter in die Hub-Infrastruktur integriert werden.

Ein wesentlicher Vorteil eines derartigen Hubs an einer Autobahnanbindung liegt in der Entlastung städtischer Straßennetze und Parkplatzflächen. Durch die Bereitstellung verlässlicher und kostengünstiger Alternativen zur Pkw-Nutzung wird der Druck auf innerstädtische Räume verringert, was nicht nur zur Reduktion des Verkehrsaufkommens beiträgt, sondern auch die Aufenthaltsqualität in urbanen Gebieten verbessert. Darüber hinaus profitiert die städtische Umgebung durch eine Verringerung von Luft- und Lärmemissionen, da die Umstellung auf umweltfreundliche Verkehrsmittel bereits an den Stadtperipherien erfolgen kann.

Ein Mobility Hub an einer Autobahnanschlussstelle könnte ferner durch digitale Informationsangebote ergänzt werden, die Echtzeitdaten zur Parkplatzauslastung, zur Verkehrslage sowie zu Anschlussmöglichkeiten bereitstellen. Intelligente Systeme könnten Nutzern alternative Routen empfehlen, um Staus zu umgehen oder den nächstgelegenen verfügbaren Parkplatz zu finden. Diese Technologien ermöglichen eine optimierte Reiseplanung und reduzieren den zeitlichen Aufwand für die Nutzenden. Durch die Konzentration mehrerer Mobilitätsdienste an einem strategisch gewählten Standort an der Autobahn wird die Attraktivität gemeinschaftlich genutzter Mobilitätsoptionen für Pendler und Fernreisende signifikant gesteigert. Ein solcher Hub fördert damit nicht nur eine effiziente und umweltfreundliche Mobilität, sondern trägt auch zum Aufbau einer zukunftsfähigen, nachhaltigen Infrastruktur bei, die den Herausforderungen des wachsenden Verkehrsaufkommens in städtischen und stadtnahen Regionen proaktiv begegnet. (Nobis & Kuhnimhof 2019, Bruns et al. 2018)

2.3.2 Attraktivität von Micro-ÖV & automatisiertem Fahren im Licht der Digitalisierung

Die Digitalisierung stellt eine der bedeutendsten Entwicklungen dar, die die Mobilität in den kommenden Jahren prägen wird. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Automatisierung von Fahrzeugen. Ziel ist es, langfristig Fahrzeuge so zu gestalten, dass sie eigenständig Fahrmanöver ausführen können. Dies könnte nicht nur helfen, Risiken durch „menschliche Schwächen“ wie Unaufmerksamkeit, Müdigkeit oder Aggressivität zu verringern, sondern auch den Verkehrsfluss optimieren, die Auslastung von Fahrzeugen steigern und die Beförderungskosten im öffentlichen Verkehr senken, da der Bedarf an Fahrpersonal reduziert wird. Besonders in den

Automatisierungsstufen 4 und 5 werden große Fortschritte erwartet: In Stufe 4 übernehmen Fahrzeuge unter bestimmten Bedingungen vollständig das Fahren, ohne dass ein Fahrer eingreifen muss. In Stufe 5 wird das Fahrzeug alle Fahrsituationen von Start bis Ziel selbstständig meistern. Daraus ergeben sich neue Möglichkeiten für Dienstleister, die Serviceleistungen für fahrerlose Fahrzeuge anbieten können (Fraunhofer IAO & Horváth & Partners, 2018).

Für Pendler, insbesondere in ländlichen Regionen, könnte die Automatisierung große Vorteile bieten, da hier die für ihre täglichen Wege der motorisierte Individualverkehr (MIV) genutzt wird, bei etwa 69 %, was auf eine hohe potenzielle Nachfrage nach automatisierten Fahrdiensten hinweist. Menschen mit höherem Einkommen, die häufiger weite Strecken zur Arbeit zurücklegen, könnten ebenfalls eine relevante Zielgruppe für moderne Fahrzeugmodelle sein. Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge wird zunächst auf Privatgeländen, in Tiefgaragen und auf festgelegten Routen wie Shuttlebus-Strecken erwartet. Ohne Veränderungen in der Mobilitätskultur und den Besitzverhältnissen könnte die Fahrzeugautomatisierung jedoch auch ein erhöhtes Verkehrsaufkommen zur Folge haben (Friedrich et al., 2017).

Damit automatisiertes Fahren Wirklichkeit werden kann, sind neben rechtlichen Rahmenbedingungen und Akzeptanz durch die Nutzer eine stabile Breitbandinfrastruktur, leistungsfähiges Cloud Computing und Fortschritte in der künstlichen Intelligenz (KI) erforderlich. Ein weiterer Aspekt der Digitalisierung ist die Fahrzeugvernetzung. Das sogenannte „Connected Car“ bezeichnet Fahrzeuge, die über das Internet mit ihrer Umgebung verbunden sind, um Informationen zu senden und zu empfangen (Lichtblau et al., 2018). Diese Technologie ermöglicht eine verbesserte Kommunikation zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur, wie etwa Ampelanlagen, und erleichtert so die Steuerung von Shuttle-Bussen im Stadtverkehr.

Darüber hinaus wird der Zugang zu Mobilitätssystemen zunehmend digitalisiert. Bereits heute kaufen viele Menschen Fahrkarten über Apps oder nutzen digitale Karten für die Routenplanung. In Zukunft werden digitale Assistenten, die auf individuelle Bedürfnisse zugeschnittene Angebote vorschlagen, immer präsenter sein. So können auch weniger digital-affine Nutzer von der Digitalisierung profitieren, während analoge Zugänge an Bedeutung verlieren. (Bruns et al. 2018, Lichtblau et al. 2018)

Die Digitalisierung führt auch zur Entwicklung datenbasierter, bedarfsorientierter und geteilten Mobilitätsangebote, die in Echtzeit funktionieren. Nutzer profitieren hierbei von mehr Komfort und Zeitersparnis, da Datenquellen wie Fahrpläne, Wetterberichte und frühere Zielorte verknüpft werden, um bessere Routenalternativen und Verkehrslenkung bereitzustellen. Projekte wie EcoBus zeigen, dass Nutzer von On-Demand-Diensten in ländlichen Regionen schnelle und präzise Informationen erwarten, die in maximal 15 Sekunden verfügbar sein müssen. (Schröder 2020)

Das Konzept „Mobility as a Service“ (MaaS) beschreibt den Zugang zu Mobilitätsangeboten ohne den Besitz eines eigenen Fahrzeugs. Stattdessen steht die flexible Nutzung von verschiedenen Verkehrsmitteln im Vordergrund, die sowohl nach Bedarf als auch standort- und zeitunabhängig genutzt werden können. Geteilte Mobilitätsangebote wie Car- und Ridesharing sowie Pooling-Dienste erweitern die Auswahl an Transportmöglichkeiten, während die finanzielle und organisatorische Last des Fahrzeugbesitzes entfällt. Mit der steigenden Vielfalt von Mobilitätsangeboten und der zunehmenden Spezialisierung auf bestimmte Lebensstile wird jedoch auch die Komplexität für die Nutzer größer. Kommunen stehen daher vor der Herausforderung, eine klare Struktur für die Mobilitätslandschaft zu schaffen, die auch individuelle Lebensstile berücksichtigt. Um die Nutzung von Mobilitätsangeboten zu erleichtern, können integrierte Mobilitätssysteme als Flatrate oder Plattformen genutzt werden. Diese Plattformen erlauben Nutzern eine einfache Handhabung, indem sie anbieterunabhängige Auswahlmöglichkeiten, personalisierte Routenalternativen, digitale Bezahlung und eine automatische Umbuchung im Falle von Verspätungen bieten. Wesentlich für die Realisierung derartiger Systeme sind offene Datenstandards und Schnittstellen, die eine nahtlose Integration aller Mobilitätsangebote ermöglichen. Die Sicherheit und Souveränität der Daten stellen jedoch eine Hürde für die Akzeptanz dar. Nutzer legen großen Wert auf Transparenz und die Anonymisierung ihrer Daten. Städte und Regionen haben dabei das Ziel, die Kontrolle über Preisgestaltung, Angebotspriorisierung und die Kundenkommunikation zu behalten, um ein nachhaltiges, flächendeckendes Mobilitätssystem zu gewährleisten. (Bruns et al. 2018)

Erste Praxiserfahrungen zu autonomen Shuttlelösungen wurden bspw. im Projekt Digibus 2017 erarbeitet. Von April bis November 2017 wurden hierzu 240 Testfahrten mit 874 Passagieren auf 341 Testkilometern durchgeführt. Die begleitende Befragung der Fahrgäste mit 294 Teilnehmern ergab eine hohe Akzeptanz der neuen Technologie und ein gutes Sicherheitsgefühl an Bord des Digibusses. Die Testfahrt mit dem Digibus stieß auf überwiegend positive Resonanz: 53,1 % der Fahrgäste bewerteten sie als „sehr gut“ und 39,1 % als „gut“, wobei das Sicherheitsgefühl an Bord für fast 90 % der Befragten hoch war. Besonders hervorgehoben wurden das angenehme Fahrverhalten und die fortschrittliche Technologie des autonomen Shuttles. Bedenken gab es allerdings bezüglich des Sicherheitsempfindens, das bei einem fahrerlosen Betrieb abnehmen könnte. Einige Fahrgäste bemängelten das häufige, ruckartige Bremsen und die niedrige Maximalgeschwindigkeit von 16 km/h. Überraschend empfanden manche auch die aufwändige Streckenprogrammierung und die Fahrbeschränkungen bei Regenwetter. Trotz kleiner Kritikpunkte zeigt die Befragung ein grundsätzlich positives Interesse am autonomen Fahren. Auf die Frage, wofür sich die befragten Personen eine Nutzung des Digibus in ihrer Umgebung vorstellen könnten, antworten **28,3 % zum Pendeln für den Schul- und Arbeitsweg** beziehungsweise als Zubringer zur nächsten Haltestelle des öffentlichen Verkehrs. **20,7 % gaben an, dass sie so einen Bus für Alltagserledigungen, wie z.B. Einkaufen, Arztbesuche, Amtswege, etc., nutzen würden.** Je rund **16 % der Passagiere**

können sich vorstellen, dass der Digibus für **Freizeitaktivitäten** (Fahrten zum Fußballtraining oder Musikunterricht, **als Zubringer zum Skilift, als Wanderbus**, etc.), als Zustelldienst für Pakete, Einkäufe zum Einsatz kommt.

Fast 80 % der Passagiere besitzen einen privaten Pkw, 20,5 % verfügen über keinen eigenen Pkw. Fast 40 % der Befragten können sich vorstellen, dass ein selbstfahrender Shuttlebus, der in ihrer Gemeinde fährt, **ihren privaten (Zweit-)Pkw ersetzen könnte**. (Zankl & Ehl 2017)

2.3.3 Theoretische Auseinandersetzung mit der Verkehrsmittelwahl

Es gibt verschiedene Theorien in Bezug auf soziale Prozesse und umweltrelevante Handlungen, die auch auf die Verkehrsmittelwahl angewendet werden können. Diese beschäftigen sich insbesondere mit den Einflussfaktoren und Mechanismen, die den betreffenden Subjekten bei der Entscheidung zwischen mehreren Optionen zugrunde liegen.

Den Rational Choice Theorien liegt das vereinfachte Verhaltensmuster des **homo oeconomicus** zugrunde, in welchem nur Handlungen gesetzt werden, die den **individuellen Nutzen maximieren**. Die **Entscheidungen** für bzw. gegen ein Verkehrsmittel **werden ausschließlich rational getroffen**, wobei davon ausgegangen wird, dass Individuen ihre Präferenzordnung – also ihre Vorlieben – kennen und diese widerspruchsfrei umsetzen. Dafür müssen unter anderem alle notwendigen Informationen zur Verfügung stehen, die für die Entscheidungsfindung benötigt sind. Neben der Annahme des umfassenden Informationszugangs wird besonders kritisiert, dass in der Praxis kaum echte rationale Entscheidungen getroffen werden und daher nur begrenzte Rationalität vorliegt. Im Kontext der Verkehrsmittelwahl gibt es bei den Verkehrsteilnehmern also häufig Fehleinschätzungen, was die tatsächliche Zeit- und Kostenbelastung bei den verschiedenen Verkehrsmitteln betrifft. (Jensen & Meckling 1994, Heydkamp 2022).

Der **homo socio-oeconomicus** ergänzt den „Idealfall“ der rationalen Entscheidungsfindung um die Aspekte, der **beschränkten Informationsfreiheit sowie der subjektiven Empfindung** und beschreibt den Menschen als RREEMM (Lindenberg 1987).

- Resourceful: in der Lage, das eigene Handeln zu reflektieren
- Restricted: es stehen nur begrenzte Informationen zur Verfügung
- Evaluating: bewertet Alternativen
- Expecting: trifft subjektive Einschätzung, nicht rational oder objektiv
- Maximizing: maximiert persönlichen Nutzen
- Man: es handelt sich um ein Individuum

Tieferegehende Verhaltenstheorien definieren weitere Aspekte, die das Handeln eines Individuums direkt oder indirekt beeinflussen. Dazu gehören unter anderem auch **Intentionen, Emotionen und Selbstkonzepte**, die sich mit den Fragen: „Wie möchte ich mich verhalten?“, „Welches Gefühl erhalte ich durch mein Verhalten?“ und „Wie möchte ich durch mein Verhalten wahrgenommen werden“ zusammenfassen lassen. Die **Problemwahrnehmung** bezüglich des eigenen Verhaltens und **persönliche Normen**, welche die Verantwortung gegenüber der Gesellschaft widerspiegeln, sind beispielsweise im Kontext der Verkehrsmittelwahl oft die wesentlichsten Faktoren für nachhaltige Mobilitätsformen, wobei auch der soziale Druck eine Rolle spielen kann. Ein bedeutender weiterer Aspekt, welcher in menschlichen Verhaltensweisen zu tragen kommt, ist die **Gewohnheit**. Da bei Gewohnheitshandlungen keine bewussten Entscheidungen getroffen werden, wird weniger Aufwand und Zeit benötigt, als wenn jedes Mal aufs Neue zwischen mehreren Optionen gewählt werden muss. In vertrauten, alltäglichen Situationen bestimmt demnach der Habit das Handeln stärker die meisten anderen Faktoren, während neuen Herausforderungen, wie unbekanntem Reiserouten, ein Motiv für das Ausprobieren ungewohnter Mobilitätsformen bieten können.

Grundsätzlich kann durch die Kombination diverser Faktoren, die von Gewohnheit bis Intention und Intuition reichen, das Verhalten der Verkehrsteilnehmer in Bezug auf die Wahl ihrer präferierten Verkehrsmittel ganz gut beschrieben werden. Da jedoch nicht alle Menschen nach den gleichen Maßstäben handeln und auch verschiedene Faktoren eine unterschiedliche Gewichtung in der Entscheidungsfindung haben, können in der Regel die besten Ergebnisse durch Ausdifferenzierung von Verhaltensweisen erzielt werden. Zielgruppenansätze, die Individuen nach Haushaltstyp, Lebensphase, Lebens- und Mobilitätsstil sowie einstellungsbasierten Mobilitätstyp – also in verhaltenshomogene Gruppen – zusammenfassen, spielen für die Ausgestaltung und die Effektivität von Maßnahmen daher eine zentrale Rolle. (e-mobil BW GmbH 2018, Heydkamp 2022)

2.3.4 Ansätze zur Gestaltung von Interventionsmaßnahmen

Wie bei allen neuen Mobilitätsangeboten braucht es auch im spezifischen Fall einer multi-modalen Anschlussstelle eine ausreichende Motivation für eine erfolgreiche Verhaltensänderung. Handlungsanreize bringen Menschen individuelle Vorteile und können materieller oder immaterieller Natur sein. Materielle Anreize lassen sich hauptsächlich durch die relative **Zeitersparnis**, welche sich beispielsweise aus einer grünen Welle oder abgestimmten Fahrplänen ergibt, sowie durch monetäre Motivationen bewerten. Dabei kann zwischen **Geldersparnis** (Subventionierung von ÖV-Tickets und E-Fahrzeug-Prämie), **Geldgewinn** (Steuerrückzahlung) und **finanzielle Belohnung** (Bonusmodelle, Rabatte und Gutscheine) unterscheiden werden. Immaterielle Handlungsanreize zielen auf weniger fassbare, objektiv messbare Maßnahmen ab und bedienen sich beispielsweise der Gamification, also

den Einsatz von spielerischen Elementen wie Spaß, Wettbewerb oder Spielmechanik (z.B. Punkte, Ranglisten).

Wissensvermittlung in Form von Faktenwissen, **Imageanreizen** und Erfahrungswissen. Zudem vermittelt **Werbung vermeintliches Wissen**, indem sie Gefühle transportiert und ein Bild für unterschiedliche Angebote kreiert. Monheim und Schroll (2004) erklären, dass sich der **Pkw für emotionale Werbung und Kommunikation sehr gut eigne**. Für die Angebote des ÖV »ist es bedeutend schwieriger, gezielt eine Erlebnissymbolik zu transportieren« als für Pkw, Fahrrad oder das zu Fuß gehen.

Auch das Konzept der **Windows of Opportunity** greift den Gedanken auf, dass es für Anreize zur Verhaltensänderung einen idealen Zeitpunkt gibt. Umbrüche im Leben dienen bei diesem Ansatz als **Gelegenheitsfenster**, in welchen Mobilitätsentscheidungen eher hinterfragt und neue Gewohnheiten geschaffen werden. Dazu zählen bspw. die **Familiengründung, ein Umzug oder der Eintritt ins Rentenalter**. Rentner erhalten mit den sog. Babyboomern besondere Aufmerksamkeit, da sie aufgrund ihrer **Autoaffinität und des hohen Grads an Pkw- sowie Führerschein-Verfügbarkeit** in der Lage sind, einen wesentlichen Beitrag zur Mobilitätswende zu leisten. (Nobis & Kuhnimhof 2019, Heydkamp 2022)

2.3.5 Ableitung von Mobilitätstypen

Die Forcierung aktiver und nachhaltiger Mobilitätsformen ist sowohl aus Gründen des Klimaschutzes als auch im Hinblick auf gesellschaftliche Herausforderungen (Gesundheit, Lebensqualität) von großer Bedeutung. Die Erreichung dieser Ziele scheitert jedoch oft an unzureichender Umsetzung von Maßnahmen und Entwicklungen aus der Mobilitätsforschung, die nicht auf ausreichende Akzeptanz stoßen. Um bislang ungenutzte Potenziale zu erschließen und neue Mobilitätsformen attraktiv zu machen, ist es notwendig, nicht nur entsprechende Angebote zu schaffen und Informationen bereitzustellen, sondern auch geeignete Anreize und Motivatoren zu nutzen, um Interesse zu wecken und zu Verhaltensänderungen zu motivieren.

Um gangbare Wege zur Veränderung von mobilitätsrelevanten Entscheidungs- und Verhaltensmustern aufzuzeigen und zu ermöglichen ([FTI-Agenda Mobilität 2026](#)), daher Änderungspotenziale zukünftig besser ausschöpfen zu können, müssen verhaltens- und einstellungshomogene Zielgruppen berücksichtigt werden.

2.3.5.1 Ableitung von Mobilitätskomfort-Typen

Eine mögliche Einteilung findet sich bspw. im Projekt UMK, das zwischen 2012 und 2015 als Teil des Schaufensters für Elektromobilität vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg gefördert wurde. Ein wesentliches Arbeitspaket des Projekts bestand in der Entwicklung sogenannter Mobilitätskomfort-Typen. Zu diesem Zweck wurden über 1.000 Personen an zentralen Verkehrsknotenpunkten in der Region Stuttgart befragt. Die Befragung umfasste Fragen zu soziodemografischen Merkmalen, Verkehrsmittelnutzung und Komfortpräferenzen. Die Daten wurden anschließend quantitativ durch Clusteranalysen ausgewertet. Ziel der Interviews war es, weitergehende Einblicke in die Mobilitätspraktiken und die jeweiligen Beweggründe dieser Gruppen zu erhalten. (Heydkamp,2022)

		Gemeinsamkeiten			
		Flexible	Anspruchsvolle	Eilige	Relaxer
Unterschiede	Flexible		Unabhängigkeitsbedürfnis Selbstkonzept	Zeitersparnis	Körperliche Aktivität Zugang am Wohnort Problemwahrnehmung
	Anspruchsvolle	Zugang zu Verkehrsmitteln Gewohnheits-handlung		Zugang zu Verkehrsmitteln eh-da-Kosten	Direktheit von Wegen Gewohnheit
	Eilige	Begrenzung finanzielle Mittel Einschränkung in der Verkehrsmittelwahl	Körperliches Wohlbefinden Begrenzung finanzielle Mittel		-
	Relaxer	Zeitersparnis Persönliche Norm	Angebot am Wohnort Persönliche Norm Selbstkonzept	Zeitersparnis Begrenzung finanzielle Mittel Problemwahrnehmung	

Abbildung 2-30 Mobilitätskomfort-Typen aus dem Forschungsprojekt UMK (2012-2015)

Flexible und Anspruchsvolle haben die große Bedeutung von **Unabhängigkeit** bei der Verkehrsmittelwahl gemein, auch wenn diese für die **Anspruchsvollen in die Autonutzung** mündet, während es für die Flexiblen **Optionenvielfalt und Wahlfreiheit** bedeutet. Im Gegensatz zu den Anspruchsvollen kennen die Flexiblen **vorhandene Mobilitätsalternativen und weisen**

Erfahrungswissen über die Nutzung dieser auf, was ihre Experimentierfreude fördert. Dies steht der Gewohnheitsnutzung des Autos durch die Anspruchsvollen gegenüber.

Die **Zeitersparnis** ist sowohl für Flexible als auch für Eilige ein zentrales Motiv für die Verkehrsmittelwahl. Bei den Flexiblen geht es dabei um das **ständige in Bewegung bleiben und die Reduktion von Wartezeiten**. Für die Eiligen spielen eine **kurze Gesamtreisezeit, die Doppelnutzung** von Wegen sowie die **Verbindung von Zwecken eine zentrale Rolle**. Zu den größten Unterschieden gehört die **Wichtigkeit von Mobilitätskosten** bei der Verkehrsmittelwahl. Die Flexiblen schaffen sich außerdem bewusst ein Umfeld ohne subjektiv empfundene Mobilitätseinschränkungen, wozu die Eiligen nicht in der Lage sind.

Flexible und Relaxer teilen die Wichtigkeit von **körperlicher Aktivität in ihrer Alltagsmobilität** und die **geringe Notwendigkeit, den privaten Pkw zu nutzen**. Beide haben zwar eine ausgeprägte **Problemwahrnehmung bzgl. der Ökologie**, doch nur die Relaxer weisen die notwendige persönliche Norm auf, um sie **als Motiv für die Nutzung nachhaltiger Verkehrsmittel** heranzuziehen. Bei den Flexiblen überwiegen individualistische und hedonistische Züge bei der Verkehrsmittelwahl. Ein weiterer Unterschied liegt in der Bedeutung von Zeitersparnis für die Flexiblen, während die **Relaxer zeitliche Gelassenheit** an den Tag legen.

Die Bedeutung von **(Auto-ist-eh-da-)eh-da-Kosten** und die **geringe Variation** bei der Nutzung von **Verkehrsmitteln** haben Anspruchsvolle und Eilige gemein. **Trotz eines objektiv eingeschränkten Zugangs fühlen sich die Anspruchsvollen in ihrer Verkehrsmittelwahl nicht eingeschränkt – im Gegensatz zu den Eiligen**. Diese empfundene Machtlosigkeit und die finanziellen **Fortbewegungskosten wirken als Motiv der Eiligen stärker auf die Verkehrsmittelwahl als das körperliche Wohlbefinden**.

Eilige und Relaxer weisen ausschließlich Unterschiede hinsichtlich der zugrundeliegenden Motive bei der Verkehrsmittelwahl auf: Neben **der Gewichtung von Zeitersparnis** beeinflussen die Problemwahrnehmung und die persönliche Norm die Verkehrsmittelwahl der Relaxer, während für **die Eiligen Mobilitätskosten** im Vordergrund stehen.

Die Mobilitätskomfort-Typen Relaxer und Anspruchsvolle verbinden die **Motive Direktheit von Wegen und die Gewohnheit, bekannte Verkehrsmittel zu nutzen**, um Reiseplanung und Organisationsaufwände zu reduzieren. Unterschiede liegen im fußläufig zu erreichenden Angebot am Wohnort, der Wichtigkeit des Selbstkonzepts sowie der persönlichen Norm für die Verkehrsmittelwahl. (Heydkamp 2022)

2.3.5.2 Bildung von Mobilitätstypen zur Erforschung neuer Mobilitätsdienstleistungen: pro:NEWmotion Typologie

Auf der Grundlage der Sinus-Milieus, einer Gesellschafts- und Zielgruppentypologie des deutschen SINUS-Instituts, die Menschen anhand ihrer Lebensauffassung und Lebensweise in "Gruppen Gleichgesinnter" zusammenfasst, wurden 2015 gemeinsam von AIT und INTEGRAL, dem österreichischen Schwesterunternehmen von SINUS, die sechs pro:motion Typen entwickelt. Diese beschreiben neben dem typischen Mobilitätsverhalten die wesentlichen verkehrsbezogenen Motive und Präferenzen, die das Verhalten der Gruppen bestimmen, als auch die grundsätzliche Bereitschaft der Betroffenen, ihr gewohntes Verhalten unter den richtigen Rahmenbedingungen zu ändern. (Markvica, et al 2020)

Im Projekt [pro:motion](#) (2014 – 2016, Datenbasis 2015) wurden daher unter Einbeziehung sozialwissenschaftlicher Ansätze homogene Gruppen identifiziert, die spezifische mobilitätsrelevante Informationen benötigen beziehungsweise auf bestimmte Argumente – wie Gesundheit, Umwelt, Kosten, Image, Erlebnis – besonders ansprechen, sodass geeignete Anreize für aktive Mobilitätsformen erarbeitet werden konnten. Dies daraus resultierende Typologie konnte in mehreren Forschungsprojekten mit hoher Erklärungskraft erfolgreich eingesetzt werden und lieferte eine deutlich verbesserte Abschätzung von gruppenspezifischen Nutzungspotenzialen. Die folgende Abbildung zeigt die Schlüsselmerkmale der sechs pro:motion Typen:

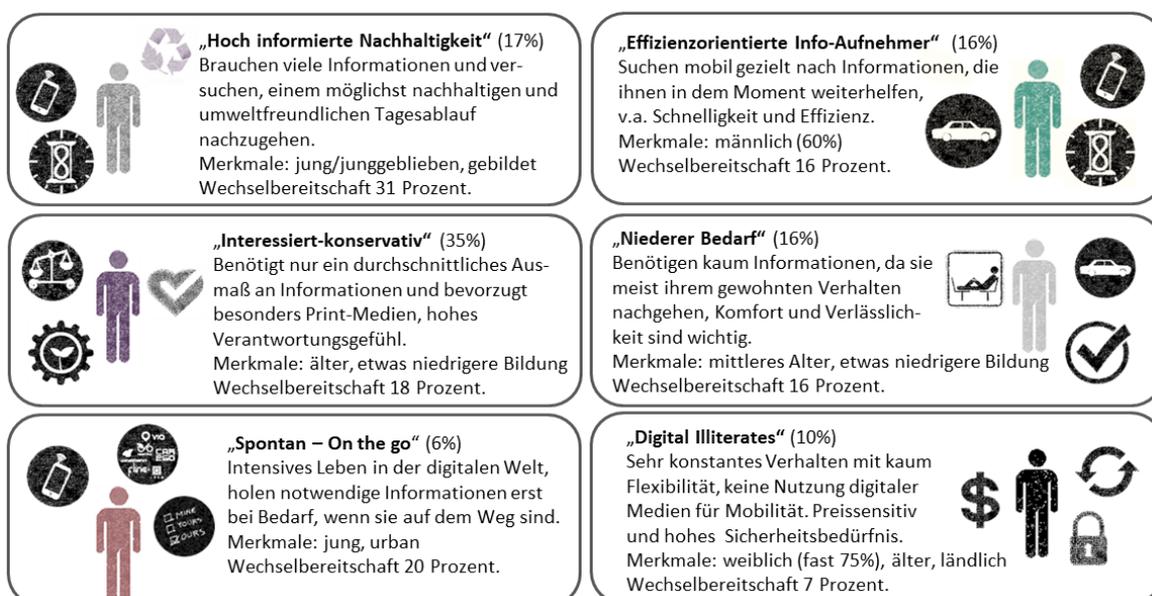


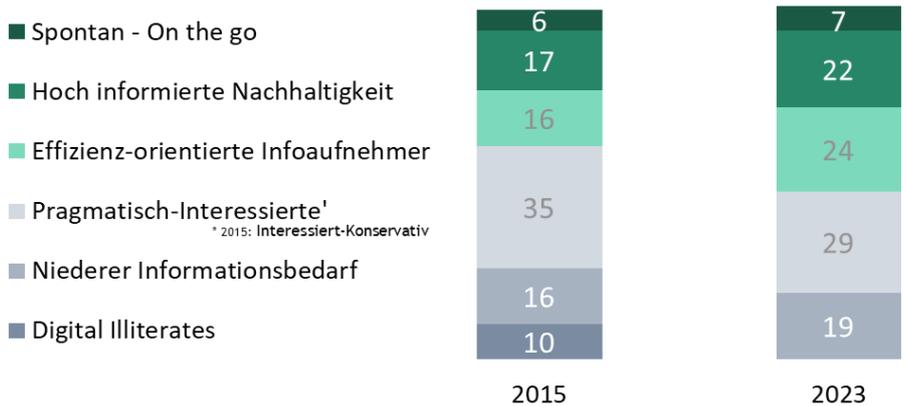
Abbildung 2-31: Beschreibung pro:motion-Typologie

Seit der Erstellung der Typologie haben die Entwicklung neuer Mobilitätsangebote, der Einfluss globaler Krisen und damit in Zusammenhang stehende gesellschaftliche Veränderungen zu neuen Rahmenbedingungen geführt, die eine Aktualisierung der Typologie erforderten.

Im Folgeprojekt **pro:NEWmotion** (2022/2023) wurden die Typen daher auf Basis aktueller Werteentwicklungen und Wertesynthesen angepasst und nach siedlungsstrukturellen Kontexten differenziert. Ein besonderer Schwerpunkt wurde auf die Potenziale ausgewählter neuer Mobilitätsdienstleistungen gelegt. Die Aktualisierung und Erweiterung erfolgte auf Basis einer repräsentativen Onlineerhebung der Wohnbevölkerung in Österreich im Alter zwischen 14 und 75 Jahren im April 2023. Typspezifische Wechsellpotenziale wurden zudem mithilfe eines personalisierbaren Befragungstools entwickelt, das eine individuelle Befragung unter Einbindung personalisierter Choice-Experimente erlaubt, indem Personen alternative Verhaltensoptionen in ihrem persönlichen Mobilitätsalltag präsentiert bekommen.

Der vorliegende Leitfaden enthält neben der Beschreibung der Typen eine Anleitung, wie Typmerkmale in Mobilitätsbefragungen erhoben und ausgewertet werden können. Die Aktualisierung brachte eine wesentliche Veränderung aufgrund gesellschaftlicher Veränderungen mit sich: Im Verlauf der Pandemie kam es zu einem bevölkerungsweiten Kompetenzsprung im Umgang mit digitalen Technologien, wodurch vormalige Angehörige der „Digital Illiterates“ neue Fähigkeiten erlangten und nicht mehr dieser Gruppe zuzuordnen sind. Darüber hinaus sind durch natürliche Bevölkerungsveränderungen Altersgruppen in das obere Alterssegment gerückt, die mehr Erfahrung im Umgang mit digitalen Technologien besitzen. Obwohl davon ausgegangen werden kann, dass die Gruppe kleiner geworden ist, lassen sich jedoch keine Aussagen darüber treffen, wie umfangreich sie ist, da die Aktualisierung aufgrund von begrenzten finanziellen Ressourcen nur mittels Online-Erhebung erfolgen konnte. Der Typ „Digital Illiterates“ musste daher aus der Typologie genommen werden. Eine weitere Änderung betrifft die Bezeichnung der vormaligen „Interessiert-Konservativen“, die aufgrund der zugrundeliegenden Milieumerkmale nun als „Pragmatisch-Interessierte“ bezeichnet werden.

Die folgende Abbildung zeigt die Veränderungen der Typologie von der pro:motion-Typologie aus 2015 hin zur pro:NEWmotion Typologie 2023:



Quelle: INTEGRAL, Onlineinterviews, rep. öst. Wohnbevölkerung, 14-75 Jahre, n=1.013
Studie 7158 – AP 3 – April 2023

Abbildung 2-32: Veränderung Typen 2015-2023

Die Typologie lässt sich dem ©SINUS-Milieumodell wie in der folgenden Abbildung grob zuordnen, wobei das neue Milieu der „Progressiven Realisten“ keinen dominierenden Typzusammenhang aufweist, sondern sich auf Spontan – On the Go, Hoch informierte Nachhaltigkeit sowie Pragmatisch-Interessierte aufteilt.

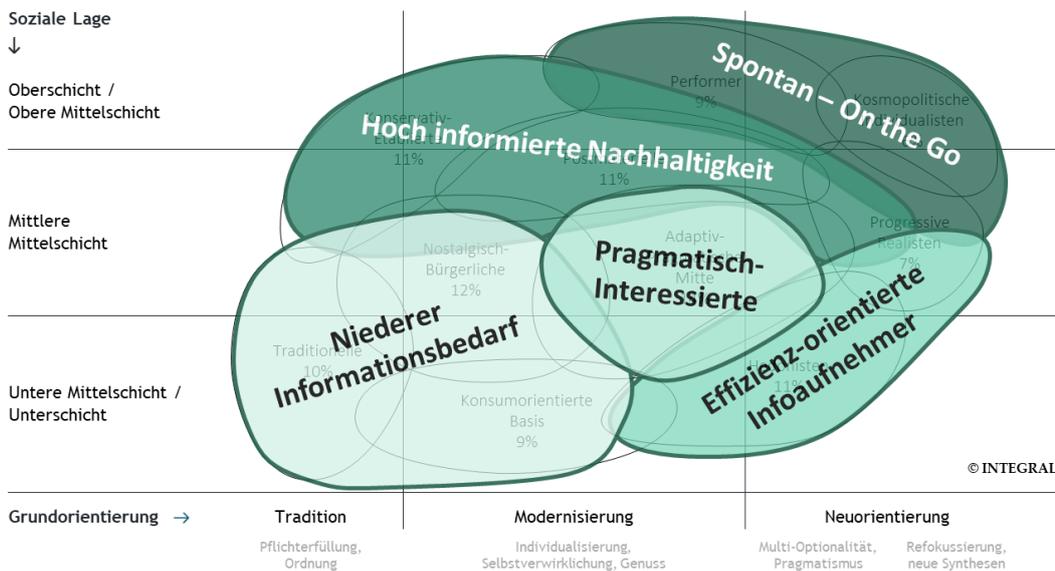


Abbildung 2-33: Verschneidung pro:NEWMotion.-Typologie mit Sinues-Milieus

Im Vergleich zur ursprünglichen pro:motion Typologie sind nach der Aktualisierung herkömmliche soziodemografische Merkmale noch weniger aussagekräftig, da es kaum typspezifische Gender- oder Altersausprägungen gibt. Die **Schlüsselmerkmale der pro:NEWMotion Typologie** sind:

- Spontan – On the Go sind als einzige etwas stärker männlich geprägt, sind aber nicht mehr der jüngste Typus, da die vormals jüngste Gruppe älter geworden ist und auch der

Aufschwung der digitalen Kompetenzen durch die Pandemie bei älteren Menschen zu einer vermehrten Nutzung digitaler Mobilitätsservices geführt hat.

- Der Typ Hoch Informierte Nachhaltigkeit ist nach wie vor im etablierten, höher gebildeten Segment zu finden. Bedingt dadurch sind auch die darin vertretenen Altersgruppen eher im höheren Erwerbssalter verankert. So wie Spontan – on the Go sind sie im urbanen Bereich, vor allem in Wien zuhause.
- Effizienz-orientierte Infoaufnehmer haben keine ausgeprägten soziodemographischen Merkmale und können überall und in jeder Bevölkerungsgruppe auftreten. Lediglich in der Gruppe derer im mittleren Erwerbssalter sind sie etwas überrepräsentiert.
- Pragmatisch-Interessierte (vormals Konservativ-Interessierte) sind nun die jüngste Gruppe, die mit Krisen und digitalen Medien groß geworden sind und sich aufgeschlossen und anpassungswillig zeigen. Sie leben vor allem in mittelgroßen Siedlungen mit moderater Auswahl an Alternativen oder Hoffnung auf neue Mobilitätsservices.
- Die Gruppe namens Niederer Bedarf ist der älteste und ländlichste Typus.

Da bei der Neuauflage der Typologie sogenannten neuen Mobilitätsdienstleistungen besondere Beachtung erteilt wurde, wurden typspezifische Wechsellpotenziale zu entsprechenden Angeboten (konkret: free-floating und stationäre Car-Sharing-Angebote, free-floating Bike- und e-Scooter-Sharing, Anrufsammeltaxis, Rufbusse und das Klimaticket) mit Hilfe von Choice Experimenten untersucht. Neue Mobilitätsdienstleistungen werden von fast allen Typen nur mäßig genutzt, nur die Pragmatisch-Interessierten fallen durch ein breites Spektrum an bereits zumindest getesteten neuen Angeboten auf.

- In allen Kategorien neuer Mobilitätsservices haben Pragmatisch-Interessierte überdurchschnittlich oft das Angebot zumindest bereits einmal getestet, damit stellt sich diese Gruppe als der aufgeschlossenste Typ heraus.
- Lediglich beim Klimaticket liegt die Nutzung bei Pragmatisch-Interessierten nur im Durchschnitt. Das kann auch daran liegen, dass das Klimaticket auf dieser Ebene mit den anderen Angeboten nicht vergleichbar ist, da es nicht ohne großen finanziellen Aufwand nur kurz einmal „getestet“ werden kann. Anders als andere Services wird das Klimaticket daher offenbar weitgehend als Ersatz anderer Zeitkarten genutzt, lockt aber keine neuen Kunden in dieser Gruppe an. Möglichkeiten, ein Klimaticket für einen beschränkten Zeitraum vergünstigt testen zu können, würden den Einstieg eventuell erleichtern.
- Bei Spontan – on the Go und Hoch-informierte Nachhaltigkeit wird das Klimaticket überdurchschnittlich genutzt – bei ersteren vor allem durch die wesentlich einfachere und flexiblere Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln, bei zweiteren trägt auch der Umweltschutzgedanke wesentlich zur Nutzung bei. Beide Gruppen gehören zu den höher

Gebildeten und damit häufig auch Besserverdienenden, wodurch die finanzielle Barriere weniger gegeben ist als bei anderen Gruppen.

- Der Niedere Bedarf ist allen neuen Angeboten gegenüber eher nicht aufgeschlossen und hat daher auch kaum Erfahrung mit diesen Services.

Auf den folgenden Seiten werden die Merkmale der pro:NEWmotion Typen dargestellt.

In % Senkrechte Prozentuierung		Gesamt	Spontan - On the go	Hoch informierte Nachhaltigkeit	Effizienz-orientierte Infoaufnehmer	Pragmatisch- Interessierte	Niederer Bedarf
	 überdurchschnittlich						
	 unterdurchschnittlich						
Geschlecht							
männlich	49	58	48	45	53	47	
weiblich	51	42	52	55	47	53	
Alter							
14 bis 29 Jahre	22	22	25	20	29	11	
30 bis 44 Jahre	26	32	17	33	29	22	
45 bis 59 Jahre	28	19	37	24	22	38	
60 bis 75 Jahre	23	28	21	23	20	28	
Durchschnittsalter	~45 J.	~44 J.	~46 J.	~45 J.	~42 J.	~49 J.	
Bildungsgrad							
Pflichtschule	25	18	27	23	27	26	
Lehre	29	22	23	28	29	37	
Mittlere (Fach-)Schule	16	14	12	18	17	17	
Matura	16	15	18	15	17	12	
Uni/FH,..	15	31	21	16	9	8	
Wohnortsgröße							
Bis 5.000 EW	41	36	43	35	41	49	
Bis 20.000 EW	18	11	13	17	23	20	
Bis 50.000 EW	5	5	2	6	7	2	
Über 50.000 EW o.W.	14	25	14	14	10	13	
Wien	23	22	28	28	19	16	
Wohnstandort							
Innerhalb einer großen Stadt	29	36	32	33	25	23	
Am Rand oder im Umkreis einer großen Stadt	8	11	10	9	5	6	
Innerhalb einer mittleren Stadt	7	7	3	6	11	5	
Am Rand oder im Umkreis einer mittleren Stadt	6	3	4	7	8	4	
kleinen Stadt/ Gemeinde abseits größerer Städte	36	38	34	32	36	42	
Ländlich außerhalb von Siedlungen	15	5	16	13	16	20	

Lesebeispiel: 58% der Spontan - On the go sind Männer, 42% Frauen.

Quelle: INTEGRAL, Onlineinterviews, rep. öst. Wohnbevölkerung, 14-75 Jahre, n=1.013
Studie 7158 – AP 3 – April 2023

Abbildung 2-34: pro:NEWMotion sozioregionale Typcharakteristika

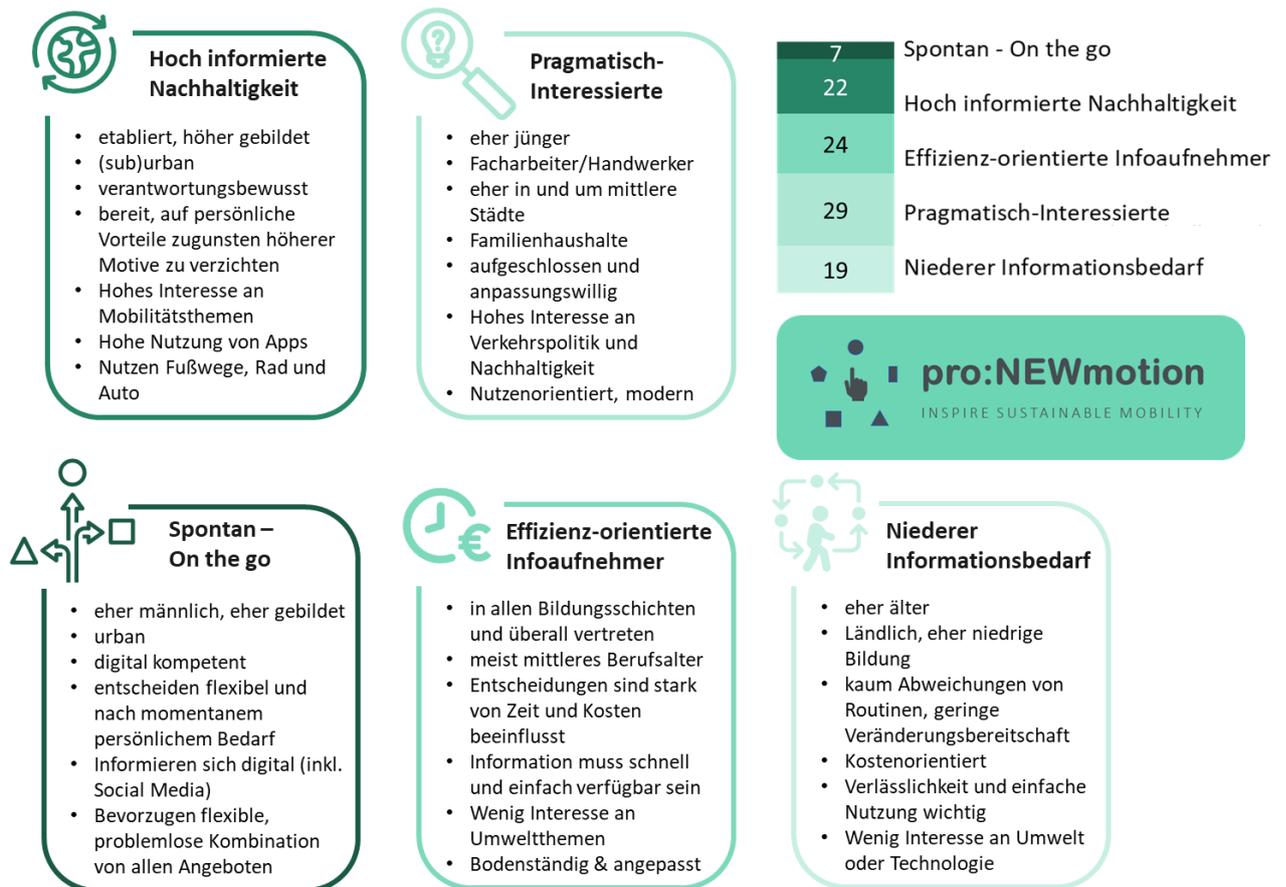


Abbildung 2-35: Verteilung und Kurzprofile der fünf pro:NEWmotion Typen.

(Onlineinterviews, repräsentativ für die österreichische Wohnbevölkerung, 14-75 Jahre, n=1.013)

2.3.6 Befragung und Anreize zur Akzeptanz des Konzeptes

Um das Interesse an neuen Services an Autobahnanschlussstellen, wie automatisierte Parklösungen, autonome Shuttles, Sharing-Lösungen und deren Informationskanäle, abzuschätzen, wurde eine Online-Befragung zur Nachfrageanalyse im Raum Klagenfurt und der weiteren Umgebung durchgeführt. Ziel war es wesentliche Einflussfaktoren auf potenzielle Verhaltensänderungen zu analysieren und entsprechende Ersteinschätzungen zu Akzeptanzen herauszuarbeiten, die im weiteren Projektverlauf im Zuge der Simulationsmodelle zur Potentialabschätzung neuer Dienstleistungen an Anschlussknoten herangezogen werden konnten.

Die Online-Befragung wurde in Abstimmung mit allen Konsortialpartnern und Auftraggebern von AIT konzipiert und zwischen Juli und September 2024 durchgeführt. Von den insgesamt

995 vollständig ausgefüllten Fragebögen bezogen sich **685 Fragebögen** direkt auf die Routen zum Anschlussknoten Klagenfurt West. Die restlichen **310 Fragebögen** dienten zur allgemeinen Erfassung von Einstellungen und Präferenzen der Befragten im Hinblick auf ihre Mobilitätsbedürfnisse und -präferenzen. Unter allen Teilnehmenden wurden als Anreiz drei Gewinner eines Kärnten Tickets per Zufallsgenerator ermittelt.

2.3.6.1 Allgemeines Befragungskonzept: SP-off-RP mit MyTrips

Bei der Befragung kam das vom AIT entwickelte Tool **MyTrips** zum Einsatz (Rudloff & Straub, 2021). MyTrips ist ein maßgeschneidertes Softwarewerkzeug zur Durchführung von Mobilitätsbefragungen mit dem Fokus auf Fragestellungen zu Änderungen in Mobilitätssystemen, wie z.B. die Einführung neuer oder neuartiger Verkehrsmittel, Infrastrukturänderungen, oder die Änderung von Steuern / Preisen. Das Ziel von MyTrips ist dabei die **Bewertung von Einflussfaktoren zur Verhaltensänderung**.

Zentrale Methodik von MyTrips ist die Kombination der Befragungsmethoden Stated Preference (SP, angegebene Präferenz, z.B. als Antwort auf die Frage, ob man Ride-Sharing nutzen würde) und Revealed Preference (RP, offenbarte Präferenz, z.B. aus einem Mobilitätstagebuch) zu **SP-off-RP**. Dabei werden SP-Fragen auf Basis von zuvor erhobener RP erstellt:

- **RP: derzeitiges Mobilitätsverhalten** der befragten Person
- **SP-off-RP:** Routen- bzw. Verkehrsmittelwahlfragen in Form von je zwei Varianten für einen Weg die sich z.B. im Verkehrsmittel, Route oder Kosten unterscheiden:
 - **Variante A** bildet das erhobene **bisherige Verhalten** ab
 - **Variante B** ist eine **Alternative auf Basis der zu untersuchenden Änderungen im Mobilitätssystem**

Dieser Ansatz ist zwar aufwändiger als reine SP-Befragungen, hat aber den Mehrwert, dass zu erwartende Verzerrungen, die z.B. dadurch entstehen, dass die Änderungen im Mobilitätssystem oft schwer vorstellbar sind, verringert werden. Dadurch, dass diese Änderungen für die Befragten in den jeweils eigenen Kontext (z.B. Orte, verfügbare Verkehrsmittel, ÖV-Verbindungen, etc.) gesetzt werden sind sie individuell leichter vorstellbar. Die Wahl der Antwort hat damit eine höhere Aussagekraft.

Eine **MyTrips-Befragung besteht aus vier aufeinander folgenden Schritten** (siehe Abbildung 2-36), wobei das SP-off-RP-Werkzeug (türkis) um klassische SP-Teile zur

Erhebung von Haushalts- und Personenmerkmalen (grau) ergänzt wird. Aus Sicht der Befragten ist es eine unterbrechungslose Umfrage, da die Routenberechnung zur Erstellung der Routenwahl-Fragen parallel zum zweiten Teil der Abfrage der Haushalts- und Personenmerkmale erfolgt.

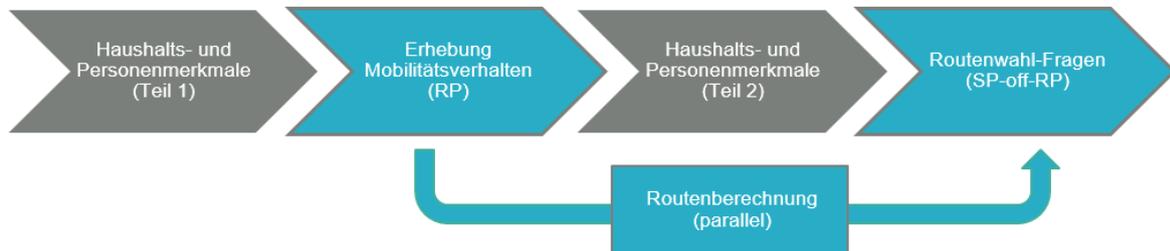


Abbildung 2-36: Ablauf einer MyTrips-Befragung mit SP-off-RP-Werkzeug und klassische SP-Teile zur Erhebung von Haushalts- und Personenmerkmalen.

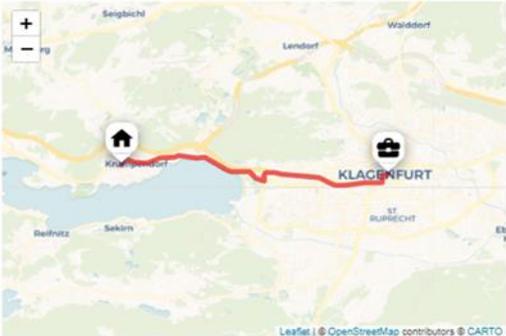
Für die Befragung wurde das AIT-Tool MyTrips (Rudloff C. & Straub M., 2021) so angepasst, dass die Befragung mit Hilfe von Limesurvey durchgeführt werden konnte. Im Fragebogen werden neben Angaben zur derzeitigen Mobilität und sozio-demographischen Abfragen vor allem Informationen zu den neuen, autonomen Services am Park an Ride Klagenfurt West gestellt. Für Personen, deren Wege am P&R Klagenfurt West vorbei führen, werden während der Umfrage zusätzlich personalisierte Stated Choice Fragen erstellt, bei denen ausgewählt werden kann, ob unter veränderten Rahmenbedingungen (z.B. Parkraumbewirtschaftung, erhöhte Staubildung in Klagenfurt) und mit neu verfügbaren autonomen Services (Valet Parking, autonomes Shuttle) das derzeitige Verhalten beibehalten wird oder ob alternative Routen inklusive der neuen Services gewählt würden (ein Beispiel für eine solche Routenauswahl ist in der folgenden Abbildung zu sehen).

Sie fahren von Ihrem Wohnort in die Arbeit.
Welche Variante würden Sie wählen?

Bitte stellen Sie sich vor, sie fahren ihre übliche Strecke nach Klagenfurt. Dabei bekommen Sie die Information über Ihre Verkehrsapp, dass die öffentlichen Parkplätze in Klagenfurt zu 95% ausgelastet sind.

Route A

Sie legen die Strecke **wie üblich mit dem Auto** zurück.

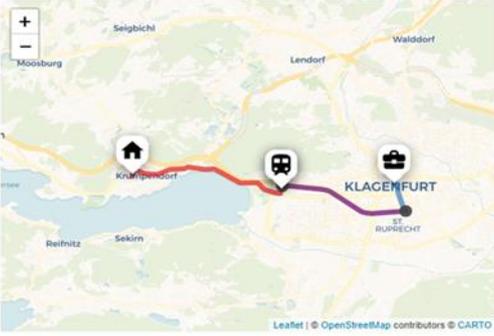


Reisezeit: **25 Minuten**

- Davon erwartete **Parkplatzsuchzeit durch hohe Parkplatzauslastung 7 Minuten**

Route B

Sie legen die Strecke **mittels Park & Ride** zurück



Reisezeit: **28 Minuten**

- Zeitersparnis P&R durch Valet Parking 3 Minuten** gegenüber herkömmlichem P&R
- Davon **Kfz: 10 Minuten**
- Davon **Öffentlicher Verkehr: 4 Minuten**
- Davon **zu Fuss: 14 Minuten**

Beim Valet Parking steigen sie bei Ihrer ÖV Haltestelle aus und das Auto parkt autonom.

Legende

Fußweg Tretroller Fahrrad E-Scooter Bus Straßenbahn Zug Auto	 Ihr Wohnort	 Arbeitsplatz	 Ausbildungsstätte	 Tagesausflugsziel
---	--	---	--	---

Abbildung 2-37: Auszug aus Online-Befragung: Stated Choice Fragestellung zur Routenwahl

Um die Routenauswahl zu ermöglichen, wurden neben der Integration von MyTrips in Limesurvey auch die notwendigen Änderungen im AIT-Router Ariadne und an den Algorithmen zur Berechnung optimaler Designs für das Stated Choice Experiment für die KASSA.AST Umfrage angepasst.

2.3.6.2 Allgemeine Auswertungen

Da die Rekrutierung der Befragten über die Kanäle des Projektkonsortiums sowie der LOI-Geber erfolgte und bspw. kein Marktforschungsinstitut hinzugezogen werden konnte, um eine nach demografischen Attributen ausgewogene Stichprobe zu garantieren. Auf Grund der gezielten Aussendung z.B. innerhalb des Lakeside Parks ist die Verteilung nicht repräsentativ für die Bevölkerung, sondern hat z.B. einen klar höheren Anteil an hoch gebildeten Personen und einen großen Anteil an berufstätigen Personen (Abbildung 2-38).

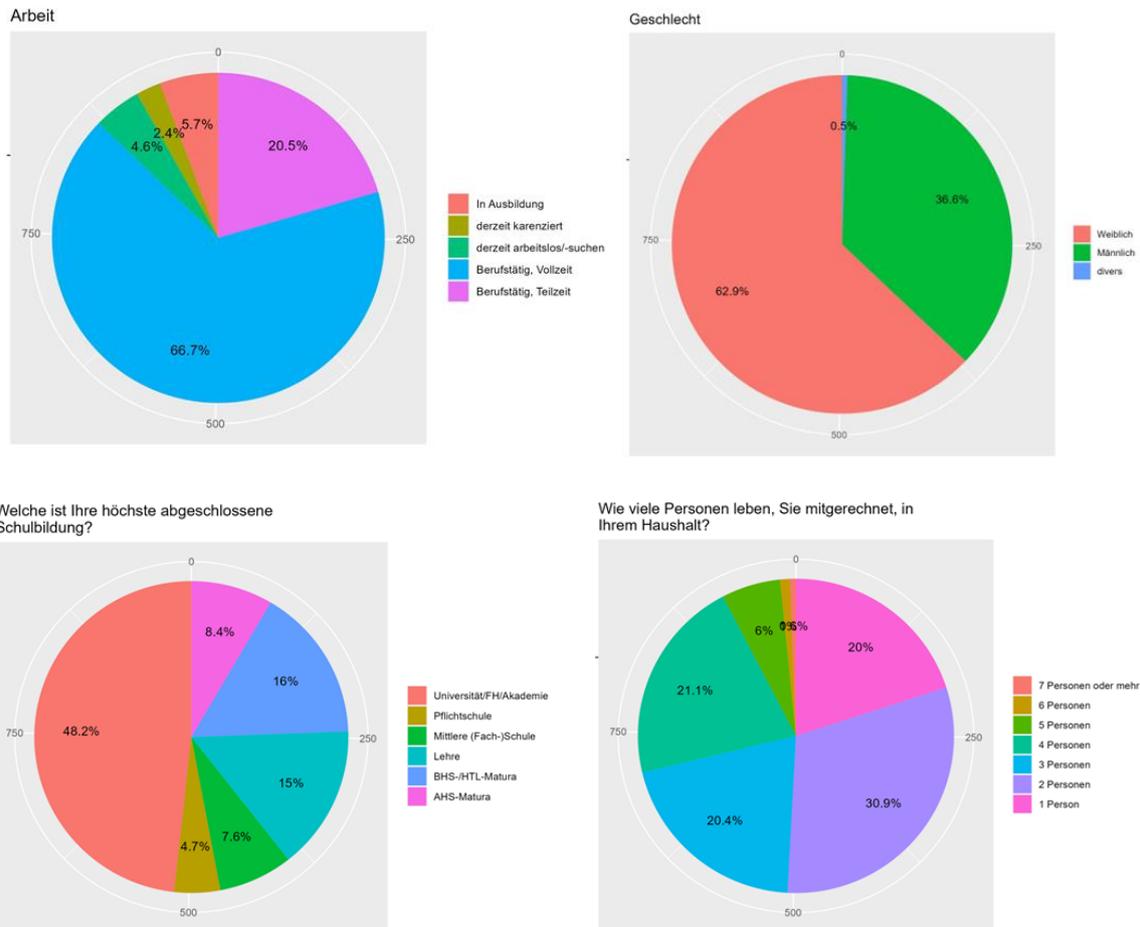


Abbildung 2-38: Zusammensetzung der Stichprobe

Die nachfolgenden Abbildungen geben Auskunft über die Wohn- und Aktivitätenstandorte der Befragten, sowie der auf den Alltagswegen genutzten P&R-Stationen im Raum Klagenfurt und der weiteren Umgebung. Dabei wird ersichtlich, dass die Wohn- und Aktivitätenstandorte über weite Teile Kärntens verstreut sind.

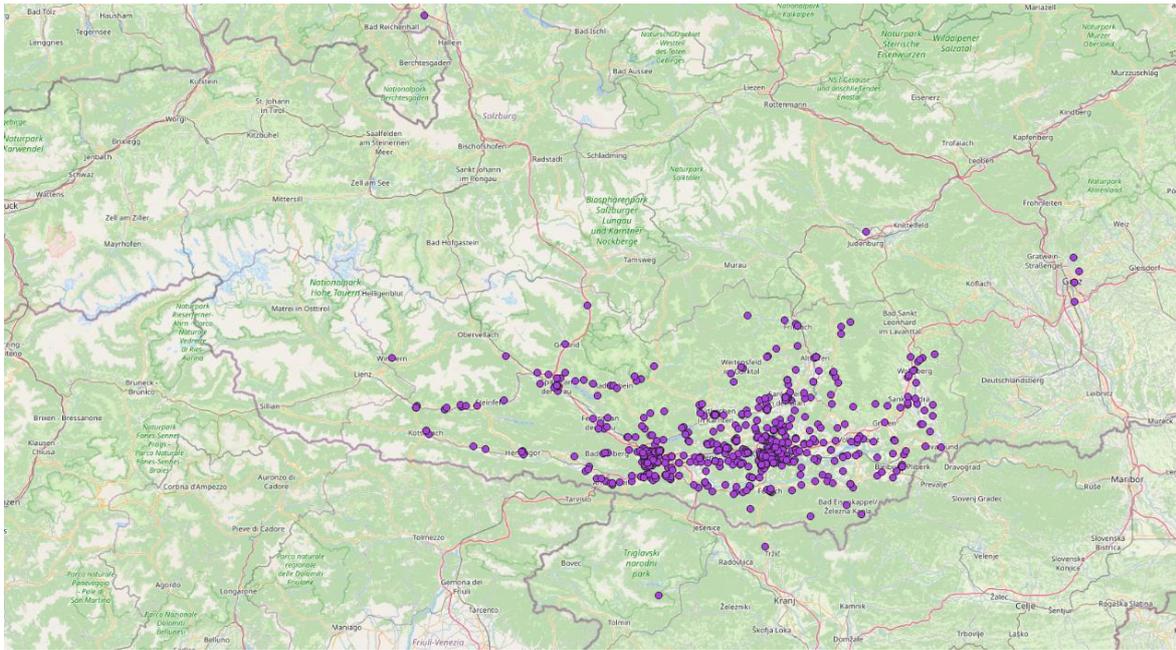


Abbildung 2-39: Wohnorte der Befragten

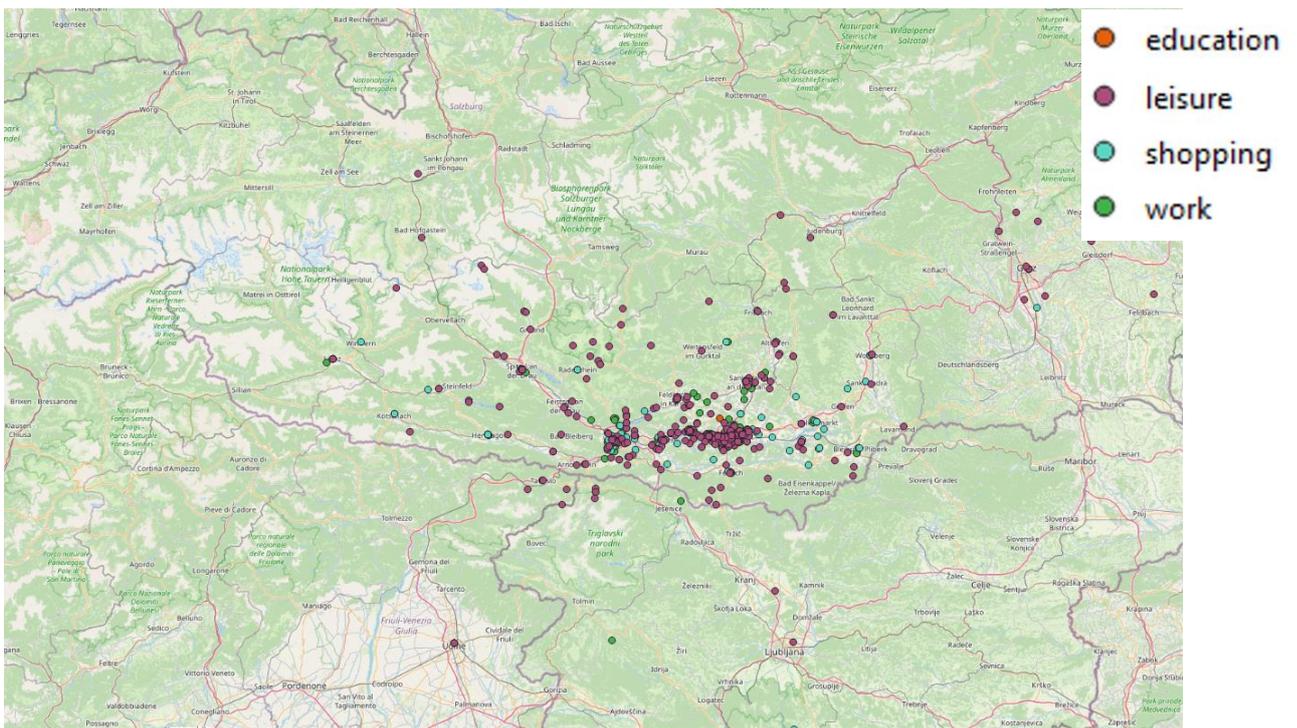


Abbildung 2-40: Aktivitätenstandorte der Befragten

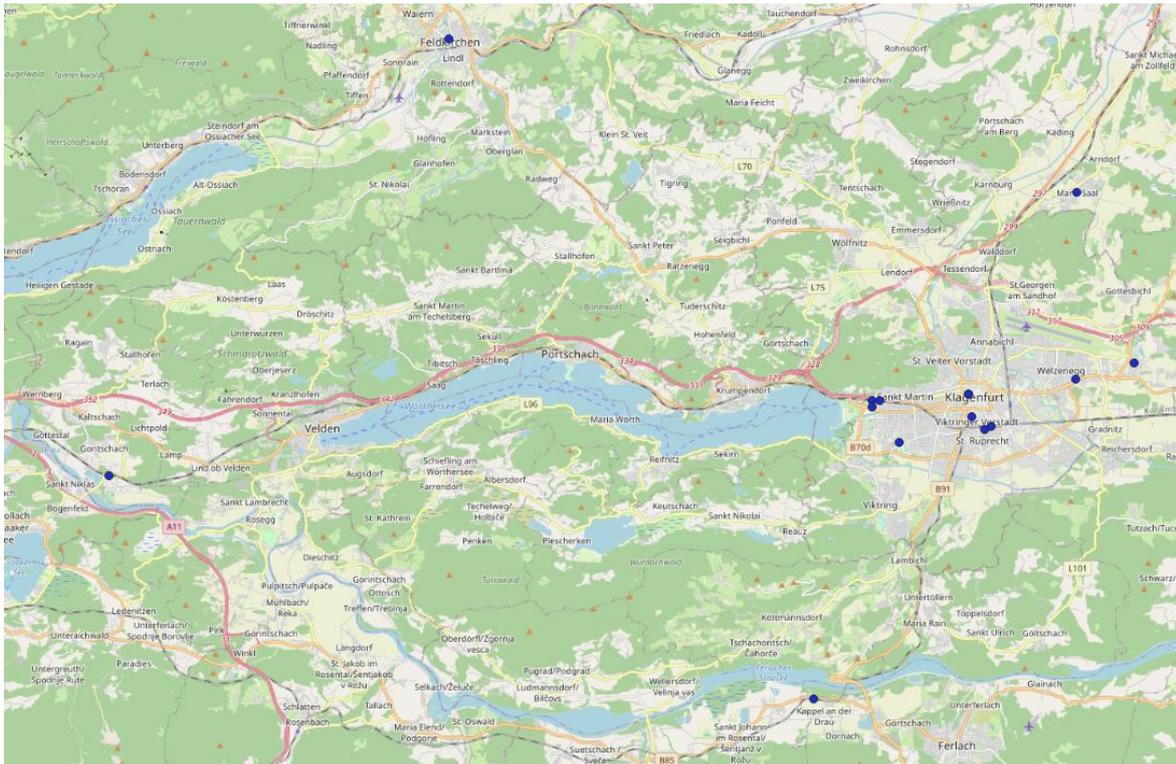


Abbildung 2-41: Derzeit Genutzte P&R Stationen

Ein sehr großer Anteil der Befragten hat einen Autoführerschein und ein relativ großer Anteil einen Motorrad-Führerschein. Das Kärnten Ticket ist die am weitesten verbreitete Zeitkarte mit höchstem Anteil an unter 25-jährigen. (Abbildung 2-42)

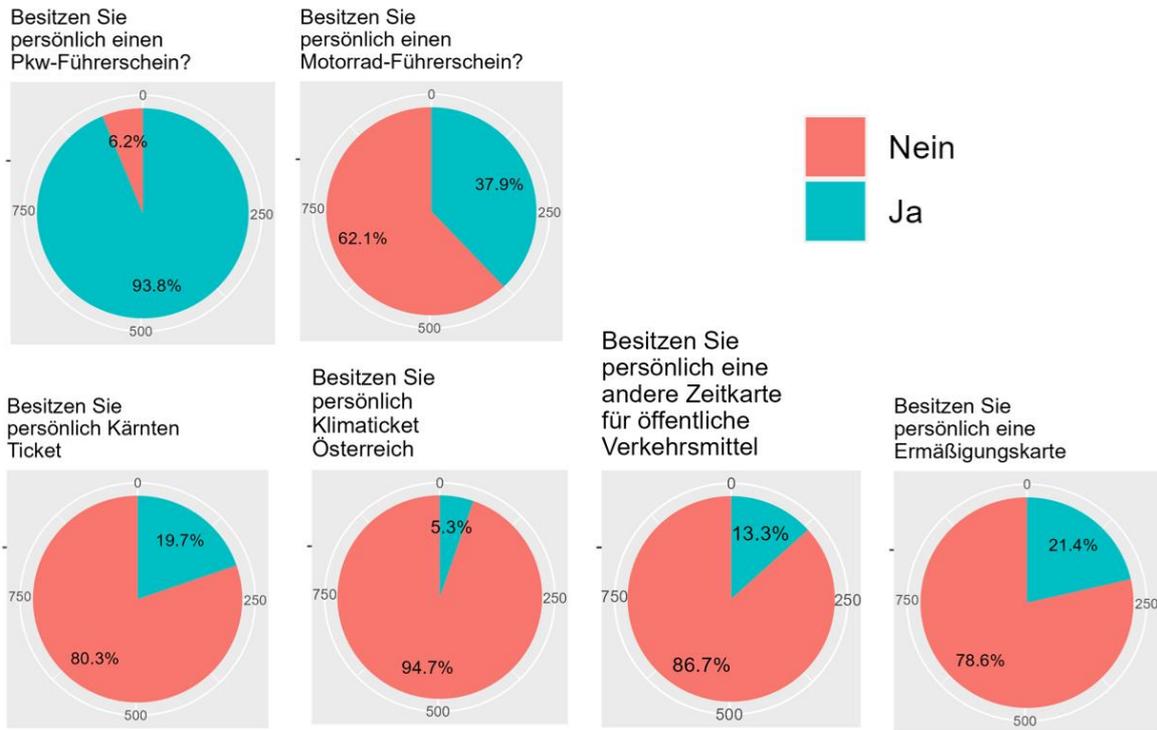


Abbildung 2-42: Führerschein und Zeitkartenverfügbarkeit

Bei der Haushaltsausstattung mit Verkehrsmitteln zeigt sich, dass Fahrräder und Autos in den meisten Haushalten vorhanden sind. E-Autos sind noch immer die Ausnahme. (Abbildung 2-43)

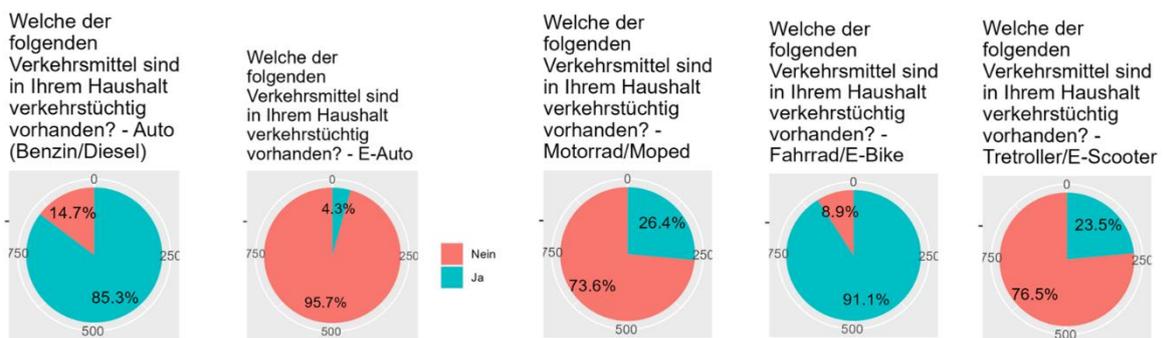


Abbildung 2-43: Haushaltsausstattung - Verkehrsmittel

Auswertung nach pro:NEWmotion-Typen und der Choice-Experimente

Da die Rekrutierung der Befragten über die Kanäle des Projektkonsortiums sowie der LOI-Geber erfolgte und bspw. kein Marktforschungsinstitut hinzugezogen werden konnte, um eine

nach demografischen Attributen ausgewogene Stichprobe zu garantieren, ergeben sich zum Teil deutliche Abweichungen bei der Verteilung der **pro:NEWmotion-Typologie** in der Befragung im Vergleich zur österreichischen Bevölkerung. Aufgrund der hohen Rücklaufquote und der allgemein hohen Plausibilität der angegebenen Routen kann jedoch von einer ausreichend genauen Auswertungsbasis ausgegangen werden.

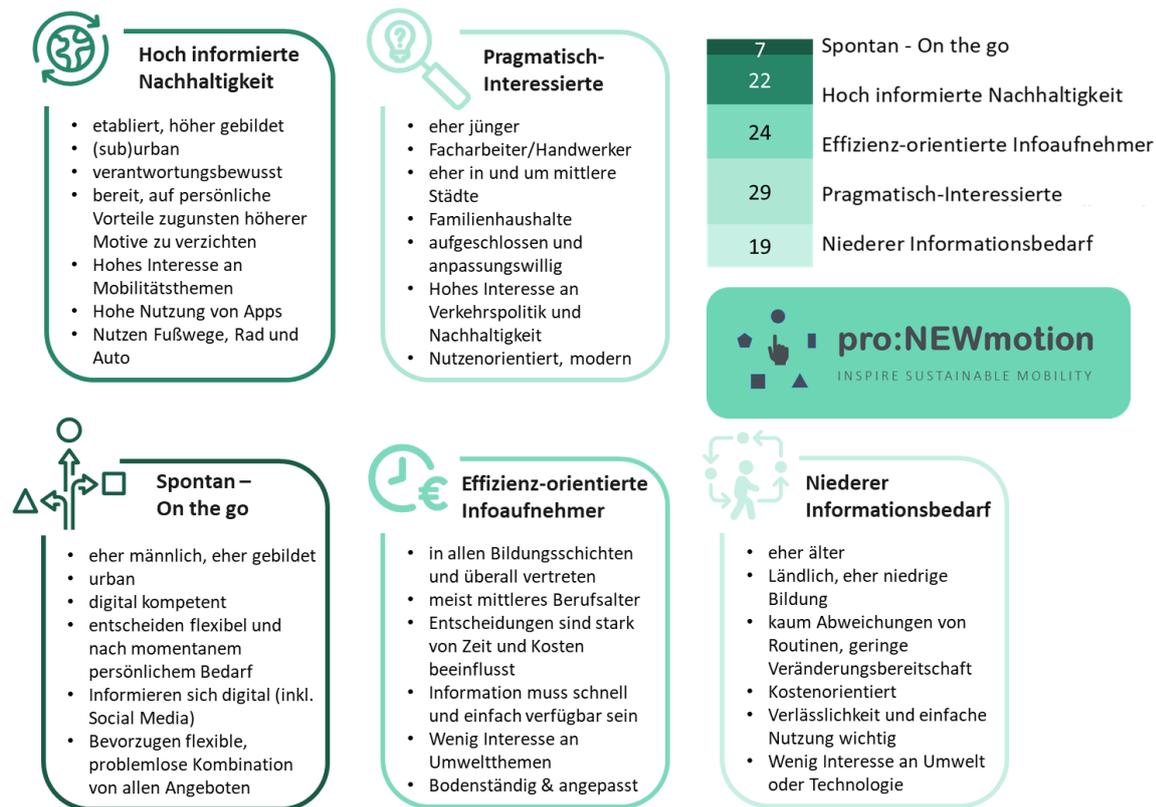


Abbildung 2-44: Einteilung der Befragten in die pro:NEWmotion Typologie und Verteilung in der österreichischen Gesamtbevölkerung

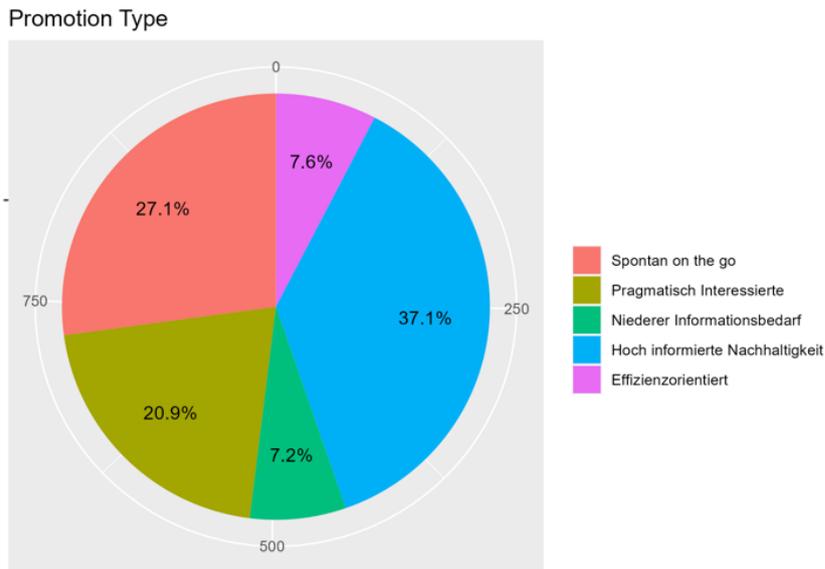


Abbildung 2-45: Verteilung der pro:NEWmotion Typen in der Befragung

Die folgende Abbildung zeigt die geäußerten Präferenzen, die das Interesse jeder Gruppe an den vorgeschlagenen Dienstleistungen im Bereich von Anschlussstellen angeben. Insgesamt äußerten die Teilnehmenden großes Interesse an der Nutzung automatisierter Shuttles sowie geteilten E-Bikes. Das Interesse an automatisiertem Valet-Parking und E-Scooter-Sharing war deutlich geringer. Die Daten verdeutlichen die Bedeutung der Segmentierung, da die Präferenzen zwischen den Gruppen erheblich variieren. Insbesondere die als „effizienzorientiert“ und mit „niedrigem Informationsbedarf“ kategorisierten Typen zeigten deutlich weniger Interesse an diesen Dienstleistungen.

Hätten Sie Interesse an der Nutzung folgender (automatisierter) Angebote im Bereich von Autobahnanschlussstellen oder Ortseinfahrten?

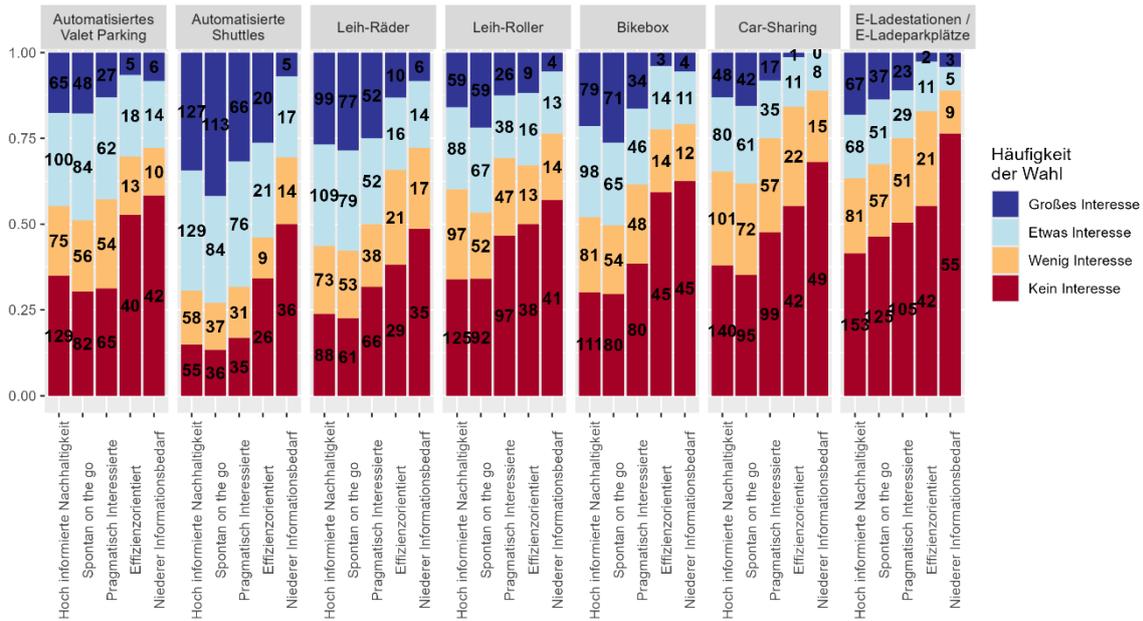


Abbildung 2-46: Interesse an Mobilitätsangeboten

Bezüglich der abgefragten Präferenzen zu möglichen Informationsservices ergibt ein besonders stark ausgeprägtes Interesse an Informationen zu An- und Abfahrtszeiten im öffentlichen Verkehr. Weiters werden Services zu Staumeldungen/Informationen zur Verkehrslage sowie Angaben zur Auslastung von P&R-Anlagen und Infos zur generellen Parkplatzverfügbarkeit über alle Informationstypen hinweg stark nachgefragt. Verfügbarkeiten zu E-Ladeinfrastrukturen, Leihfahrzeugen werden durchwegs und insbesondere bei den Gruppen der „effizienzorientierten Infoaufnehmer“ und „Niederer Informationsbedarf“ als deutlich weniger hilfreich eingestuft.

Wie hilfreich stufen Sie die folgenden Informationsservices ein, um Ihre Fahrten besser planen zu können?

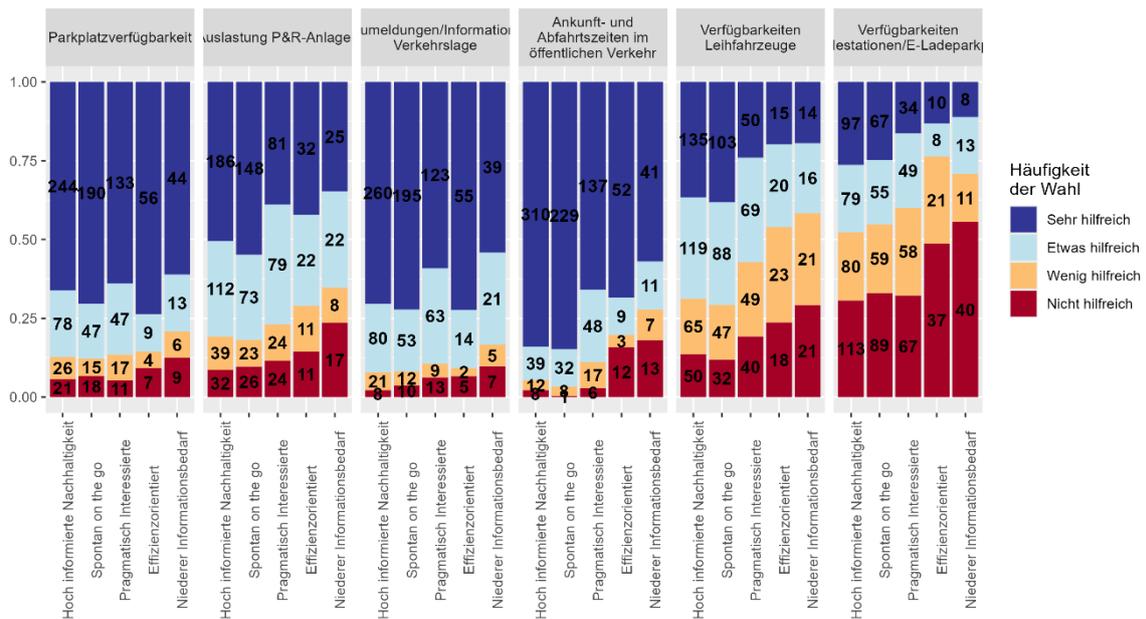


Abbildung 2-47: Interesse an Inhalten

Bei der Frage nach den Inhalten der Informationsservices wurde auch noch abgefragt in welcher Form die genannten Informationen am besten bereitgestellt werden sollten. Hierbei zeigt sich, dass dynamische Anzeigetafeln und Infobereitstellungen per Smartphone durchwegs als wichtig eingestuft werden, während Anzeigen am Auto-Display und der klassische Verkehrsfunk als etwas weniger wichtig klassifiziert werden.

In welcher Form sollen Ihnen die in der letzten Frage genannten Informationen am besten bereitgestellt werden?

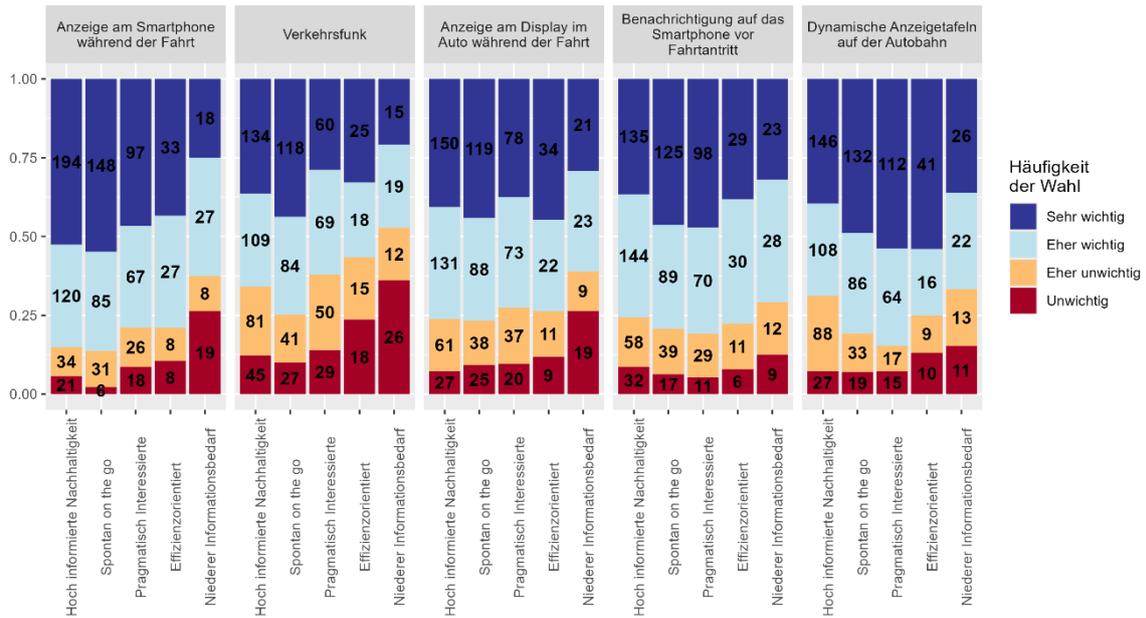


Abbildung 2-48: Gewünschte Informationskanäle

Darüber hinaus wurden mithilfe des SP-off-RP-Ansatzes reiserelevante Fragen individuell für jeden Teilnehmenden basierend auf deren Wohnort und Zielort angepasst. Die Hauptstrecke umfasste typischerweise das ursprünglich angegebene Verkehrsmittel (häufig das Auto), während die Alternativroute das Parken des Autos an der Autobahnausfahrt und die Nutzung eines alternativen Mobilitätsdienstes vorsah. Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass die Akzeptanz von Alternativen stark von der sozialen Gruppe beeinflusst wird.

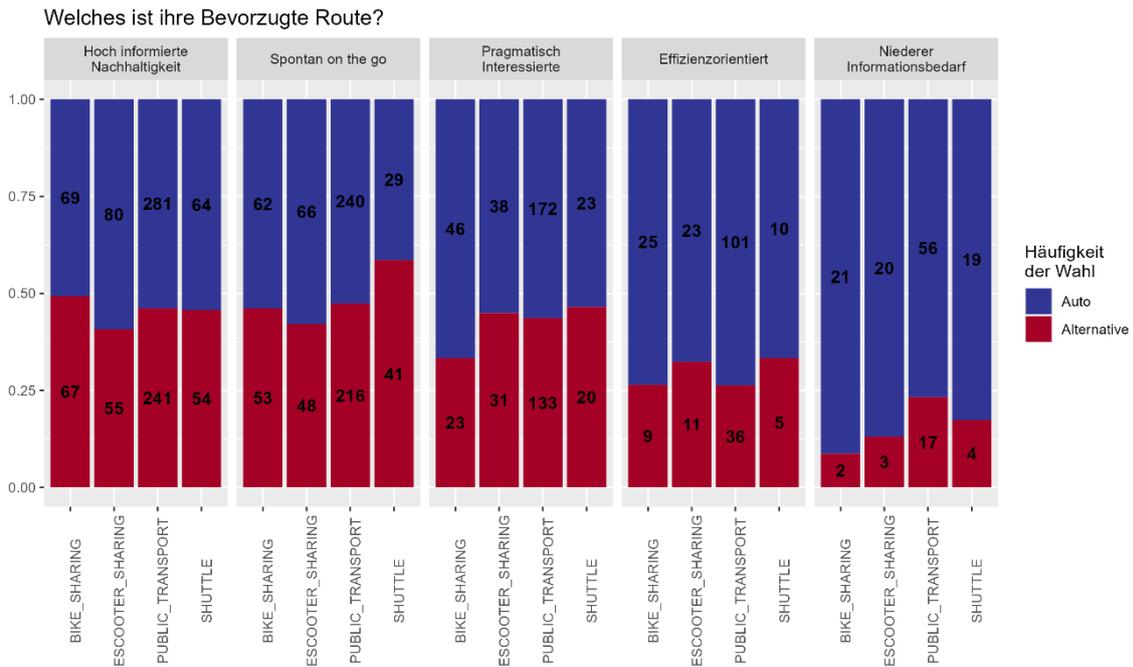


Abbildung 2-49: Ausgewählte Alternativen nach pro:NEWmotion-Typ

Die folgende Abbildung zeigt die Hauptfaktoren, die die Wahl zwischen der Original- und der Alternativroute beeinflussen. Komfort und Zeit stellten sich als die wichtigsten Gründe für die Beibehaltung der Originalroute heraus, während Umweltaspekte und Kosten die Hauptgründe für die Entscheidung zugunsten der Alternativrouten waren. Bemerkenswert ist, dass die Verteilung dieser Gründe konstant bleibt und nicht je nach gewähltem Verkehrsmittel oder sozialer Gruppe variiert. Zukünftige Forschungen werden sich auf den Einfluss des Parkens konzentrieren, da die Routenwahl-Fragen oft Varianten mit erhöhten Parkkosten und/oder -einschränkungen beinhalteten.



Abbildung 2-50: Gründe für die Wahl der Alternativen

2.3.6.3 Input für Verkehrsmodelle – Verkehrsmittelwahl

Um den Einfluss der Services auf die Verkehrsmittelwahl zu ermitteln wurde ein Verkehrsmittelwahlmodell aus den Daten des Choice Experimentes geschätzt. Die Parameterwerte sind in Abbildung 2-51 zu sehen.

```

Frequencies of alternatives:
      1      2
0.57478 0.42522

nr method
5 iterations, 0h:0m:0s
g'(-H)A-1g = 0.000152
successive function values within tolerance limits

Coefficients :
              Estimate Std. Error z-value Pr(>|z|)
eoi:valetParkingMinutesSaved -0.4876782 0.1203034 -4.0537 5.041e-05 ***
eoi:valetParkingCents 0.0091554 0.0061466 1.4895 0.136353
eoi:parkingSearchMinutes -0.0959080 0.0475393 -2.0174 0.043649 *
eoi:trafficJamsKlagenfurtDelayMinutes -0.0501684 0.0336571 -1.4906 0.136073
eoi:travelTimeMinutes -0.0224175 0.0131119 -1.7097 0.087321 .
sog:asc_escooter_sharing -0.4327694 0.2004534 -2.1590 0.030854 *
sog:shortStayParkingCentsPerHour -0.0377774 0.0320028 -1.1804 0.237825
travelTimeMinutes:sog -0.0388655 0.0063479 -6.1225 9.210e-10 ***
hin:asc_pt -0.3022438 0.1307739 -2.3112 0.020822 *
trafficJamsKlagenfurtDelayMinutes:hin -0.0215934 0.0122723 -1.7595 0.078489 .
hin:ptMinutes 0.0547593 0.0104541 5.2381 1.623e-07 ***
hin:carMinutesExtra 0.0462270 0.0114238 4.0465 5.198e-05 ***
travelTimeMinutes:hin -0.0237193 0.0072448 -3.2740 0.001060 **
asc_pt:pi 0.5181953 0.2097514 2.4705 0.013492 *
valetParkingMinutesSaved:pi -0.1263534 0.0478558 -2.6403 0.008283 **
travelTimeMinutes:pi -0.0455219 0.0083481 -5.4530 4.954e-08 ***
nb:asc_bike_sharing -2.3609201 0.7419829 -3.1819 0.001463 **
asc_pt:nb -1.2643512 0.2504859 -5.0476 4.474e-07 ***
asc_escooter_sharing:nb -1.9065614 0.6215641 -3.0674 0.002160 **
travelTimeMinutes:nb -0.0042363 0.0219195 -0.1933 0.846751
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log-Likelihood: -1609.7

```

Abbildung 2-51: Übersicht Parameter Verkehrsmittelwahlmodell

Hieraus lassen sich unterschiedliche Verhaltensweisen und Präferenzen in Bezug auf Mobilität für die verschiedenen Nutzergruppen ableiten:

- **Effizienzorientierte Infoaufnehmer:** Diese Gruppe legt besonderen Wert auf Effizienz und reagiert positiv auf Zeitersparnisse, die durch automatisierte Lösungen wie Valet-Parken ermöglicht werden. Während sie ähnlich wie andere Gruppen auf die reine Reisezeit reagiert, sind sie besonders sensibel gegenüber zusätzlichen Verzögerungen wie Parkplatzsuche oder Staus.
- **Hoch informierte Nachhaltigkeitsorientierte:** Für diese Gruppe ist der öffentliche Nahverkehr attraktiver als das Auto, da sie die Reisezeit im ÖV als vorteilhafter bewerten. Sie nehmen Stauzeiten als besonders negativ wahr und bevorzugen entsprechend nachhaltige und verlässliche Transportmittel.
- **Pragmatisch Interessierte:** Diese Gruppe bewertet Reisezeiten allgemein kritischer als andere und zeigt sich dem ÖV gegenüber grundsätzlich offen. Sie sind bereit, das Auto zugunsten des ÖV zu ersetzen, sofern dieser praktische Vorteile bietet.

- **Spontan – On the Go:** Personen dieser Gruppe bewerten Reisezeiten ebenfalls tendenziell negativ, allerdings weniger kritisch als die Gruppe der progressiv Interessierten. Sie treffen ihre Mobilitätsentscheidungen oft situativ und schätzen Flexibilität.
- **Nutzer mit niedrigem Informationsbedarf:** Diese Personen sind schwer von neuen Mobilitätsformen zu überzeugen und halten meist an ihrem gewohnten Verkehrsmittel, dem Auto, fest. Sie zeigen wenig Interesse an alternativen Transportmöglichkeiten und benötigen zusätzliche Anreize, um ihre Routine zu ändern.

3. ADMINISTRATIVE KONZEPTIONIERUNG

3.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Automatisierung und Digitalisierung der Mobilitätssysteme schreiten rasant voran. Allem voran Mobility-as-a-Service Systeme wie Wegfinder, Wien mobil, Jelbi usw., welche die technische und rechtliche Herausforderung inhärent gemein haben, dass viele Services zusammenspielen.

Das sind neben innovativen Parkkonzepten wie Valet Parking, teil-automatisierte Shuttles, Robotaxis aber auch Transport- und Lieferdienste, sowie First and Last-Mile Dienste. In vielen Fällen gibt es allerdings in der Umsetzung rechtliche Hürden, die mit dem noch nicht zur Gänze umgesetzten technischen Reifegrad der Konzepte einhergehen.

Im Folgenden soll im Rahmen des Projektes KASSA.AST, ein technisch-rechtlicher Rahmen beschrieben werden, der auf dem Konzept eines Mobilitätshubs aufsetzt. Die Integration und Umsetzung eines solchen soll es künftig erlauben, dass Autobahnanschlussstellen im städtischen und ländlichen Raum als Umsteigeknoten vom Individualverkehr (IV) auf öffentliche Verkehrsmittel (ÖV) gesehen werden.

Der **Mobilitätshub** vor Ort wird beschrieben als Mobilitätsstation um eine nahtlose Verknüpfung mit multimodalen Verkehrsmitteln zu erreichen, wobei der Hub unterschiedliche Dienste (Bahn, Carsharing, Bus, Scooter, etc.) miteinander verknüpft. Der Mobilitätshub bündelt diese Dienste zentral an einem Ort, um verschiedenen Dienstleistern (z.B. Betreiber öffentlicher Verkehrsmittel als auch private Dienstleister) die Möglichkeit zu geben, sich dort anzusiedeln.

Neben Car- und Bikesharing-Angeboten bietet der Mobilitätshub Radabstellmöglichkeiten, Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, Packstationen oder Schließfächer zur Aufbewahrung z.B. von Fahrradhelmen. Sie befinden sich häufig an oder in der Nähe von Knotenpunkten bzw. Bahnhöfen des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)¹. Das in Deutschland geförderte F&E Projekt „smartStations²“ wurde als Einstieg in die multimodale Mobilität gewählt. Im Projekt wurden Ideen und Visionen für die Haltestellen der Zukunft entwickelt. Diese „smartStations“ stellen eine Weiterentwicklung konventioneller Haltestellen und Mobilitätsstationen dar. Die Weiterentwicklung umfasst in dem Begriff neben den Diensten vor Ort auch die technischen Dienste (App) die an einem Mobility Hub angeboten werden. Im durchgeführten Projekt KASSA.AST wurde gemeinsam mit den Projektpartnern PLANUM und den weiteren Projektpartnern ein beispielhafter Mobilitätsknoten konzeptioniert, der zeigt, welche Dienste an einer Autobahnanschlussstelle miteinander kombiniert werden können. Im Kapitel 3 der Ausarbeitung, soll gezeigt werden, welche rechtlichen Rahmenbedingungen für den Mobilitätsknoten berücksichtigt werden müssen.

¹ <https://www.zukunft-nachhaltige-mobilitaet.de/hubs-und-mobilitaetsstationen/#:~:text=Definition%20und%20Ziele,zum%20privaten%20Pkw%20zu%20etablieren.>

² https://fops.de/wp-content/uploads/2020/07/700918_smartStation_Kurzfassung.pdf

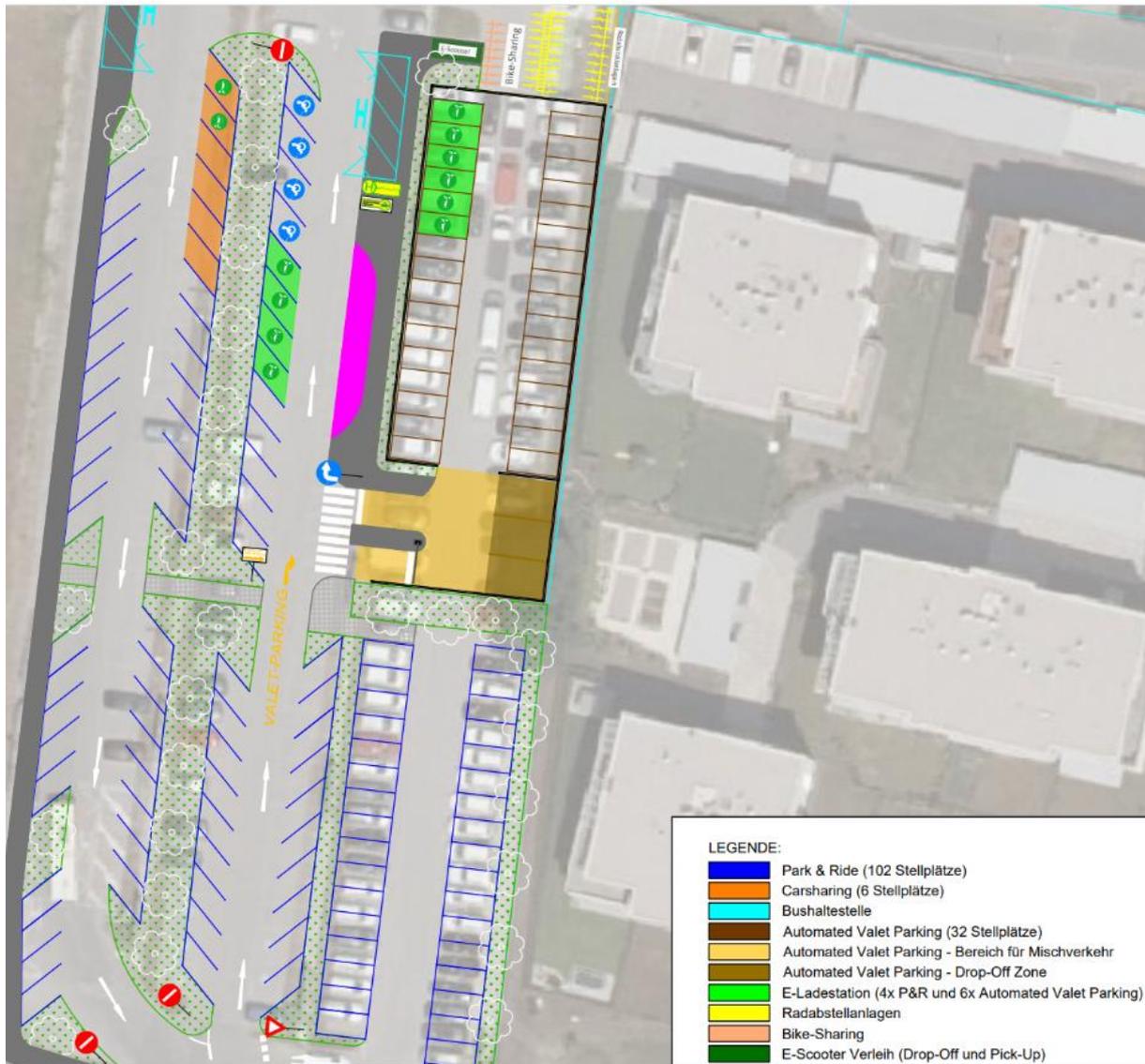


Abbildung 3-1 Beispielhafter Mobilitätshub in Grafenstein (Klagenfurt - Nord) Quelle: PLANUM)

Es gilt im vorliegenden Dokument unterschiedliche Dienste zu betrachten, die miteinander koexistieren können und deren rechtlicher Rahmen im Kontext des Mobilitätshubs erläutert wird. Neben der Kombination der unterschiedlichen Dienste ist in dem Projekt KASSA.AST ebenfalls die Übertragbarkeit dieses Kontextes auf andere Standorte mit ähnlichen Standortbedingungen von hohem Stellenwert.

3.1.1 Valet Parking und Smart Spaces

Die Vorbereitung von Anschlussstellen auf Automated Valet Parking (AVP) Lösungen und Smart Spaces wird in dem Projekt beleuchtet, wobei wir grundlegend zwei Typen AVPs unterscheiden: AVP Typ1 und AVP Typ2.

AVP Typ 1

Bei AVP Typ 1 bleibt die intelligente Lösung auf der Fahrzeug-Ebene; Sensoren, welche im Fahrzeug verbaut sind, ermöglichen es dem Fahrzeug einzuparken. Nachdem diese Lösung die technische Ausstattung der Fahrzeuge einbezieht, spricht man in dem Zusammenhang von Level 3 oder Level 4 Valet Parking Lösungen. Level 4 autonomes Parken und Fahren bezeichnet den Fall, wenn der Fahrer nicht mehr fährt und nicht mehr einschreiten muss. Level 3 geht hingegen davon aus, dass der Fahrer noch zur Übernahme aufgefordert werden kann, wenn das System danach verlangt.

Wir gehen in unserer rechtlichen Betrachtung zunächst von Level 4 Fahrzeugen aus, wie sie vom TÜV Rheinland geprüft und von Mercedes sowie dem Tier-1 Zulieferer Bosch entwickelt wurden.³ In Deutschland wurde Level 4 vollautomatisiertes Parken im Jahr 2022 durch das Kraftfahrzeugs- Bundesamt erteilt. Wir gehen in unserer rechtlichen Betrachtung davon aus, dass es sich um Fahrzeuge i.S. des §9a der AutomatFahrV 2 Nov. handelt. Demnach handelt es sich beim AVP-Typ 1 um ein System, das die Längs- und Querführung von Fahrzeugen der Klasse M1 übernehmen kann, um das Fahrzeug von einem Übergabepunkt bis zu einer Parklücke und zurück zu bewegen. Die maximal zulässige Geschwindigkeit beträgt dabei 10 km/h. Das AVP-Typ 1 darf von verschiedenen Akteuren, wie Fahrzeugherstellern, Entwicklern, Forschungseinrichtungen, Verkehrsunternehmen sowie Betreibern von Parkhäusern und Parkplätzen, getestet werden. Dabei ist der Test auf vordefinierte Gebiete, wie Parkplätze oder Parkhäuser, beschränkt. Sobald das System aktiviert wird, übernimmt es alle Fahraufgaben vollständig. Es muss daher in der Lage sein, sämtliche Fahrsituationen eigenständig zu bewältigen und kann dabei lediglich auf die Umfeldsensorik des Fahrzeugs zugreifen. Während das System aktiv ist, entfällt für die FahrerIn die Verpflichtung, den Lenkerplatz einzunehmen und die Lenkvorrichtung mit einer Hand festzuhalten. Zudem muss das System über eine Notfallvorrichtung verfügen, die bei kritischen Situationen das System zum Halten bringt.⁴

Grundsätzlich ist eine automatisierte Einparkhilfe in §10 der AutomatFahrV beschrieben und geht davon aus, dass eine Einparkhilfe als ein System gilt, welches die Fahraufgaben beim Ein- und Ausparken des Fahrzeugs mittels automatischer Lenkfunktion im Sinne der ECE-Regelung Nr. 79 übernehmen kann. Es darf ausschließlich für das Ein- und Ausparken genutzt werden. Bei Aktivierung des Systems werden einzelne oder alle Fahraufgaben während des Parkvorgangs auf das System übertragen, welches diese Aufgaben selbstständig bewältigen

³ https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20230306_OTS0134/fahrerloses-autofahren-und-parken-in-parkhaeusern-blaupause-fuer-weltweiten-rollout-foto

⁴ Bka.gv.at. "RIS - Automatisiertes Fahren Verordnung - Bundesrecht Konsolidiert, Fassung Vom 17.08.2024," 2024.

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009740>.

muss. Während das System aktiv ist, entfällt für den Fahrer die Pflicht, den Lenkerplatz einzunehmen und die Lenkvorrichtung mit mindestens einer Hand festzuhalten. Der Fahrer muss sich jedoch in unmittelbarer Nähe zum Fahrzeug aufhalten und den Parkvorgang überwachen. Zudem ist eine Notfallvorrichtung vorgeschrieben, mit der das System sofort deaktiviert oder übersteuert werden kann, um in kritischen Situationen schnell eingreifen zu können. Die Einparkhilfe darf ausschließlich nach den Vorgaben des Herstellers und bis zu einer maximalen Geschwindigkeit von 10 km/h eingesetzt werden. Sie ist auf allen Straßenarten erlaubt und kann in Fahrzeugen der Klassen M1 und N1 verwendet werden⁵

Grundsätzlich ist eine automatisierte Einparkhilfe in §10 der AutomatFahrV beschrieben und geht davon aus, dass eine Einparkhilfe als ein System gilt, welches die Fahraufgaben beim Ein- und Ausparken des Fahrzeugs mittels automatischer Lenkfunktion im Sinne der ECE-Regelung Nr. 79 übernehmen kann. Es darf ausschließlich für das Ein- und Ausparken genutzt werden. Bei Aktivierung des Systems werden einzelne oder alle Fahraufgaben während des Parkvorgangs auf das System übertragen, welches diese Aufgaben selbstständig bewältigen muss. Während das System aktiv ist, entfällt für den Fahrer die Pflicht, den Lenkerplatz einzunehmen und die Lenkvorrichtung mit mindestens einer Hand festzuhalten. Der Fahrer muss sich jedoch in unmittelbarer Nähe zum Fahrzeug aufhalten und den Parkvorgang überwachen. Zudem ist eine Notfallvorrichtung vorgeschrieben, mit der das System sofort deaktiviert oder übersteuert werden kann, um in kritischen Situationen schnell eingreifen zu können. Die Einparkhilfe darf ausschließlich nach den Vorgaben des Herstellers und bis zu einer maximalen Geschwindigkeit von 10 km/h eingesetzt werden. Sie ist auf allen Straßenarten erlaubt und kann in Fahrzeugen der Klassen M1 und N1 verwendet werden⁵

Für den Anwendungsfall AVP Typ1 müssen jedoch weitere haftungsrechtliche Überlegungen miteinbezogen werden, die einen Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug oder anderen Objekten klären können. Es ist davon auszugehen, dass in einer Level 4 Lösung innerhalb eines Mobilitätshubs die Passagiere, das Fahrzeug vor dem Einparkmanöver an einer Haltestelle verlassen werden und erst nach dem wieder Ausparken an der Haltestelle den Fahrer wieder abholen.

Weiters muss man für Level 4 autonomes Parken das Gesamtsystem im Kontext der Produkthaftung denken. Das Produkthaftungsrichtlinie⁶ stellt sicher, dass Hersteller und Betreiber von teil-automatisierten Shuttles für Schäden haften, die durch fehlerhafte Produkte oder Systeme verursacht werden. Alle Komponenten der autonomen Shuttles müssen

⁵ Bka.gv.at. "RIS - Automatisiertes Fahren Verordnung - Bundesrecht Konsolidiert, Fassung Vom 17.08.2024," 2024.

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009740>.

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0496>

höchsten Qualitätsstandards entsprechen. Die Richtlinie verlangt von Herstellern und Betreibern, proaktive Maßnahmen zu ergreifen, wie etwa Rückrufaktionen, wenn Mängel oder Risiken festgestellt werden, um weitere Schäden zu verhindern. Die Beweislastumkehr in der Produkthaftungsrichtlinie bedeutet, dass der Betreiber oder Hersteller nachweisen muss, dass kein Produktfehler vorliegt, wodurch der Schutz der Verbraucher gestärkt wird.

Die Produkthaftungsrichtlinie gilt für jede Software einschließlich Künstliche Intelligenz (KI) Systeme, die in dem Bereich zur Anwendung kommen. Sie stellt sicher, wenn eine fehlerhafte KI einen Schaden verursacht, dass der Geschädigte das Verschulden des Herstellers nicht nachweisen muss, wie bei jedem anderen Produkt. Weiters lässt sich daraus ableiten, dass nicht nur Hardwarehersteller, sondern auch Softwareanbieter, die mit der Funktion des Produkts in Zusammenhang stehen (z. B. ein Navigationsdienst in einem autonomen Fahrzeug), haftbar gemacht werden können. Dies gilt auch für bereits in den Verkehr gebrachte Produkte, wenn Änderungen durch Software-Updates oder maschinelles Lernen ausgelöst werden. Dies ist auf den Einzelfall abzustellen und muss fallbezogen beurteilt werden.

Für die Anschlussstelle ist im Projekt KASSA.AST im Besonderen relevant, dass es gesonderter ausgewiesener Flächen bedarf, die für das Valet Parking Typ 1 bestellt sind, sodass sich keine Personen in dem Bereich für das Parken aufhalten. Es sollte dediziert kein Mischverkehr auf den Verkehrsflächen ermöglicht werden, sodass das Risiko für Zwischenfälle reduziert wird.

Es müssen weiters Cybersecurity Maßnahmen getroffen werden, sodass die einzelnen Fahrzeuge nicht manipuliert werden können. Der Vorteil von AVP Typ1 Flächen, die dediziert für das Parken sowie für weitere intelligente Dienste verwendet werden liegt darin, dass es nicht zu externen Manipulationen wie in San Francisco bei Waymo kommen kann, wo Aktivisten einen Abgrenzungskegel auf dem Fahrzeug platzieren, um die Fahrzeuge zum Stillstand zu bekommen.^{7 8}

Es wird empfohlen, dass bei einer Zulassung von Level 4 autonomen Parken festgelegt werden muss, auf welchen Verkehrsflächen noch die StVO gilt und auf welchen Flächen dies nicht der Fall ist. Diese Fragestellung stellt sich in den Eingangsbereichen eines AVP Parkplatzes.. Die Kennzeichnung der Haltestellen oder Sammelpunkte für AVP Typ1 sind besonders wichtig, da sich keine Personen auf dem Zu-/Ausfahrtsgelände zum Valet Parking aufhalten sollen. Sowohl Zu- als auch Abfahrt müssen haftungsrechtlich gesondert behandelt werden, da sich in der Nähe des Zufahrtsbereich/Ausstiegsbereich Personen befinden können. Die Personen müssen sich daher auf ausgewiesenen Flächen vom Fahrzeug

⁷ <https://techcrunch.com/2023/07/06/robotaxi-haters-in-san-francisco-are-disabling-waymo-cruise-traffic-cones/?guccounter=1>

⁸ <https://fortune.com/2023/07/10/san-francisco-robotaxi-traffic-cone-waymo-cruise-cpuc/>

wegbewegen und erst nachdem es durch den Fahrer durch Einwilligung bestätigt wurde, können sich der Fahrer und Beifahrer vom noch haltenden Fahrzeug entfernen. Hier empfiehlt es sich, den Fahrer vorm Einparken darauf hinzuweisen, dass er alle persönlichen Wertgegenstände aus dem Auto entfernt, da er im AVP Valet Parking Bereich nicht darauf zugreifen kann.

Eine zentrale Rolle nimmt die KI-Verordnung (AI Act) bei der Verwendung von KI-Systemen ein. Der AI Act der EU ist eine umfassende Verordnung zur Regulierung von Künstlicher Intelligenz, die darauf abzielt, Sicherheit, Transparenz und ethische Standards in der Entwicklung und Nutzung von KI-Systemen sicherzustellen. Er kategorisiert KI-Anwendungen nach Risikostufen und fordert für hochriskante Systeme strenge Konformitätsbewertungen und Transparenzanforderungen.⁹

Dabei gilt folgende Definition: Ein „KI-System“ ist ein maschinengestütztes System, das für einen in unterschiedlicher Grade autonomen Betrieb ausgelegt ist und das nach seiner Betriebsaufnahme anpassungsfähig sein kann und das aus den erhaltenen Eingaben für explizite oder implizite Ziele ableitet, wie Ausgaben wie etwa Vorhersagen, Inhalte, Empfehlungen oder Entscheidungen erstellt werden, die physische oder virtuelle Umgebungen beeinflussen können¹⁰.

AVP Typ 1 würde unter den Bestimmungen des AI Act unter die Kategorie "Hochrisiko" fallen, da sie direkt Leib und Leben von Personen beeinflussen. Die Verordnung klassifiziert Systeme als hochriskant, wenn sie beispielsweise eine sicherheitsrelevante Funktion erfüllen, bei deren Versagen Menschen verletzt oder getötet werden könnten. Je nach Hersteller und Umfang der Software kann dies beim AVP Typ 1 erfüllt sein, womit sich folgende zusätzliche Aspekte ergeben.¹¹

- Ein zentraler Aspekt der KI Verordnung ist die Risikobewertung und Kategorisierung des Erstellers von KI-Systemen. Die Verordnung verlangt, dass alle KI-Komponenten nach ihrem Risiko klassifiziert werden, wobei hochriskante Systeme strengen Anforderungen unterliegen. Dies heisst, dass eine kontinuierliche Risikobewertung und Konformitätsbewertung durchgeführt werden muss. Dies erfordert ein systematisches Risikomanagement, das regelmäßige Audits und Risikoanalysen umfasst.¹²

⁹ caralegal: Datenschutzmanagement Software. "Die KI-Verordnung: Was Anbieter Jetzt Wissen Müssen," November 28, 2023. <https://caralegal.eu/blog/die-ki-verordnung-kommt-aktueller-stand-to-dos-fuer-anbieter/>.

¹⁰ Artikel 3 "L_202401689DE.000101.Fmx.xml," Europa.eu, 2024, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401689#d1e1892-1-1.

¹¹ Twobirds.com. "Impact of the EU's AI Act Proposal on Automated and Autonomous Vehicles," 2023. <https://www.twobirds.com/en/insights/2023/global/impact-of-the-eus-ai-act-proposal-on-automated-and-autonomous-vehicles>.

¹² Gestaltung der digitalen Zukunft Europas. "KI-Gesetz," July 2024. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/regulatory-framework-ai>.

Empfehlenswert für ein Fahrzeug AVP Typ 1 ist daher die Forderung einer bestehenden_Risikobewertungen vom Ersteller der KI-Komponenten innerhalb des Fahrzeugs, wobei dies auch mehrere sein können. Das Ziel ist durch die Bewertung als Hersteller von autonomen Fahrzeugen das Fahrzeugin Bezug auf das Gesamtrisiko der verwendeten KI-Komponenten einschätzen können.

- Daran anknüpfend fordert die KI Verordnung im Rahmen der Transparenz, dass die Funktionsweise der KI-Systeme dokumentiert und für die Nutzer verständlich gemacht wird. Das heißt, dass benutzerfreundliche Informationsportale entwickelt werden können, die den Nutzern detaillierte Erklärungen und visuelle Darstellungen der KI-Entscheidungsprozesse bieten. Zusätzlich sollte umfassende technische Dokumentationen erstellt und regelmäßig aktualisiert werden. Diese Transparenzanforderungen fördern das Vertrauen der Nutzer in die Plattform und gewährleisten die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben.¹³
- Die technische Robustheit und Zuverlässigkeit des KI-Systems sind weitere wesentliche Anforderungen der KI Verordnung. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen regelmäßige Last- und Stresstests durchführen, die die Leistungsfähigkeit der Plattform für Nutzer: innen unter verschiedenen Bedingungen überprüfen. Darüber hinaus sind Redundanz- und Failover-Strategien notwendig, um die Ausfallsicherheit der Plattform zu gewährleisten. Diese Maßnahmen sind entscheidend, um die Stabilität und Zuverlässigkeit der Plattform zu gewährleisten, auch bei hoher Auslastung. Empfehlenswert ist die Vereinbarung dieser Tests in Regelmäßigen Abständen, sofern sie vom Hersteller nicht angeboten werden.
- Schließlich fördert die KI Verordnung die Entwicklung standardisierter Schnittstellen (APIs), um die Interoperabilität und Integration verschiedener Systeme zu gewährleisten. Für die Verwendung von KI-System Software bedeutet dies, dass die Datenschnittstellen so konzipiert werden müssen, dass sie eine nahtlose Integration und Vernetzung der verschiedenen Mobilitätsdienste ermöglichen. Dies kann durch die Verwendung von standardisierten Datenformaten und Kommunikationsprotokollen erreicht werden. Diese Lösung knüpft auch an die Intelligente Verkehrssysteme (ITS) Richtlinie (2010/40/EU) an, welche fordert, dass AVP-Systeme interoperabel und auf standardisierten Kommunikationsprotokollen basieren. Dies erleichtert die Integration verschiedener Mobilitätsdienste und sorgt für einen reibungslosen Betrieb. Die

¹³ Oppenhoff. "Die KI-vo – Was Unternehmen Wissen Sollten." Oppenhoff. Oppenhoff, 2024. <https://www.oppenhoff.eu/de/news/detail/die-ki-vo-was-unternehmen-wissen-sollten/>.

Richtlinie legt Standardisierung und Interoperabilität der Daten fest.¹⁴ Es wird daher empfohlen beim Hersteller der Fahrzeuge auf die Einhaltung dieser Standards hinzuweisen.

AVP Typ 1 ermöglicht vollautomatisiertes Parken auf Level 4, bei dem das Fahrzeug eigenständig ohne Fahrereingriff manövriert. Die Technologie darf nur in speziell gekennzeichneten Bereichen wie Parkhäusern getestet werden, wobei strenge Anforderungen an Sicherheit, Cybersecurity und Produkthaftung gelten. Konformitätsprüfungen durchführen. Der EU AI Act und die ITS-Richtlinie fordern zudem Transparenz, Interoperabilität und technische Robustheit, um Manipulationen zu verhindern und den reibungslosen Betrieb zu gewährleisten.

AVP Typ 2

Beim AVP Typ 2, welches eine infrastrukturbasierte Lösung darstellt ist hingegen die Frage welche Regeln die Servicedienstleister eines infrastrukturbasierten Parkhauses zur Verfügung stellen. Es ist davon auszugehen, dass die StVO gelten muss, wenn sich Personen auf dem Gelände des AVPs aufhalten können. Die haftungsrechtlichen Überlegungen in dem Fall betreffen die Kollision mit Fahrzeugen, Gegenständen und Personen. Somit ist der AVP Typ 2 Fall auch sicherheitstechnisch als auch haftungsrechtlich anders abzubilden. Es müsse eigene Gehwege oder Streifen geben auf denen Personen gehen dürfen. Beim Verlassen der vorgesehenen Wege ist der Fußgänger auf eigene Gefahr unterwegs. Der AVP-Typ 2 ist für KASSA.AST vor allem wegen der infrastrukturbasierten Lösung (notwendige intelligente Lösung als zentraler Part der Infrastruktur) interessant.

Hinsichtlich der Thematik der intelligenten Dienste ist anzunehmen, dass zusätzlich Dienste um das Parken herum angeboten werden, wie Ladesäulenmanagement, Einkaufsmanagement, Bring- und Holdienste, Paketdienste, etc. Die Lösung des AVP Typ1 begünstigt ein Angebot dieser intelligenten Dienste, die man im Vorhinein oder während des Parkvorgangs nutzen kann.

Die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) und das Datenschutzgesetz (1999) bilden in Österreich den zentralen Rahmen für den Schutz personenbezogener Daten. Bei beiden AVP-Typen muss sichergestellt werden, dass Datenminimierung und Zweckbindung strikt eingehalten werden. Dies bedeutet, dass nur die für den Parkvorgang unbedingt notwendigen

¹⁴ Bmk.gv.at. "C-ITS Strategie Österreich," 2014.

https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/alternative_verkehrskonzepte/telematik_ivs/publikationen/cits_strategie.html.

Daten erhoben und verarbeitet werden dürfen. Es müssen zudem strenge Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, um die Daten vor unbefugtem Zugriff zu schützen. Nutzer haben ein Recht auf transparente Informationen über die Verarbeitung ihrer Daten sowie auf Auskunft, Berichtigung und Löschung ihrer Daten. Eine Datenschutz-Folgeabschätzung ist für AVP-Systeme vor allem dann erforderlich, wenn potenzielle Risiken für die Privatsphäre der Nutzer zu identifiziert worden sind.

Während AVP Typ 1 eine fahrzeugbasierte Lösung darstellt, bei der das Fahrzeug autonom parkt und dabei auf eigene Sensoren angewiesen ist, nutzt AVP Typ 2 eine infrastrukturbasierte Lösung, bei der die Infrastruktur mit Sensoren und Technologien ausgestattet ist. Die Lösung nach AVP Typ 1 ist rechtlich fordernder, da neben den EU Regulatorien wie der KI-Verordnung auch Haftungsfragen zu klären sind.

Im Unterschied zu AVP Typ 1, müssen bei AVP Typ 2 vermehrt Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, da hier potenziell Personen auf dem Gelände unterwegs sind. Dies erfordert spezielle Gehwege und klare Haftungsregelungen für Kollisionen. Beide Systeme unterliegen der DSGVO, wobei eine Datenschutz-Folgeabschätzung aufgrund der potenziellen Risiken für die Privatsphäre notwendig ist.

3.1.2 Teil-automatisierte Busse (Last-Mile- Transport)

Dazu zählen Busse, wie der in Pörschach betriebene Bus aus dem Show EU Projekt¹⁵, sowie der teil-automatisierte Bus in Koppl¹⁶, als auch der von den Wiener Linien betriebene Bus.¹⁷ In Hinblick auf diese teil-automatisierten Busse gibt es in der dritten Novelle der AutomatFahrV eine Regelung, die nun teilautomatisierte Busse unter §7 Automatisiertes Fahrzeug zur Personen-beförderung zusammenfasst. Das automatisierte Fahrzeug zur Personenbeförderung darf auf einer vordefinierten Teststrecke oder in einem vordefinierten Testgebiet getestet werden und eine maximale Geschwindigkeit von 30 km/h erreichen. Die Genehmigung des Testens erstreckt sich auf Fahrzeughersteller, Entwicklern von Systemen, Forschungseinrichtungen, Verkehrsunternehmen und Betreibern von Krafftahrlinien.¹⁸

Für den Use Case an der Anschlussstelle in Klagenfurt West gehen wir im Projekt KASSA.AST von einem teil-autonomen Bus der Fahrzeugklasse M3 sowie einem Fahrzeug auf SAE-Level 4 in einem definierten Betriebsbereich aus. Der definierte Betriebsbereich in Bezug auf die Straßeninfrastruktur ist zunächst der städtische Bereich (beschränkt mit 50 km/h), die

¹⁵ <https://www.suraaa.at/autonomes-shuttle/>

¹⁶ <https://www.digibus.at/>

¹⁷ <https://www.wienerlinien.at/auto-bus-seestadt>

¹⁸

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009740>

Autobahnauffahrt in Klagenfurt West und ein Teil der Bundesstraße (beschränkt mit 70 km/h)Abbildung anbei erkennen können.

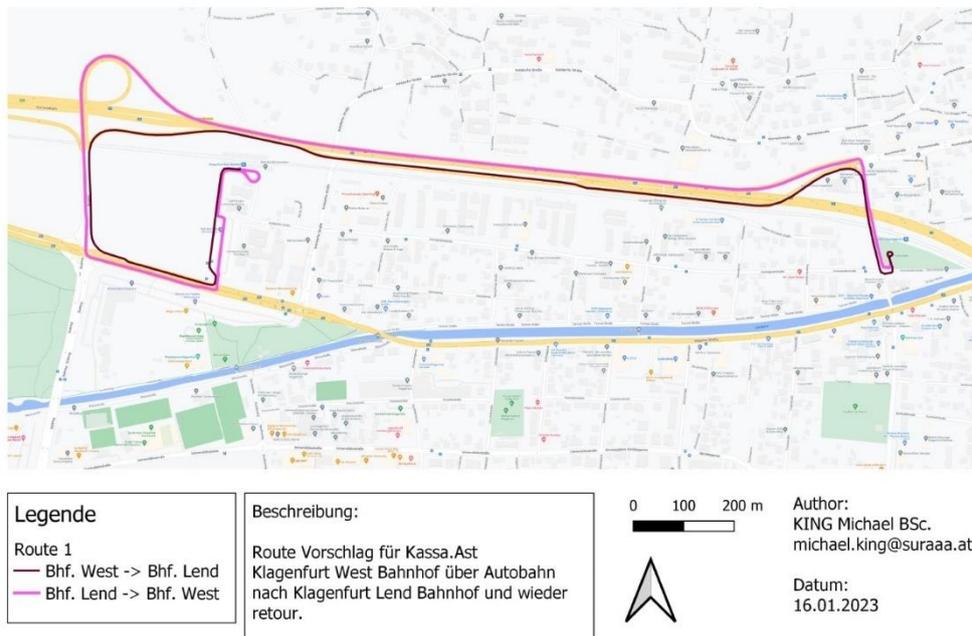


Abbildung 3-2 Beispielhafte Route für den Shuttle

Aus rechtlicher Perspektive ist zu klären, wie damit umgegangen wird, wenn der autonome Bus ohne Operator (Sicherheitsperson an Bord des Shuttles) die Straßeninfrastruktur benutzt. Um im Falle eines Zwischenfalls noch navigationsfähig zu sein, ist ein Tele-Assistenzbetrieb möglich. D.h. ist es dem Bus aufgrund eines Zwischenfalls nicht möglich autonom zu fahren, dann wird der Bus durch eine Person im Leitstand übernommen und gesteuert, um die Situation zu lösen. Hier müssen definierte Übergangsszenarien erarbeitet werden. Das genannte Verfahren bezeichnet man als "Remote Management" oder "Remote Assistance". Um diese Verfahren zu nutzen, gilt es zunächst aus rechtlicher Perspektive, die Möglichkeit für einen Testbetrieb auf öffentlichen Straßen zu schaffen. Tatsächlich kann man "Remote Management" bisher nur auf eine Testgelände testen.

Weiters, gilt es durch Folgeprojekte wie auto.GigaApp (Start: 01.25) zu ermitteln, mit welchem Verzug und welcher Bandbreite Shuttles dieser Art (Fahrzeugklasse M3) ferngesteuert werden können. Neben rechtlichen Fragen müssen Fragen zum Testen und Entwickeln, zur Finanzierung sowie zur Ausbildung des Fahrpersonals und des Personals in der Zentrale geklärt werden.

Im Rahmen des Projekts auto.Flotte wurden Stakeholder befragt, ob die Kostenersparnis ein Vorteil ist, um die Akzeptanz der Nutzer:Innen zu behalten. Entscheidet man sich für den Einsatz von Teleoperatoren, so sind jedenfalls auftretende Fragen im Zusammenhang mit dem

Arbeitsrecht zu klären. Insbesondere wichtig ist es dabei die Arbeitszeit von Operatoren, die im teilautomatisierten Betrieb als auch im herkömmlichen nicht automatisierten Betrieb einen Bus fahren, zu regeln. Diese Arbeitsregelungen, die sowohl im Arbeitnehmer:innengesetz stipuliert werden müssen, stellen sicher, dass das Personal unter fairen und sicheren Bedingungen arbeitet, was wiederum zur Zuverlässigkeit und Sicherheit der Dienste beiträgt. Folglich muss der Betreiber auch entsprechende Arbeitsmittel zur Ausführung der Arbeit zur Verfügung stellen.¹⁹

Die Novelle der AutomatFahrV legt die technischen Anforderungen und Zulassungskriterien für autonome Fahrzeuge fest. Fahrzeuge der Stufe 3 und 4, die für teil-automatisierte Shuttles eingesetzt werden, müssen strenge Tests bestehen, um ihre Sicherheit und Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Der Hersteller muss das Fahrzeug mit einem Datenspeicher ausrüsten, der im Falle von Unfällen ausgelesen werden kann. (§5 AutomatFahrV) Es muss eine Genehmigung [08] für die Testung auf öffentlichen Straßen eingeholt werden, um sicherzustellen, dass die teil-automatisierten Shuttles keine Gefährdung für andere Verkehrsteilnehmer darstellen. Die Strecke, auf denen die teil-automatisierten Shuttles verkehren, muss klar gekennzeichnet sein, um andere Verkehrsteilnehmer:Innen zu informieren und zu schützen. Beispielsweise müssen entlang der Route Hinweisschilder stehen, die andere Verkehrsteilnehmer:Innen auf die

Für den Autobahn Zubringer ist relevant, dass die AutomatFahrV als auch die StVO gilt. Beispielsweise darf gem. AutomatFahrV die Geschwindigkeit nur 30km/h betragen. Damit ist die Nutzung von teilautomatisierten Bussen auf dem Zubringer zur Anschlussstelle nicht möglich, da die notwendige Geschwindigkeit nicht erreicht wird.

Die Intelligente Verkehrssysteme (ITS) Richtlinie fordert, dass es im Straßenverkehr geeignete interoperable Schnittstellen gibt, die zu anderen Verkehrsträgern wie beispielsweise C-ITS fähige Kreuzungen geschaffen werden. Damit können beispielsweise teil-automatisierte Shuttles an stark befahrenen Kreuzungen Daten austauschen, was zu einem sicheren und reibungslosen Betrieb führt. Die Richtlinie legt Standardisierung und Interoperabilität der Daten fest und ermöglicht dadurch die Zusammenarbeit verschiedener Systeme und Akteure, wie etwa vernetzter Fahrzeuge, Infrastrukturbetreiber und Verkehrsleitzentralen, wodurch ein sicherer Verkehrsfluss gewährleistet wird.

¹⁹ Liebherr.com. "Arbeitsplatz Der Zukunft: Liebherr Remote Control Für Planiertrappen," 2020. <https://www.liebherr.com/de/int/aktuelles/news-pressemitteilungen/detail/arbeitsplatz-der-zukunft-liebherr-remote-control-f%C3%BCr-planiertrappen.html>.

3.1.3 Personentransport, Ridepooling und Carsharing

- Personenbeförderung (Uber)
- RidePooling (Postbus AG)
- Carsharing Wien Mobil

Personenbeförderungsangebote

Zunächst werden Personenbeförderungsangebote betrachtet, die im städtischen Bereich mehr Anforderungen an erhöhten Raum haben, da sie ein größeres Angebot an Parkplätzen benötigen. Die Betrachtung der Angebote (a-c) wird sich im Spezifischen mit der Flächensituation beschäftigen, und weiters welche rechtlichen Rahmenbedingungen für das Halten, das Aussteigenlassen, sowie Abstellen im Nahe-Bereich eines Mobilityhubs gelten. Aufgrund der StVO (§ 96 Abs 4 StVO 1960) dürfen Taxistandplätze nur von Taxifahrzeugen aus der jeweiligen Gemeinde benutzt werden. Daraus ergibt sich, dass für Uber Personenbeförderungsdienste, die Nutzung der Taxistandplätze untersagt ist. Für die Personenbeförderung durch Uber gilt, dass man überall dort halten kann, wo kein ausdrückliches Halte- und Parkverbot, sowie keine Ladezone gekennzeichnet ist. Da also für Personenbeförderungsdienste wie Uber spezifische Regelungen zur Nutzung von Haltezonen und Parkplätzen beachtet werden müssen ist es erforderlich, geeignete Kurzzeit-Halteflächen am Mobilitätshub bereitzustellen, um den Verkehr nicht zu behindern. Diese Haltezonen sollten klar gekennzeichnet und leicht zugänglich sein, um einen reibungslosen Ablauf der Personenbeförderung zu gewährleisten.

RidePooling Dienste

MOIA²⁰ ist ein on-demand Ridepooling-Anbieter mit Sitz in Deutschland. Beim Ridepooling werden mehrere Fahrgäste, die in eine Richtung möchten, gemeinsam befördert (gepoolt), wodurch die Zahl der Fahrzeuge und die Verkehrsbelastung im Straßenverkehr verringert wird. So können Parkplätze eingespart werden, Stau und Emissionen werden reduziert. Das Postbus Shuttle²¹ ist ein „On Demand-Ridesharing“ Produkt, in dem Zeitpunkt, Abholort und Fahrstrecke dynamisch koordiniert werden, um Fahrten mit ähnlichen Routen zu bündeln.

²⁰ <https://www.moia.io/de-DE/stadt>

²¹ <https://www.postbus.at/de/unsere-leistungen/postbus-shuttle>

Der Postbus Shuttle wird vom Semmering-Rax über Salzburg bis Kärnten in der Region Ossiach eingesetzt²², wobei es sich hier um eine Transportmöglichkeit für Touristen handelt. Das Angebot von naHallo ist ein innovativer Ridepooling-Dienst aus Niederösterreich, der Fahrgemeinschaften fördert und belohnt. Der Service wird über die ummadum-App angeboten. Die ÖBB bietet ebenfalls in Kooperation mit naHallo die Nutzung eines reservierten P&R Parkplatzes für längerfristiges Parken an²³ wodurch geeignete Halteflächen am Mobilitätshub zur Verfügung stehen, und damit das Angebot für P&R Gäste attraktiver wird.

Carsharing-Dienste und Free Floating

Carsharing-Systeme mit fixen Standplätzen garantieren eine Verfügbarkeit der Autos. Die Carsharing-Fahrzeuge stehen täglich rund um die Uhr bereit. Über die ganze Stadt verteilt gibt es fixe Standplätze von Carsharing-Autos. Die Rückgabe des Fahrzeugs erfolgt am ursprünglichen Ausgangspunkt.

Free-Floating-Systeme sind standplatzunabhängige Fahrzeugverleihangebote. Im zentralen Bereich von Großstädten stehen Fahrzeuge zur Verfügung und können auf Minutenbasis ausgeliehen werden. Reservierungen sind für kurze Zeit möglich. Abgestellt werden können die Fahrzeuge wieder an jedem legalen, öffentlichen Parkplatz im Geschäftsgebiet.

Carsharing-Dienste, wie sie von WienMobil oder ShareNow angeboten werden, erfordern ebenfalls spezielle Regelungen hinsichtlich der Nutzung von Parkflächen. WienMobil als Anbieter, verfügt beispielsweise über feste Standplätze an Bahnhöfen, damit die Nutzung in Kombination mit dem ÖPNV attraktiver wird.

Die nachstehende Tabelle gibt zusammenfassend die Anforderungen an die Flächen an einem Mobility Hub wieder:

	Kurzfristiges Halten	Parken & Weiterfahren	Beladen und Entladen	Fixer reservierter Platz	Free Floating
Personenbeförderung	x				
Ride Sharing	x	x		x	
Car Sharing	x	x		x	x
Lieferdienste Waren			x	x	x

²² <https://www.postbus.at/de/unsere-leistungen/postbus-shuttle/ossiacher-see>

²³ <https://bahnhof.oebb.at/de/niederoesterreich/service-nahallo>

3.1.4 Perspektive des Teleoperators/der Teleoperatorin

Gemäß Georg et al. (2018)²⁴ gibt es mehrere wichtige Aspekte, die ein Teleoperator während eines Remote Management Einsatzes von autonomen Fahrzeugen beachten sollte:

- Situation Awareness (Situationsbewusstsein): Ein Hauptproblem bei der Teleoperation liegt darin, dass der Operator nicht physisch am Standort des Fahrzeugs ist und daher ein begrenztes Situationsbewusstsein hat. Es ist wichtig, dass der Operator ein umfassendes Verständnis der Umgebung des Fahrzeugs hat, um sicher zu navigieren und potenzielle Hindernisse zu erkennen.
- Sensorinformationen nutzen: Der Operator muss die Informationen der Fahrzeugsensoren effektiv nutzen, um ein genaues Bild der Umgebung des Fahrzeugs zu erhalten. Dies kann visuelle Daten von Kameras, Lidar-Scans und andere Sensorinformationen umfassen.
- Geeignete Anzeigetechnologie: Die Auswahl der Anzeigetechnologie spielt eine wichtige Rolle für das Situationsbewusstsein des Operators. Georg und sein Team (Georg et al. (2018)) analysieren verschiedene Optionen wie Computerbildschirme und VR-Headsets. Die Anzeigetechnologie sollte dem Operator eine klare und verständliche Darstellung der Umgebung des Fahrzeugs bieten.
- Training und Erfahrung: Eine gründliche Schulung und Erfahrung im Umgang mit der Teleoperationstechnologie sind entscheidend, um die Leistung und Sicherheit des Operators zu gewährleisten. Der Text von Georg et al. (2018)²⁵ erwähnt, dass die Teilnehmer an der Studie eine Schulung und Übungszeit erhielten, um sich mit dem System vertraut zu machen.
- Bewusstsein für Latenz und Systemverzögerungen: Der Operator sollte sich der Latenzzeiten bewusst sein, die bei der Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und der Leitzentrale auftreten können. Es ist wichtig, dass der Operator die Reaktionszeiten des Fahrzeugs richtig einschätzen kann, um sicher zu navigieren.

²⁴ Georg, Jean-Michael; Feiler, Johannes; Diermeyer, Frank; Lienkamp, Markus (2018): Teleoperated Driving, a Key Technology for Automated Driving? Comparison of Actual Test Drives with a Head Mounted Display and Conventional Monitors. 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) Maui, Hawaii, USA, November 4-7, 2018. DOI: 10.1109/ITSC.2018.8569408.

²⁵ Georg, Jean-Michael; Feiler, Johannes; Diermeyer, Frank; Lienkamp, Markus (2018): Teleoperated Driving, a Key Technology for Automated Driving? Comparison of Actual Test Drives with a Head Mounted Display and Conventional Monitors. 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) Maui, Hawaii, USA, November 4-7, 2018. DOI: 10.1109/ITSC.2018.8569408.

- Durch eine gründliche Schulung können die Teleoperatoren besser auf ihre Aufgaben vorbereitet sein und die Leistung und Sicherheit bei der Teleoperation von autonomen Fahrzeugen verbessern.

Die von Georg et al.²⁶ angeführten Empfehlungen betonen die Bedeutung eines effektiven Situationsbewusstseins, der Nutzung von Sensorinformationen, der Auswahl geeigneter Anzeigetechnologie, des Trainings und der Erfahrung sowie des Bewusstseins für die Systemverzögerungen für einen erfolgreichen Teleoperator im Einsatz.

Eine weitere Studie von Cogan und Milius²⁷ in die Bereich Remote Management konzentriert sich ebenfalls auf die Bedürfnisse und Präferenzen der Teleoperatoren, die für das ferngesteuerte Fahren von Zügen verantwortlich sind, insbesondere im Falle von Systemstörungen oder anderen Betriebsanforderungen. Dabei werden auch an dieser Stelle verschiedene Aspekte hervorgehoben, die für die Operatoren wichtig sind. Dazu gehören das Situationsbewusstsein, also das Verständnis der aktuellen Lage und Umgebung, sowie die Bereitstellung von Informationen, die für die sichere Durchführung ihrer Aufgaben erforderlich sind. Schnelligkeit und Effektivität der Reaktion auf Störungen oder andere Ereignisse sind ebenfalls von großer Bedeutung, ebenso wie das Vertrauen in die Technologie und die Verlässlichkeit der Systeme. Darüber hinaus werden die Schulung und Vorbereitung der Bediener als entscheidend angesehen, um sicherzustellen, dass sie über das erforderliche Wissen und die Fähigkeiten verfügen, um ihre Aufgaben erfolgreich auszuführen.

Ähnlich wie bei ferngesteuerten Zügen, erfordert die Entwicklung von Steuerungszentralen für autonome Fahrzeuge eine sorgfältige Planung, Gestaltung und Implementierung von HMI (human machine interface)-Systemen, Schulungen für Operatoren und klare Richtlinien und Verfahren für den Betrieb und das Management.

Hashimoto et al. (2010)²⁸ beschreiben in einer kompakten Publikation die Einführung eines Prototyps für ein ferngesteuertes automatisiertes Fahrzeugsystem, das die Kommunikation

²⁶ Georg, Jean-Michael; Feiler, Johannes; Diermeyer, Frank; Lienkamp, Markus (2018): Teleoperated Driving, a Key Technology for Automated Driving? Comparison of Actual Test Drives with a Head Mounted Display and Conventional Monitors. 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) Maui, Hawaii, USA, November 4-7, 2018. DOI: 10.1109/ITSC.2018.8569408.

²⁷ Cogan, Baris; Milius, Birgit (2023): Remote control concept for automated trains as a fallback system: needs and preferences of future operators. In: Smart and Resilient Transportation Vol. 5 No. 2, 2023. S. 50-69. DOI: 10.1108/SRT-11-2022-0018

²⁸ Hashimoto, Naohisa; Thompson, Simon; Takinami, Yusuke; Mizushima, Kazuhisa; Otsuka, Takao; Shin Kato, Manabu Omae (2018): Introduction of Prototype of Remote Type Automated Vehicle System by using Communication between Operator and Vehicles in Real Environment. 16th International Conference on Intelligent Transportation Systems Telecommunications (ITST), Lisboa, Portugal, 2018, pp. 1-2, DOI: 10.1109/ITST.2018.8566924.

zwischen dem Operator und den Fahrzeugen in einer realen Umgebung nutzt. Dabei wird darauf hingewiesen, dass in Japan zum Zeitpunkt der Publikation (2010) Experimente mit automatisierten Fahrzeugen ohne Fahrer im Auto gesetzlich verboten waren. Die Autoren stellen einen Prototyp vor, der den aktuell in Japan geltenden Richtlinien entspricht und für soziale Experimente geeignet wäre.

Schlussfolgerungen für den Operator des Prototyps des Remote-Typ-automatisierten Fahrzeugs aus der Hashimoto et al. Studie²⁹ lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Zunächst trägt der Operator die Verantwortung für das Fahrzeug und ist im Falle eines Unfalls während der Experimente verantwortlich. Es wird betont, dass der Operator während der Experimente ständig vor dem System bleiben muss und im Falle eines Problems sofort eingreifen muss.
- Eine zuverlässige Kommunikationsverbindung zwischen dem Fahrzeug und dem Remote-Server ist entscheidend. Wenn die Kommunikation für mehr als 2 Sekunden unterbrochen wird, stoppen die automatisierten Fahrzeuge automatisch. Daher ist es wichtig, dass der Operator in der Lage ist, die Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und dem Server aufrechtzuerhalten.
- Der Operator muss auch die Fähigkeit besitzen, das Fahrzeug fernzusteuern, insbesondere wenn die automatisierten Funktionen versagen oder Probleme auftreten. Dies erfordert die Fähigkeit des Operators, die Steuerung des Fahrzeugs sicher zu übernehmen und es in verschiedenen Situationen zu lenken.
- Schließlich ist es von entscheidender Bedeutung, dass der Operator das Fahrzeugsystem kontinuierlich überwacht, um sicherzustellen, dass es ordnungsgemäß funktioniert und keine Probleme auftreten. Dies erfordert Aufmerksamkeit und Bereitschaft, sofort zu reagieren, wenn etwas nicht wie erwartet läuft.

Haftungsfragen

Zu klären sind weitere mögliche haftungsrechtliche Überlegungen durch Gefahrenquellen wie Tiere, die auf die Fahrbahn springen können bzw. wie kommt das Fahrzeug zum Stillstand, wenn ein Tier (z.B. Wild, Hund) die Fahrbahn kreuzt und vom Fahrzeug erkannt werden kann. Administrativ ist die Frage der Streckenbewertung für autonome Fahrzeuge eine offene Frage, die in bestehenden Ausschreibungen der Zero Emission Mobility (KLIEN) ua adressiert

²⁹ Hashimoto, Naohisa; Thompson, Simon; Takinami, Yusuke; Mizushima, Kazuhisa; Otsuka, Takao; Shin Kato, Manabu Omae (2018): Introduction of Prototype of Remote Type Automated Vehicle System by using Communication between Operator and Vehicles in Real Environment. 16th International Conference on Intelligent Transportation Systems Telecommunications (ITST), Lisboa, Portugal, 2018, pp. 1-2, DOI: 10.1109/ITST.2018.8566924.

wurde. Im Rahmen des FFG geförderten Projekts Auto. Ready wird neben eine auto readiness framework ein Tool zur Streckenbewertung integriert werden.

Weiters stellt sich die Frage, wie man das Einordnen des teilautonomen Shuttles in den Fließverkehr am Ende der Strecke bewerkstelligen kann. Eine Möglichkeit wäre die verkehrsplanerische Gestaltung in Form eines Kreisverkehrs anzunehmen. Hierzu sollte man ein Pilotprojekt simulieren und/oder durchführen, wie der Shuttle im Kreisverkehr mit anderen Verkehrsteilnehmern interagiert. Weiters kann man eine C-ITS (Cooperative Intelligent Transport System) gesteuerte Kreuzung annehmen, an der das Shuttle erst dann passieren kann, wenn es die Information erhalten hat.

Schließlich sollte man auch die Einführung eines Warnzeichens in der StVO für den autonomen Shuttle andenken, sodass andere Verkehrsteilnehmer im hybriden Übergangsszenario gewarnt werden. Darüber hinaus sollte für einen kommerziellen Betrieb des teil-automatisierten Shuttles das Thema der Akzeptanz und Adoption der neuen Technologie in den Betrieb des ÖPNV untersucht werden. Hierbei geht es um die Integration eines Produktes oder Services in den Alltag von Nutzerinnen und Nutzern des öffentlichen Personennahverkehrs.

3.1.5 Akzeptanz und Adoption autonomer Fahrzeuge in der Gesellschaft

Das Begriffspaar Akzeptanz – Adoption: Akzeptanz und Adoption sind zwei Begriffe, die in Bezug auf die Einführung neuer Technologien oder Innovationen oft synonym verwendet werden, dennoch verschiedene Aspekte im Prozess der Nutzung beschreiben. Sie sind durchaus nicht mit der gleichen Bedeutung behaftet, sind aber stark miteinander verknüpft (vgl. Jing et al. 2020, Franc et al. 2023)³⁰:

Aspekt	Akzeptanz	Adoption
Definition	Einstellung und Bereitschaft der Nutzer, eine neue Technologie zu berücksichtigen.	Tatsächliche Implementierung und Nutzung einer neuen Technologie. Sie beschreibt den praktischen Schritt, in

³⁰ Jing, P., Xu, G., Chen, Y., Shi, Y., & Zhan, F. (2020). *The Determinants behind the Acceptance of Autonomous Vehicles: A Systematic Review*. Sustainability, 12(5), 1719. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12051719> (letzter Zugriff am 2024 09 20)

Franc, E., Stampfl, R., & Futscher, F. (2023): Die Akzeptanz von digitalen Informations-Tools bei Digital Non-Natives: Anwendung von Technologieakzeptanz-Modellen bei der Entwicklung von digitalen Informationsplattformen für Digital Non-Natives – ein Fallbeispiel. *R&E-SOURCE*, 10(4), 210–223. Online im Internet: <https://doi.org/10.53349/resource.2023.i4.a1166> (letzter Zugriff am 2023 10 14)

	beschreibt die Haltung der Nutzer gegenüber einer neuen Technologie und zeigt, ob sie positiv oder negativ darauf reagieren.	dem NutzerInnen die Technologie nutzen und in ihren Alltag integrieren.
Schwerpunkt	Akzeptanz bezieht sich oft auf die psychologische Komponente, wie die Bereitschaft, die Vorteile und Nachteile einer Technologie zu akzeptieren und in Erwägung zu ziehen. Bleibt aber auf der Ebene der Intention, keine praktische Umsetzung.	Praktisch und auf tatsächlicher Nutzung ausgerichtet. Adoption bezieht sich auf den in Taten ausgelegten Prozess, bei dem NutzerInnen eine neue Technologie in ihrem Leben übernehmen und aktiv verwenden.
Zeitlicher Verlauf	Schritt 1: Akzeptanz tritt oft vor der eigentlichen Adoption auf. Menschen können eine positive Einstellung gegenüber einer Technologie haben, ohne sie tatsächlich zu verwenden. Dies kann auch im Vorfeld der Einführung stattfinden, wenn die Nutzer die Idee einer neuen Technologie begrüßen.	Schritt 2: Erfolgt generell nach der Akzeptanz, die üblicherweise der erste Schritt, bevor die neue Technologie angeschafft und genutzt wird, ist. Die Adoption ist der zweite aktive Schritt der praktischen Anwendung.
Beispiel	Jemand kann eine positive Einstellung gegenüber autonomen Fahrzeugen haben, ist aber noch nie in einem gefahren.	Jemand, der ein autonomes Fahrzeug regelmäßig nutzt, oder zumindest aktiv nutzen würde, sofern das Angebot aktiv ausgebaut wäre.

Akzeptanz ist emotionaler Natur vs. Adoption ist praktische Ausübung. Akzeptanz ist eine intrinsische Intention und bezieht sich auf die Einstellung und Überlegungen der Nutzer:innen. Adoption ist eher praktisch und bezieht sich auf die tatsächliche Umsetzung und Nutzung der Technologie im Alltag. Akzeptanz kann ohne tatsächliche Adoption stattfinden. Adoption kann hingegen ohne Akzeptanz nicht stattfinden.

Akzeptanz autonomer Fahrzeuge

Die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge in der Gesellschaft ist ein komplexes Thema, das von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird, darunter individuelle Einstellungen, Erfahrungen und Wahrnehmungen. Neben bekannten Variablen wie Alter, Geschlecht, Preis-Leistungsverhältnis und Umweltbedenken spielt die hedonische Motivation (gr. hedone = Lust, Freude; die Motivation des menschlichen Verhaltens auf der Suche nach positiven Gefühlen und der Vermeidung von negativen Erlebnissen) eine zentrale Rolle. Venkatesh et al. (vgl. 2000; 2003)³¹ betonen, dass diese Form der Motivation, die das emotionale Erlebnis der Nutzung einer neuen Technologie beschreibt, maßgeblich zur Akzeptanz beiträgt. Im Fall autonomer Fahrzeuge geht es nicht nur um praktische Vorteile wie Bequemlichkeit und Zeitersparnis sowie Sicherheit bei der Fahrt, sondern auch um den Spaß und die Freude, die mit der Nutzung dieser innovativen Technologie verbunden sind. Dies ist besonders in Gesellschaften relevant, in denen der technologische Fortschritt und der damit verbundene Luxus als erstrebenswert angesehen werden.

Ein emotionaler, aber entscheidender Faktor ist die Sicherheit und das wahrgenommene Sicherheitsgefühl. Viele potenzielle Nutzer:innen machen sich Sorgen über die Zuverlässigkeit der Technologie und mögliche Unfälle, die durch Fehler der Fahrzeuge verursacht werden könnten (vgl. Fraunhofer, 2023)³². Hierbei wird auch die Haftungsfrage als wichtiges Thema auf politischer und wirtschaftlicher Ebene diskutiert. Studien wie die von Kum Fai Yuen et al. (2020)³³ heben hervor, dass die wahrgenommene Sicherheit und Vertrautheit mit autonomen Fahrzeugen stark zur Akzeptanz beitragen, ebenso wie die hedonische Motivation, die die Attraktivität dieser Fahrzeuge durch den Spaßfaktor steigert.

Geisler (2019)³⁴ legt zusätzlich Wert auf das Wohlbefinden der Nutzer:innen. Autonome Fahrzeuge könnten den Fahrenden ermöglichen, während der Fahrt zu arbeiten oder sich zu entspannen, was das Wohlbefinden steigert. Gleichzeitig beeinflusst das Verhalten autonomer

³¹ Venkatesh, Viswanath; Morris, Michael G; Davis, Gordon; Davis, Fred D (2003): User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS quarterly (2003), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540> (letzter Zugriff am 2023 10 14)

³² Fraunhofer (2023): Unterwegs mit autonomen Fahrzeugen – schnell und sicher. Presseinformation zum Forschungsprojekt LOOPAS. Online im Internet: <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2023/august-2023/unterwegs-mit-autonomen-fahrzeugen-schnell-und-sicher.html> (letzter Zugriff am 2023 11 04)

³³ Kum Fai, Yuen; Xueqin, Wang; Guanqiu, Qi (2020): Factors Influencing the Adoption of Shared Autonomous Vehicles. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17(13), 4868; <https://doi.org/10.3390/ijerph17134868> (letzter Zugriff am 2023 11 04)

³⁴ Geisler, Stefan (2019): Autonome Fahrzeuge: Von Akzeptanz zu Wohlbefinden. In Florian Alt; Andreas Bulling & Tanja Döring, (Hrsg.): Mensch & Computer Workshopband. Gesellschaft für Informatik e.V. Online im Internet: <https://dl.gi.de/server/api/core/bitstreams/e297a29c-b5dd-482a-ac6c-5149aca91cb9/content> (letzter Zugriff am 2023 10 14)

Fahrzeuge auch andere Verkehrsteilnehmer:innen wie Fußgeher:innen und Radfahrer:innen, was ebenfalls bei der Akzeptanz berücksichtigt werden muss.

Die Adoption der Technologie hängt ebenfalls stark von persönlichen Erfahrungen ab, wie Holz (2020)³⁵ betont. Persönliche Fahrten (gute oder schlechte Fahrerfahrungen, Unfälle, Opfererfahrungen) oder Reisen mit autonomen Fahrzeugen können das Vertrauen in die Technologie stärken oder negativ beeinflussen. Gleichzeitig möchten viele Nutzer:innen die Möglichkeit behalten, das Fahrzeug manuell zu steuern, was auf den Wunsch nach Kontrolle hinweist. Mayer (2022)³⁶ hebt zudem moralische Dilemmata hervor, die die Akzeptanz beeinflussen. Menschen bewerten Unfälle von autonomen Fahrzeugen strenger als jene, die durch menschliche Fahrer:innen verursacht werden, was zeigt, dass die öffentliche Wahrnehmung und die soziale Erwartung eine wichtige Rolle spielt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird, darunter Sicherheit, hedonische Motivation, persönliche Erfahrungen und moralische Überlegungen. Um eine breite Akzeptanz zu erreichen, ist es entscheidend, die Bedenken der Gesellschaft ernst zu nehmen und eine transparente Kommunikation über die Vorteile und Herausforderungen der Technologie zu fördern (vgl. Bruckner, 2019)³⁷.

3.2 Anforderungen an die Finanzierung

3.2.1 Stakeholderanalyse

Die Frage nach einem umsetzbaren Konzept für die Finanzierung eines Mobilitätsknotenpunktes stellt sich Hand in Hand mit der Frage nach den Stakeholdern, die daran beteiligt sind. Aus dem Kern des MaaS-Betreibermodells (Task 2.2) ist abzuleiten, dass die wesentlichen Stakeholder in der Regel Mobilitätsdienstleister sowie Eigner bzw. Betreiber

³⁵ Holz, Arne (2020): Akzeptanz und Versicherbarkeit autonom fahrender Automobile – Ein Weg in eine unfallfreie Zukunft? Dissertationsprojekt. Karlsruher Instituts für Technologie. <https://scholar.archive.org/work/xbkaokdffnbq3awzmywo7gcjtq/access/wayback/https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000124437/90174026> (letzter Zugriff am 2023 11 04)

³⁶ Mayer, Maike (2020): Autonome Fahrzeuge und moralische Dilemmas: Einflüsse der Perspektive, sozialer Erwünschtheit und der Handelnden. Dissertationsprojekt. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Online im Internet: https://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-64768/Dissertation_Mayer_PDF1b.pdf (letzter Zugriff am 2023 11 04)

³⁷ Bruckner, Otmar (2019): Autonomes Fahren. Ethische Aspekte beim Übergang der Verantwortung vom Menschen auf die Maschine. Dissertationsprojekt. Fachhochschule FH Campus Wien. Online im Internet: <https://pub.fh-campuswien.ac.at/obvfcwhsacc/content/titleinfo/3682806/full.pdf> (letzter Zugriff am 2023 11 04)

der physischen Mobilitätsinfrastruktur sowie der IT-Services und Datenwelt sind. Hinzu kommt die Rolle eines Integrators in seiner orchestrierenden Funktion.

Im konkreten Beispiel Klagenfurt West sind folgende Akteure zu nennen.

Für das Mobilitätskonzept in Klagenfurt West ist die Stadt Klagenfurt als Eigentümerin der Flächen rund um den Mobilitätsknotenpunkt wesentlich. Sie stellt die Flächen bereit, auf denen die Infrastruktur für die unterschiedlichen Mobilitätsangebote errichtet wird. Ebenso zu nennen sind die Eigentümer der dortigen ÖV-, Verkehrs- und verkehrsnahen Infrastruktur: Stadt Klagenfurt, Land Kärnten und Klagenfurt Mobil GmbH (KMG). Ergänzt wird diese Rolle durch die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB), die das Bahnhofsgebäude und die Schieneninfrastruktur besitzen und betreiben, und so die Basis für die Einbindung des Mobilitätsknotens in das Schienennetz gewährleisten. Parallel dazu stellt die KMG den öffentlichen Straßenverkehr in Form des städtischen Busnetzes bereit.

Ein ergänzendes Mobilitätsangebot wird durch Mikro-ÖV-Anbieter wie SURAAA mit ihrem autonomen Shuttle und dem Verein Go Mobil bereitgestellt, die mit ihren flexiblen Services vor allem weniger frequentierte Gebiete bedienen und somit die Feinerschließung sicherstellen. Das Konzept des Mobilitätsknotens setzt ebenfalls auf geteilte Mobilität, unterstützt durch Anbieter wie BlaBlaCar und twogo, die Fahrgemeinschaften fördern und dadurch den Mobilitätsmix erweitern. Über die bisher genannten Mobilitätsdienste hinaus ist noch die Taxiinnung als Akteur zu nennen, die die lokalen Taxiunternehmen repräsentiert.

In die physische Infrastruktur des Knotenpunkts sind unter anderem Anbieter von smarten Parkservices wie Skidata und das Urban Regional Cockpit eingebunden. Diese Unternehmen sollen zu einer optimierten Parkraumbewirtschaftung beitragen. Eine weitere Stakeholder-Gruppe stellen Versorger von E-Ladeinfrastruktur dar, wie etwa die Firma has.to.be.

Die Verfügbarkeit von Shared Mobility ist eine weitere Komponente, die durch Akteure wie Next Bike, Radbox Kärnten, Tier, Avant2Go und FAMILY OF POWER abgedeckt wird. Diese bieten Sharing-Dienste für verschiedene Verkehrsmittel, von Fahrrädern und E-Scootern bis hin zu Carsharing-Angeboten.

Zusätzlich zu diesen Mobilitätsanbietern ist die digitale Integration eine wesentliche Säule des Projekts. Betreiber von Informations- und Kommunikationstechnologien bieten digitale Dienste, Plattformen und Datenschnittstellen an, um die Integration und das Management der Mobilitätsdienste zu unterstützen. Als IT- und Serviceanbieter sind in Klagenfurt die ASFINAG, das Land Kärnten, die VKG, die KMG, die Stadt Klagenfurt und die ÖBB zu nennen. Diese Akteure stellen sicher, dass die Infrastruktur und Services auf einer zuverlässigen IT-Basis funktionieren, Daten fließen und den Nutzern als relevante Informationen in Echtzeit zur Verfügung stehen.

Die zentrale Koordinationsrolle übernimmt die Verkehrsverbund Kärnten GmbH, die als regionaler Integrator die Zusammenarbeit der verschiedenen Anbieter fördert und ein harmonisiertes Konzept ermöglicht.

Insgesamt zeigt die Analyse der Stakeholder, dass eine Vielzahl spezialisierter Akteure das Mobilitätsangebot am Knotenpunkt Klagenfurt West bereitstellt, wobei jede Gruppe spezifische Aufgaben übernimmt, um ein ganzheitliches Verkehrssystem zu schaffen. Die Beteiligung der Stakeholder verdeutlicht die Notwendigkeit eines ausgewogenen Finanzierungskonzepts, das die Anforderungen an Infrastruktur, Services, digitale Vernetzung und umweltfreundliche Mobilitätslösungen gleichermaßen berücksichtigt und langfristige Kooperationen zwischen den Akteuren unterstützt.

Stakeholder Analyse Detail				
Nr.	Stakeholder (global)	Stakeholder (konkret "KL West")	Kategorie	Beispiel
1	Betreiber ÖV Schiene	ÖBB	ÖV Linienverkehr	
2	Betreiber ÖV Straße	KMG	ÖV Linienverkehr	
3	Betreiber Mikro ÖV	SURAAA-Shuttle, Go Mobil	Bedarfs- & Mikro ÖV	Shuttle im on-demand Betrieb, Go-Mobil aus Krumpendorf bis KL West
4	Betreiber Mitfahrbörse	BlablaCar, twogo	Mitfahren / ride sharing	aktuell noch nicht auf KL West aktiv
5	Taxiunternehmen	Innungsvertreter d. Taxiunternehmen	Taxi	
6	Betreiber von smart parking services	Skidata, urban regional cockpit	Teil- / automatisierte Dienste & Services	valet parking, Verfügbarkeits- & Auslastungsinformation, Softwareupdates
7	Betreiber e-Ladeservices	has2be	Teil- / automatisierte Dienste & Services	Reservierung, Verfügbarkeitsanzeige, automatisiertes Laden
8	Betreiber von shared services	Next Bike, Radbox Kärnten, Tier, Avant2go, family of power	Sharing-Dienste	
9	Betreiber von IKT-Services	ASFINAG, Land Kärnten, VKG, KMG, Stadt Klagenfurt, ÖBB	Infrastruktur	digitale Anzeigen
10	Regionaler Integrator	Verkehrsverbund Kärnten GmbH	Integrator	
11	Eigentümer Grund & Boden	Stadt Klagenfurt	Infrastruktur	Grundstücke und sonstige Flächen (zB Grünflächen)
12	Eigentümer Schienen-Infrastruktur	ÖBB	Infrastruktur	Infrastruktureigentümerin Schiene
13	Eigentümer Straßen-Infrastruktur	Land Kärnten, Stadt Klagenfurt	Infrastruktur	Straßen, Gehsteige, Beschilderungen, Markierungen etc.
14	Eigentümer ÖV-Infrastruktur	Stadt Klagenfurt, KMG	Infrastruktur	Bushaltestellen, Beschilderung, Fahrgastinformationseinrichtungen
15	Eigentümer verkehrsnaher Infrastruktur	Land Kärnten, Stadt Klagenfurt	Infrastruktur	Radboxen, Paketboxen, Ladeinfrastruktur etc.

Abbildung 3-3 Stakeholderanalyse

3.2.2 Anforderungen an die Finanzierung – am Beispiel Klagenfurt-West

Bei der Entwicklung einer MaaS-Plattform treten viele der initialen Kosten, wie Implementierungs-, Wartungs- und Betriebskosten, nach der Fertigstellung in den Hintergrund. Sobald die Plattform einmal aufgebaut ist, verursacht die Anbindung eines zusätzlichen Mobilitätsknotens nur noch geringe Kosten, insofern die Anbindung auf standardisierten Datenschnittstellen (wie z.B. GBFS oder MDS) basiert. Was jedoch ins Gewicht fällt, sind die Investitionskosten für die physische Infrastruktur vor Ort, wie z.B. e-Ladestationen, Parkplätze, Shared-Mobility Services oder Fahrradabstellanlagen. Um die Kosten der Infrastruktur bzw. der Ausstattung eines Mobilitätsknotens besser abschätzen zu können, wurde im Rahmen des Projektes ein Prototyp für ein Kostentool entwickelt. Das Ziel war es, eine erste

Kostenindikation sowie den Platzbedarf für die einzelnen Services ableiten zu können, und somit den weiteren Planungsprozess effektiver und wirtschaftlicher zu gestalten.

Grundlegende Informationen:

Das Kostentool besteht aus einem Set an vordefinierten Kostenpunkten betreffend Infrastruktur und Services für die Errichtung eines multimodalen Mobilitätsknotens. Im Zuge der Eingabe von Positionen wird sowohl der Flächenbedarf als auch die Kosten als Indikation wiedergegeben. Es wurden folgende Ausstattungsmerkmale berücksichtigt:

- ÖV-Haltestelle
 - Überdachter Wartebereich in verschiedenen Größenausführungen
 - Datenbasis: Diverse Haltestellenerrichtungen der KMG Klagenfurt Mobil GmbH in den letzten zwei Jahren
- Bikesharing System:
 - Stationsbasiertes Bikesharing System mit variabler Anzahl an Fahrrädern und Docks vom Österreichischen Marktführer nextbike
 - Datenbasis: Angebote von nextbike Österreich
- E-Bikesharing
 - Stationsbasiertes Bikesharing System mit variabler Anzahl an Fahrrädern und Docks vom Österreichischen Marktführer nextbike
 - Datenbasis: Angebote von nextbike Österreich
- E-Cargobikes
 - Stationsbasiertes Bikesharing System mit variabler Anzahl an Fahrrädern und Docks vom Österreichischen Marktführer nextbike
 - Datenbasis: Angebote von nextbike Österreich
- Fahrradabstellplätze
 - Standardisierte Fahrradabstellanlagen (Wiener Bügel) nach RVS 03.02.12
 - Datenbasis: Angebotslegung von diversen Anbietern und auf Basis von Haltestellenerrichtungen der KMG Klagenfurt Mobil GmbH
- Radboxen
 - Datenbasis: Radbox Kärnten bzw. Buttazoni Stahlbau GmbH, als einziger universeller Betreiber/Hersteller von Mietbaren Radboxen an Haltestellen der ÖBB in Österreich
- Öffentliche e-Ladeinfrastruktur (AC & DC)
 - Standardisierte Stellplätze laut RVS 03.07.21 für Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum

- Datenbasis: Diverse Angebote verschiedener Hersteller sowie auf Basis von Errichtungen von e-Ladeinfrastruktur durch die Stadt Klagenfurt im öffentlichen Raum
- E-Carsharing Stellplätze
 - Standardisierte Stellplätze laut RVS 03.07.21 für Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum
- Digitale Fahrgastinformation
 - Anzeige von Haltestelleninformationen über digitale Medien
 - Datenbasis: Datenbasis: Angebotslegung von diversen Anbietern und auf Basis von Haltestellenerrichtungen der KMG Klagenfurt Mobil GmbH
- Paketstationen
 - Anbieteroffene Self-Service-Paketstation vom österreichischen Markführer Myflexbox
 - Datenbasis: Angebote von Myflexbox
- Abstellflächen für e-Scooter
 - Standardisierte Fahrradabstellanlagen (verschießbare Radboxen) nach RVS 03.02.12

Das Kostentool wurde in Form einer Excel-Tabelle, mithilfe von Visual-Basic Funktionen umgesetzt, in dem vordefinierte Felder vorhanden sind welche via Drop-Down Funktion ausgewählt werden können. Es ist flexibel erweiter- und modifizierbar und kann an verschiedenste Rahmenbedingungen angepasst werden.

Maßnahmen	Auswahl	Anzahl	Stückkosten	Gesamtkosten	Flächenverbrauch
OV-Haltestelle	Errichtung				
Ausführung Bushaltestelle Wartehaus	Standard Wartehaus 4 teilig	2			
Standard Wartehaus 3 teilig		0	15.000,00 €	- €	
Standard Wartehaus 4 teilig		2	18.000,00 €	36.000,00 €	
Fundament		2	3.000,00 €	6.000,00 €	
Stromquelle	Eletrifizierung				
E-Installationen		1	5.000,00 €	5.000,00 €	
Netzzutritt -> 4,5 kW		1	45,00 €	45,00 €	
Netzbereitstellung -> 4,5 kW		1	1.193,99 €	1.193,99 €	
Baumaßnahmen bei neuer Bushaltestelle		1	14.000,00 €	14.000,00 €	
Baumaßnahmen bei Sanierung bestehender Bushaltestelle		0	2.000,00 €	- €	
Laufende Kosten Strom pro Jahr		1	250,00 €	250,00 €	
Bikesharing	Ja	8			
SMARTBIKE 2.0 inkl. Beklebung		8	879,00 €	7.032,00 €	12,00
SMART Sign freistehend		1	1.499,00 €	1.499,00 €	
Ständer mit Wippe - montiert und lackiert		8	239,00 €	1.912,00 €	
Baugruppe Ständerbodenplatten lackiert		8	169,00 €	1.352,00 €	
Lieferung und Montage		1	500,00 €	500,00 €	
Streifenfundament für Verleihstation (inkl. Grabungsarbeiten) ab 5 Räder		1	2.500,00 €	2.500,00 €	
Lizenzkosten Station pro Jahr		1	200,00 €	200,00 €	
Lizenzkosten pro Fahrrad pro Jahr		8	150,00 €	1.200,00 €	

Abbildung 3-4: Eingabemaske des Kostentools für die Kosten- und Flächenindikation von Mobilitätsknoten

Eine Beschreibung und Dokumentation zu dem Tool wurde ebenfalls direkt implementiert und kann über den Button „Anleitung“ geöffnet werden:

Anleitung Kostentool Mobilitätsknoten

Tabellenblatt Projektdaten I

Tragen Sie in diesem Tabellenblatt die grundlegenden Informationen über den Mobilitätsknoten in die Leeren Zellen (1-6) ein. In Adresse/Koordinaten können sowohl konkrete Adressen als auch Koordinaten eingetragen werden. Diese Zelle ist mit der Karte verknüpft und der festgelegte Standort wird Ihnen auf der Karte angezeigt. Es ist möglich die Ansicht der Karte auf Satellitenbild zu ändern.

Mobilitätsknoten Kostentool

Zur Kostenaufstellung

Name Mobilitätsknoten: Mobilitätsknoten Bahnhofstraße 19	1	Datum: 24.06.2024	2
Sachbearbeiter: Michael Branz	3	Adresse/Koordinaten: Bahnhofstraße 19 9020 Klagenfurt am Wörthersee	4
Projektname: Mobilitätsknoten Bahnhofstraße	5		
Projektbeschreibung: Neuer Mobilitätsknoten in der Bahnhofstraße	6		

Maßnahmen bearbeiten

Neuen Mobilitätsknoten anlegen

Tabellenblatt Projektdaten II

Anschließend können Sie je nach Bearbeitungsstatus der Datei fortfahren.

Variante Verwendung Originaldatei:
Wenn Sie die Originaldatei verwenden sind auch die restlichen Tabellenblätter in ihrem Ausgangszustand und Sie müssen zuerst einen neuen Mobilitätsknoten per Klick auf die Schaltfläche anlegen.

Variante Datei abgeschlossene Bearbeitung:
Wenn Sie eine bereits bearbeitete Erstellung eines geplanten Mobilitätsknotens bearbeiten, können Sie jederzeit die festgelegten Maßnahmen per Klick auf die Schaltfläche bearbeiten oder direkt die Kostenaufstellung einsehen.

Abbildung 3-5: Dokumentation und Anleitung zum Kostentool

3.2.3 Kostenbericht für die Umsetzung der AIMED-Level Empfehlungen am Mobilitätsknoten Klagenfurt-West

Auf Basis der AIMED-Level Empfehlung wurde mithilfe des Kostentools eine Kostenindikation für den Mobilitätsknoten in Klagenfurt West berechnet. Das Ergebnis wird in tabellarischer Form auf Basis der ausgewählten Konfiguration ausgegeben:

ÖV-Haltestelle					
Pos. Nr.	Maßnahme	Anzahl	Stückpreis	Maßnahmenkosten	Flächenverbrauch
1	Standard Warthehaus 4 teilig	2	18.000,00	36.000,00	12,5 m ²
2	Fundament	2	3.000,00	6.000,00	
3	E-Installationen	1	5.000,00	5.000,00	
4	Netzzutritt -> 4,5 kW	1	45,00	45,00	
5	Netzbereitstellung -> 4,5 kW	1	1.193,99	1.193,99	
6	Baumaßnahmen bei neuer Bushaltestelle	1	14.000,00	14.000,00	
7	Laufende Kosten Strom pro Jahr	1	250,00	250,00	
Bikesharing (nextbike)					
Pos. Nr.	Maßnahme	Anzahl	Stückpreis	Maßnahmenkosten	Flächenverbrauch
8	SMARTBIKE 2.0 inkl.	8	879,00	7.032,00	
9	SMART Sign freistehend	1	1.499,00	1.499,00	
10	Ständer mit Wippe - montiert und lackiert	8	239,00	1.912,00	
11	Baugruppe Ständerbodenplatten lackiert	8	169,00	1.352,00	12 m ²
12	Lieferung und Montage	1	500,00	500,00	
13	Streifenfundament für Verleihstation (inkl. Grabungsarbeiten) ab 5	1	2.500,00	2.500,00	
14	Lizenzkosten Station pro Jahr	1	200,00	200,00	
15	Lizenzkosten pro Fahrrad pro Jahr	8	150,00	1.200,00	
Radabstellanlagen					
Pos. Nr.	Maßnahme	Anzahl	Stückpreis	Maßnahmenkosten	Flächenverbrauch
16	Doppelstockanlage doppelseitige Ausführung (pro Modul 8 Abstellplätze)	3	2.256,00	6.768,00	30 m ²
17	Transport, Montage und Inbetriebnahme Doppelstockparker	1	1.000,00	1.000,00	
Öffentliche e-Ladeinfrastruktur					
Pos. Nr.	Maßnahme	Anzahl	Stückpreis	Maßnahmenkosten	Flächenverbrauch
18	Smarte Ladestation 44 kW 2 Stecker	10	4.700,00	47.000,00	10 m ²
19	Betonfundament	1	500,00	500,00	
20	Rammschutz für E-	1	208,00	208,00	
21	Grabungsarbeiten	1	15.000,00	15.000,00	
22	Montage, Anschluss, Inbetriebnahme	1	5.000,00	5.000,00	
23	Netzzutritt nach kW	440	15,00	6.600,00	
24	Netzbereitstellung nach kW	440	265,33	116.745,20	
25	Bodenmarkierungen	20	250,00	5.000,00	248 m ²
26	Messwandlerschrank 44 kW	1	1.000,00	1.000,00	2 m ²

Abbildung 3-6: Tabellarische Ergebnisdarstellung aus dem Kostentool

Auf Basis dieser Auswertung wurde unter Berücksichtigung der Maßnahmen zur Erreichung des AIMED-Levels für den Mobilitätsknoten Klagenfurt-West eine Kostenschätzung in Höhe von ca. 360.000 EUR sowie einem Flächenverbrauch von 374 m² ermittelt.

3.2.4 Betreiber- und Kostenträgermodelle

Zur Umsetzung und Finanzierung eines multimodalen Mobilitätsknotens sind grundsätzlich unterschiedliche Betreibermodelle denkbar:

- Öffentliches Betreibermodell (inkl. Verkehrsbetriebe)
- Privates Betreibermodell
- Öffentlich-Private Partnerschaft

Ausschlaggebend für die Wahl des geeigneten Kostenträgermodells sind dabei:

- **Übergeordnete strategische Ziele & Prioritäten:** Hierzu zählen beispielsweise die Förderung nachhaltiger Mobilität, die Reduktion von CO₂-Emissionen und die Verbesserung der Lebensqualität in urbanen Räumen. Diese werden in der Regel auf Verwaltungsebene vorgegeben und von Bund, Land und Gemeinden über strategische Leitbilder umgesetzt.
- **Lokale Gegebenheiten und Möglichkeiten:** Insbesondere finanzielle Ressourcen und Kompetenzen der beteiligten Akteure spielen eine zentrale Rolle. So kann nicht jede Gemeinde eine voll ausgestatteten Mobilitätsknoten errichten und oft besteht auch nicht das nötige Know-How, um diesen in weiterer Folge zu betreiben.
- **Art der Mobilitätsdienste und deren Akzeptanz:** Die Akzeptanz der angebotenen Mobilitätsdienste durch die Bevölkerung ist entscheidend für den Erfolg des Projekts. Hierzu können Umfragen und Pilotprojekte wertvolle Erkenntnisse liefern, grundsätzlich sollte aber immer berücksichtigt werden, dass der Mobilitätsknoten auch den Anforderungen der Bevölkerung (insbesondere in Bezug auf die Funktion) entsprechen muss.
- **Zu involvierende Akteure und Nutzerbedürfnisse:** Eine enge Zusammenarbeit mit lokalen Behörden, Unternehmen und der Zivilgesellschaft ist unerlässlich. Die

Bedürfnisse der Nutzer sollten durch partizipative Prozesse ermittelt und in die Planung integriert werden.

Die Beantwortung der Frage nach einem adäquaten Betreiber- und Kostenträgermodell muss man sich somit unter Berücksichtigung der regionalen und lokalen Bedingungen stellen, sowie die strategischen Rahmenbedingungen mit einbeziehen.

Weitere Aspekte, die berücksichtigt werden sollten, sind:

- **Technologische Innovationen:** Der Einsatz neuer Technologien wie E-Mobilität, autonomes Fahren und intelligente Verkehrssysteme kann die Effizienz und Attraktivität des Mobilitätsknotens erhöhen. Daher ist es wichtig, neue Mobilitätstrends bei der Planung und Errichtung zukünftiger Mobilitätsknoten zu berücksichtigen.
- **Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit:** Umweltfreundliche Lösungen zur Steigerung des Umweltverbundes sollten bevorzugt werden, um langfristig eine Entwicklung hin zur nachhaltigen Mobilität gewährleisten zu können.
- **Finanzierungsmodelle und Fördermöglichkeiten:** Neben klassischen Finanzierungsmodellen sollte auch die Nutzung von Fördermöglichkeiten in Betracht gezogen werden. Insbesondere Projekte zur Förderung der Multimodalität, aktiven Mobilität und nachhaltigen Mobilitätsformen wurden in den letzten Jahren verstärkt gefördert (auf nationaler und internationaler Ebene).
- **Rechtliche Rahmenbedingungen:** Die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben und die Berücksichtigung von Haftungsfragen sind essenziell für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts.

Die definierten Ziele dieses Tasks konnten im Rahmen des Projektes erreicht werden. Mit dem dynamischen und übertragbar anwendbaren Kostentool wurde zudem ein flexibel einsetzbares Werkzeug generiert, das eine fundierte Entscheidungsgrundlage für zukünftige Projekte bietet.

4. TECHNISCHE KONZEPTIONIERUNG

4.1 Technische und infrastrukturelle Anforderungen

4.1.1 IST-Situationsanalyse

Usability Kriterien

Im Zuge der Grundlagenerarbeitung wurde eine Marktanalyse bestehender MaaS-Produkte durchgeführt, mit dem Ziel, aktuell unzureichend umgesetzte Funktionen und mögliche Best-Practice-Beispiele zu identifizieren. Weil bei dem Mobility as a Service Ansatz die Nutzerperspektive im Vordergrund steht, sollen an dieser Stelle zunächst Usability Kriterien aus der Literatur vorgestellt werden, die auf Studien mit Probanden basieren.

Als erstes ist die *technische Usability* anzuführen, die das Verhalten einer Anwendung in einem Betriebssystem, Netzwerk oder auf einem bestimmten Endgerät meint. Dabei stellt sich die Frage, ob die App stabil läuft, oder ob es zu Systemabstürzen kommt. Wichtig ist auch die Kompatibilität mit verschiedenen Betriebssystemen. Bereich der Mobilität sind zeitkritische Anfragen von besonderer Bedeutung, weshalb die Zugriffsstrukturen so gestaltet sein müssen, dass die Nutzer schnellstmöglich zu den benötigten Informationen gelangen, um beispielsweise Alternativrouten zu planen oder über Verspätungen informiert zu werden. Lange Ladezeiten und eine schlechte Performanz sind hier besonders unzufriedenstellend (Beul-Leusmann et al. 2016, S. 6 ff.).

Ein weiteres Kriterium ist das *Naming/Wording*, das sich auf die sprachliche Verständlichkeit der Navigation und Inhalte bezieht. Es sollten keine missverständlichen oder abstrakten Begriffe verwendet werden. In der Studie von Beul-Leusmann et al. (2016, S. 6) werden z.B. Begriffe genannt, mit denen Probanden wenig anfangen konnten „Reisemappe“. Außerdem können Fremdsprachen für bestimmte Nutzergruppen problematisch sein. Feedbackmeldungen und Anweisungen müssen klar und verständlich sein.

Die *Strukturierung* bezieht sich auf die Anordnung von Inhalten und die Menüführung, sowohl in einer bestimmten Ansicht als auch im Gesamtkontext. Diese sollte intuitiv verständlich sein. Menüpfade müssen nachvollziehbar und logisch gegliedert sein, etwa durch die Gruppierung zusammengehörender Inhalte (z.B. gleichrangige Verkehrsmittel oder Ticketkategorien) oder eine alphabetische Sortierung (Beul-Leusmann et al. 2016, S. 6).

Das Kriterium der *Visualisierung* umfasst die Verwendung von Icons und die Farbgestaltung. Icons, speziell in der Kartendarstellung sollen verständlich sein, die Elemente sollen räumlich gut voneinander abgegrenzt sein, der Kontrast soll ausreichend sein, interaktive Flächen sollen als solche visuell erkennbar sein. Wird etwas angehakt, soll das deutlich sein, oder es

soll sichtbar sein, an welcher Stelle im Eingabefeld man sich gerade befindet (Beul-Leusmann et al. 2016, S. 6 f.).

Eine zentrale *Benutzerverwaltung* trägt ebenfalls zu einer hohen Benutzerfreundlichkeit bei, allerdings sollte die Erweiterung von Funktionen nicht zulasten der Übersichtlichkeit gehen. Unterschiedliche Nutzergruppen sollten unterstützt werden: Einsteiger und technisch weniger versierte Nutzer profitieren von Tutorials, während Vielfahrer schnelle Zugriffsmöglichkeiten und die Speicherung von Favoriten benötigen (Athanasopoulou et al. 2022, S. 7 f.; Beul-Leusmann et al. 2016, S. 8).

Ein besonderes Merkmal von MaaS-Plattformen ist die *Multimodalität*, also die Verknüpfung verschiedener Transportoptionen wie öffentlicher Verkehrsmittel, Bike-, Scooter- und Car-Sharing-Diensten sowie Taxis, inklusive Echtzeitinformationen zu Kapazität und Verspätungen. Die Möglichkeit der integrierten Beauskunftung soll über eine entsprechende Applikation gegeben sein. Was außerdem als Ideal- bzw. Zielzustand angenommen wird, ist eine Integration auf höherem Level, das sogenannte das „One-Stop-Shop“-Prinzip, bei dem Nutzer ihre gesamte Reiseplanung, -buchung und -bezahlung in einer einzigen App vornehmen können, ohne zwischen Systemen wechseln zu müssen.

Im Folgenden sollen sechs bestehende MaaS Produkte anhand der eben vorgestellten Kriterien untersucht werden. Neben dem Testen der Apps werden auch Benutzerkommentare für Schlussfolgerungen herangezogen.

Bestehende MaaS-Produkte „State-of-the-art“

- Wegfinder ist ein Produkt der ÖBB und eine digitale Informations- und Buchungsplattform für Mobilitätsdienstleistungen in ganz Österreich. Mit ausgewählten Services der ÖBB und involvierten Kooperationspartnern.³⁸
- Jelbi ist die Mobilitätsplattform der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG). Die App verspricht Mobilität, die über den klassischen ÖPNV hinaus geht. Mehrere Verkehrsmodi vom öffentlichen Linienverkehr bis hin zu Taxi- und Sharing-Angeboten werden vernetzt und die gesamte Reisekette von der Fahrplanauskunft, über die Buchung und Bezahlung kann in einer App abgewickelt werden.³⁹
- Citymapper ist eine Routing-Plattform, die erstmals in London ausgerollt wurde. Verfügbarkeit flächendeckend in ganz Deutschland und darüber hinaus in vielen Städten europa- und weltweit.⁴⁰

³⁸ <https://help.wegfinder.at/help/de-de> (Zugriff: 13.09.2023)

³⁹ <https://www.jelbi.de/faq-de/> (Zugriff: 23.08.2023)

⁴⁰ <https://content.citymapper.com/> (Zugriff: 09.01.2024)

- Mobiliteit.lu: Multimodaler öffentlich finanziert Routenplaner mit ÖV und Sharing-Diensten für Luxemburg. Die App stammt von Hacon und ähnelt daher sehr stark den VAO Anwendungen.⁴¹
- Whim ist eine multimodale Mobilitätsplattform von MaaS Global, der Pionier und seit 2016 weltweit erste MaaS-Anbieter mit Sitz in Helsinki und verfügbar in ausgewählten Städten in Belgien, Finnland, Großbritannien, Japan, Österreich und der Schweiz. Der App zugrunde liegt eine intensive Entwicklung von Kooperationen zwischen den Dienstleistern, Politik, Entscheidungsträgern um die Gegebenheiten so zu schaffen, dass eine MaaS Plattform funktionieren kann.⁴² Der Erfolgskurs war allerdings nicht von Dauer, denn 2024 musste das Unternehmen wegen zu hoher Verluste Konkurs anmelden.⁴³
- Moovit (Tochtergesellschaft von Mobileye) ist ein israelischer Provider für MaaS Lösungen u.a. der gleichnamigen App. Aktuell ist die Anwendung in 3.500 Städten in 112 Ländern im Einsatz und in 45 Sprachen verfügbar.⁴⁴

Funktionen & Schwächen bestehender MaaS-Systeme

Positiv hervorzuheben ist, dass alle untersuchten MaaS-Systeme die Möglichkeit anbieten, ein zentrales Kundenkonto anzulegen, das sich in gewissem Umfang personalisieren lässt. So können beispielsweise die Wohn- und Arbeitsadresse als Schnellzugriff hinterlegt, bevorzugte Routen gespeichert oder Alarmer bei Abweichungen und Störungen eingerichtet werden. Nutzer haben zudem die Option, ihre Mobilitätsbedürfnisse anzugeben, wie etwa die Nutzung eines Rollstuhls. Einige Apps optimieren dann die Routenergebnisse dahingehend, dass barrierefreie Wege ohne Treppen bevorzugt und Echtzeitinformationen zu Niederflurfahrzeugen auf der gewählten Strecke angezeigt werden. Einführungen und Anleitungen für die Nutzung der Apps sind oft in unterschiedlicher Qualität vorhanden.

Ein zentrales Merkmal dieser Systeme ist die Bereitstellung multimodaler Routeninformationen, einschließlich Echtzeit- und Störmeldungen. Zudem bieten einige Anwendungen Informationen zur Auslastung von Park-and-Ride-Anlagen, Ladestationen für Elektrofahrzeuge und Sharing-Diensten. Manche Anwendungen arbeiten mit Incentives, um die Nutzung attraktiver zu gestalten. Dabei werden Anreize geschaffen, wie zum Beispiel „Whim Benefits“ mit vergünstigten Ticketpreisen, wenn diese über die App erworben werden,

⁴¹ <https://www.mobiliteit.lu/de/> (Zugriff: 09.01.2024)

⁴² <https://whimapp.com/vienna/> (Zugriff: 09.01.2024)

⁴³ <https://www.mobilityblog.ch/maas-global-und-das-ende-von-whim-konkurs-einer-mobilitaetsvision/> (Zugriff 09.09.2024)

⁴⁴ <https://moovit.com/about-us/> (Zugriff: 23.10.2023)

oder eine Gratisfahrt pro Monat mit einem Shared Bike. Jelbi etwa kooperiert mit Unternehmen, um deren Mitarbeitern Mobilitätsgutscheine für Jelbi-Produkte bereitzustellen. Einige Apps wie Wegfinder, Jelbi und Whim ermöglichen bereits eine nahtlose Buchung und Bezahlung innerhalb der Anwendung. Allerdings kann es je nach Anbieter zu Systemabsprüngen kommen. Diese Absprünge sind jedoch meist verlinkt oder leiten zu einer separaten App für den angefragten Dienst weiter (z.B. Uber).

Dennoch stellt die unvollständige Integration aller Mobilitätsdienste einen Schwachpunkt der bestehenden MaaS-Systeme dar, da dies nicht dem konzeptionellen Idealzustand entspricht. Oft sind nicht alle in einem Gebiet verfügbaren Mobilitätsdienste in die Apps eingebunden, und viele dieser Anwendungen beschränken sich auf urbane Gebiete, wo sie auch Sinn machen. Eine Routenplanung über die Stadtgrenzen hinaus ist manchmal nur schwer möglich.

Auch im Bereich der technischen Usability gibt es Defizite. Viele Nutzer melden, über fast alle Plattformen hinweg, Systemabstürze, lange Ladezeiten und fehlgeschlagene Authentifizierungen, die teilweise sogar dazu führen, dass aktive Tickets nicht mehr abgerufen werden können. Diese Probleme konnten auch bei Tests rekonstruiert werden.

Ein weiterer Kritikpunkt aus Sicht der Usability ist, dass sich Apps wie Moovit und Citymapper finanzieren durch Werbeeinblendungen, die das Nutzererlebnis erheblich beeinträchtigen können. Für eine werbefreie Version und zusätzliche Funktionen wie Widgets oder Echtzeit-Linienverfolgung ist ein kostenpflichtiges Abonnement erforderlich.

Konnex zum Projekt

Aus dem Vorangegangenen ist deutlich geworden, dass der idealtypische Zustand der Tiefenintegration aller Services schwierig umzusetzen ist. Einige Apps haben viele Services integriert, wenn es dann aber zur Buchung und Verrechnung kommt, ist ein Systemabsprung notwendig. Andere Anwendungen können alle Modalitäten der Reisekette abwickeln, haben dafür aber nicht alle vorhandenen Services abgedeckt, z.B. beim ÖBB Produkt. In der MaaS-Landschaft finden sich auf einem Spektrum zudem eher öffentliche (Jelbi, Mobilität) und privat (Whim, Moovit, Citymapper) geprägte Systeme.

Es wird schwierig sein, mit allen Mobilitätsanbietern in ein Vertragsverhältnis zu kommen und wirklich alle Funktionen vom Informationsfluss über die Buchung bis hin zur Abrechnung zentral abwickeln zu können. Es gibt verschiedene Interessen, für die unter Umständen kein gemeinsamer Nenner gefunden werden kann. Deshalb wird man realistisch davon ausgehen müssen, dass man zumindest vollumfänglich und flächendeckend alle Informationen integriert. Der User soll eine seinen Bedürfnissen angepasste Route mit Echtzeitinformationen und Informationen zu Kapazitäten vorgeschlagen bekommen und wird dann für die Buchung und Bezahlung zu einer anderen Seite oder Anwendung verlinkt.

Wenn man sich noch einmal das Betreibermodell in Erinnerung ruft, ist das genau die Rolle des Integrators, den Linking-of-Services-Ansatz zu verfolgen und die vollständige Abbildung aller Informationen einer Reisekette sicherzustellen. Für die Buchung und Bezahlung kann es dann, wenn vorerst nicht anders lösbar, Systemabsprünge geben, die im besten Fall aber bereits verlinkt und unkompliziert vonstattengehen können.

An dieser Stelle ist die Anwendung Jelbi noch einmal als Best-Practice-Beispiel hervorzuheben. Hier hat man ein im deutschsprachigen Raum einzigartiges Produkt geschaffen. Es umfasst nahezu alle Anbieter der Berliner Verkehrslandschaft, ÖPNV, E-Scooter, Bikesharing, Lastenfahrräder, E-Moped mit Sturzhelm, Carsharing mit Führerscheinverifizierung und Taxi und es sollen noch mehr werden. Und man kann wirklich von der Planung über die Buchung und Bezahlung alles über die App abwickeln. Jelbi verknüpft die Mobilität nicht nur in der App, sondern auch im Stadtbild. Es gibt Jelbi-Stationen und Mikromobilitätspunkte mit Stellflächen für Sharing-Fahrzeuge. Die BVG ist zentrale Ansprechpartnerin für die gesamte Mobilität und hat einen starken Markenauftritt. Die Berliner Verkehrsbetriebe stehen mit bestehenden Mobilitätsservices in einem Vertragsverhältnis und haben ein Backend-System, das die Interoperabilität zwischen den ÖV-Unternehmen und Sharing-Anbietern über standardisierte Schnittstellen ermöglicht. Somit steht es auch im Raum, das Konzept bundesweit auszurollen und Schnittstellen weiterer Verkehrsunternehmen anzuschließen, da die technischen Grundlagen dafür gegeben sind (BVG 2020).

4.2 Anforderungen an Datenschnittstellen

4.2.1 Konzeptionelles Schnittstellenmodell

4.2.1.1 Level & Service Definition

Level Definition

Level 1 IST

Alle Daten die einer MaaS-Plattform im Status-Quo zur Verfügung stehen ohne jegliche technische Anpassung seitens der Daten-Owner/Daten-Bereitsteller

Level 2 AIMED

Möglichkeiten gegeben durch den IST-Zustand und realisierbare Möglichkeiten bei technischer Anpassung von Services seitens Daten-Schnittstelle und Datenformat

Level 3 BEST

Best-Case Szenario einer MaaS-Plattform bei Außerachtlassung diverser technischer, vertraglicher oder rechtlicher Hürden

The image displays a mobile application interface for parking and mobility services. The main screen features a map with various icons representing different services: parking (P), electric vehicle charging (EV), bike share, and scooter share. A sidebar menu on the left includes options for 'ROUTE', 'MONITOR', and 'MELDUNGEN'. Below the menu, there are input fields for 'Haltestelle / Adresse / Sehenswürdigkeit' and a 'SUCHEN' button. At the bottom, there are filters for 'ORTE' and 'VON-NACH'. A source link is provided at the bottom right: [Quelle: https://anachb.vor.at/](https://anachb.vor.at/).

Service Level

REST API

Verkehrsdaten			Wetterdaten		Bewegungsdaten	Fahrpläne	Fahrgastinformation
Verkehrsdaten	VLSA Verkehrsdaten	Verkehrsdaten-erhebung	Umfelddaten-erhebung	Wetterdaten	Land Kärnten	KMG, ÖBB, ...	KMG
Asfinag	Stadt Klagenfurt Land Kärnten	Asfinag	Asfinag	Land Kärnten			
EVIS				Datenraum Kärnten	Datenraum Kärnten	VAO	VAO
Google	EVIS	Asfinag	Asfinag	Datenraum Kärnten	Datenraum Kärnten	VAO	VAO
DATEX II		JSON	JSON	XML/JSON	XML/JSON	XML/JSON	XML/JSON
REST API							

Fahrgastzählung	ÖV Ortung & Kommunikation		Ticketing	E-Ladestationen		Paket-Abholstation	Parkraumbelugung Tiefgaragen
KMG	ÖV Ortung	ÖV Kommunikation	KMG, VKG, ÖBB, STW, Tourismus Klagenfurt, Kärnter Linien	E-Ladestationen	Ladestellen-verzeichnis	MyFlexBox Gmbh	Stadt Klagenfurt
	KMG	KMG		KMG	EKG		
KMG	VAO	VAO	Chargepoint	Chargepoint	MyFlexBox Gmbh	Datenraum Kärnten	
XML/JSON	XML/JSON	XML/JSON	XML/JSON	JSON	JSON	XML/JSON	XML/JSON
REST API							

Abbildung 4-1 REST API

Verkehrsdaten (VAO/EVIS/ASFINAG/GOOGLE):

IST: Informationen über die aktuellen (Staus, Unfälle, Verkehrslage, Prognose, Sperren) und geplanten (Baustellen, Veranstaltungen, Sperren) Verkehrsdaten können via Verkehrsauskunft Österreich/EVIS abgefragt werden und in der MaaS-Plattform angezeigt werden. Detaillierte Verkehrsdaten (Fahrzeugklassen, Geschwindigkeit, Verkehrsstärke in Klassen, etc.) werden an ausgewählten Standorten von der Asfinag erhoben und bereitgestellt. Ausgewählte VLSA der Stadt Klagenfurt liefern Zählraten der Verkehrs-Ist-Situation (Induktionsschleife, Kamera, Radar) an EVIS. Google REST-API zur Abfrage von Verkehrsauslastung vorhanden.

AIMED: Verkehrsdaten in die MaaS-Plattform integrieren, um die momentane Verkehrsauslastung anzuzeigen und für die Routenplanung verwenden (z.B.: bei hoher Verkehrsauslastung alternative Route mit Fahrrad, Scooter empfehlen). Durchschnittliche Streckenreisezeit (Staus, Baustellen, prognostizierte Verkehrsauslastung) in der MaaS-Plattform anzeigen. Verkehrsauslastungsdaten von Google in die MaaS-Plattform integrieren.

BEST: Ausweitung der Erhebungen durch die Asfinag an weitere für den Mobilitätsknoten Klagenfurt West relevanten Standorte (z.B.: AST Klagenfurt West). Detaillierte Verkehrsdaten bereitstellen (C-ITS) für automatisierte/autonome Fahrzeuge.

Umfelddaten (ASFINAG) & Wetterdaten (Datenraum Kärnten):

IST: Detaillierte Umfelddaten (Fahrbahnoberflächentemperatur, Fahrbahnfeuchte, Zustand der Fahrbahnoberfläche, Windgeschwindigkeit, Fahrbahnglätte, Sichtweite,

Niederschlagsintensität, etc.) werden von der ASFINAG an ausgewählten Standorten erhoben und bereitgestellt. Regionale Wetterdaten (historische, aktuelle und Prognosen) sind in der Plattform Datenraum Kärnten verfügbar, jedoch keine API für externen Zugriff implementiert. Datenraum Kärnten verfügt außerdem über datenschutzkonforme Daten zu den Bewegungsmustern in Städten und Gemeinden anhand anonymisierter Mobilfunkdaten.

AIMED: Schnittstelle Datenraum Kärnten (REST-API) definieren, für Einbindung regionaler Wetterdaten in die MaaS-Plattform, um bei der Routenplanung auf den passenden Service zu verweisen (z.B.: bei Regen Empfehlung geschlossenes Verkehrsmittel statt E-Bike).

BEST: Ausweitung der Erhebungen durch die ASFINAG an weitere für den Mobilitätsknoten Klagenfurt West relevanten Standorte (z.B.: AST Klagenfurt West). Detaillierte Umfelddaten bereitstellen (C-ITS) für automatisierte/autonome Fahrzeuge. Historische Wetterdaten mit historischen Auslastungsdaten (Verkehrs- und Bewegungsdaten) fusionieren, um Prognosen für die Zukunft zu erstellen (Verwendung fürs Routing).

UHD Ultra High Definition Map (ASFINAG):

IST: Eine UHD-Map (+/-2cm) ist für die Teststrecke A2 (nähe Graz; zwischen Kilometer 174&179) vorhanden. Für den Mobilitätsknoten Klagenfurt West ist keine UHD-Map verfügbar.

AIMED: BEST

BEST: UHD-Map im Bereich Mobilitätsknoten Klagenfurt West und Grafenstein aufnehmen für die Lokalisierung von autonomen Fahrzeugen. Verkehrsdaten, Umfelddaten und UHD-Map für die Erhöhung der ISAD Klasse D (Infrastructure Support for Automated Driving) verwenden. UHD-Map für das niederrangige Straßennetz für Lokalisation von autonomen Shuttles.

Fahrpläne (VAO):

IST: Detaillierte Informationen über die Fahrpläne (Soll- und Ist Daten) können von der Verkehrsauskunft Österreich mittels der REST-API Schnittstelle abgefragt werden.

AIMED: Soll- und Ist Daten von Fahrplänen in die MaaS-Plattform integrieren, um Kunden über aktuellen Status informieren zu können. (z.B.: Bus kommt um 10min verspätet). Daten für das Re-Routing verwenden. (z.B.: falls Wartezeit zu hoch durch Störung, Unfall anderes Transportmittel verwenden)

BEST: AIMED

Fahrgastinformation (KMG/VAO) & Fahrgastzählung (KMG):

IST: Fahrgastinformationen werden den Kunden via Monitor (Ankunft ÖV, Störungsanzeige, Fahrplaninfos) zur Verfügung gestellt und können über die VAO abgerufen werden. Die Fahrgastzählung basiert auf Türsensoren (Kamera) und wird im Nachgang hochgerechnet (interne App, keine externe Schnittstelle). Zählgengenauigkeit lt. Hersteller min. 98%. Fehlerhafte Rohdaten werden verworfen (falsche Haltestellenzuordnung, fehlende GPS-Koordinaten,

negative Busbesetzung, etc.). Dadurch werden nur 60-70% der Rohdaten für die Hochrechnung weiterverwendet. Das Zählsystem ist auch bei ausgeschaltetem Bus aktiv, solange ein Lenker im Bordsystem angemeldet ist und einen aktiven Dienst hat (bei Lenkerwechsel an einer Haltestelle wird für die Dauer nicht gezählt).

AIMED: Fahrgastinformationen in die Maas-Plattform integrieren.

BEST: Für die Fahrgastzählung externe Schnittstelle (REST-API) implementieren, um den Kunden eine Auslastungsprognose via MaaS-Plattform und den Monitoren zur Verfügung zu stellen. Fahrgastzählung ins Routing einbinden, um Kunden individuelles Routing zu ermöglichen (Kunde kann individuell Schranken setzen z.B.: Auslastung < 75% wählen).

ÖV Ortung (VAO) & ÖV Kommunikation (KMG):

IST: Durch Verspätung des ÖVs interpolierte Werte zum aktuellen Standort können abgefragt werden. Diese Daten haben eine hohe Ungenauigkeit, speziell in Stau Situationen und stehen an VLSAs. Echtzeitdaten werden nicht an die VAO übertragen. Für Zugriff auf die ÖV Kommunikation ist keine Schnittstelle vorhanden.

AIMED: BEST

BEST: Echtzeitdaten direkt von KMG verwenden (REST-API), um Standortdaten für die Visualisierung in die MaaS-Plattform zu integrieren und Kommunikation (Echtzeit) nutzen, um Anschlusssicherheit zu gewährleisten. (z.B.: Umstieg Bus auf Bus/Zug sicherstellen. Schnittstelle für Kommunikation definieren. (REST-API).

Ticketing (KMG, VKG, ÖBB, STW, Tourismus Klagenfurt, Kärntner Linien):

IST: KMG Mobil App zum Kauf von Tickets für ÖV. B2B API (UpstreamMobility GmbH) grundsätzlich vorhanden, nicht durch KMG in Betrieb/Verwendung. ÖBB Tickets können über den eigenen Ticketshop erworben werden. Die STW-Kundenkarte (Bezahlung von STW-Strandbädern, Klagenfurter Stadtbusse und Parkplätzen) kann im Kundenservice der Klagenfurt Mobil GmbH, Servicecenter STW und im Strandbad Klagenfurt&Loretto erworben werden. All in ONE App (Tourismus Klagenfurt) für Ticketkauf von Veranstaltungen und Ausflugsziele (Minimundus, Strandbad, etc.). Wörthersee PLUS Card kann hinterlegt werden, um [Vergünstigungen](#) zu erhalten. Die GoHappy App der Kärntner Linien ermöglicht einen Ticketkauf für ÖV nach dem Start/Stopp Prinzip. Gefahrene Strecke wird via GPS erfasst und monatlich abgebucht.

AIMED: B2B API (REST API) in die Maas Plattform integrieren für einen nahtlosen Ticketerwerb (One-Stop-Shop Prinzip). Kauf von ÖBB Tickets via Deep-Linking ermöglichen. Leistungsangebot der STW-Kundenkarte in der Maas-Plattform anzeigen. VKG plant eine eigene App (mit Konnex zu KMG Mobil App) zum Kauf von regionalen ÖPNV Tickets. Zudem

sollen ÖPNV Tickets inkl. Eintritte Strandbäder als Produkt angeboten werden. Kauf dieser Produkte nahtlos in die MaaS-Plattform integrieren.

BEST: Für die STW-Kundenkarte ist ein Webshop geplant – nahtlose Einbindung in die MaaS-Plattform. Rabatt/Kundenkarte/Berechtigungsausweise können in der MaaS-Plattform hinterlegt werden (z.B.: ÖBB Vorteils card) um eine automatische Preiskorrektur zu ermöglichen. Zukünftig Nachweis, dass man mit ÖV gereist ist, in die MaaS-Plattform integrieren für z.B.: kostenfreie Nutzung von Park&Ride Parkplätzen, wenn Kunden mit Klimaticket den ÖV nutzen. Funktionalitäten der All in One App und GoHappy nahtlos in die MaaS-Plattform integrieren (Definition REST-API Schnittstelle).

E-Ladestationen (Chargepoint, E-Control) API (beENERGISED)

IST: Standort, Kontaktinformationen, Ladeleistung, Connector Typ, Reservierung, Remote Start Informationen/Funktionalität stehen über REST-API zur Verfügung. Den Kunden werden diese Funktionalitäten inkl. Bezahlung via e-Charging-App (STW eMobil) zur Verfügung gestellt. Optional kann die Ladesäule via Karte genutzt werden. Ladestationen unterstützen Hinterlegung von Fahrzeugen (zur automatischen Bezahlung/Ladung -> Plug&Charge), jedoch ist diese Funktion derzeit inaktiv, da noch zu wenige Fahrzeuge diese Funktionalität unterstützen (Fahrzeug benötigt Einheit um mit Ladesäule zu kommunizieren). Chargepoint bietet zusätzlich zur REST-API eine APK (Application Package für die Installation einer Android App) an, um eine Integration (Bausatz-Prinzip) der Funktionalitäten in die MaaS-Plattform zu ermöglichen.

Ad Reservierung: diese Funktion ist aktuell inaktiv geschaltet. Geplant waren automatische Bügel an den Parkflächen anzubringen – wurde aus Kostengründen nicht umgesetzt.

E-Control Ladestellenverzeichnis kann via REST-API abgerufen werden.

AIMED: Ladestellenfinder von E-Control in die MaaS-Plattform integrieren.

BEST: Alle im IST-Zustand beschriebenen Funktionalitäten via MaaS-Plattform zur Verfügung stellen. Reservierungsfunktion umsetzen durch z.B. anzeigen des Reservierungsstatus bei der Parkfläche/Ladesäule via LED-Beleuchtung im Asphalt/an der Säule. Maßnahmen bei Fehl-Reservierungen definieren (z.B.: „Kautionsgebühr“, Gutschrift, falls Parkplatz trotzdem belegt). Möglichkeit zur Hinterlegung von Fahrzeugen, um automatisches Laden und Bezahlen zu ermöglichen. Parkberechtigung an Kunden erteilen, welche Ladestation nutzen und mit dem ÖV weiterreisen.

Paket Abholstation (MyFlexBox GmbH):

IST: MyFlexBox GmbH bietet REST-API Schnittstellen an, um die Paket Abholstationen in einen z.B.: Online-Shop zu integrieren und automatische Buchungen zu integrieren. An einer Möglichkeit für Buchung von Privatkunden wird derzeit gearbeitet (Stand 19.01.24).

AIMED: Standorte der Abholstationen visuell in die Maas-Plattform integrieren. Buchung/Reservierung dieser, sobald verfügbar.

BEST: AIMED

Parkraumbelegung Tiefgaragen (Stadt Klagenfurt): siehe auch DatenraumKärnten

IST: Echtzeitdaten an einzelnen Standorten. Andere Anbieter liefern keine Daten, da wenig Interesse an gemeinsamer Datenschnittstelle. Bestehende, nicht ins System eingebundene, Parkhäuser brauchen Software-Update für API-Zugriff auf Belegungsdaten, welches mit Kosten verbunden ist. Bei Bau von neuen Parkhäusern wird die Verpflichtung zur Daten Bereitstellung vertraglich festgelegt.

AIMED: Einbindung der Standorte (Positionen) und Parkgebühren in die MaaS Plattform. Standortdaten der Parkhäuser für das Routing verwenden.

BEST: Private Anbieter liefern Echtzeitdaten über gemeinsam definierte Schnittstelle um eine Angabe zur Parkplatzauslastung der Stadt Klagenfurt den Nutzer: innen via MaaS-Plattform zur Verfügung zu stellen (REST-API).

GBFS/MDS (<https://gbfs.org/>) (MDS)

E-Scooter Sharing			Bike Sharing
MAX Mobility	TIER	LIME	IPAK
MAX Mobility	TIER	LIME	Nextbike DE
keine API	JSON		
GBFS			

Abbildung 4-2 GBFS

E-Scooter Sharing (TIER, MAX Mobility, LIME):

IST: Standort, Verfügbarkeit, Fahrzeuginformationen, Geofence kann via GBFS Feed abgefragt werden. Max Mobility stellt keine Informationen via GBFS zur Verfügung, mit Stand 06.03.24 in Vertragsverhandlungen für Verpflichtung zur Datenbereitstellung.

AIMED: Verfügbare Informationen (Standortdaten, Verfügbarkeit, Geofence) in die Maas-Plattform integrieren. Bezahlungsprozess via Deep-Linking (Weiterleitung zur jeweiligen App).

BEST: Bezahlung/Reservierung via REST-API Schnittstelle und nahtlose Einbindung in die Routenplanung (Bezahlung, wenn E-Scooter in der gewählten Route enthalten ist).

Bike Sharing (Nextbike DE):

IST: Standort, Verfügbarkeit von Fahrrädern und Stationen via GBFS Feed. Bezahlung/Buchung nur über App möglich.

AIMED: Verfügbare Informationen in die Maas-Plattform integrieren. Bezahlungsprozess via Deep-Linking (Weiterleitung zur jeweiligen App).

BEST: Bezahlung/Reservierung via REST-API Schnittstelle und nahtlose Einbindung in die Routenplanung (Bezahlung, wenn E-Bike in der gewählten Route enthalten ist).

Webseite

Shuttle Transport	Radboxen	Radschloss	E-Car Sharing
SURAAA	Klagenfurt	ILOQ	Family of Power
SURAAA	Radbox Kärnten	ILOQ	Family of Power
<u>live Standort</u>	<u>Verfügbarkeit</u>	NFC	<u>Verfügbarkeit</u>
Webseite			

Abbildung 4-3 Website

Shuttle Transport (SURAAA):

IST: Der Fahrplan für automatisierte Shuttles steht an den Haltestellen per Aushang zur Verfügung. Zusätzlich kann der Fahrplan bzw. Live-Standort (GPS-Tracking) über die Webseite abgerufen werden. Die Fahrplan-Daten stehen per EVIS und VAÖ zur Verfügung und werden in allen gängigen Ticketbuchungssystemen angezeigt, z.B. ÖBB, Kärntner Linien etc. Ein automatisiertes On Demand Service, in Zusammenarbeit mit IOKI, steht per eigener App zur Verfügung und kann kostenlos gebucht werden.

AIMED: Fahrplan-Daten via VAO (REST-API) in die Maas-Plattform integrieren. On-Demand Service via IOKI (Deep-Linking) integrieren.

BEST: REST-API Schnittstelle definieren, um den On-Demand Service direkt via Maas-Plattform nutzen zu können.

Radboxen (Radbox Kärnten) & Radabsperung (ILOQ):

IST: Über die Webseite können die Standorte und Verfügbarkeit der Fahrradboxen eingesehen und gebucht werden. Die Boxen werden nur jahrweise und nicht auf täglicher/monatlicher Basis vermietet (lt. Land Kärnten kein Bedarf an kurzfristigem Mieten). Kurzfristiges mieten war geplant in der Tourismus Klagenfurt App einzubinden – kein aktueller Status.

Elektronische Schlösser befinden sich im Moment in der Testphase, weisen jedoch Probleme im Winter durch Vereisung auf. ILOQ Schlüsselsystem ist ein batterieloses Schloss, welches via NFC (Handy) entsperrt werden kann. Anschaffungspreis fast so hoch wie von der Radbox.

AIMED: Standorte visuell in die MaaS-Plattform integrieren und Informationen (Größe, Anzahl, Mietauslastung, Kontakt, etc.) hinterlegen.

BEST: REST API-Schnittstelle zur Buchung/Reservierung der Fahrradboxen. Tagweises mieten der Boxen ermöglichen, falls Nachfrage danach steigt. Einbindung der ILOQ-Systeme (REST-API) in die MaaS-Plattform, falls diese am jeweiligen Standort eingesetzt werden.

E-Car Sharing (Family of Power):

IST: Fahrzeuginformationen, Standortabfrage und Buchung dieser via Webseite (und App)

AIMED: GBFS-Schnittstelle zur Einbindung der Standortabfrage bzw. Fahrzeuginfos (Reichweite, Konfiguration, Größe etc.) in der MaaS-Plattform. Bezahlung/Reservierung via Deep-Linking (Weiterleitung zur Webseite/App).

BEST: REST API-Schnittstelle zur Buchung/Reservierung der Fahrzeuge. Den Kunden Option für Ride-Pooling anbieten (z.B.: Kunde kann angeben, dass er noch Personen mitnehmen will -> wird anderen Kunden in der MaaS-Plattform angezeigt).

C-Roads/C-ITS

Schleifen Detektion	C-ITS		
Stadt Klagenfurt Land Kärnten	Yunex		Asfinag (Yunex)
	A2/B83/B70D (Minimundus- Kreuzung)	B83/P&R West	A2 Knoten West Ausfahrt Minimundus
Yunex			
OCIT-C, OCIT-O, OCPI, VDV, TMC, DATEX II	CAM, SPAT/MAP		
Verkehrsrechner	RSU V1		RSU 2X

Abbildung 4-4 C-ITS

C-ITS:

IST: RSU`s sind an den Standorten A2 Knoten West Ausfahrt Minimundus, P&R West und Minimundus-Kreuzung installiert.

AIMED: BEST

BEST: Durch MaaS-Plattform zur Verfügung gestellte Information an Fahrzeuge senden: Verkehrs- und Wetterdaten, Empfehlung zum Mobilitätsknoten Klagenfurt West, auf MaaS-Plattform aufmerksam machen. Berechtigungssystem (PKI) für Nutzer der MaaS-Plattform

zum Anzeigen von Nachrichten. Alternatives Routing vorschlagen, wenn z.B.: Parkplatzauslastung hoch in der Stadt Klagenfurt, Navigation Stadt Klagenfurt -> zu Mobilitätsknoten oder freie Parkplätze alternativ anbieten.

Installation von weiteren RSUs an für den Mobilitätsknoten Klagenfurt und Grafenstein relevanten Standorten.

Automated/Autonomous Valet Parking

Automated Valet Parking			
Smart Infrastructure + Vehicle			Smart Vehicle
Bosch/Mercedes	Continental/Kopernikus	CARIAD	ZF
Mercedes	Markteinführung 2024	Audi, Porsche, VW	vSLAM Technology Parklücken via Kamera erkannt (Ausrollung in China)
local Parking Management System			Fahrzeug intern
App	Markteinführung 2024	App	App

Abbildung 4-5 Automated Valet Parking

AVP : ([Bericht](#), [Bosch](#), [Video Bosch](#),) andere Systeme ([Continental&Kopernikus](#), [ZF](#) (unabhängig von Infrastruktur), [CARIAD](#) (Waschstraße und Laderoboter))

IST: Kein Valet Parking am Standort verfügbar. Services laufen derzeit über Hersteller eigene App.

AIMED: BEST

BEST: Bereich wird laut Verkehrsplanungskonzept konzipiert/vorgesehen. Ausrollung ähnliches System wie am Standort Flughafen Stuttgart. REST-API Schnittstelle zur Buchung/Reservierung/Anmeldung/Stellplatzinformationen/Ladeinfrastruktur an den Drop-Off/Pick-Up Zonen

[Nutzungsbedingungen AVP](#)

[Nutzererfahrung AVP](#)

[Bosch ermöglicht fahrerloses Parken in 15 weiteren APCOA-Parkhäusern in Deutschland](#)

- Mercedes-Benz Museum Stuttgart
- Mercedes: Fahrzeugsoftware/Sensorik
- Bosch: Infrastruktur Sensorik (Kamera Systeme)
- Drop-Off Area: Fahrzeug abstellen und App aktivieren
- Kontakt zum Parkhaus wird hergestellt und Route zum freien Parkplatz berechnet (Größe passend zum Fahrzeug)

- Bosch System übernimmt Überwachung Fahrkorridor und Umfeld (Hindernisse, Personen)
- Fahrzeug setzt Befehle der Infrastruktur in Fahrmanöver um
- Mehr Zeit – Mehr Sicherheit (dunkle Parkhäuser, Dellen, etc.) – Mehr Effizienz (bis zu 20% mehr Parkplätze, Reduktion Emissionen)
- Welche Voraussetzungen muss ein Fahrzeug für AVP mitbringen?
 - Durch die eingesetzte Sensorik in der Infrastruktur begrenzt sich die notwendige Ausstattung eines Fahrzeugs im Wesentlichen auf ein Automatikgetriebe, ESP, elektrische Feststellbremse und Lenkunterstützung, eine Start/Stopp-Funktion sowie die Kommunikationseinheit.
- Welche Voraussetzungen muss ein Parkhaus für AVP mitbringen?
 - Das System basiert auf dem Zusammenspiel der intelligenten Infrastruktur und der Fahrzeugtechnik. Zur notwendigen Parkhausinfrastruktur zählen die erforderliche Sensortechnologie und IT Technologie, um die Fahrwege zu errechnen und alle Anforderungen bezüglich der Sicherheit zu erfüllen. Außerdem wird eine technische Einheit benötigt, die mit dem Fahrzeug kommuniziert, und eine Cloudanbindung für die Interaktion mit dem Backend.

Smart Charging

Smart Charging		
zB Easelink	zB Mahle	zB Trojan Energy
autom. Ladeverbindung durch Boden	autom. Ladevorgang durch Boden	Ladepunkt zB. in Gehsteig integriert
Konduktiv	Induktiv	Standard Conn.
Fahrzeug intern	Fahrzeug intern App	App Connector

Abbildung 4-6 Smart Charging

Smart Charging (Easelink, Mahle, Trojan Energy):

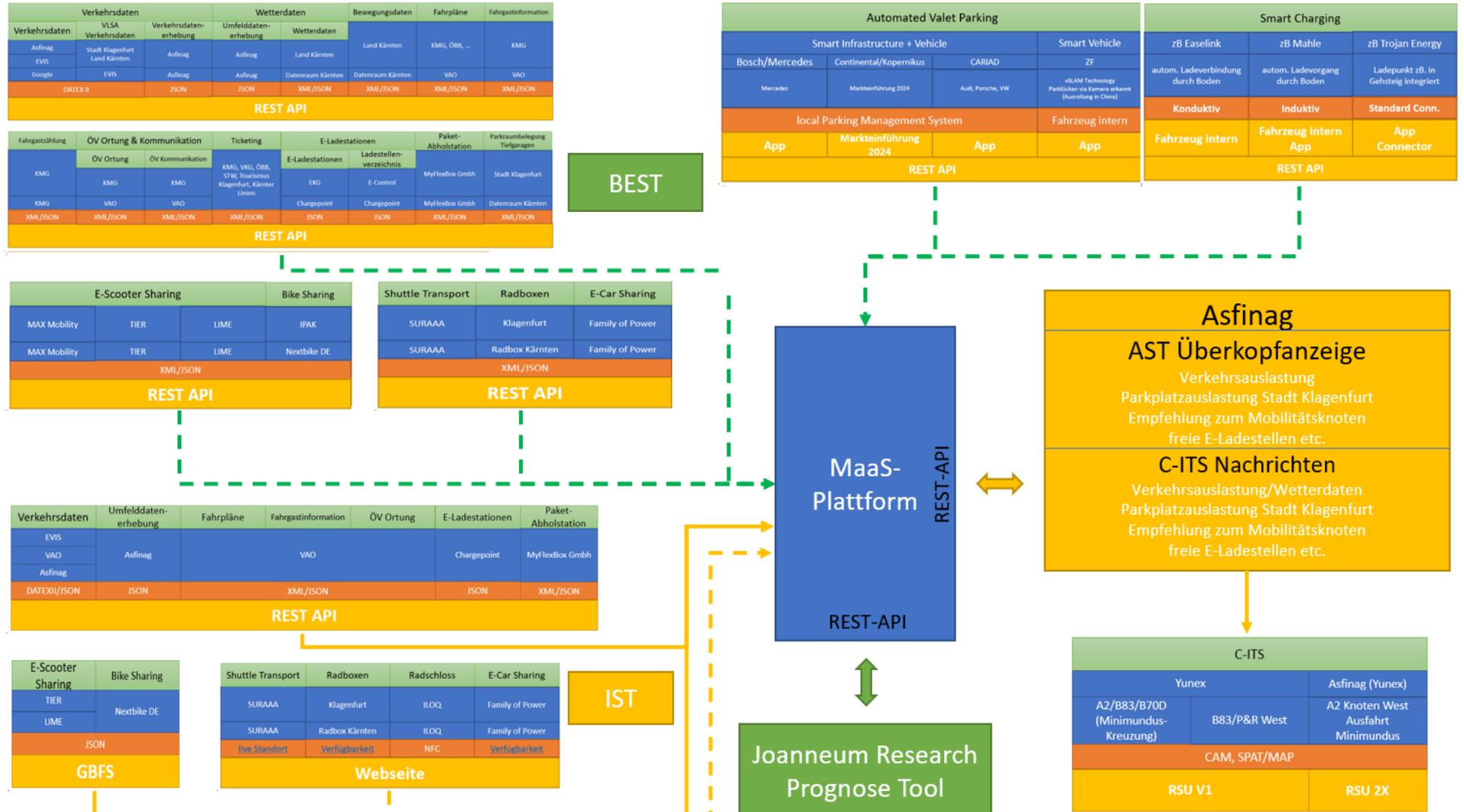
IST: Keine Smart-Charging Einrichtungen am Standort verfügbar

AIMED: An den konventionellen Parkflächen mit der Integration starten.

BEST: Smart-Charging Einrichtungen an den Valet-Parking und konventionellen Parkflächen integrieren. Informationen (Ladeleistung/Kosten/Reservierung/ConnectorTyp etc.) via REST-API bereitstellen. Integration von Smart-Charging Devices für ÖPNV.

- **Konduktives Laden:** ([Bericht](#), [EaseLink](#), [Projekt eTaxi](#))
 - Charging Connector am Unterboden des Fahrzeugs und Charging Pad am Parkplatz
 - Nach Abstellung des Fahrzeugs wird der Matrix Charging Connector automatisch abgesenkt und das Fahrzeug über physische Verbindung geladen
 - Übertragungseffizienz > 99%
 - Durch kompaktes Design könne das Matrix Charging System in mehr als 90% aller E-Fahrzeuge nachgerüstet werden.
- **Induktives Laden:** ([Bericht](#), [Mahle](#))
 - Bodenplatte kommuniziert mit Fahrzeugplatte zur genauen Positionierung
 - Ladeleistung 11kW bei Wirkungsgrad von ~92%. Ladeleistung von 22kw geplant
 - Möglichkeit zur Nachrüstung bereits existierender E-Autos wird im Moment nicht gedacht, wäre aber lt. Mahle problemlos möglich

Vision Kommunikation MaaS <=> ASFINAG



Gemeinsame Schnittstelle (REST-API) definieren, um die in der MaaS-Plattform verfügbaren und relevanten Daten (z.B.: Verkehrsauslastung, Wetterdaten, Parkplatzauslastung Stadt Klagenfurt, freie E-Ladestellen, etc.) Autofahrer:innen via Autobahn-Anzeigetafeln und/oder als C-ITS Nachricht zur Verfügung stellen. Auf MaaS-Plattform aufmerksam machen und Verknüpfung mit ASFINAG App um z.B.: Kauf von Vignette, digitale Streckenmaut via MaaS-Plattform zu ermöglichen. C-ITS Nachricht senden mit Verweis/Empfehlung zum Mobilitätsknoten Klagenfurt inklusiver Streckenführung zu freien Parkplätzen; API-Zugriff für Dritte, um die verfügbaren Daten abgreifen zu können.

Die Übertragbarkeit dieses Konzeptes auf andere Standorte (z.B.: Grafenstein) ist durch die definierten Schnittstellen gegeben. Das Angebot richtet sich nach den an den jeweiligen Standorten verfügbaren Services.

4.3 IT-Konzept der MaaS-Plattform

Die stetig steigenden Anforderungen an Flexibilität, Skalierbarkeit und Resilienz moderner IT-Systeme haben Microservice-Architekturen zu einem zentralen Paradigma in der Softwareentwicklung gemacht. In Kombination mit Kubernetes, einer führenden Plattform für Container-Orchestrierung, bieten Microservices eine robuste Grundlage für den Betrieb moderner Anwendungen. Dieses Konzept ermöglicht es, Anwendungen in unabhängige, leicht wartbare Dienste zu unterteilen, die individuell entwickelt, bereitgestellt und skaliert werden können.

In den nachfolgenden Absätzen werden die Vorteile dieser IT-Systemarchitektur bzw. der gewählten Hosting-Variante beschrieben. Die Ergebnisse stammen aus einem operativen Umsetzungsprojekt, das die Verkehrsverbund Kärnten GmbH zusammen mit einem externen Software-Dienstleister umsetzt.

4.3.1 IT-Architektur für die MaaS-Plattform

Ein auf Microservices basierendes, webbasiertes zentrales Hintergrundsystem (HGS) - der Zugriff auf das System erfolgt demzufolge komplett webbasiert und somit geräte- und systemunabhängig.

Microservices

Jeder Anwendungsprozess im HGS ist als eigenständiges, unabhängiges Service abzubilden, wobei jeder Service über zu definierende schlanke APIs (z.B. REST-API) mit anderen Services kommunizieren kann. Die dadurch erzielte Unabhängigkeit der Services erzielt wesentliche Vorteile gegenüber einem monolithisch aufgebauten System:

- **Skalierbarkeit:**

Die Skalierbarkeit von Microservices bezieht sich auf die Fähigkeit, ein System flexibel und effizient an steigende Anforderungen anzupassen, sei es durch das Erhöhen oder Verringern der Ressourcen. Dies bedeutet eine flexible Anpassung an wachsende oder schwankende Lastanforderungen, ohne dass das gesamte System beeinträchtigt wird. Die Effizienz und Zuverlässigkeit des Systems wird dadurch erheblich gesteigert.

- **Kompatibilität/Technologische Flexibilität:**

Die Flexibilität von Microservices bezieht sich auf die Anpassungsfähigkeit und Modularität des Systems, die es ermöglicht, schnell und unabhängig auf Veränderungen zu reagieren. Die Flexibilität von Microservices ermöglicht somit eine dynamische und modulare Softwarearchitektur, die sich leicht an veränderte Anforderungen oder neue Technologien anpassen lässt. Diese Flexibilität ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber monolithischen Architekturen, die oft schwerfälliger und weniger anpassungsfähig sind.

- **Ausfallssicherheit:**

Fällt ein Microservice aus, stürzt nicht die komplette Applikation ab, sondern lediglich jener Prozess, für den der Microservice zuständig ist. Das erhöht auf der einen Seite die Ausfallsicherheit und wirkt sich darüber hinaus auch positiv auf die Fehlersuche aus, die deutlich zielgerichteter, effizienter und ressourcenschonender erfolgen kann.

Hosting

Das Hosting eines solchen Systems sollte in einem Kubernetes-Cluster bei einem entsprechend performanten Cloudservice-Provider (wie zB Amazon Webservices oder Microsoft Azur) erfolgen. Diese Form des Hostings bietet zahlreiche Vorteile, die vor allem in der Verwaltung, Skalierung und Zuverlässigkeit von containerisierten Anwendungen liegen.

- **Automatisierte Skalierung**

Kubernetes bietet die Möglichkeit, Anwendungen automatisch zu skalieren, basierend auf der Last oder den verfügbaren Ressourcen. Sowohl horizontale Skalierung (Erhöhen der Anzahl der Instanzen eines Containers) als auch vertikale Skalierung (Zuweisung zusätzlicher Ressourcen zu einem Container) sind möglich. Dadurch können Systeme auf schwankende Anforderungen reagieren, ohne manuellen Eingriff.

- **Hohe Verfügbarkeit und Fehlertoleranz**

Kubernetes sorgt für die kontinuierliche Überwachung der laufenden Container. Wenn ein Container ausfällt, wird er automatisch neugestartet oder auf einem anderen Knoten im Cluster wieder hochgefahren. Dies stellt sicher, dass Anwendungen hochverfügbar und robust gegen Ausfälle sind.

- **Load Balancing und Service Discovery**

Kubernetes bietet integriertes Load Balancing, das Anfragen automatisch auf die verschiedenen Instanzen einer Anwendung verteilt. Darüber hinaus kümmert sich Kubernetes um die Service Discovery, indem es die einzelnen Instanzen eines Microservice im Cluster automatisch auffindbar macht.

- **Portabilität und Flexibilität**

Anwendungen, die in Containern ausgeführt werden, sind plattformunabhängig und können problemlos zwischen verschiedenen Umgebungen (z. B. lokale Rechner, On-Premise-Rechenzentren, Cloud) migriert werden. Kubernetes abstrahiert die Infrastruktur und macht es einfach, Anwendungen in verschiedenen Cloud-Anbietern oder hybriden Umgebungen zu betreiben.

- **Effiziente Ressourcennutzung**

Kubernetes ermöglicht eine optimale Nutzung der verfügbaren Ressourcen durch Container-Orchestrierung. Es überwacht und steuert die Ressourcen, die den einzelnen Containern zugewiesen werden, und sorgt dafür, dass diese effizient genutzt werden, was die Kosten für Rechenleistung und Speicher senken kann.

- **Automatisierte Rollouts und Rollbacks**

Kubernetes erleichtert die kontinuierliche Bereitstellung (CI/CD) von Anwendungen durch automatisierte Rollouts und Rollbacks. Wenn eine neue Version einer Anwendung bereitgestellt wird, sorgt Kubernetes für einen schrittweisen Rollout, um sicherzustellen, dass keine Ausfallzeiten auftreten. Bei Problemen mit der neuen Version kann Kubernetes automatisch ein Rollback auf die vorherige stabile Version durchführen.

- **Self-Healing**

Kubernetes überwacht kontinuierlich den Zustand der Container und sorgt dafür, dass nur gesunde Container Anfragen bearbeiten. Wenn ein Container abstürzt oder nicht reagiert, wird er neu gestartet, ersetzt oder entfernt, wodurch das System sich selbst heilen kann, ohne menschliches Eingreifen.

- **Secret und Configuration Management**

Kubernetes bietet eine sichere und zentralisierte Verwaltung von sensiblen Informationen (wie API-Schlüssel, Passwörter) sowie Konfigurationsdaten. Diese können als „Secrets“ oder „ConfigMaps“ im Cluster verwaltet und dynamisch an die laufenden Container übergeben werden, ohne dass diese in den Container-Images selbst hinterlegt werden müssen.

- **Plattformübergreifende Unterstützung**

Kubernetes unterstützt sowohl On-Premise- als auch Cloud-Umgebungen, wodurch Unternehmen ihre Anwendungen in einer Vielzahl von Umgebungen konsistent betreiben können. Dadurch wird es einfacher, hybride Cloud-Strategien umzusetzen

oder zwischen verschiedenen Cloud-Anbietern zu wechseln, ohne dass wesentliche Änderungen an der Architektur vorgenommen werden müssen.

- **Modularität und Erweiterbarkeit**

Kubernetes hat eine stark modulare und erweiterbare Architektur. Es ermöglicht die Integration von Drittanbieter-Tools und Custom Controllers, um zusätzliche Funktionen hinzuzufügen, wie beispielsweise Monitoring, Logging, oder spezifische Sicherheitsanforderungen.

Diese IT-Architektur sowie diese Form des System-Hostings tragen im Zusammenspiel maßgeblich zur Sicherstellung einer maximalen Systemverfügbarkeit, auch bei sich kurzfristig ändernden Systembelastungen, bei. Prozesse, die direkte Auswirkung auf Endnutzer:innen haben, müssen dennoch entsprechend offlinefähig umgesetzt werden – ein konkretes Beispiel dafür wäre der Ticketverkauf in Öffentlichen Verkehrsmitteln, der auch bei Nicht-Verfügbarkeit einer Internetverbindung auf Basis von am Verkaufsgerät lokal vorgehaltenen Daten/Datenbereichen durchgeführt werden kann und der bei der nächsten vorhandenen Internetverbindung im Hintergrundsystem abgeschlossen wird.

Diese Vorgehensweise ist somit eine valide Alternative zur Vorhaltung und dem Betrieb eines Sekundärsystems als Rückfallebene für das primäre Produktivsystem. Der höhere Aufwand den diese Form des Systemaufbaues mit sich bringt sowie die Kosten, die das Hosting des Systems in einer hochkomplexen Kubernetes-Umgebung verursacht, werden durch den Entfall zusätzlicher Aufwände für ein vollständiges Sekundärsystem kompensiert. Selbstverständlich bleiben entsprechende Datensicherungsprozesse davon unberührt und müssen in Form eines adäquaten Konzeptes sichergestellt sein.

5. PROTOTYPISCHE PILOTIERUNG

5.1 Digitaler Zwilling

Für die Anforderungen einer Automatisierten Anschlussstelle wird ein Konzept für den Aufbau eines modularen Digitalen Zwillings erstellt. Der Fokus liegt darauf, ein einsatzfähiges, kosteneffizientes und in die Planungsabläufe implementierbares Konzept zu entwickeln. Das hat auch zur Folge, dass für die generellen Anforderungen und Services eine Hierarchie entwickelt wird, welche davon im Digitalen Zwilling integriert werden. Es konnten Einsatzzeitbereiche (Planungs- und Betriebsphase) identifiziert und für die folgenden zwei Modulsets vorgeschlagen werden:

5.1.1 Planungsphase

Für die Planungsphase wird ein „Digitaler Zwilling KASSA.AST“ konzipiert, der aus einer Makro|Meso-Simulation (z.B. MATSim) einer zweiteiligen Mikro-Simulation (z.B. Sumo) sowie einem zentralen Daten-Hub besteht. Optional kann der „Digitale Zwilling KASSA.AST“ auch um eine HDMaP (Hochauflösende Karten und 3D Modell) erweitert werden (z.B. Grundlage für Automatisiertes Fahren). Für die Verkehrsnachfrage wird eine regionale räumliche Grenze (Einzugsgebiet 1.0, z.B. Bezirk oder Bundesland), für die Leistungsfähigkeit der Anbindung (inkl. mögliche Rückstauwirkung auf die Autobahn) eine lokale räumliche Grenze (Einzugsgebiet 1.1) und für die Detailplanung eine auf den Planungsbereich eingeschränkte Grenze (Einzugsgebiet 1.2) definiert.

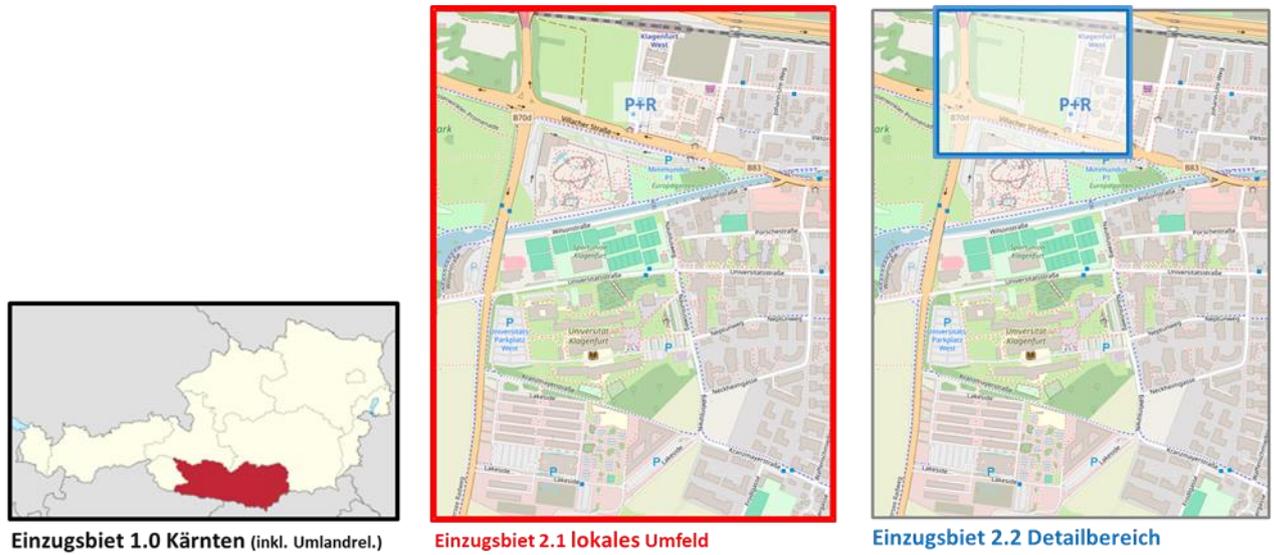


Abbildung 5-1: Räumliche Einzugsgebiete für die Teilebenen des Digitalen Zwillings am Beispiel der Anschlussstelle Klagenfurt West

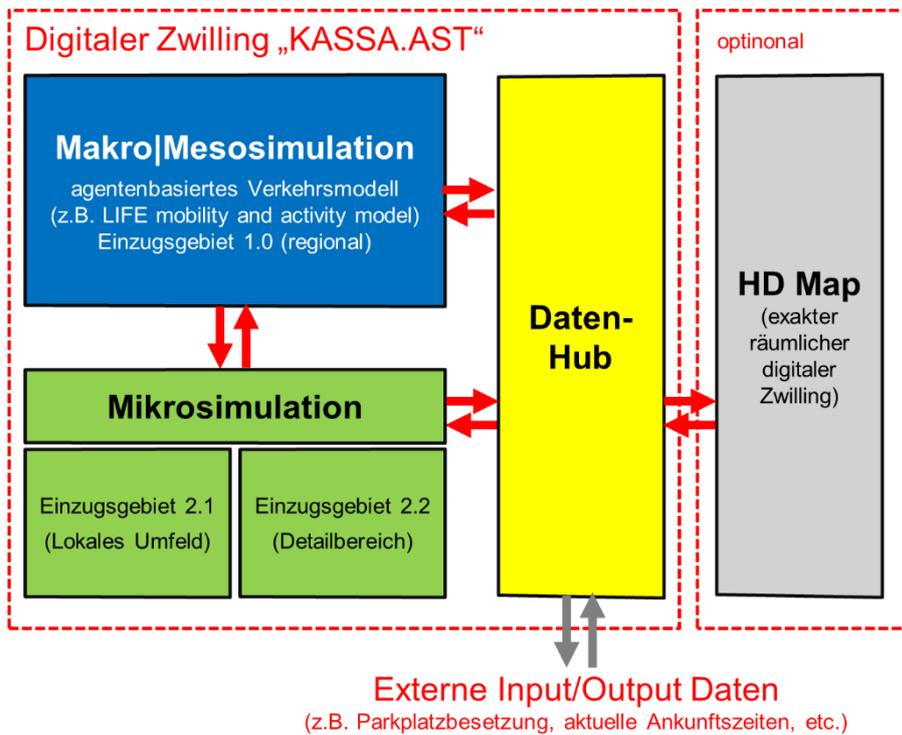


Abbildung 5-2 Digitaler Zwilling „KASSA.AST“

Der vorgeschlagene Simulationsaufbau ergibt sich über die Wechselwirkung der Fragestellungen, der räumlichen Einzugsgebiete sowie den adressierten Verkehrsmitteln. Im Zuge dieses Projektes wurden für die AST Klagenfurt West (städtisch) die Module des Simulationsaufbaus im Ansatz für die Einsatzfähigkeit und die Eingrenzung des Nutzens getestet. Für die Ebene der Nachfragesimulation (Makro|Meso-Simulation) zeigte sich, dass effizienzbedingt für einen Teil der Verkehrsmittel (ÖV, MIV bzw. P+R) eine Berechnung der Nachfrage bei diesem Aufbau umsetzbar ist. Für Sharingdienste und P+D, bei denen zusätzliche Abhängigkeiten (Betreiber-, Kostenstruktur, Konkurrenzsituationen etc.) vorliegen, sind die zusätzlichen Aufwände relativ hoch, daher wird hier die Berechnung (Abschätzung) von Nachfragepotentialen empfohlen. Für diese Segmente wurden Methoden entwickelt und am Beispiel der AST Klagenfurt West und der AST Grafenstein implementiert.

Makro|Mesosimulation (MATSim)

Als Simulationsebene der Makro|Mesosimulation wird das LIFE mobility and activity model – Carinthia⁴⁵ (Joanneum Research, Urban Living Lab, 2020-2024) herangezogen, das auf MATSim⁴⁶ ([MATSim](#)) basiert und die Kärntner Wohnbevölkerung abbildet. MATSim (Multi-Agent Transport Simulation) ist ein agentenbasiertes Verkehrsmodell, die im Bereich zwischen einer Makro- und Mikrosimulation einzuordnen ist und diese beiden Anforderungen zusammenführt. Die Entwicklung wird derzeit primär von der TU-Berlin (Kai Nagel) und der ETH Zürich (Kay W. Axhausen) vorangetrieben. Bei agentenbasierten Verkehrsmodellen werden die Verkehrsteilnehmer:innen ähnlich wie physikalische Partikel als bewegende „Agenten“ gebunden an das Verkehrsnetz betrachtet. Dabei werden in der Verkehrsnachfragemodellierung Aktivitätspläne für einzelne Personen (inkl. der Wahl des Verkehrsmittels) erstellt, bei der systembedingt die aktive Mobilität (Fahrrad, Fußgänger, etc.) gleichwertig integriert ist.

Mikrosimulation (SUMO)

⁴⁵ [Agentenbasierte Verkehrsmodellierung » LIFE](#)

⁴⁶ Horni, A., Nagel, K. and Axhausen, K.W., 2016. *The Multi-Agent Transport Simulation MATSim*. London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/baw>

SUMO⁴⁷ (Simulation of Urban Mobility) ist eine mikroskopische Verkehrssimulation. Diese wird primär von dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.⁴⁸ (DLR) sowie der Eclipse Foundation⁴⁹ weiterentwickelt. Mit diesem Simulationsansatz können detaillierte Untersuchungen im Straßenraum bzw. Wechselwirkungen zwischen Verkehrsteilnehmenden (z.B. Staubildung, Abbiegerelationen, etc.) durchgeführt werden. In den letzten Jahren wurde die Entwicklung auch in den Bereichen der Aktiven Mobilität (Fahrrad, Fußgänger aber auch E-Scooter, E-Fahrräder) und den Wechselwirkungen mit dem MIV vorangetrieben (siehe z.B. Roosta et al., 2023⁵⁰). Für diese weitere Entwicklung und den operativen Einsatz ist die Einbindung von zusätzlichen Datenquellen (z.B. Fahrradverkehrsaufkommen nach Zeitscheiben, etc.) eine wichtige Grundlage.

Transfermodul: Makro|Meso-Simulation (Simulationsebene 1) zur Mikrosimulation (Simulationsebene 2)

Bei der Pilotanwendung zeigte sich, dass die Schnittstelle zwischen den Modellebenen der Makro|Meso-Simulation und der Mikrosimulation eine größere Herausforderung ist, für die es bei Sonderfällen keine standardisiert anwendbaren Module gibt. Die Herausforderung ergibt sich aus den systemisch unterschiedlichen Netzaufbau (Netzgraphen) und die Vereinheitlichung der für die Übertragung vorgesehenen Verkehrsmitteln. Bei Makro- und Meso-Simulationen sind die meisten Netzelemente an die Straßenachse gebunden (z.B. Gehwege, Fahrradwege), bei Mikrosimulation ist es sinnvoll, dass die Netzelemente feiner abgebildet werden (z.B. die Gehwege, Fahrradwege als Netzelemente mit Breiteninformationen). Für die Planungsprozesse und die verkehrstechnischen Beurteilungen für automatisierte Anschlussstellen wird eine direkte Kopplung angestrebt, so dass die Verkehrsnachfrage für beide Modellebenen an den Schnittstellen gleich ist. Für KASSA.AST wurde daher ein Transfermodul (MATSim auf SUMO) programmiert.

Das LIFE mobility and activity model – Carinthia, das auf MATSim basiert, erlaubt es, simultan eine 10% Population (Kärntner Wohnbevölkerung) und eine 100% Population für einen gewählten Ausschnitt (AAU+Lakeside Park, Grafenstein) zu simulieren. Das Ziel

⁴⁷ [Scenarios - SUMO Documentation](#)

⁴⁸ [Institut für Verkehrssystemtechnik](#)

⁴⁹ [The Community for Open Collaboration and Innovation | The Eclipse Foundation](#)

⁵⁰ Roosta, A., Kath, H., Barthauer, M., Erdmann, J., Flötteröd, Y.-P., & Behrisch, M. (2023). The State of Bicycle Modeling in SUMO. *SUMO Conference Proceedings*, 4, 55–64. <https://doi.org/10.52825/scp.v4i.215>

bestand darin, die Daten aus dem Verkehrsmodell in einem kleineren räumlichen Ausschnitt mit detaillierterer Verkehrsinfrastruktur (Kreuzungen, Abbiegerelationen, Ampeln), also mittels einer Mikrosimulation, darzustellen. SUMO bietet bereits zwei Python-Skripte⁵¹ im Lieferumfang, die aus einem MATSim-Verkehrsnetz (network.xml) sowie MATSim-Plänen (plans.xml) Inputdaten im für SUMO benötigten Format erzeugen können. Der Nachteil hierbei besteht jedoch darin, dass diese MATSim-Pläne noch keine umgelegten Wege enthalten und somit auch keine zeitlichen Verschiebungen, die durch Stauverhalten, verspätete Ankunftszeiten, etc. im Gesamtmodell Kärnten entstehen können. Außerdem muss zuerst eine Vorselektion/Zuschneiden der Aktivitätsketten der Agenten auf diesen räumlichen Ausschnitt erfolgen. Da das Verkehrsmodellnetz, das aus der Graphenintegrations-Plattform⁵² (GIP) erzeugt wurde, nicht über alle nötigen Informationen verfügt, wurde ein detaillierter aufgelöstes OpenStreetMap⁵³ (OSM)-Netz erzeugt, auf das die umgelegten Wege transferiert werden mussten.

Im Zuge von KASSA.AST wurde daher ein neues Modul konzipiert und programmiert, welches aus den im Verkehrsmodell umgelegten Wegen SUMO-taugliche Inputdaten (trips.xml) erzeugt. Folgende Abläufe werden dabei adressiert:

- Zuschneiden und Transferieren der umgelegten Wege/Events (Quelle, Ziel, Durchgangsverkehr; Aktivitäten) auf ausgewählten räumlichen Ausschnitt (SUMO-Netz)
 - Transferieren der GIP-Links auf SUMO-Edges (Start- und Endlink)
 - Modifikation der Start- und Endzeiten (je nach Eintreffen im gewählten Ausschnitt)
 - Zeitliche Eingrenzung kann optional definiert werden
- Hochrechnen der in den Modellen integrierten Samplegrößen (10% Bevölkerung im LIFE mobility and activity model – Carinthia) für den Durchgangs- sowie Ziel- und Quellverkehr. (Hinweis: Für AAU/Lakeside Park wird im gewählten Ausschnitt ein 100% Sample herangezogen, daher ist für die Verkehrsnachfrage im Einzugsgebiet 2.1 keine Hochrechnung erforderlich):
 - zeitliche Variation der Startzeiten für hochgerechneten Agenten möglich

⁵¹ [MATsim - SUMO Documentation](#)

⁵² [Graphenintegrations-Plattform GIP: Der multimodale, digitale Verkehrsgraph für ganz Österreich](#)

⁵³ <https://www.openstreetmap.org/>

- Erzeugen der Outputdatei der finalen SUMO-Trips (trips.xml)

Anmerkung: Eine Herausforderung besteht auch darin, die Routingfähigkeit eines direkt über den OSMWebWizard⁵⁴ erzeugten SUMO-Netzes zu gewährleisten. Hier kann eine zusätzliche manuelle Nachbearbeitung erforderlich sein, weil durch isolierte Streckenübergängen, falsche Abbiegerelationen, fehlerhafte automatisierte Kreuzungsgenerierung, usw. einerseits die Routingfähigkeit nicht durchgängig gegeben ist und es auch zu unerwünschtem Stauverhalten kommen kann. Dies kann nur schwer automatisiert behoben werden kann.

⁵⁴ [OSMWebWizard - SUMO Documentation](#)

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<routes xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/routes_file.xsd">
<!-- ----- -->

<vType id="car" vClass="passenger"/>
<vType id="e-scooter" vClass="bicycle"/>
<vType id="bicycle" vClass="bicycle"/>
<!-- ----- -->

<trip id="184077_1_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-170816790" to="-286705154#0"/>
<trip id="74254_4_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="190576602" to="-43476555#6"/>
<trip id="87371_1_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-262719038" to="-170816790"/>
<trip id="115128_1_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-170816790" to="264474038#1"/>
<trip id="115128_1_2" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="264474038#1" to="-170816790"/>
<trip id="107950_2_9_1" type="e-scooter" depart="triggered" departLane="best" from="268627313#0" to="26473070"/>
<trip id="87621_3_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-73608075" to="-170816790"/>
<trip id="74757_1_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="264474038#1" to="-73608075"/>
<trip id="199364_2_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-170816790" to="-262719038"/>
<trip id="74637_3_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="264474038#0" to="-88524949#0"/>
<trip id="74637_2_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="264474038#0" to="-125481108#2"/>
<trip id="93939_1_pt1_1" type="bicycle" depart="triggered" departLane="best" from="-73608102#1" to="-1082428527"/>
<trip id="93939_1_pt4_1" type="bicycle" depart="triggered" departLane="best" from="-329344007#1" to="-1082428527"/>
<trip id="93939_1_pt6_1" type="bicycle" depart="triggered" departLane="best" from="482036327#0" to="-1082428527"/>
<trip id="87531_4_pt6_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-73608075" to="-170816790"/>
<trip id="87531_4_pt7_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-634216142#0" to="-170816790"/>
<trip id="87531_4_pt8_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-262719038" to="-170816790"/>
<trip id="87531_4_pt9_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-634216142#0" to="-170816790"/>
<trip id="87531_4_pt2_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-262719038" to="-170816790"/>
<trip id="87531_4_pt3_1" type="car" depart="triggered" departLane="best" from="-262719038" to="-170816790"/>

<person id="184077_1_1" depart="32072.328613235964">
  <stop edge="-170816790" until="32072.328613235964" actType="car insertion"/>
  <ride to="-286705154#0" lines="184077_1_1"/>
  <stop edge="-286705154#0" until="86400.0" actType="car removal"/>
</person>

<person id="74565_2_8" depart="32072.823045049605">
  <stop edge="-286705154#0" until="32072.823045049605" actType="car insertion"/>
  <ride to="-170816790" lines="74565_2_8_1"/>
  <stop edge="-170816790" until="86400.0" actType="car removal"/>
</person>

<person id="74565_2_2" depart="32074.669057678115">
  <stop edge="-286705154#0" until="32074.669057678115" actType="car insertion"/>
  <ride to="-170816790" lines="74565_2_2_1"/>
  <stop edge="-170816790" until="86400.0" actType="car removal"/>
</person>

<person id="98553_2_pt8s2" depart="32075.0">
  <stop edge="-159235994#2" until="32075.0" actType="walk insertion"/>
  <walk to="-654784381"/>
  <stop edge="-654784381" until="86400.0" actType="home"/>
</person>

```

Abbildung 5-3: Ausschnitt des für Sumo generierten Tripfiles (trips.xml) auf Basis der Nachfragedaten aus dem LIFE mobility and activity model – Carinthia für die AST Klagenfurt West (Detailgebiet Lakeside Park + Universität Klagenfurt)

Für den Einsatz eines Digitalen Zwillings für eine automatisierte Anschlussstelle wurde eine vereinfachte Klassifizierungstabelle in einem Rückkopplungsprozess mit dem Pilotversuch erstellt. Mit dieser Tabelle kann im Planungsprozess vorabgeschätzt werden, welche Modulebene des Digitalen Zwillings für die Adressierung welcher Fragestellung eingesetzt werden kann.

	Einsatzbereiche der Simulationsebene (Digitaler Zwilling KASSA.AST)			
	Stakeholder	Makro bzw. Meso- Simulation	Mikro- Simulation	
			lokales Umfeld	Detailbereich
AST Standortuntersuchung, überregional	ASFINAG, VVB Stadt, Gemeinde	Ja	nein	nein
AST Wirkungsanalyse, regional/überregional	ASFINAG, VVB Stadt, Gemeinde	Ja	nein	nein
Kritische Leistungsfähigkeit (Anbindung, Folgekreuzung)	Land, Stadt, Gemeinde	Ja (für Mikro-Simulation)	bedingt	Ja
Kritische Rückstausituation auf A+S Netz bzw. Rampe	ASFINAG, Land	Ja (für Mikro-Simulation)	bedingt	Ja
Mittelgroße AST (ca. 100 PKW-Stellplätze)	ASFINAG, Stadt, Gemeinde	Ja (für Mikro-Simulation)	bedingt	Ja
AST mit autonomen Shuttle	VVB, Stadt, Gemeinde	Ja	Ja	Ja
AST in der Nähe von Schulen, Krankenhäusern etc.	VVB, Stadt, Gemeinde	Ja (für Mikro-Simulation)	Ja	Ja
AST mit Valet-Parking	ASFINAG, Land bzw. Stadt	nein	nein	Ja

Abbildung 5-4 Einsatzbereiche der vorgeschlagenen Simulationsebenen eines Digitalen Zwillings für automatisierte Anschlussstellen

5.1.2 Betriebsphase

Für die Betriebsphase wird ein auf der Planungsphase aufbauender modularer Digitaler Zwilling KASSA.AST konzipiert, dem ein Prognosemodul beigefügt wird. Mit diesem Modul wird die Parkplatzauslastung prognostiziert, so dass Nutzer:innen frühzeitig die Information über den Auslastungszustand zu ihrer Ankunftszeit erhalten. Ziel dabei ist es, die Verhaltensänderungsoptionen (z.B. Verkehrsmittelwahl, Routenwahl) zu optimieren. Dazu wurde für KASSA.AST auch eine, an den Anforderungen orientierte, vereinfachte und stabile Methode für die Prognose der PKW-Parkplatzauslastung konzipiert. Eine weitere Unterscheidung liegt in den Anforderungen des Datenhub-Moduls. Dieses muss bei dem Digitalen Zwilling KASSA.AST.light - Betriebsphase echtzeitfähig und eine höhere Verfügbarkeitsklasse (hochverfügbar) aufweisen. Bedingt durch diese Anforderungen ist bei der Umsetzung auch zu überlegen, ob dieser Datenhub nicht kooperativ mit der MaaS-Plattform aufgesetzt wird.

Im Zuge der Konzeption zeigte sich, dass die erforderlichen Datenschnittstellen zwischen den Simulationsebenen auf Grund der Echtzeitanforderung eine hohe Herausforderung sind, für die es derzeit keine standardisierten Abläufe (MATSim, SUMO) gibt. Daraus lässt sich auch ein zukünftiger Forschungsbedarf ableiten. Unter diesen Rahmenbedingungen kann eine Umsetzung eines vollständigeren Digitalen Zwillings im 24/7 Betrieb für das Einsatzgebiet der AST nur als ein zukünftiges Ziel ("best level") empfohlen werden. Für den direkten Einsatz wurde daher ein Digitaler Zwilling KASSA.AST.light - Betriebsphase entwickelt, bei dem primär das Prognosemodul im Fokus steht. Bei diesem Ansatz wird die Prognose auf Basis von Echtzeitinformationen (Sensordaten) abgesichert, so dass die Qualität der Information stärker an die Realität gebunden ist, mit dem Ziel einen nutzbaren Mehrwert für Nutzer:innen von automatisierten Anschlussstellen (inkl. MaaS) zu generieren. Um die Information verständlicher zu transformieren, wird die Auslastung zwar absolut prognostiziert, aber über Ampelfarben (rot, grün, orange) kommuniziert. Diese Prognose ist auch abhängig von der zeitlichen Entfernung der Nutzer:innen vom Zielparkplatz an der automatisierten Anschlussstelle. Dadurch ergibt sich für eine bestimmte Zeit eine Vielzahl an Prognosewerte, die standortabhängig über dynamische Informationstafeln, Onboard-Navigationssysteme oder auch über die MaaS-App dargestellt werden sollen. Mit dieser Prognose kann somit den Nutzer:innen schon vor, aber auch während der Fahrt, Informationen (Pre- und OnTrip) zur Verfügung gestellt werden, mit denen sie ihr Verkehrswahlverhalten frühzeitig (z.B. durch einen Verkehrsmittelwechsel auf den ÖV) anpassen können. Damit wird die Qualität und der Komfort dieser automatisierten Anschlussstellen erhöht, wodurch zu erwarten ist, dass diese auch besser angenommen werden. Durch die Reduktion von Umwegen, vorzeitigen Umstiege auf den Umweltverbund, etc. (Parkplatzsuche) ist auch eine Reduktion der Umweltbelastung zu erwarten, wodurch eine Implementierung des Digitalen Zwillings KASSA.AST.light - Betriebsphase einen Beitrag zur Verkehrswende leisten kann.

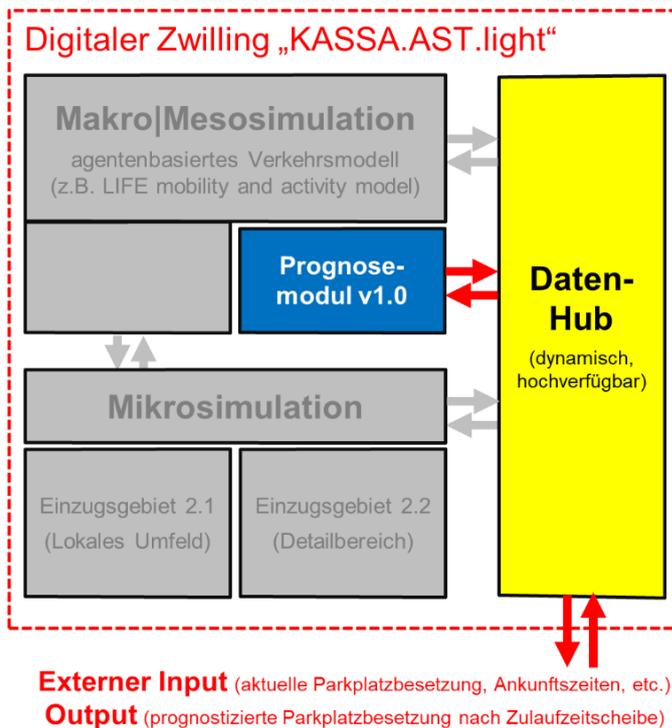


Abbildung 5-5 Digitaler Zwilling „KASSA.AST light“

Prognosemodul Anschlussstelle (Stellplatzauslastung)

Im Zuge von KASSA.AST wurde auch ein Prognosekonzept für die Pkw-Stellplatzauslastung entwickelt. Ziel dabei war es, frühzeitig kritische Auslastungszustände zu identifizieren. Bei der Entwicklung der Methode wurden die im Verkehrswesen üblichen Zeitreihenprognosemodelle geprüft. Ziel ist es, über die Zeitreihenanalyse von vorhandenen historischen Daten die Stellplatzauslastung zu prognostizieren. Dazu gehören das Modell des autoregressiven gleitenden Durchschnitts (ARIMA) sowie das SARIMA Modell, bei welchem zusätzliche Differenzierungen (z.B. Clustering nach Ferien) sowie saisonale Komponenten herangezogen werden. Ein weiterer möglicher Modellansatz ist die Vektor-Autoregression (VAR). Mit diesem Modell können auch andere Zeitreihenverläufe (z.B. der Verkehrsverlauf von Indikator-Zählstellen) über Kreuzkorrelationen miteinbezogen werden. Neuere Ansätze⁵⁵⁵⁶ basieren auf Algorithmen des maschinellen Lernens, wie z.B.

⁵⁵ [\[2206.13274\] Deep-Learning vs Regression: Prediction of Tourism Flow with Limited Data](#)

⁵⁶ [\[2308.14516\] Prediction of Tourism Flow with Sparse Geolocation Data](#)

Recurrent Neural Networks (RNNs), Long Short-Term Memory (LSTM)-Netzwerke oder Graph Neural Networks (GNN). Mit diesen Modellen können auch komplexere Zusammenhänge von Daten identifiziert und formalisiert werden.

Für die beschriebenen Methoden ist eine relativ hohe Anzahl an historischen Zeitreihen (Datenpunkte) notwendig, um daraus Prognosealgorithmen berechnen zu können. Diese Daten sind für die Anschlussstellen Klagenfurt West nicht in der ausreichenden Quantität vorhanden. Die im Zuge des Projektes erhobenen Zählwerte sind nur eine Punktaufnahme der Ist-Situation. Diese Situation entspricht jedoch dem Standardfall bei neu geplanten automatisierten Anschlussstellen.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde ein neuer Prognoseansatz entwickelt, welcher diese Datendefizite mitberücksichtigt und schon kurz nach der Inbetriebnahme der Anschlussstelle Prognosewerte liefert. Dazu wird ein mehrstufiges Verfahren vorgeschlagen, bei dem einerseits aus den üblichen Zeitreihenprognosemodellen abgeleitete, vereinfachte Prognoseansätze eingesetzt werden und andererseits parallel dazu jene Datenquantitäten (über die installierten Sensoren) gesammelt werden, die langfristig für eine mögliche Adaptierung mit SARIMA oder RNN- bzw. LSTM-Modellen herangezogen werden können.

Im Zuge der Konzeptentwicklung hat sich auch gezeigt, dass das Vertrauen der Nutzer:innen aber auch der Datenprovider (ASFINAG, Verbundlinien, etc.) in die Prognose ein zentrales Element darstellt. Fehlinformationen führen dazu, dass sich die Akzeptanz der Nutzung und in weiterer Folge die angestrebte Wirkung schnell deutlich reduzieren kann. Daher wurde bei der Entwicklung des Prognoseansatzes der Fokus verstärkt auch in Richtung Stabilität der Ergebnisse gelegt. Bei dieser Methode werden über Indikator-Zählstellen, die vorgezogene Daten liefern, sowie über die Realdaten der aktuellen Parkplatzauslastung (Zu- und Abfahrtszählsensoren) eine zweiseitige Absicherung der Prognosedaten gewährleistet.



Abbildung 5-6: Übersicht Prognosemethode mit Indikator-Kfz-Zählstelle (Realtime) und Parkplatzbesetzung (Realtime), Beispiel zwei zufahrende PKW mit unterschiedlichen Restzufahrtszeiten

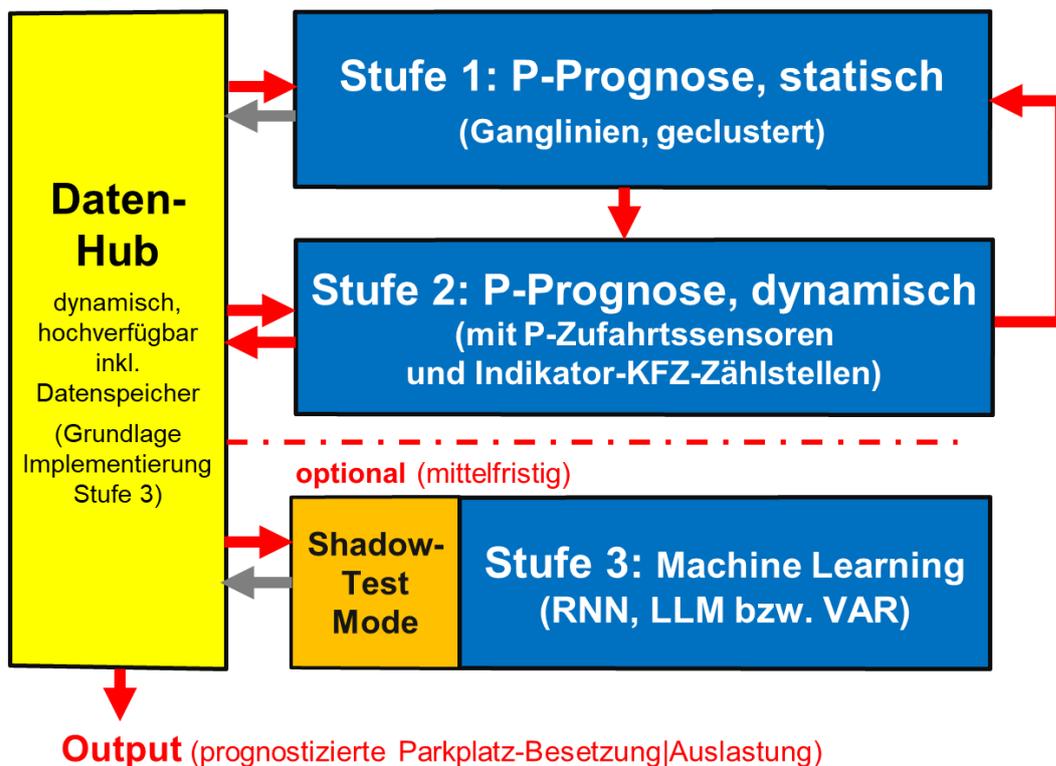


Abbildung 5-7: Stufenmodell für die Parkplatz-Prognose (Stellplatzauslastung)

5.1.3 Stufe 1 – Parkplatz-Zufahrtsprognose, statisch

Die Prognose der Parkplatzauslastung erfolgt über eine laufende Erhebung der Parkplatzauslastung mit Hilfe der Zu- und Abfahrtssensoren am Parkplatz. Für die Erstellung der standardisierten Ganglinie werden die Erhebungen von mehreren Tagen gemittelt. Dadurch kann der Prognosevorgang schon in der ersten Woche der Sensorinstallation gestartet werden. Mit zusätzlichen Erhebungen werden diese feiner geclustert, um z.B. für werktags, samstags und sonntags eigene standardisierte Ganglinien zu generieren. Mit mehreren Erhebungen werden auch die Konfidenzintervalle der einzelnen Datenpunkte (Zeitscheiben) ermittelt, um die Qualität der Clusterung abzusichern bzw. in weitere Folge auch feinere Clusterungen geprüft einsetzen zu können (z.B. standardisierte Ganglinien für die Ferienzeiten).

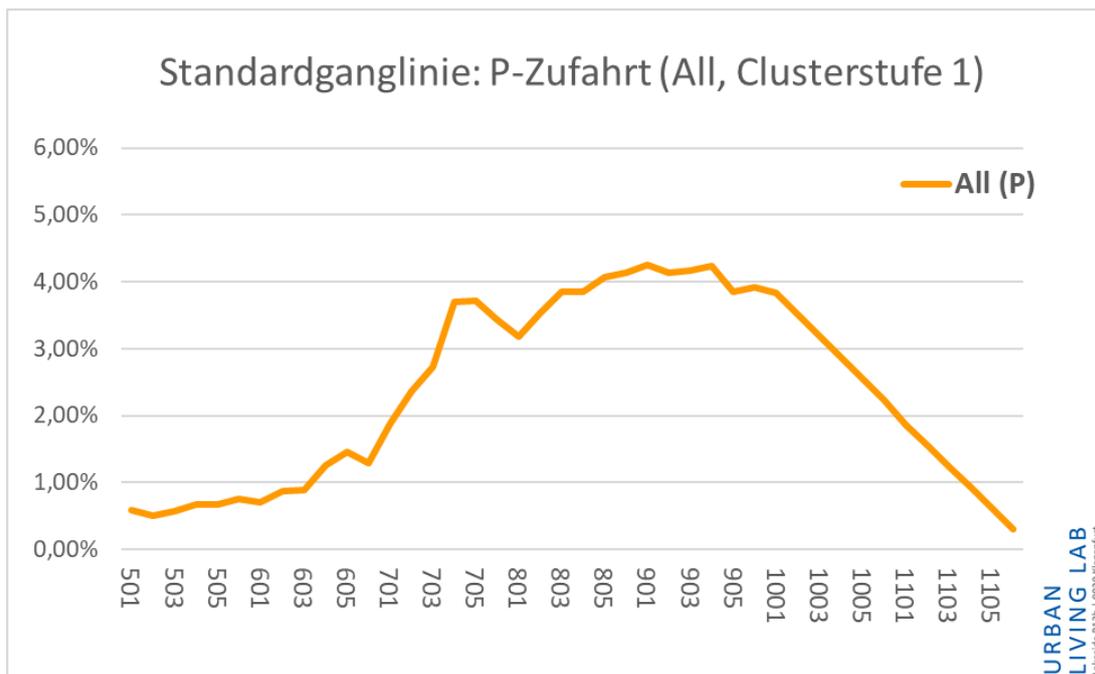


Abbildung 5-8: Standardganglinie einer Clusterstufe

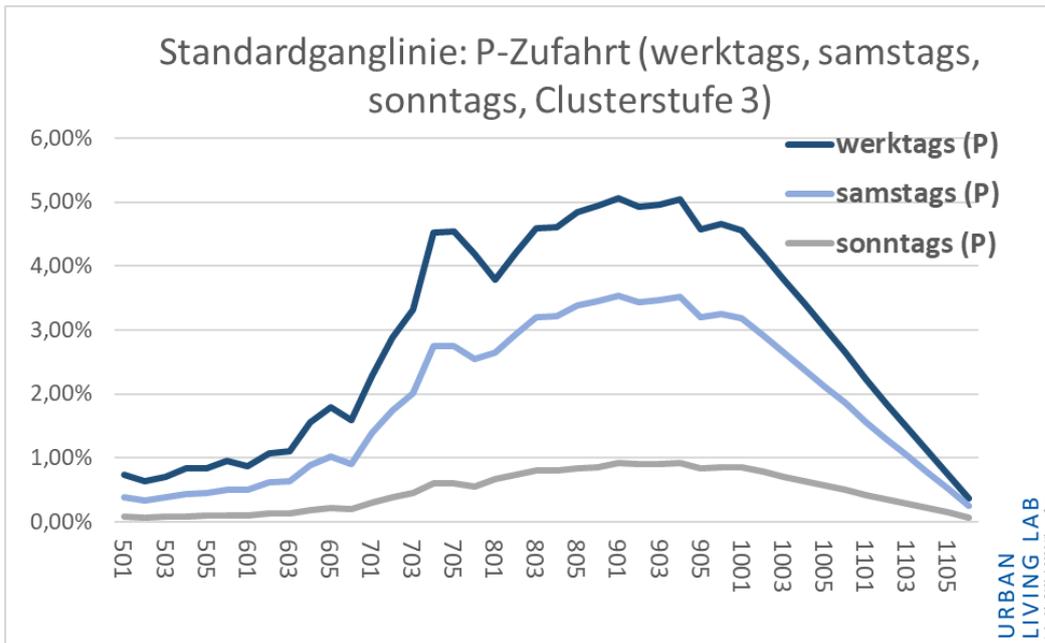


Abbildung 5-9: Standardganglinien mit drei Clusterstufen (werktags, samstags, sonntags)

In der folgenden Tabelle ist eine stufenweise Implementierung der Clusterung dargestellt. Im Zuge der Erstellung eines Programmcodes zeigte sich, dass für die Stufe 1.3 (10 Standardganglinien) und 1.4 (20 Standardganglinien) innerhalb eines Betriebsjahres repräsentative Daten für diese Clusterungsstufen generiert werden können. Mit der automatisierten Berechnung der 95%-Konfidenzintervalle (siehe Abbildung 5-11) können neben der Qualität der Clusterung evaluiert auch Ausreißer (z.B. Straßensperren) identifiziert werden, so dass diese Datenreihe(n) nicht bzw. nur abgemindert für die Berechnung der Standardganglinie herangezogen werden. Die mit dieser Methode generierten Standardganglinien bilden in weiterer Folge auch die Grundlage für die Stufe 2 – Parkplatz-Zufahrtsprognose, dynamisch.

Stufenweise Clustering der Standardganglinien								
Stufe 1.1	Stufe 1.2	Stufe 1.3	Stufe 1.4		Stufe 1.5			
saison-unabhängig	saison-unabhängig	saison-unabhängig	Frühjahr, Sommer, Herbst	Winter	Frühjahr, Herbst	Sommer	Winter	
mo-fr	mo-fr	mo	mo	mo	mo	mo	mo	
mo-fr (Ferien)	sa	di-do	di-do	di-do	di-do	di-do	di-do	
n=2	so/fe	fr	fr	fr	fr	fr	fr	
	mo-fr (Ferien)	sa	sa	sa	sa	sa	sa	
n=6	sa (Ferien)	so/fe	so/fe	so/fe	so/fe	so/fe	so/fe	
	so (ferien)	mo (Ferien)	mo (Ferien)	mo (Ferien)	mo (Ferien)	mo (Ferien)	mo (Ferien)	
	n=10	n=20	di-do (Ferien)	di-do (Ferien)	di-do (Ferien)	di-do (Ferien)	di-do (Ferien)	di-do (Ferien)
			fr (Ferien)	fr (Ferien)	fr (Ferien)	fr (Ferien)	fr (Ferien)	fr (Ferien)
			sa (Ferien)	sa (Ferien)	sa (Ferien)	sa (Ferien)	sa (Ferien)	sa (Ferien)
			so/fe (Ferien)	so/fe (Ferien)	so/fe (Ferien)	so/fe (Ferien)	so/fe (Ferien)	so/fe (Ferien)
n=30		> 4 Wochen	> 8 Wochen	> 16 Wochen	> 32 (inkl. Winter)	> 52 Wochen		

Abbildung 5-10 Stufenweise Clustering für die Generierung von Standardganglinien für die Stufe 1

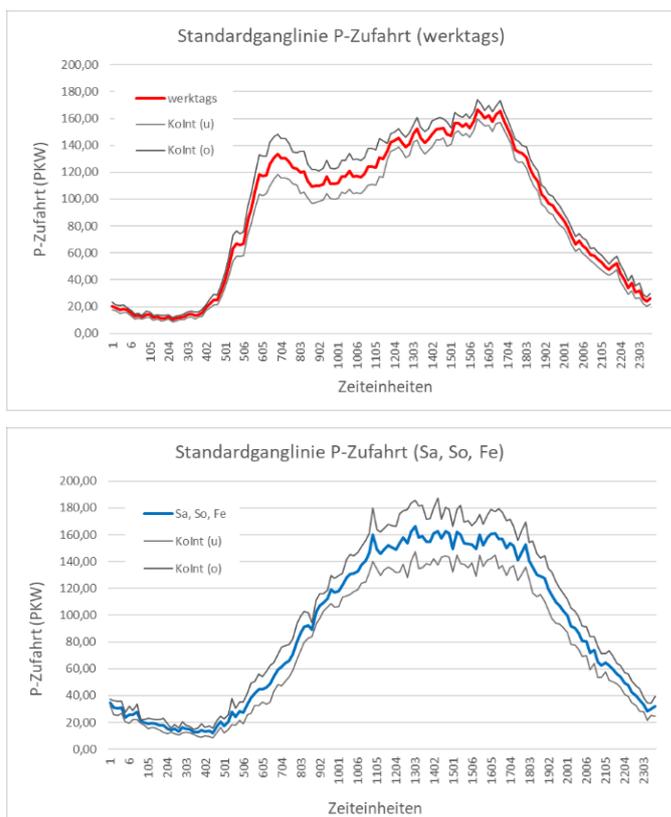


Abbildung 5-11: Standardganglinien (werktags; Sa, So, Fe) mit 95%-Konfidenzintervall

5.1.4 Stufe 2 – Parkplatz-Zufahrtsprognose, dynamisch

Bei der Stufe 2 werden zusätzlich zwei Realtime-Datenerhebungen für die Prognose herangezogen. Mit den installierten Zu- und Abfahrtssensoren am Parkplatz kann die aktuelle Parkplatzbesetzung (Auslastung) berechnet werden. Hier wird eine erste Abweichung zwischen dem IST-Wert und dem für diesen Zeitpunkt zugehörigen Erwartungswert der Standardganglinie (der für diesen Tag relevanten Clusterebene) berechnet. Mit den Indikator-KFZ-Zählstellen auf den Zulaufstrecken kann eine vorgelagerte Information über die aktuelle Verkehrsbelastung ermittelt werden. Durch den räumlichen Versatz (bzw. der tagesaktuellen Fahrzeit zwischen der Indikator-Zählstelle und des AST-Parkplatzes) ergibt sich eine zweite Abweichung des IST-Wertes mit dem Erwartungswert aus der Standardganglinie (die sich aber nicht über den aktuellen Zählwert, sondern über die kumulativen Werte der Zulaufströme ergibt). Hinweis: Bei dieser Methode können auch mehrere Indikator-Zählstellen z.B. für unterschiedliche Zufahrtsrichtungen einbezogen werden.

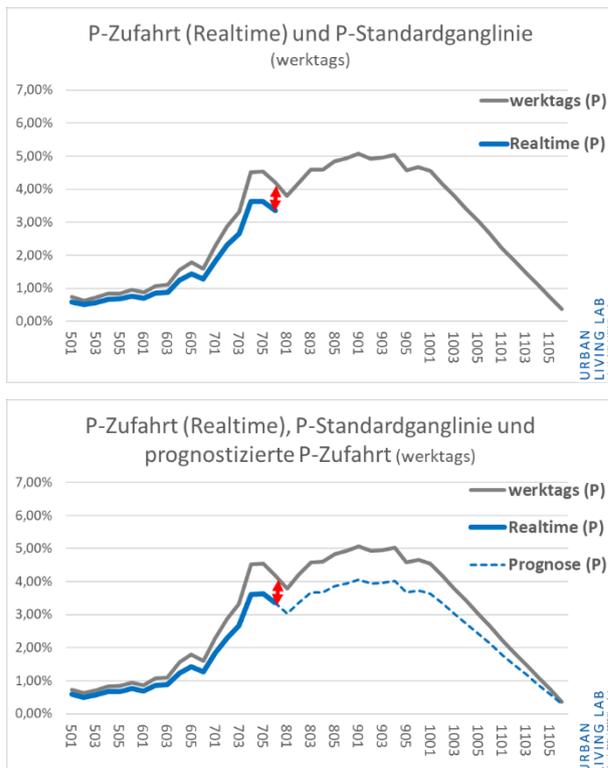


Abbildung 5-12: Prognose der Parkplatzzufahrt auf Basis der AST-Parkplatzsensoren (erster Abweichungswert)

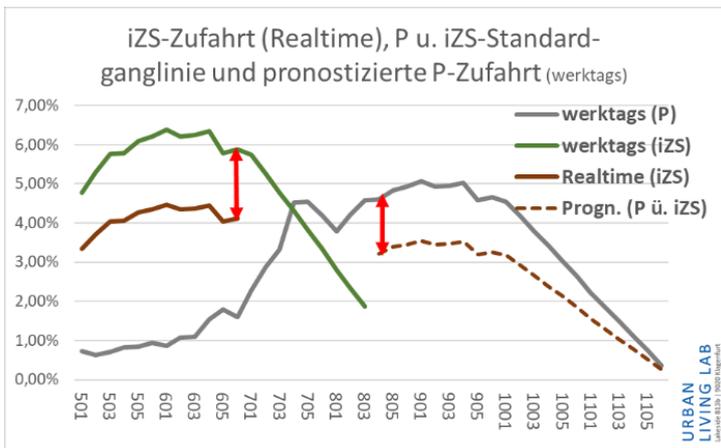
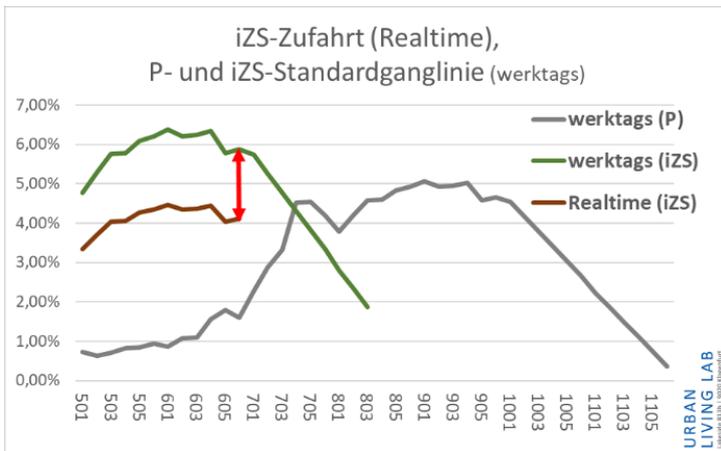


Abbildung 5-13: Prognose der Parkplatzzufahrt auf Basis der Indikator-KFZ-Zählstelle (zweiter Abweichungswert)

Mit diesen beiden Abweichungen kann eine tagesaktuelle Prognose der Parkplatzzufahrt berechnet werden. Diese Werte (Prognoseganglinie) sind standortabhängig und werden für die aktuellen Positionen der einzelnen Nutzer:innen (Fahrzeiten zum AST-Parkplatz) kontinuierlich über die Restreisezeit gewichtet berechnet.

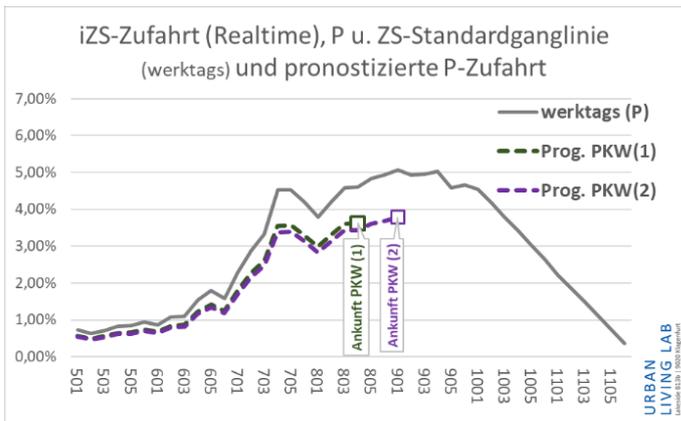
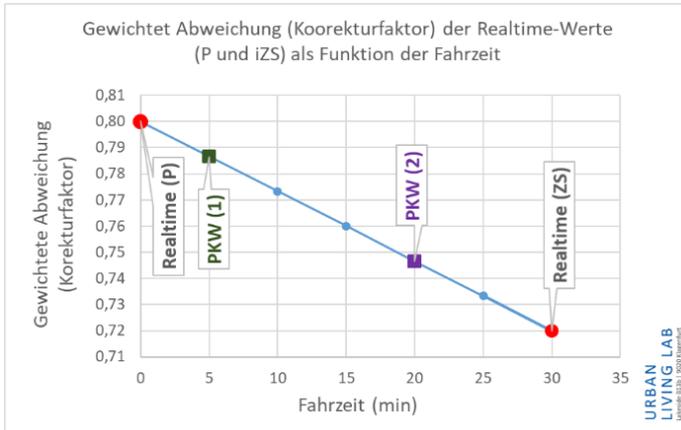


Abbildung 5-14: Gewichtung der Abweichungswerte für die Prognose der Parkplatzzufahrt als Grundlage für die Berechnung der AST-Parkplatzauslastung für zwei unterschiedliche Zufahrtsstandorte (PKW 1 und 2)

Mit dieser Methode erfolgt eine Prognose der Parkplatzzufahrten, die zusammen mit der Echtzeit-Erhebung der AST-Parkplatzabfahrten die Besetzung (bzw. die Auslastung) des Parkplatzes berechnet. Für die einfache Verständlichkeit wird ein Ampelsystem vorgeschlagen, bei dem bei einem Prognosewert von unter 90% Parkplatzauslastung „grün“, im Bereich 90 bis 98% Parkplatzauslastung „orange“ und bei über 98% Parkplatzauslastung „rot“ angezeigt wird. Damit ist gewährleistet, dass für die Nutzer:innen, bei denen bei der prognostizierten Ankunft am Parkplatz wahrscheinlich kein freier Stellplatz mehr verfügbar ist, frühzeitig die Notwendigkeit für eine Reaktion (z.B. Routen- oder VM-Änderung) kommuniziert.

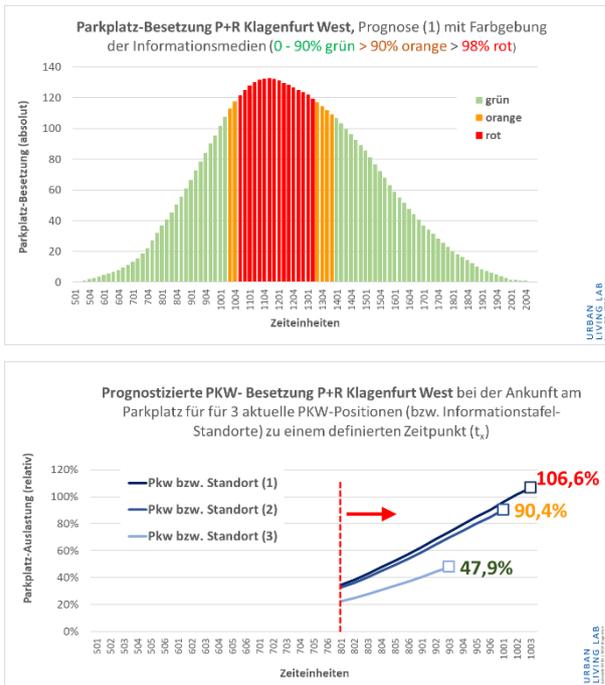


Abbildung 5-15: Prognose der AST-Parkplatzbesetzung und AST-Parkplatzauslastung inkl. der Farbwerte (grün, orange, rot) für drei unterschiedliche Zufahrtsstandorte PKW (1, 2 und 3)

Bedingt durch die unterschiedlichen Restzufahrtszeiten (bzw. Informationstafelstandorte) ergeben sich zu einem Zeitpunkt t_x unterschiedliche Prognose- bzw. Farbwerte für die Parkplatzauslastung für die prognostizierte (bzw. von der ASFINAG vorberechnete) Ankunftszeit der Nutzer:innen PKW (1) und PKW (2) am AST-Parkplatz.

5.1.5 Stufe 3 – Machine Learning (RNN, LSTM, LLM, etc.)

Als Basis für eine optimale Weiterentwicklung der Prognose wird als Grundlage für die Stufe 3, der Datenhub auch als historischer Speicher der laufenden Kennwerte der Indikatorzählstellen, der Parksensoren, aber auch der aktuellen Standardganglinien sowie der prognostizierten und realen AST-Parkplatzbesetzung und AST-Parkplatzauslastung herangezogen. Mittelfristig wird damit jene notwendige Datenbasis generiert, mit der auch innovativere, selbstlernende Machine Learning Methoden eingesetzt werden und eine weitere Verbesserung bringen können. Erfahrungsgemäß sind diese Prognosen zwar sensibler, weisen aber oft nicht die gewünschte Stabilität auf und können somit auch das

Vertrauen (Keyelement) der Nutzer:innen reduzieren. Daher wird hier zusätzlich noch eine Shadow-Testmethode vorgeschlagen, bei der die Prognosemethoden der Stufe 2 und Stufe 3 parallel laufen, um die Qualität der neuen Machine Learning Methode direkt im Betrieb evaluieren zu können. Ziel ist es, dass später (insbesondere bei einem selbstlernenden Ansatz) evidenzbasiert auf die AST-Parkplatzauslastungsprognose gewechselt werden kann.

Hinweis: Mit diesem stufenweisen Ablauf kann auch eine relativ hohe Systemsicherheit gewährleistet werden. Beim Voll- oder Teilausfall der Inputdaten (z.B. Ausfall der Parksensoren) kann über die darunterliegenden Stufen trotzdem noch eine Prognose der AST-Parkplatzauslastung berechnet werden.

5.2 Evaluierung und Anpassung

Für den Digitalen Zwilling KASSA.AST – Planungsphase wurde die Module der Makro|Meso-Simulation und der Mikrosimulation als prototypische Pilotierung der AST Klagenfurt West (bzw. AST Grafenstein) aufgesetzt. Ziel war es eine Grundlage für die Einschätzung der Nutzung der einzelnen Simulationsebenen für die Fragestellungen (z.B. Abschätzung der Stellplatzanzahl für die Dimensionierung neu geplanter Anlagen, etc.) von automatisierten Anschlussstellen zu generieren. Dazu wurden verschiedene Szenarien für die AST Klagenfurt West als Beispiel für eine städtische AST berechnet, die für eine automatisierte Anschlussstelle relevanten verkehrlichen Auswirkungen ermittelt und beispielhaft dargestellt. Zusätzlich wurde für die Übertragbarkeit der Erkenntnisse sowie der Identifizierung der Anforderungen einer ländlichen AST auch eine Makro|Meso-Simulation für AST Grafenstein in verschiedenen Szenarien aufgesetzt und die verkehrlichen Auswirkungen ermittelt. Als Grundlage für die Simulationsebene der Makro|Meso-Simulation wurde dazu das LIFE mobility and activity model – Carinthia (Quelle xxx) mit der Verkehrsnachfrage von Kärnten (Einzugsgebiet 1.0) herangezogen. Für die Simulationsebene der Mikrosimulation wurde die vorhandene Simulation für die verkehrstechnische Begutachtung der Linienführung des automatisierten Shuttles herangezogen (Einzugsgebiet 2.1). Die generelle Verkehrsnachfrage (Aktivitätspläne) wurde lokal im Bereich der AST an zukünftige Entwicklungen angepasst. Das Streckennetz

im Bereich P+R Klagenfurt West wurde verfeinert sowie ein generelles Update für Kärnten auf den GIP-Graph Stand 2022.10 implementiert. Die ÖV-Linien und Fahrpläne wurden auf den neuesten Stand 2024 (inkl. der Stadtbuslinie C) eingepflegt. Mit den Ergebnissen der Simulation und den Erfahrungen der Implementierung der Szenarien wurde die Anwendbarkeit sowie die Übertragung auf andere Anschlussstellen in Hinblick auf Aufwand, Nutzen und Einsatzbereiche abgeschätzt und in der Übertragungsmatrix (siehe Folgekapitel) zusammengefasst dargestellt.

5.2.1 Makro|Meso-Simulation: Verkehrsnachfrage P+R Klagenfurt West (städtisch)

Für die städtische AST Klagenfurt West wurden Szenarien definiert, die bestimmte Maßnahmenpakete bei einer städtischen AST abbilden können, um deren verkehrlichen Auswirkungen zu ermitteln bzw. die Grundlage für planerische Entscheidungen (z.B. Dimensionierung der Flächen, PKW-Stellangebot) aufzuzeigen. Die Nutzung der Infrastruktur (insbesondere der Parkflächen) steht in einer direkten Wechselwirkung mit dem angrenzenden zusätzlichen Angebot an PKW-Stellplätzen (z.B. öffentlicher Raum) aber auch mit den Rahmenbedingungen eines übergeordneten Parkraummanagements (z.B. Blaue Zonen). Daher wurde für die Planfälle 1-2024 und 1b-2024 als zukünftige wahrscheinliche Rahmenbedingung die geplante Parkraumbewirtschaftung (Blaue Zone) im Bereich Universität Klagenfurt, Lakeside Park etc. miteinbezogen. Damit die AST Klagenfurt West auch repräsentativ für die städtische AST ist, wurde die universitätsnahe Lage und die daraus resultierende Sondersituation aus den Simulationsergebnissen ausgeklammert. Bei einer Parkraumbewirtschaftung im Umfeld der Universität würden die Studierenden (aber auch Mitarbeiter:innen) der AAU die Stellplätze der AST Klagenfurt West auch zweckentfremdet als Stellplatzalternative nutzen. Das kann dazu führen, dass die AST nicht mehr als multifunktionaler Knoten genutzt werden kann. Um die Übertragbarkeit der Ergebnisse zu garantieren, wurde diese Stellplatznachfrage bei der Simulation auf den P+R Minimundus verschoben.

Als zentrale Elemente für die Planung der AST sind das Verkehrsaufkommen des MIV als P+R und Fahrrad als B+R (Dimensionierung der Stellplatzangebots) sowie des ÖV (Lage der Haltstellen) die bestimmenden Elemente für die Abschätzung des Flächenbedarfs und

der Flächennutzung. Fußgänger:innen, Verleihsysteme, Paketstationen, Aufenthaltsbereiche, etc. sind additive Größen, die in die Gesamtplanung miteinfließen. Bei der prototypischen Pilotierung (AST Klagenfurt West) lag der Hauptfokus auf der Anbindung der AST mit automatisierten Shuttles (als Linien- sowie als OnDemand-Betrieb). Für die Implementierung des Automatisierten Shuttles wurde für die Simulation jene Linienführung (inkl. optimierten Fahrplan) herangezogen, der für eine reale Umsetzung in der Vorphase des Pilotbetriebes als realistisch eingeschätzt wurde (Hinweis: Im Pilotversuch, konnten auf Grund der hohen Fahrzeugverfügbarkeit, dann auch alle geplanten Linienführungen bedient werden). Als weiteres wichtiges Element für die Simulation der Nachfrage wurden die Auswirkungen der MaaS-App mit einem vereinfachten Ansatz simuliert. Ziel dabei war es, die Bandbreite der Pkw-Stellplatznachfrage als eine Grundlage für die Detailplanung auch unter dieser Rahmenbedingung abzuschätzen. Folgende Szenarien wurden daher exemplarisch betrachtet:

- **Planfall 0-2024:** Referenz inkl. Adaptierung Parkplatznutzung Minimundus, Studenten AAU
- **Planfall 1-2024:** Automatisiertes Shuttle und Parkraumbewirtschaftung im Umfeld der Universität Klagenfurt (AAU) und Lakeside Science & Technology Park
- **Planfall 1b-2024:** Automatisiertes Shuttle, MaaS und Parkraumbewirtschaftung im Umfeld der Universität Klagenfurt (AAU) und Lakeside Science & Technology Park



Abbildung 5-16: Lage der AST Klagenfurt West im überregionalen und lokalen Einzugsgebiet

Verkehrsnachfrage an der AST Klagenfurt West

Auf Basis des Simulationsaufbaus wird die Verkehrsnachfrage primär für jene Verkehrsmittel ermittelt, die durch die Errichtung einer AST signifikant beeinflusst werden. Das primäre Ziel liegt hier darin, Grundlagen für einen optimierten Planungsprozess zu generieren. Auf Basis dieser Grundlagen kann das generelle Mobilitätskonzept, die lokale Planung (inkl. Dimensionierung sowie die verkehrstechnisch erforderlichen Nachweise generiert werden. Mit der Gegenüberstellung die untersuchten Planfälle wird eine Bandbreite der Ergebnisse ausgewiesen, um mit den Maximalwerten z.B. die Leistungsfähigkeitsnachweise (für die Genehmigungsverfahren) auch für zukünftige Szenarien zu erbringen. Mit der Kombination aus der unteren (bzw. mittleren) sowie der oberen Grenze kann im Planungsprozess eine wirtschaftlich sinnvolle Dimensionierung der Anlage (z.B. mit einer Grundstückssicherung mit Reserven für einen zukünftig möglichen Stellplatzbedarf) erreicht werden. Auf Basis der Makro|Meso-Simulation wurden für die Szenarien die Zu- und Abfahrtsganglinien der PKW-Nutzer:innen und in weiterer Folge die Stellplatzbesetzung bzw. die Stellplatzauslastung bei einer vorgegebenen Stellplatzanzahl berechnet.

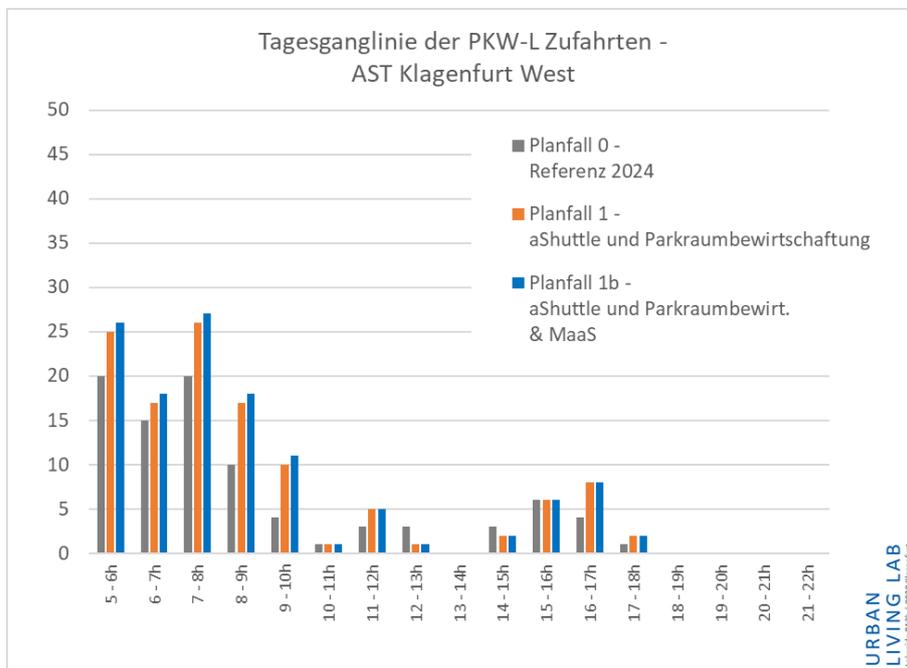
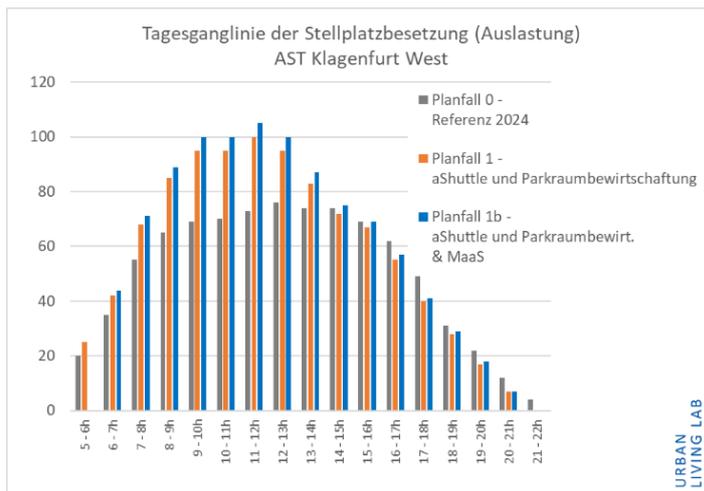


Abbildung 5-17: Tagesganglinie der PKW-Zufahrten an der AST Klagenfurt West (Modellszenarien)

Die Auswertung der Simulation zeigt eine maximale Zufahrt von ca. 27 PKW/h zwischen 7 und 8 Uhr (Spitzenstunde). Zusammen mit der Verkehrsbelastung des übergeordneten Straßennetzes kann damit die Leistungsfähigkeit der Anbindung nachgewiesen werden.



	Planfall 0 - Referenz 2024	Planfall 1 - aShuttle und Parkraumbewirtschaftung	Planfall 1b - aShuttle und Parkraumbewirt. & MaaS
5 - 6h	20	25	0
6 - 7h	35	42	44
7 - 8h	55	68	71
8 - 9h	65	85	89
9 - 10h	69	95	100
10 - 11h	70	95	100
11 - 12h	73	100	105
12 - 13h	76	95	100
13 - 14h	74	83	87
14 - 15h	74	72	75
15 - 16h	69	67	69
16 - 17h	62	55	57
17 - 18h	49	40	41
18 - 19h	31	28	29
19 - 20h	22	17	18
20 - 21h	12	7	7
21 - 22h	4	0	0
max	76	100	105

Abbildung 5-18: Tagesganglinie der Stellplatzbesetzung der AST Klagenfurt West (Modellszenarien), inkl. Richtwert für die Parkplatzdimensionierung (ca. 80 - 110 Stellplätze)

Der Verlauf der Stellplatzbesetzung zeigt, dass der kritische Zeitraum hier im Bereich zwischen 11-13 Uhr liegt. Für die Dimensionierung der erforderlichen PKW-Stellplätze ergibt sich somit eine Bandbreite von 100 bis 105 Stellplätzen für die AST Klagenfurt West.

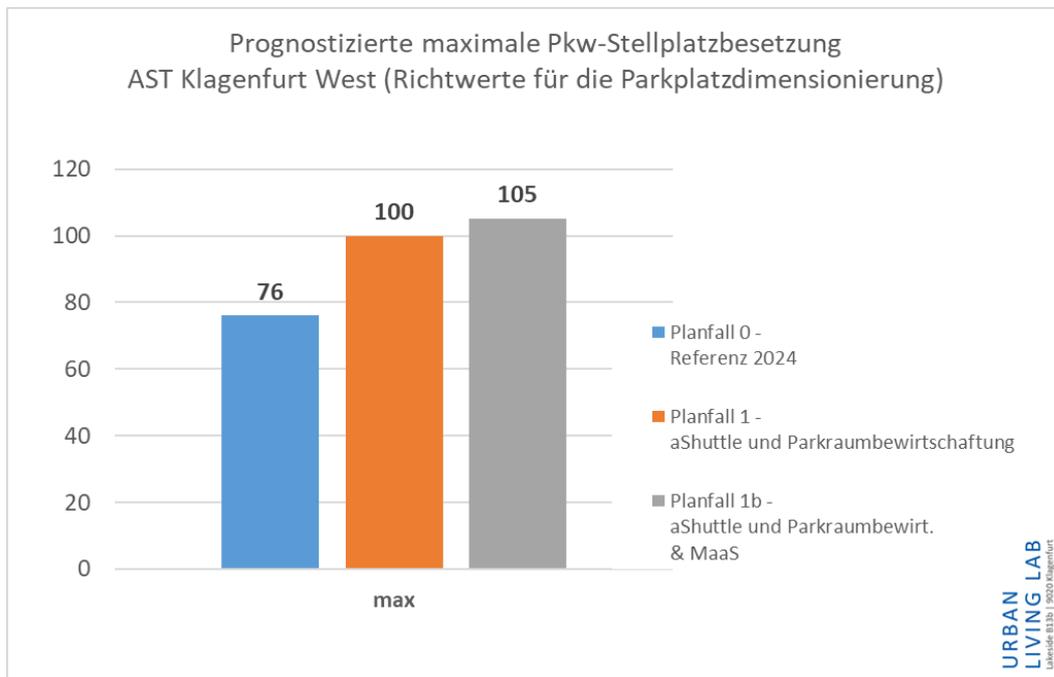


Abbildung 5-19: Prognostizierte maximale Stellplatzbesetzung AST Klagenfurt West der untersuchten Modellszenarien als Richtwerte für Parkplatzdimensionierung (ca. 80 - 110 Stellplätze)

Bei den Planfällen 1-2024 und 1b-2024 ist auch das automatisierte Shuttle in der Modellsimulation enthalten, um verkehrliche und verkehrstechnische Fragestellungen, wie z.B. Optimierung der Linienführung und des Fahrplans, adressieren zu können.

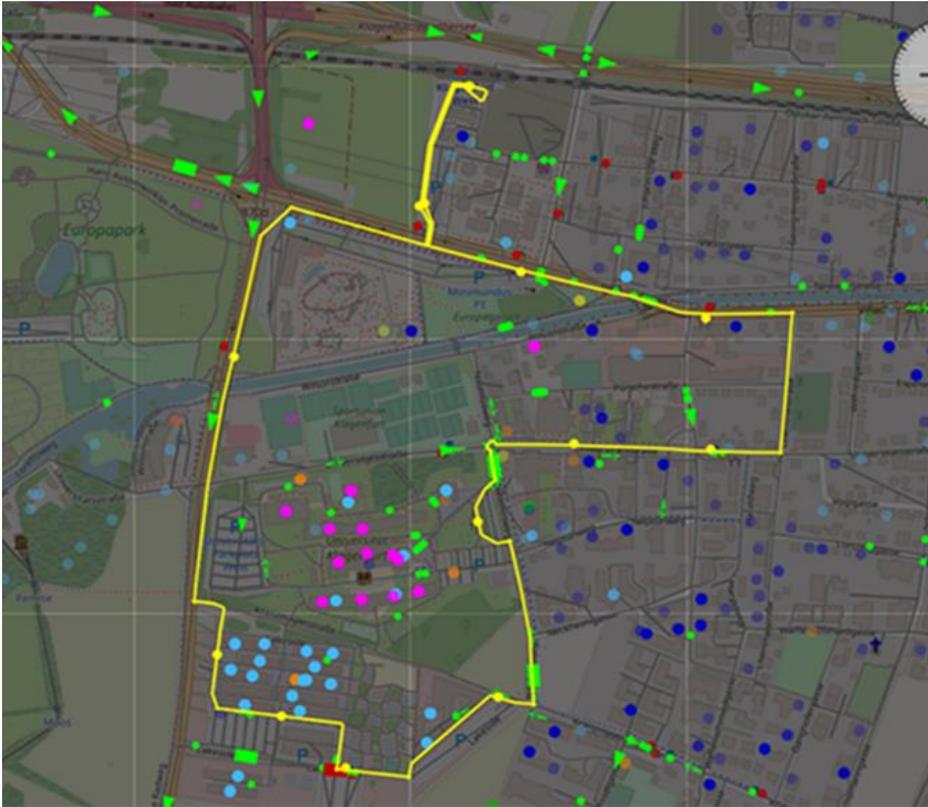


Abbildung 5-20: Implementierte Linienführung (Linie C) des automatisierten Shuttles im Einzugsgebiet der AST Klagenfurt West

Als Grundlage wurde eine vordefinierte Linienführung des automatisierten Shuttles übernommen, simuliert und auf Basis der ersten Ergebnisse optimiert. Die Haltestellen wurden dabei so angepasst, dass bei den dadurch entstehenden Umlaufzeiten eine Bedienung der untersuchten Linie mit zwei automatisierten Fahrzeugen möglich ist. Modelltechnisch wurden die automatisierten Shuttles als ein eigenes ÖV-Subsystem mit einer reduzierten Fahrgeschwindigkeit von max. 18 km/h implementiert. Die Haltestellenwartezeiten und wurden fahrplanoptimiert angepasst. Unter diesen Rahmenbedingungen wurden die Fahrgastnachfrage der Ein- und Aussteiger, die Fahrgastrelationen und die Streckenbelastungen ermittelt.

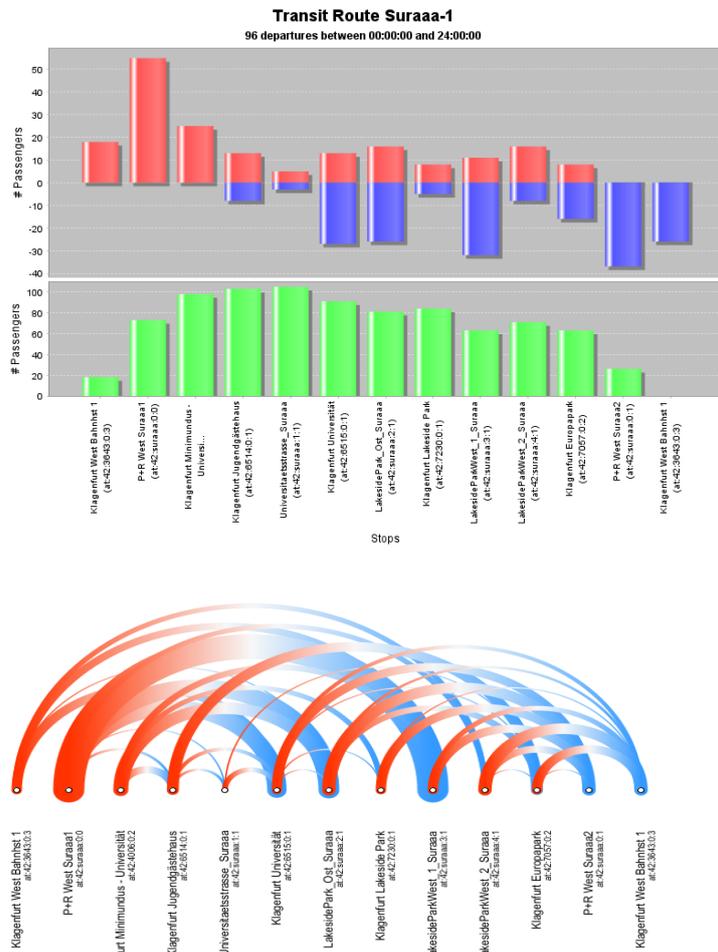


Abbildung 5-21: Exemplarische Darstellung der Fahrgastnachfrage der Linienführung des automatisierten Shuttles für den Planfall 1b-2024 im Einzugsgebiet der AST Klagenfurt West

Für die umsteigenden ÖV- und Shuttle-Fahrgäste am S-Bahn-Knoten Klagenfurt West (AST Klagenfurt West) werden mit dem agentenbasierten Modellansatz auch Knotenströme ermittelt und grafisch dargestellt. Diese Knotenströme sind eine quantitative Grundlage für die Optimierung der Haltestellenanordnung und der Warteflächen aber auch für die Optimierung der Fußwegverbindungen zwischen den Aus- und Einstiegspunkten. Für eine feinere Betrachtung können hier auch die Ergebnisse der Mikrosimulation herangezogen werden, um in weiterer Folge auch die planerische Gestaltung in Hinblick auf die Verkehrssicherheit im Detail zu optimieren.

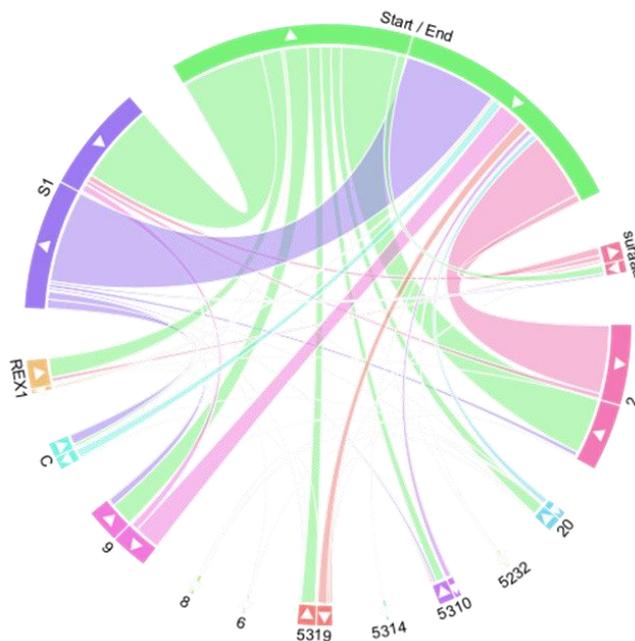


Abbildung 5-22: Umstiegsrelationen der ÖV- und Shuttle-Fahrgäste am S-Bahn-Knoten Klagenfurt West (AST Klagenfurt West)

Neben den Umstiegsrelationen sind auch die direkten Abgänge am P+R Parkplatz der AST Klagenfurt West ein wichtiges Ergebnis der Makro|Meso-Simulation. Diese werden für die Relationen der Verkehrsmittel der Ankünfte mit den Abgangs-Verkehrsmitteln berechnet und tabellarisch am Beispiel der untersuchten Planfälle dargestellt. Mit diesen Informationen können der Parkplatzbereich (zukünftig auch mit automatisierten Valetparking) verkehrsplanerisch und verkehrssicherheitstechnisch verbessert und Aufenthaltsflächen optimiert werden. Zusammen mit der Mikrosimulation wird damit auch eine Grundlage geschaffen, um die Raumnutzung der AST auch in Hinblick auf die Vermeidung von Flächenversiegelungen zu optimieren.

Planfall 0 - Referenz 2024	Zufahrten (MIV)		Aktive Mobilität		Zufahrten (ÖV) ohne P-R-AST		Summe (ohne Schiette)
	PKW-L	PKW-M	Fahrrad (B&R, C&B)	zu Fuß (ohne Schiene)	Stadtbus	S-Bahn (REX)	
Zeitscheiben	Personen (PKW)	Personen	Personen	Personen	Personen	Personen	Zeitscheiben
5-6h	20	7	0	0	0	0	27
6-7h	15	5	0	8	1	18	29
7-8h	20	7	2	24	11	221	64
8-9h	10	4	3	23	10	120	50
9-10h	4	1	4	23	16	19	48
10-11h	1	0	1	17	4	31	23
11-12h	3	1	0	23	1	25	28
12-13h	3	1	0	45	2	1	51
13-14h	0	0	0	49	24	25	73
14-15h	3	1	0	38	27	58	69
15-16h	6	2	0	16	28	36	52
16-17h	4	1	0	20	41	32	66
17-18h	1	0	0	9	27	21	37
18-19h	0	0	0	9	29	42	38
19-20h	0	0	0	4	1	7	5
20-21h	0	0	0	7	3	10	10
21-22h	0	0	0	4	1	11	5
Summe	90	30	10	319	226	677	675



Planfall 0 - Referenz 2024	Abfahrten (MIV)		Abgang		Abfahrten (ÖV) mit P-R-AST			Summe
	PKW-L	PKW-M	ZuFuß	Fahrrad	ÖV (BUS)	ÖV (sShuttle)	ÖV (Sbahn)	
Zeitscheiben	Personen (PKW)	Personen	Personen	Personen (Bike&Ride)	Personen	Personen	Personen	
5-6h	0	0	0	0	0	0	20	20
6-7h	0	0	2	0	14	0	8	24
7-8h	0	0	7	2	32	0	12	53
8-9h	0	0	5	4	34	0	7	40
9-10h	0	0	4	2	34	0	3	43
10-11h	0	0	0	0	18	0	0	18
11-12h	2	1	2	0	24	0	0	29
12-13h	3	1	2	0	47	0	0	53
13-14h	11	3	12	0	49	0	0	75
14-15h	11	4	7	0	38	0	0	60
15-16h	14	5	5	0	16	0	6	46
16-17h	18	5	5	0	20	0	4	52
17-18h	9	3	1	0	9	0	0	22
18-19h	10	4	10	0	9	0	0	33
19-20h	8	3	1	0	4	0	0	16
20-21h	4	1	0	0	8	0	0	13
21-22h	0	0	1	0	4	0	0	5
Summe	90	30	64	8	350	0	60	602

Abbildung 5-23 Relationen der VM der Ankünfte mit den Abgangs-VM an der AST Klagenfurt West für den Planfall 0-2024

Planfall 1 - sShuttle und Parkraumbewirtschaftung	Zufahrten (MIV)		Aktive Mobilität		Zufahrten (ÖV) ohne P-R-AST		Summe
	PKW-L	PKW-M	Fahrrad (B&R, C&B)	zu Fuß (ohne Schiene)	Stadtbus (inkl. sShuttle)	S-Bahn (REX)	
Zeitscheiben	Personen (PKW)	Personen	Personen	Personen	Personen	Personen	Zeitscheiben
5-6h	25	9	0	0	0	1	34
6-7h	17	6	0	5	14	22	42
7-8h	26	9	2	19	10	236	66
8-9h	17	6	3	18	18	134	62
9-10h	10	4	4	15	1	28	34
10-11h	1	0	1	13	7	22	22
11-12h	5	2	0	18	10	41	35
12-13h	1	0	0	28	20	10	49
13-14h	0	0	0	56	41	21	97
14-15h	2	1	0	25	37	59	65
15-16h	6	2	0	17	42	36	67
16-17h	8	3	0	25	37	29	73
17-18h	2	1	0	1	23	38	27
18-19h	0	0	0	7	5	37	12
19-20h	0	0	0	6	7	7	13
20-21h	0	0	0	7	2	10	9
21-22h	0	0	0	14	2	1	16
Summe	120	43	10	274	276	738	723



Planfall 1 - sShuttle und Parkraumbewirtschaftung	Abfahrten (MIV)		Abgang		Abfahrten (ÖV) mit P-R-AST			Summe
	PKW-L	PKW-M	ZuFuß	Fahrrad	ÖV (BUS)	ÖV (sShuttle)	ÖV (Sbahn)	
Zeitscheiben	Personen (PKW)	Personen	Personen	Personen (Fahrrad)	Personen	Personen	Personen	
5-6h	0	0	0	1	0	4	7	21
6-7h	0	0	0	0	0	7	8	25
7-8h	0	0	8	2	33	6	11	60
8-9h	0	0	3	4	23	4	9	43
9-10h	0	0	4	2	31	2	2	42
10-11h	0	0	0	0	14	0	1	15
11-12h	6	2	2	0	21	1	0	32
12-13h	12	4	1	0	29	1	0	47
13-14h	13	5	9	0	56	0	0	83
14-15h	11	4	13	0	27	3	0	58
15-16h	20	7	2	0	17	7	6	59
16-17h	17	6	2	0	28	1	4	58
17-18h	12	5	0	0	3	0	2	22
18-19h	11	4	3	0	7	0	0	25
19-20h	10	4	1	0	6	0	0	21
20-21h	7	2	0	0	7	0	0	16
21-22h	0	0	1	0	14	0	0	15
Summe	120	43	50	8	330	32	64	647

Abbildung 5-24 Relationen der VM der Ankünfte mit den Abgangs-VM an der AST Klagenfurt West für den Planfall 1-2024

Planfall 1b - sShuttle und Parkraumbew. & Maas	Zufahrten (MIV)		Aktive Mobilität		Zufahrten (ÖV) ohne P-R-AST		Summe
	PKW-L	PKW-M	Fahrrad (B&R, C&B)	zu Fuß (ohne Schiene)	Stadtbus (inkl. sShuttle)	S-Bahn (REX)	
Zeitscheiben	Personen (PKW)	Personen	Personen	Personen	Personen	Personen	Zeitscheiben
5-6h	26	9	0	0	0	1	35
6-7h	18	6	0	5	15	23	44
7-8h	27	10	2	19	11	242	69
8-9h	18	6	3	18	19	137	64
9-10h	11	4	4	15	1	29	35
10-11h	1	0	1	13	7	29	22
11-12h	5	2	0	18	11	42	36
12-13h	1	0	0	28	21	10	50
13-14h	0	0	0	56	43	22	99
14-15h	2	1	0	25	39	60	67
15-16h	6	2	0	17	44	37	69
16-17h	8	3	0	25	39	30	75
17-18h	2	1	0	1	24	39	28
18-19h	0	0	0	7	5	38	12
19-20h	0	0	0	6	7	7	13
20-21h	0	0	0	7	2	10	9
21-22h	0	0	0	14	2	1	16
Summe	125	44	10	274	290	757	743



Planfall 1b - sShuttle und Parkraumbew. & Maas	Abfahrten (MIV)		Abgang		Abfahrten (ÖV) mit P-R-AST			Summe
	PKW-L	PKW-M	ZuFuß	Fahrrad	ÖV (BUS)	ÖV (sShuttle)	ÖV (Sbahn)	
Zeitscheiben	Personen (PKW)	Personen	Personen	Personen (Fahrrad)	Personen	Personen	Personen	
5-6h	0	0	0	1	0	4	0	22
6-7h	0	0	0	0	0	11	8	8
7-8h	0	0	8	2	35	7	12	64
8-9h	0	0	3	4	24	5	9	45
9-10h	1	0	4	2	33	3	2	45
10-11h	0	0	0	0	15	0	1	16
11-12h	6	2	2	0	22	1	0	33
12-13h	13	5	1	0	30	1	0	50
13-14h	14	5	9	0	59	0	0	87
14-15h	12	4	13	0	28	3	0	60
15-16h	20	7	2	0	18	7	6	60
16-17h	18	6	2	0	29	1	4	60
17-18h	12	5	0	0	3	0	2	22
18-19h	11	4	3	0	7	0	0	25
19-20h	11	4	1	0	6	0	0	22
20-21h	7	2	0	0	7	0	0	16
21-22h	0	0	1	0	15	0	0	16
Summe	125	44	50	8	346	36	66	675

Abbildung 5-25 Relationen der VM der Ankünfte mit den Abgangs-VM an der AST Klagenfurt West für den Planfall 1b-2024

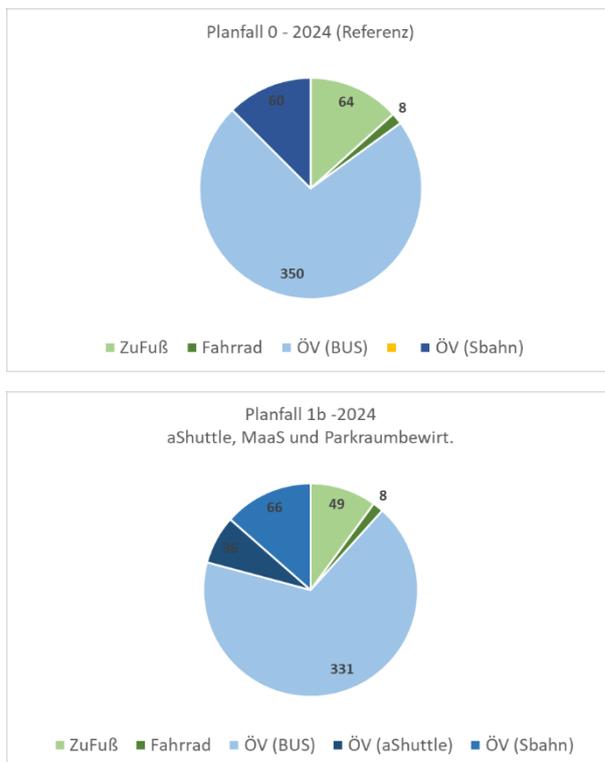


Abbildung 5-26: Abgangs-VM an der AST Klagenfurt West beispielhaft für die Planfälle 0 und 1b - 2024

Methode für die Potentialabschätzung von Leih-Angeboten (MaaS) AST Klagenfurt West

Ein wichtiges Element für automatisierte Anschlussstellen ist deren Funktion als MaaS-Hub, für klimafreundliche Leihangebote wie z.B. (E-)Scooter und (E-)Fahrräder. Um dafür die Bandbreite der Nachfrage abschätzen zu können, wurde das agentenbasierte LIFE activity and mobility model - Carinthia adaptiert. Bei der Methodenprüfung hat sich gezeigt, dass die Einbindung von vorhandenen „Sharing-Modulen“ für MATSim nur bedingt zielführend ist, da der Anwendungs- und Adaptierungsaufwand für die AST-Fragestellungen relativ hoch ist. Das ist auch damit begründet, dass die aktuellen Systeme Freefloating-Verleihsysteme sind und die somit ermittelten Potentiale nur einen Richtwert darstellen, um den Flächenbedarf für die markierte Aufstellfläche für E-Scooter abschätzen zu können (sofern von Seiten der Betreiber nicht Vorgaben vorgegeben sind). Daher wurde ein vereinfachter Ansatz gewählt, mit dem die Potentiale abgeschätzt werden können. In einem ersten Schritt erfolgte eine Identifizierung der verkehrsmittelauffinen Personen (Agenten) auf

Basis der soziodemographischen Variablen. Zusätzlich wird für diese Gruppen ein Verkehrsmittel mit angepassten Reisegeschwindigkeiten (z.B. 18km/h für E-Scooter) zur Auswahl an bestimmten Punkten angeboten, so dass diese im Verkehrsmittelwahlverhalten abgebildet werden. Mit der Simulation unter diesen Rahmenbedingungen auf Basis der Makro|Meso-Simulation- können planerische Richtwerte (Maximalpotential) ermittelt werden. Um auch die Wirkung der Nutzungskosten der Verleihsysteme abzubilden, werden diese über Kosten-Elastizitäten mitabgebildet. Auf Grund der unterschiedlichen Tarifsysteme wurde hier ein vereinfachter Ansatz herangezogen, bei dem diese Kosten reisezeitabhängig im Bereich von 1-2€/Fahrt für die Methodenprüfung angesetzt wurden. Für die mögliche Mehrfachnutzung wurde eine Umschlagszeit von ca. 2h definiert. Damit ergibt sich für die AST Klagenfurt West ein Stellplatzbedarf für E-Scooter von ca. 11 (ohne Kosten) bis 4 (mit Kosten).

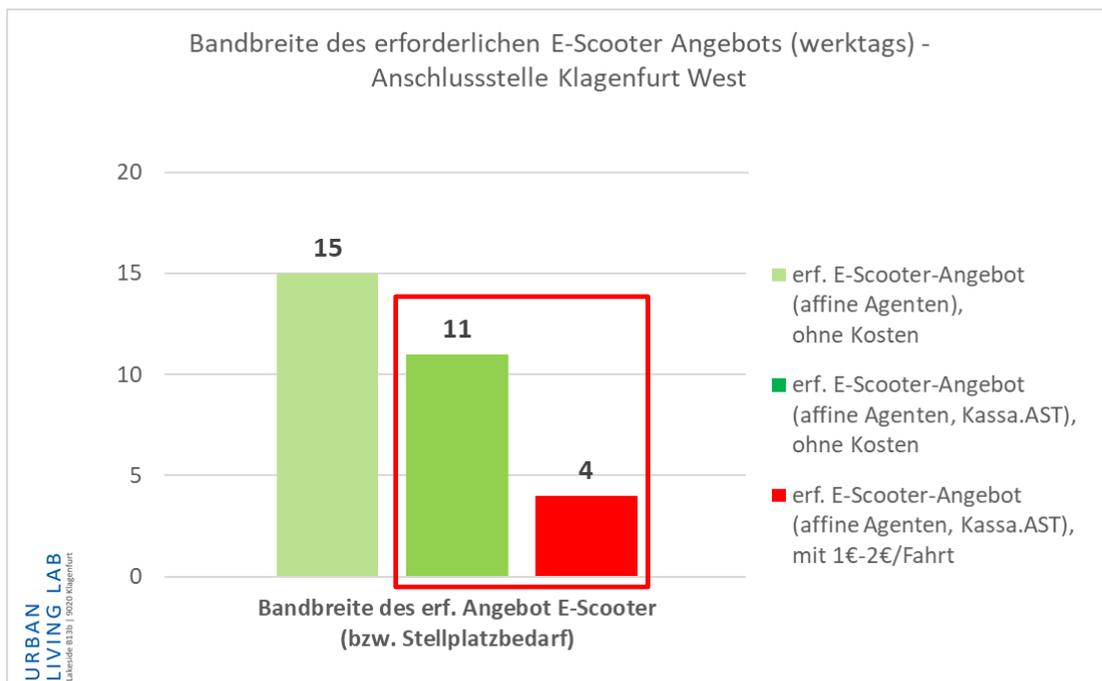


Abbildung 5-27: Bandbreite des erforderlichen E-Scooter Angebots (Verleihsystem) an der Anschlussstelle Klagenfurt West

E-Scooter (Verleihsystem) Nachfrage AST Klagenfurt West	100% Potential (über Scoringfunktion)	Nutzer:innen (synthetische Bevölkerung, soziodemographisch affine Agenten)	Nutzer:innen überlagert mit den Befragungsergebnissen	
	ohne Kosten			mit 1-2€/Fahrt
	E-Scooter	E-Scooter	E-Scooter	E-Scooter
	Personen-Fahrten (werktags)	Personen-Fahrten (werktags)	Personen-Fahr. (werktags)	Personen-Fahr. (werktags)
5 - 6h	2	1	1	0
6 - 7h	2	1	1	0
7 - 8h	10	6	5	1
8 - 9h	6	4	3	1
9 - 10h	7	4	3	1
10 - 11h	2	1	1	0
11 - 12h	4	3	2	1
12 - 13h	4	3	2	1
13 - 14h	12	8	6	2
14 - 15h	11	7	5	2
15 - 16h	4	3	2	1
16 - 17h	5	3	2	1
17 - 18h	1	1	0	0
18 - 19h	3	2	1	0
19 - 20h	1	1	0	0
20 - 21h	1	1	0	0
21 - 22h	3	2	1	0
Summe	78	51	34	11
E-Scooterangebot (bei 2h Umschlag)	-	15	11	4
Potential- Anteil	100%	64%	48%	14%

Abbildung 5-28 Zeitliche E-Scooter (Verleihsystem) Nachfrage und Stellplatzbedarf an der AST Klagenfurt West (Modellschätzung)

Mit dem gleichen Ansatz kann auch die Nutzung von E-Fahrrädern (Verleihsystem) und der dafür benötigte Stellplatzbedarf abgeschätzt werden. Da beide Systeme in einem direkten Konkurrenzverhältnis stehen, ist eine eindeutige Simulation, welches System in der Praxis bevorzugt wird, nur bedingt abbildbar. Werden beide Leihsysteme parallel angeboten, wird für die Dimensionierung vorgeschlagen, die Maximalfläche vorzusehen und diese dementsprechend aufzuteilen. Durch die Verschränkung der AST mit MaaS ist auch bei einer geringen Nachfrage eine Mindestfläche für Sharing-Systeme vorzuhalten und diese auch anzubieten, so dass eine überregionale Systemkonformität für AST Nutzer:innen gewährleistet ist.

Methode für die Park + Drive Nachfrage-Modellierung AST Klagenfurt West

Systembedingt wird auf Grund der Anbindungsqualitäten der Anschlussstellen zusammen mit der Größe des Parkplatzes auch die Nutzung für die Bildung von Fahrgemeinschaften bzw. Park + Drive (P+D) interessant. Dies zeigt sich auch schon z.B. bei den Autobahnauffahrten in Griffen und auch im Bestand in Grafenstein, wo halboffizielle und zum Teil private Stellplätze für P+D genutzt werden. Grundsätzlich kann die P+D Nutzung bei räumlich eingeschränkten oder stark ausgelasteten AST problematisch werden, da sie die Effizienz der installierten AST-Infrastruktur (ÖV, Fahrrad- und E-Scooter-Verleihstationen, etc.) reduziert. Mit einem AST-Parkmanagement (Schranken, Parkticket, Rückvergütungen, etc.) kann das nur bedingt gesteuert werden, weil die exakte Trennung der Nutzung, Überwachung und/oder Bepreisung der einzelnen Nutzersegmente technisch schwer umsetzbar ist. Daher wurde das agentenbasierte Modell so adaptiert, dass die Bandbreite der P+D Nachfrage über die Simulation abgeschätzt werden kann. Damit steht für die Dimensionierung sowie Abschätzung der Notwendigkeit von Begleitmaßnahmen eine Bandbreite für die erforderliche Stellplatzanzahl auf Basis des bestehenden Verkehrsverhaltens zur Verfügung. Das Segment P+D reagiert sehr sensibel auf veränderliche Einflussgrößen, wie z.B. Energiepreise und Parkraumbewirtschaftung in den Zielgebieten, und steht auch in einer Konkurrenzsituation mit benachbarten AST bzw. im Umfeld liegenden alternativen Parkplätzen. Im Zuge dieses Forschungsprojektes konnte aufwandsbedingt keine flächige Bestandsaufnahme der alternativ nutzbaren Parkplätze durchgeführt werden. Daher wurden für die methodische Betrachtung nur die benachbarten AST als mögliche Konkurrenzstandorte herangezogen (auch wenn hier z.T. derzeit noch keine ausgewiesenen Parkplätze vorhanden sind).

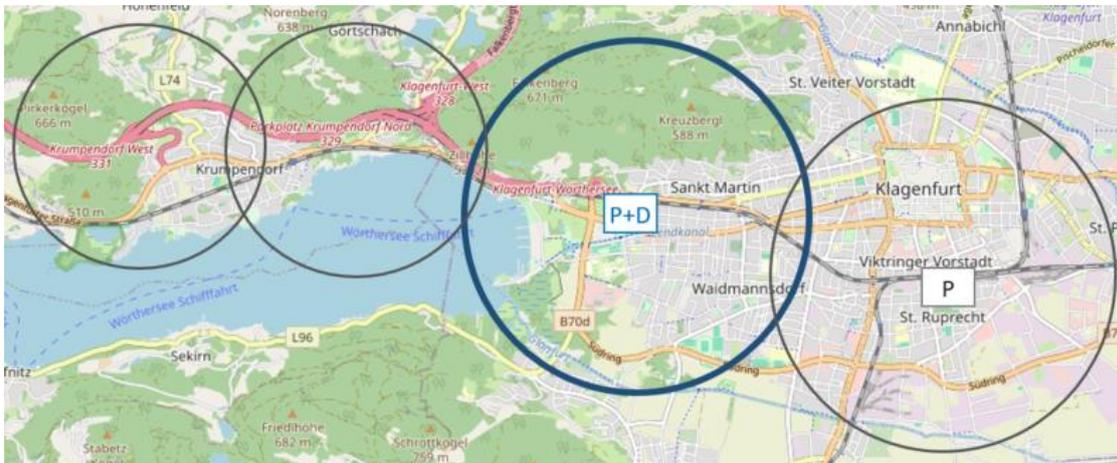


Abbildung 5-29: Schematische Einzugsgebiete für P+D Nutzung von AST im Umfeld P+R Klagenfurt West

Um die P+D Nachfrage über die Simulation zu berechnen, wurde für das agentenbasierte Verkehrsmodell ein flexibles, reduziertes P+D Modul programmiert, mit dem die Grunddaten für die weiteren Auswertungen ausgeschrieben werden können. Auf Basis der vorhandenen synthetischen Bevölkerung im Einzugsgebiet der AST wurden für jene Agenten, die in einem bestimmten Überlappungszeitraum ein gemeinsames Ziel (mit den Wegezwecken Arbeiten und Ausbildung) mit einer definierbaren räumlichen Eingrenzung hatten, Fahrgemeinschaften gebildet. Als Sammelpunkt wurde dann die beste (d.h. reisezeitoptimierte) P+D Möglichkeit herangezogen. Die Wegezwecke (Aktivitäten) wurden beim Hinweg auf Arbeiten und Bildung eingeschränkt, beim Rückweg wurde neben dem Heimweg (Wohnen), auch Einkaufen, Private Erledigung, Freizeit erlaubt sowie der Überlappungszeitraum erhöht. Die maximale Besetzung der Fahrzeuge wurde mit drei Personen festgelegt. Damit ergeben sich für die einzelnen Agenten neue Teilstrecken und Weglängen und die verkehrsabhängigen Reisezeiten. Grundsätzlich werden direkte Weg in zwei Wege gesplittet, von der Quelle (z.B. Wohnen) zum Sammelpunkt (AST) und von dort zum Ziel (z.B. Arbeiten). Dabei kann es für bestimmte Agenten auch zu längeren Umwegen kommen. Agenten mit einer deutlichen Erhöhung der Reisezeit werden in dem Modul aus dem Pool für Fahrgemeinschaftsbildung ausgeschlossen.

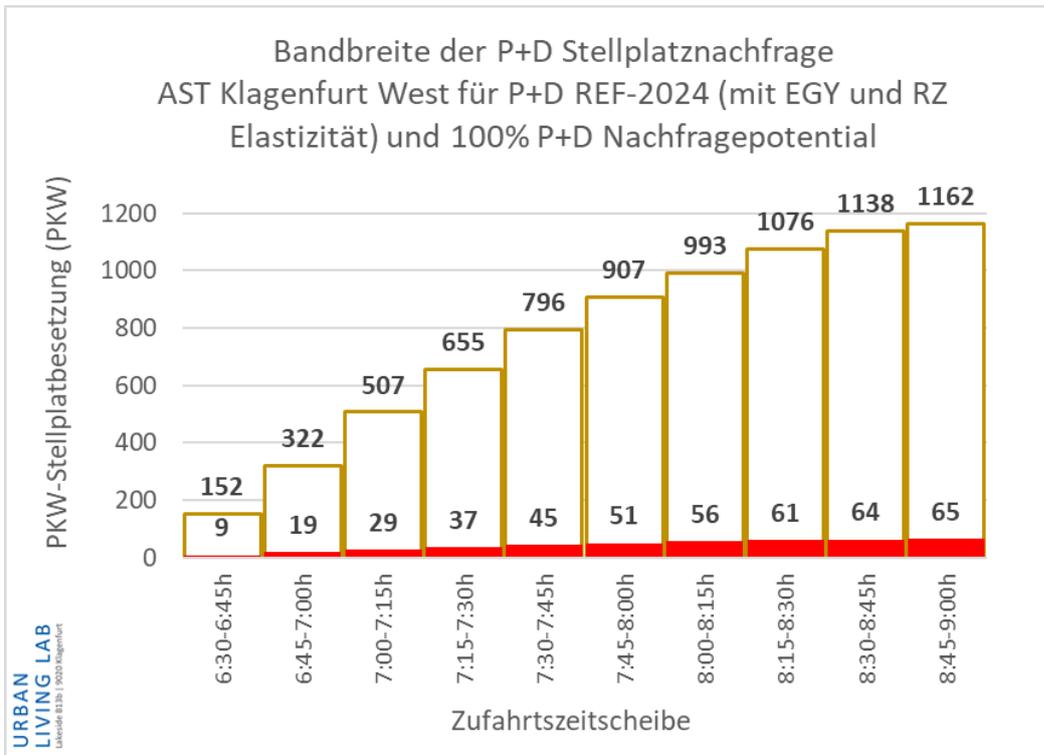


Abbildung 5-30: Bandbreite der P+D Stellplatznachfrage für die AST Klagenfurt West

Als Grundlage für die Abschätzung der Bandbreite der P+D Nutzung wurde der Planfall REF-2024 herangezogen, da hier das höchste P+D Potential generiert wird. Die 100% P+D Nachfrage bildet die theoretische Obergrenze der P+D Nutzung. Das Ergebnis der Simulation zeigt, dass für die 100% P+D Nutzung an der AST Klagenfurt West eine P+D Stellplatz-Nachfrage von ca. 1162 Nutzer:innen (als theoretischer Richtwert) ermittelt werden konnte. Für die realistische P+D Stellplatz-Nachfrage wurden in dem Modul auch noch Elastizitäten der Reisezeiten (RZ) und der Energiekosten (EGY) in einer vereinfachten Weise integriert. Damit können auch weitere Zukunftsszenarien (z.B. starke Erhöhung der Energiekosten) simuliert werden. Für die Simulation wurden die Energiekosten mit ca. 1,5€/l (Stand 2024) berücksichtigt. Ohne erweiterte Verhaltensadaptierung (Zielwahl, etc.) ergab sich eine reale P+D Stellplatznachfrage von ca. 65 PKW, wenn nur der AST-Parkplatz für P+D kostenfrei zur Verfügung stehen würde.

Auf Basis dieser Modellrechnung wurde für die AST Klagenfurt West auch die Veränderung der Treibhausgasemissionen ermittelt. Dabei wurden die substituierten km-Verkehrsleistungen der P+D Planfälle berechnet und über die standardisierten THG-

Kennwerte (Umweltbundesamt 2024) das THG-Einsparpotential abgeschätzt. Das Ergebnis zeigt, dass mit einer Forcierung von P+D (Fahrgemeinschaften), jene Nutzer:innen die eine P+D Tour im Tagesplan haben, ihre THG-Emissionen um ca. 5 bis 37% reduzieren könnten.

P+D KPIs, jährlich (werktags)	P+D Nutzer:innen [Personentage/a]	km-Verkehrs- leistung [km]	Einsparpotential			
			[km/a]	direkt t CO ₂ e /a	gesamt t CO ₂ e /a	rel.
Planfall ohne P+D (Fahrgemeinschaftsbildung)	0	10.375.000	-	-	-	-
100% P+D Nachfragepotential	442.000	6.575.000	-3.800.000	-622	-939	-36,6%
P+D REF-2024 (mit EGY und RZ Elastizität)	24.700	9.875.000	-500.000	-82	-124	-4,8%

Abbildung 5-31 Treibhausgasemissions- und der km-Verkehrsleistung Einsparpotentiale für die untersuchten P+D Planfälle der AST Klagenfurt West (Modellschätzung)

5.2.2 Makro|Meso-Simulation: Verkehrsnachfrage Grafenstein (ländlich)

Um die Übertragbarkeit der Makro- und Meso-Simulation auch für ländliche Anschlussstellen zu evaluieren, wurde auch eine Simulation der AST Grafenstein erstellt. Im direkten Umfeld von Grafenstein und Dolina kann eine ausgebaut automatisierte Anschlussstelle an verschiedenen Punkten errichtet werden. Damit wurde auch die Simulation für einen ersten Variantenvergleich herangezogen. Es wurden drei Szenarien für unterschiedliche Standorte untersucht. Ziel war es, exemplarisch zukünftige Fragestellungen für automatisierte Anschlussstellen im ländlichen Raum zu adressieren. Für den realistischen Einsatz der Simulation wurde als Referenz ein vereinfachtes Zukunftsszenario herangezogen. Das Umfeld der Anschlussstelle Grafenstein liegt in einem Gebiet, bei dem zukünftig eine stärkere wirtschaftliche Ausweitung geplant ist (Gewerbegebiet Dolina) und das im Einzugsgebiet des Koralmbahn-Korridors liegt, wodurch auch ein Bevölkerungsanstieg in diesem Gebiet prognostiziert wird. Für dieses Zukunftsszenario (REF-2024plus) wird daher die Wohnbevölkerung und auch die Anzahl der Beschäftigten aufgewertet. Das Zukunftsszenario entspricht auch dem ersten Planfall, bei dem

der bestehende P+R am Bahnhof Grafenstein als AST betrachtet wird. Bei den Planfällen SZ1 und SZ2 wurde als zusätzliches zentrales Element die Führung einer automatisierten Shuttle-Linie als Anbindung der AST Grafenstein (Dolina, A2 Betriebsumkehre) zum Bahnhof Grafenstein implementiert. Folgende Planfälle wurden auf Makro|Meso-Simulationsebene gerechnet:

- **Planfall REF-2024plus (Grafenstein):**
Bestehende P+R am Bahnhof Grafenstein als AST Grafenstein definiert, und bildet zusammen mit den räumlichen Veränderungen den Referenzplanfall.
- **Planfall SZ1-2024plus (Grafenstein):**
P+R Parkplatz der AST Grafenstein im Bereich des Wirtschaftsparks Dolina, Ringlinie mit automatisierten Shuttles (30min Takt).
- **Planfall SZ2-2024plus (Grafenstein):**
P+R Parkplatz der AST Grafenstein A2 Betriebsumkehre, Ringlinie mit automatisierten Shuttles (30min Takt), Schnellbuslinie nach Klagenfurt (über A2, 60min Takt).



Abbildung 5-32: Lage der automatisierten Anschlussstellen Grafenstein für die 3 Szenarien Planfall REF-2024plus (Grafenstein); SZ1-2024plus (Grafenstein); SZ2-2024plus (Grafenstein)

Im Zuge der vorgelagerten Szenarien-Testläufe zeigt sich, dass die Verkehrsnachfrage für die Hauptverkehrsmittel MIV, ÖV und Fahrrad relativ gering war, daher werden für Grafenstein nur die für ländliche AST signifikanten Ergebnisse ausgewertet und dargestellt. Bei den Simulationen zeigte sich aus, dass die Attraktivität der vorhandenen P+R Möglichkeit am Bahnhof Grafenstein in Relation zu den weiteren untersuchten AST-Standorten mit in Summe ca. 109 AST-Nutzer:innen deutlich am höchsten liegt. Für SZ1-2024plus (AST Grafenstein, Dolina) konnten ca. 17 AST-Nutzer:innen aktiviert werden. Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich bei SZ3--2024plus (AST Grafenstein, A2). Dieses Szenario wurde in einem ersten Schritt ohne Schnellbuslinie (Grafenstein AST nach Klagenfurt Universität)- simuliert. Dabei zeigte sich, dass die generelle Nachfrage noch geringer als bei SZ12024plus ausfällt. Daher wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber (ASFINAG) ein zusätzliches Szenario berechnet, bei dem eine Schnellbuslinie mit einer direkten Haltestelle an der Autobahn (A2) mit einem 60 Minuten Takt nach Klagenfurt (mit den Haltestellen Klagenfurt Cine City, Klagenfurt Heiligengeistplatz, Klagenfurt Universität und retour) implementiert wurde. Das Ergebnis zeigt, dass hier in Summe ca. 56 AST-Nutzer:innen aktiviert werden konnten. Daraus kann abgeleitet werden, dass einerseits der bestehende Bahnhof Grafenstein bedingt durch die Lage und die S-Bahnanbindung als Umstiegspunkt zum ÖV ein höheres Gewicht hat und andererseits bei ländlichen AST das Park+Drive- Segment stärker in die Planung miteinbezogen werden muss.

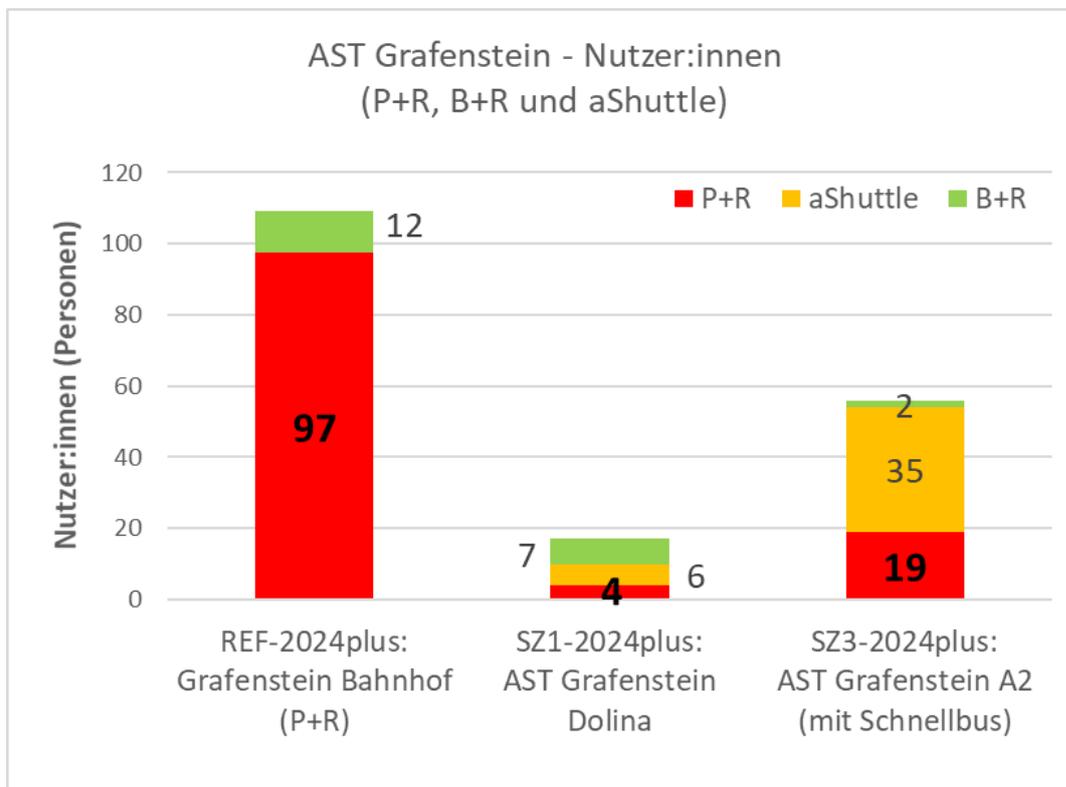


Abbildung 5-33: Nutzer:innen der AST Grafenstein für die 3 Szenarien

Szenarien AST Grafenstein	Zufahrt Anschlussstelle			Abfahrt Anschlussstelle (ÖV-Linien)		
	P&R	B&R	aShuttle	S-Bahn (S3)	BUS (5368)	Schnellbus (JR1)
REF-2024plus: Grafenstein (P&R)	97	12	-	109		
SZ1-2024plus: AST Dolina	4	7	6		17	
SZ3.2-2024plus: AST A2 (mit Schnellbus, 30min)	19	2	35			56

Abbildung 5-34 Ankunfts-VM und Abfahrts ÖV-Linien der Nutzer:innen der AST Grafenstein für die 3 Szenarien

Bei den Planfällen SZ1-2024plus und SZ2-2024plus wird auch ein automatisiertes Shuttle geführt. Damit wurde untersucht, ob der Einsatz eines automatisierten Shuttles die Attraktivität der AST in einem ländlichen Umfeld signifikant erhöhen kann. Für die AST Grafenstein hat sich im Zuge der Modellentwicklung gezeigt, dass ein automatisiertes Shuttle, welche nur als Verbindungslinie zwischen den AST-Parkplätzen und der zentralen ÖV-Umstiegs-knoten (z.B. Bahnhof Grafenstein, Schnellbushaltestelle A2) geführt wird, nur eine geringe Nachfrage generiert. Daraus kann abgeleitet werden, dass der Einsatz eines automatisierten Shuttles nur in Kombination mit einer erweiterten Linienführung mit

Einbeziehung der Alltagsverkehrsnachfrage (Lastmile, etc.) innerhalb des Einzugsgebietes wirtschaftlich vertretbar wird. Dieses Ergebnis unterstreicht die Wichtigkeit einer intermodalen Mobilitätsplanung bei ländlichen AST, wo der bestehende ÖV und MIV optimal abgestimmt (z.B. Vermeiden von Sonderlinienführungen, qualitative Bedienung auch in den Zeiträumen der Rückwege, Gehweglängen AST-Parkplatz zu Haltestellen, etc.) und automatisierte Shuttles als strategische Ergänzung miteinbezogen werden.

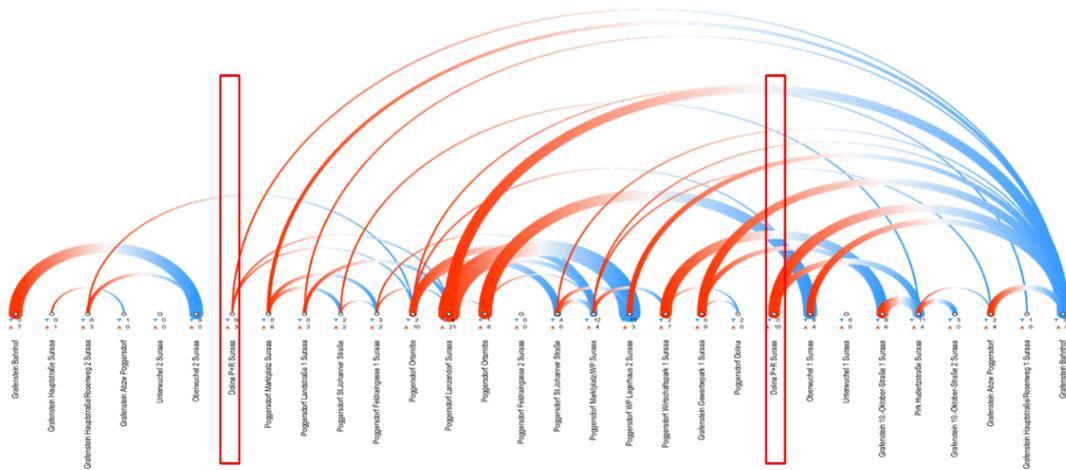


Abbildung 5-35: Exemplarische Darstellung der Fahrgastrelationen der Linienführung (des automatisierten Shuttles für den Planfall SZ3-2024plus im Einzugsgebiet der AST Klagenfurt West

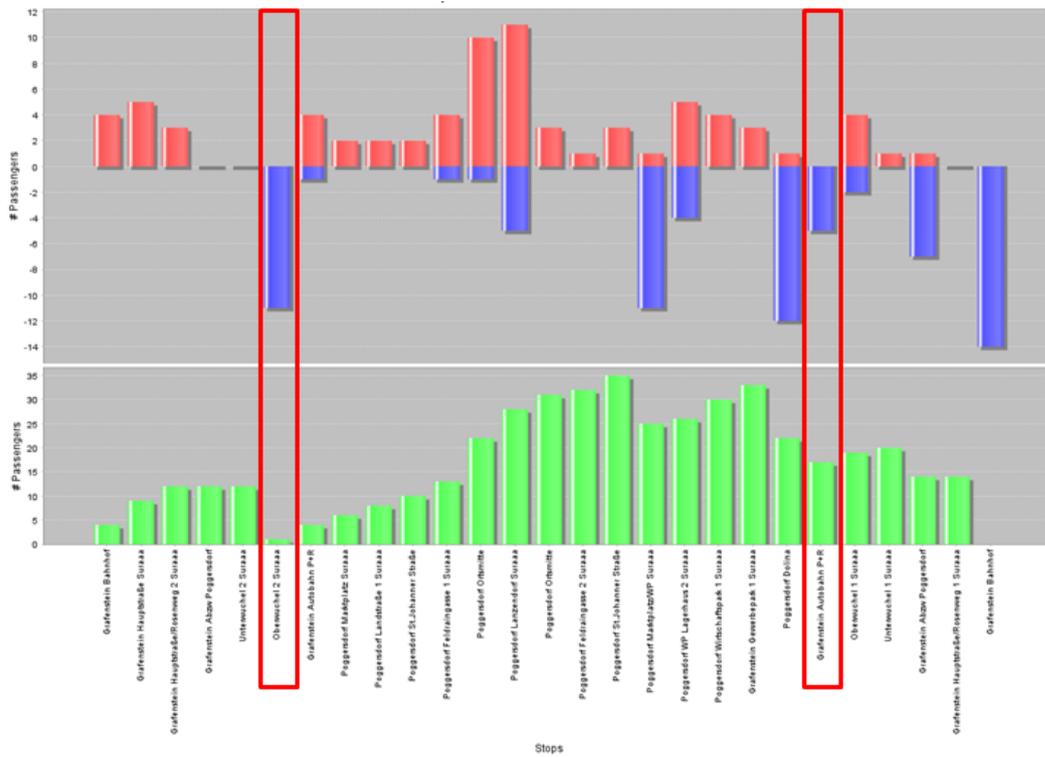


Abbildung 5-36: Exemplarische Darstellung der Fahrgastnachfrage (Ein- und Aussteiger) der Linienführung (des automatisierten Shuttles für den Planfall SZ3-2024plus (Fahrtrichtung Gegen-UZS) im Einzugsgebiet der AST Klagenfurt West

Park + Drive Nachfrage-Modellierung AST Grafenstein

Für die ländliche AST Grafenstein wurde wie bei der städtischen AST Klagenfurt West auch das P+D Nachfrage simuliert und ausgewertet, um die Bandbreite für die P+D Potentiale zu ermitteln. Auf Basis der von der AST Klagenfurt West definierten Rahmenbedingungen wurde für die 100% P+D Nachfrage ein Potential von ca. max. 252 Stellplätzen ermittelt. Mit den Energiekosten von ca. 1,5€/l (Stand 2024) ergab sich ohne erweiterte Verhaltensadaptierung (Zielwahl, etc.) eine reale P+D Stellplatznachfrage von ca. 15 PKW, wenn nur der AST-Parkplatz für P+D kostenfrei zur Verfügung stehen würde. Auf Grund der relativ geringen Anzahl an P+D Nutzer:innen werden für die AST Grafenstein keine Einsparpotentiale für die km-Verkehrsleistung und die Emissionen ausgewiesen.

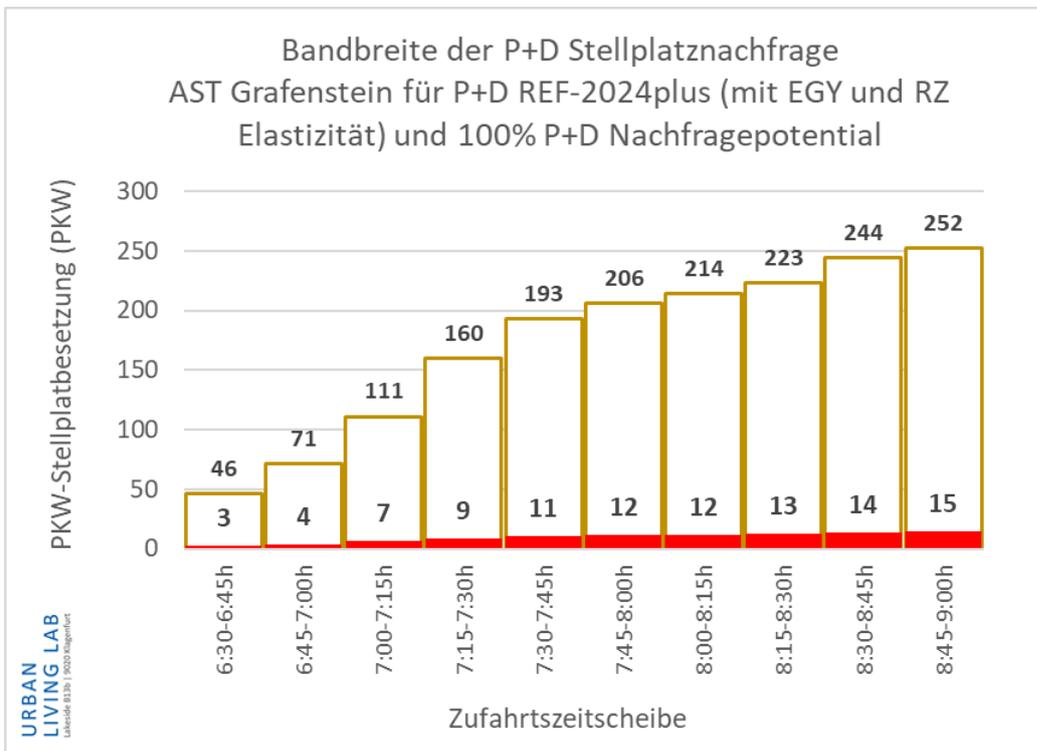


Abbildung 5-37: Bandbreite der P+D Stellplatznachfrage für die AST Grafenstein

5.3 Automatisierter Flottenbetrieb – Lessons Learned

Der automatisierte Flottenbetrieb in Klagenfurt wurde im Juni 2024 eingerichtet und im Juli desselben Jahres in Betrieb genommen. Es waren drei automatisierte Shuttles in Klagenfurt auf drei sich überschneidenden Routen im Einsatz. Es war erstmals in Österreich eine automatisierte Flotte im Einsatz. Neben dem Betrieb nach Fahrplan konnten die Shuttles auch über eine eigens dafür entwickelte Smartphone-App On-Demand gebucht werden. Hierbei konnte die Abfahrt nicht nur an fixen, sondern auch an einer der vielen virtuellen On-Demand Haltestellen frei gewählt werden. Damit war auch erstmals in Österreich ein automatisiertes On-Demand Service im Einsatz.

Akzeptanz

Die Anwesenheit eines Menschen im Shuttle erhöht die Offenheit der Nutzer:innen, das automatisierte Fahrzeug (AV; Abbildung 13) zu entdecken und somit zu akzeptieren. Es wurde festgestellt, dass einige Personen das Shuttle zwar neugierig betrachteten, sich aber nicht näher herantrauten. Sobald sich das Sicherheitspersonal zeigte, waren sie eher bereit, Fragen zu stellen und einzusteigen. Auch konnten die Offenheit und Akzeptanz der Bevölkerung durch verschiedene Veranstaltungen, siehe Abbildung 9, und Workshops verbessert werden.



Abbildung 5-38 Veranstaltung – Lange Nacht der Forschung

Betriebszeiten an Bedürfnisse anpassen

Es hat sich gezeigt, dass die Betriebszeiten, siehe Abbildung 10, einerseits Bedürfnissen der Fahrgäste gerecht werden müssen, also zu Zeiten mit hoher Nachfrage ausreichend Shuttles zur Verfügung stehen müssen. Andererseits muss sich die aus der niedrigen Betriebsgeschwindigkeit resultierende Verkehrsbeeinflussung im angemessenen Rahmen befinden. Dies bedeutet einen Kompromiss in Hauptverkehrszeiten finden zu müssen.



Abbildung 5-39 Betriebszeiten 2024.

Ausweitung des Testgebiets

Im On Demand Betrieb kann das Shuttle über eine Smartphone App zu einer beliebigen Haltestelle entlang der eingerichteten Strecke gerufen werden. Hier besteht Bedarf, das Einsatzgebiet – siehe Abbildung 11 - der Shuttles auszuweiten, um Wege zu verkürzen und eine möglichst gute On-Demand Abdeckung zu gewährleisten. Zwar ist das Shuttle mit einer Betriebsgeschwindigkeit von max. 20 km/h im Fahrplanmodus auf ein relativ kleines Gebiet beschränkt, um eine ausreichend hohe zeitliche Abdeckung der einzelnen Haltestellen erreichen zu können. Im On-Demand Modus kann das Wirkungsgebiet allerdings dank zielgerichteter Fahrt erweitert werden.



Abbildung 5-40 Schild Testregion

Barrierefreie Haltestellen

Während der Demophase wurde das Shuttle unter anderem von gehbehinderten Personen im Rollstuhl genutzt. Aus diesen Fahrten resultiert die Notwendigkeit barrierefreier

Haltestellen. Zudem wären Fahrpläne in Brailleschrift sinnvoll, um sehbehinderten Personen über die Fahrzeiten der Shuttles informieren zu können.

Mensch-Maschine Interaktion

Eine immense Herausforderung im Zuge der Integration hoch automatisierter Fahrzeuge in den aktuell weitgehend niedrig automatisierten Verkehr ist die Kommunikation zwischen automatisierten Fahrzeugen und niedrig digitalisierten Verkehrsteilnehmenden. Auch im Shuttlebetrieb hat sich ein Bedarf an entsprechender visueller und akustischer Kommunikation gezeigt.



Abbildung 5-41 Shuttle im Testbetrieb.

Geringe Geschwindigkeit

Die bereits im Abschnitt „Betriebszeiten an Bedürfnisse anpassen“ erwähnte niedrige Maximalgeschwindigkeit des Shuttles ist eine Herausforderung, auf dem Weg zum reibungslosen Shuttlebetrieb. Wie dort beschrieben, kann diese zu Verkehrsbeeinträchtigung führen. Dies gilt besonders für einspurige Straßen und kann sich negativ auf die Akzeptanz automatisierter Shuttle auswirken. Außerdem wäre eine erhöhte Durchschnittsgeschwindigkeit wünschenswert, um Fahrzeiten verkürzen bzw. den Wirkradius erweitern zu können. Im Übrigen führt ein hoher Geschwindigkeitsunterschied zwischen Shuttle und anderen Verkehrsteilnehmenden zu erhöhtem Sicherheitsrisiko. Um dem entgegenzuwirken, wurden entlang der Strecke Warntafeln aufgestellt, wie in Abbildung 14 zu sehen ist. Ende Oktober 2024 ist die dritte Novelle der

AutomatFahrVerordnung⁵⁷ in Kraft getreten worin die erlaubte Maximalgeschwindigkeit auf max. 30 km/h angehoben wurde.



Abbildung 5-42 Verwendete Shuttles.



Abbildung 5-43 Warnung "Langsames Fahrzeug".

Mischverkehr

Bei Fahrten im gemischten Verkehr, siehe Abbildung 15, sowie Abbildung 17, werden die meisten Vollbremsungen und Situationen, in denen das Sicherheitspersonal eingreifen musste, durch andere Verkehrsteilnehmende (illegale Überholvorgänge; schlecht geparkte Autos; zu geringer Abstand zum Shuttle, insbesondere Fußgänger und Radfahrer) und

⁵⁷ <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009740>

durch vernachlässigte Vegetation in Kombination mit übermäßig empfindlichen Lidar-Sensoren verursacht.



Abbildung 5-44 Teststrecke mit Ampelanlagen im Mischverkehr.

In Klagenfurt gab es Streckenabschnitte mit Mehrzweckstreifen (Abbildung 16), d.h. dieser Abschnitt konnte von Radfahrern und Autos genutzt werden. Problematisch war die Situation nur, wenn Radfahrer:innen dem Shuttle zu nahekamen, was zu abrupten Bremsungen führte. Es kam zu keinem Unfall oder Zwischenfall. Die Geschwindigkeit des Shuttles war langsam. Dies wurde sowohl als gut als auch als schlecht empfunden. Die Auswirkungen einer abrupten Bremsung sind bei niedrigen Geschwindigkeiten nicht schwerwiegend. Das Sicherheitspersonal an Bord konnte unterstützen und erklären, warum das Shuttle langsam fuhr. Das wurde während des Betriebes als sehr positiv empfunden.



Abbildung 5-45 Mischverkehr mit Mehrzweckstreifen in Klagenfurt.

Business Case

Derzeit sind die Kosten für Einrichtung und Betrieb, u.a. durch die verpflichtende Anwesenheit von Sicherheitsoperator:innen, automatisierter Shuttlebusse hoch und nicht wirtschaftlich zu bewältigen. Es ist davon auszugehen, dass die Zurückhaltung der Betreiber:innen und die mangelnde Vertrautheit mit der automatisierten Technologie das Marktwachstum und die Nutzungsraten behindern. Gezielte Aufklärung, Bürger:innenbeteiligung, Informations- und Sensibilisierungskampagnen können dem entgegenwirken, indem potenzielle Nutzer:innen über die Funktion und Vorteile des Shuttles aufgeklärt werden. Außerdem ist es notwendig, in Demonstrationen, Use Cases und Forschung und Entwicklung zu investieren.



Abbildung 5-46 Automatisierte Flotte im Mischverkehr

In den Abschlussmonaten des Projekts wurde der letzte Baustein hinsichtlich Übertragbarkeit erarbeitet. In AP5 wird oftmals auf die Möglichkeit der Anwendung von

Mikrosimulationen in besonderen Anlassfällen eingegangen. Da der generelle Aufwand zur Erstellung einer derartigen Simulation gegeben ist, wurde im Zuge des Projekts KASSA.AST eine Datenerhebung durchgeführt, die eine wesentliche Datengrundlage zur Verfügung stellt.

Im September 2024 wurde an der Park+Ride Anlage Minimundus in Klagenfurt eine Erhebung mittels Mobility Observation Box (MOB) des AIT durchgeführt. Der Einsatz dieses Erhebungstools ermöglicht die objektive Analyse von Verkehrsteilnehmern aller Klassen zur Bereitstellung von Aussagen zu Verkehrssicherheit, -verhalten und Nutzungsweise der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur.

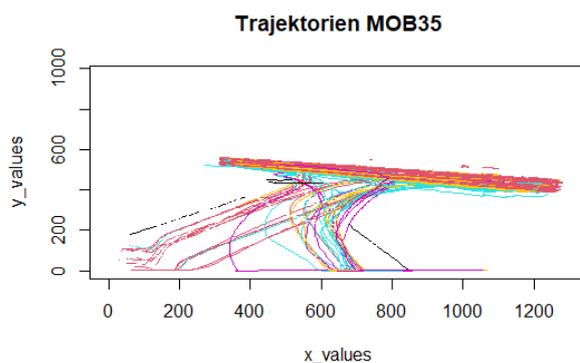


Abbildung 5-47: Beispieldarstellung der Erhebungsstelle MOB35 mit Sicht auf die Zufahrt und die daraus resultierenden Trajektorien

Die MOB arbeitet mit Trajektorien, also der räumlich-zeitlichen Abfolge von detektieren Objekten und ermöglicht vor allem im Verkehrsverhaltensbereich die Erfassung von

Parametern zu Beschleunigungs- und Linienführungsverhalten. Diese Daten wurden als Basisdaten für vier Standorte an der P+R-Anlage erhoben und ausgewertet.

Im Anschluss wurden diese Daten zur Erstellung von Kalibrationsparameter für Mikrosimulations-Fahrverhaltensmodelle genutzt. Zur maximal realistischen Abbildung des Verhaltens unterschiedlicher Verkehrsteilnehmer werden Parameter genutzt, die Informationen zu Beschleunigungs-, Brems-, Abstands- aber auch Risikobereitschaftsverhalten abbilden. Diese Parameter können aus unterschiedlichen Eingangsdaten kalibriert werden, die Nutzung der Trajektorien aus der Mobility Observation Box ist durch die wochenlange Erfassung eine ausgezeichnete Quelle.

Die Kalibration der Parameter des Fahrverhaltensmodells Wiedemann74 wurde in einem iterativen Prozess durchgeführt. Das ebenfalls mögliche Fahrzeugfolgmodell Wiedemann99 wurde ebenfalls in Betracht gezogen, zum Zeitpunkt der Arbeit am Endbericht allerdings noch nicht fertig. Aus den Trajektorien wurden neben Folgeverhalten auch Geschwindigkeiten und Beschleunigungen abgeleitet und in Fahrzeugmodelle umgewandelt. Dazu wurde das im EU-Projekt entwickelte Modell für Klagenfurt West in der Mikrosimulationssoftware SMO genutzt und im Bereich der Park+Ride-Anlage Klagenfurt West/Minimundus detailliert.

Die finalen Ergebnisse werden in einer weiteren Version des Endberichts vorgelegt, da der ausführende Task zum Zeitpunkt der Berichtslegungsversion noch in Bearbeitung ist.

5.3.1 Evaluierung der Simulationsansätze auf Basis des Pilotversuchs „Automatisierte Shuttles Lakeside Park“

Mit dem Pilotversuch war auch die Evaluierung der Modellparameter (Systemwiderstände, Verkehrsmittelwahlparameter, etc.) der Modellansätze geplant. Durch die extern auferlegten Einschränkungen der Versuchsanordnung (kein Betrieb in den Spitzenstunden, Verschiebung der Shuttle-Haltestelle aus dem Nahbereich der S-Bahnhaltestelle Klagenfurt West, zeitliche Verschiebung des Pilotbetriebes in die vorlesungsfreie Zeit der Universität Klagenfurt) konnten für eine Evaluierung/Kalibrierung keine quantitativ belastbaren Vergleichswerte (Fahrgastzahlen) erhoben werden. Daher wurde die Fahrgastbefragung im automatisierten Shuttle erweitert, so dass für die Abgrenzung der Einsatzbereiche der Simulationsebenen auch Nutzer:innen-spezifische Daten miteinbezogen werden konnten.

Die für die Modellanwendung relevanten Ergebnisse zeigen, dass bedingt durch die Attraktivität des Pilotbetriebs ein relativ großer Teil der Nutzer:innen (ca. 45,5%) rein aus Interesse oder aus Spaß die automatisierten Shuttles genutzt hat (bzw. diese auch dafür nutzen durfte). Diese Nutzer:innen wurden für jene Auswertungen, die sich auf das Alltagsverkehrsverhalten beziehen, ausgeschlossen. Auf Grund der generellen geringen Stichprobe konnten jedoch für die Auswertungen keine soziodemographischen Unterteilungen ausgewiesen werden.

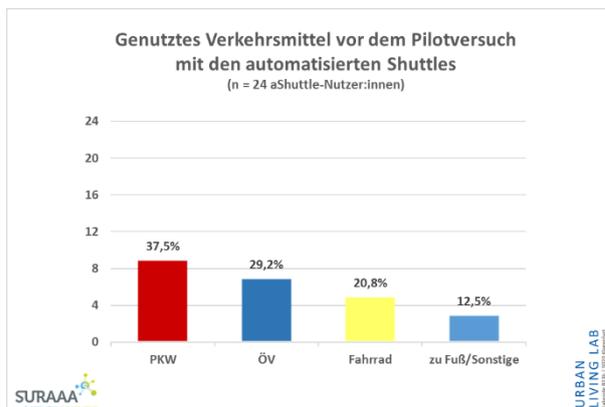
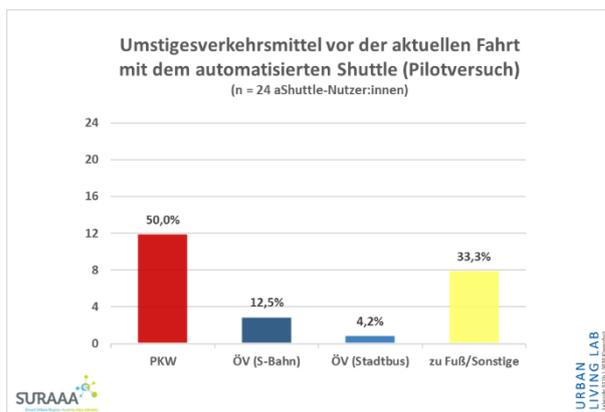


Abbildung 5-48: Genutztes Verkehrsmittel vor der aktuellen Fahrt mit dem automatisierten Shuttle sowie das genutzte Verkehrsmittel vor dem Pilotversuch mit den automatisierten Shuttles

Für die Modellschätzung, ob bei der Möglichkeit einer OnDemand-Buchung die Nutzungswahrscheinlichkeit steigt, wurde ein Ansatz konzipiert, bei dem die Nachfrageänderung global über die Veränderung der Reisezeit bedingt durch eine mögliche Reduktion der Wartezeiten zukünftig in die Makro|Mikro-Simulation implementiert werden kann. Deshalb wurde im Zuge des Pilotversuchs simulationsrelevante

Grundinformationen für die OnDemand-Nutzung eines automatisierten Shuttles erhoben. Ziel dabei war es, die reale Wartezeit mit der gewünschten (tolerierten Wartezeit) bei einem OnDemand-Service zu vergleichen, um einen globalen standardisierten Faktor für die Veränderung des Reisezeitwiderstandes zu ermitteln, der zukünftig optional in die Scoringfunktion des agentenbasierten LIFE mobility and activity model – Carinthia implementiert und evaluiert werden soll. Grundsätzlich zeigte sich, dass die Wartezeiten im fahrplangebundenem Pilotbetrieb mit durchschnittlich ca. 6,2 Minuten auch ohne OnDemand-Buchung schon in einem verträglichen Bereich lagen, die tolerierte Wartezeit lag mit 4,8 Minuten für eine ÖV-System nur geringfügig darunter.

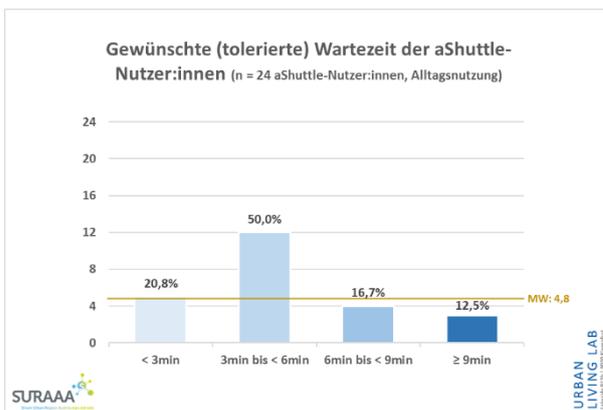
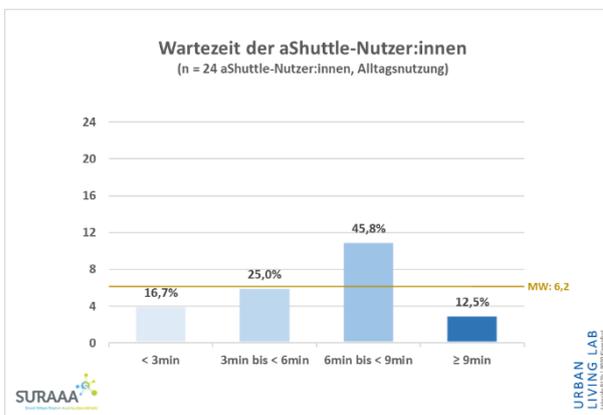


Abbildung 5-49: Reale Wartezeit für das automatisierte Shuttle im Pilotbetrieb (fahrplangebunden) versus der gewünschten (tolerierten) Wartezeit bei einem automatisierten Shuttle im OnDemand-Betrieb

5.4 Übertragbarkeit der Ergebnisse

5.4.1 Übertragungsmatrix und Anwendbarkeit ländlicher Anschlussstellen

Bei der Untersuchung der Planfälle zeigte sich, dass die Anforderungen bedingt durch die Lage der AST in Relation zu den bestehenden ÖV-Linien (bzw. ÖV-Haltestellen) sehr unterschiedlich ausgeprägt sind und stark in Wechselwirkung mit der vorhandenen räumlichen Siedlungsstruktur stehen. Z.B. ist die Bevölkerungsdichte des nahen Umfeldes der AST bestimmend, welche Verkehrsmittel angenommen werden. Aus den Ergebnissen der Simulationen der AST Klagenfurt West (städtisch) und AST Grafenstein (ländlich) wurden die Keyelemente identifiziert und die Anwendbarkeit für städtische und ländliche AST bewertet. Bei der Überlagerung der Pilot- und Simulationsergebnisse zeigte sich, dass es zielführend ist, die Anforderungen in drei Ausprägungen (IST, AIMED und BEST) zu gliedern. Unter diesen Rahmenbedingungen wurde eine Übertragungsmatrix erstellt, wo einerseits die Keyelemente einer AST für alle untersuchten Teilbereiche (Infrastrukturdesign, Simulation, etc.) ausgewiesen sind und deren Einsatz getrennt für städtische und ländliche Anlagen bewertet wird. Die Befüllung der Übertragungsmatrix erfolgte mit der Vorgabe, die Anforderungen einer AST mit dem Fokus einer innovativen, aber kostensensitiven Sichtweise zu definieren. Mit dieser Übertragungsmatrix liegt ein Element vor, das in den Planungsprozessen von neuen bzw. neu adaptierten AST als Orientierungstool eingesetzt werden soll. Ziel ist es, damit zukünftig einen Qualitätsstandard für automatisierte Anschlussstellen zu etablieren. In der Folgetabelle ist ein Auszug der Übertragungsmatrix dargestellt.

Übertragungselement		Pilot KASSA.AST Klagenfurt West	Digitaler AST - Raumtyp					
			Städtisch			Ländlich		
			IST (Minimalausbau)	AIMED	BEST Level	IST (Minimalausbau)	AIMED	BEST Level
Bestandsanalyse	Verkehrszählung	durchgeführt						
	Erhebung der bestehenden Mobilitätsangebote und deren Auslastung	durchgeführt						
	Parkraumerhebung	durchgeführt						
	KFZ-Kennzeichen-Erhebung zur Verkehrsstromanalyse	durchgeführt						
	Mobilitätsbefragung zur Erhebung der Nachfrage und des Potentials	durchgeführt						
	Umfelderhebung	durchgeführt						
	Analyse des bestehenden Leitsystem und Potentialanalyse	durchgeführt						

Abbildung 5-50 Auszug der AST Übertragungsmatrix (Bestandsanalyse der AST Klagenfurt West)

5.5 Zusammenfassung: Kernaussagen aus der Prototypischen Implementierung

- Systemische Gesamtbetrachtung der Standorte (AST) für Bundesland bzw. Autobahnstrecke wird vorgeschlagen (d.h. Einzelbetrachtungen aufgrund standortbezogener Konkurrenzverhältnisse zwischen AST nicht zielführend)
- Vorgeschlagen wird eine mehrstufige Betrachtung: Simulation (Modellierung) der Nachfrage für alle möglichen AST-Standorte, Identifikation und Fokussierung auf ausgewählte, nachfragestarke AST. Detailsimulation für diese Standorte (inkl. Einbettung der vorgeschlagenen Infrastrukturen für AST)
- Neben der ÖV-Anbindung für die Park+Ride Nutzung ist auch Park+Bike (inkl. Fahrrad und E-Scooter Verleihsysteme) in die Systembetrachtung miteinzubeziehen (Potentialschätzung).
- Essenziell ist eine hohe ÖV-Anbindungsqualität (Takt, Fahrzeiten, Betriebszeiten), wobei die Haltestellen optimal (ohne große Umwege) in die Linienführung eingebunden werden sollen. Da für die Verkehrsmittelwahl einer P+R Nutzung der Hin- und der Rückweg relevant sind, sind Anbindungen über einzelne Sonderkurse (wie z.B. bei Volksschulen) nicht zu empfehlen.
- Für die Bestimmung der Nachfragesensitivität hat sich gezeigt, dass externe Wirkungsfaktoren (Stausituationen, Parkraumbewirtschaftung, hohe Energiekosten, etc.) derzeit noch stark die Nachfrage der AST-Anlagen punktuell bestimmen. Es wird daher empfohlen, bei der strategischen Untersuchung auch zukünftige ambitioniertere Mobilitätsszenarien mitaufzunehmen.
- Für die Nutzung von automatisierten Shuttles kann aus den Erfahrungen aus Testszenarien abgeleitet werden, dass diese stärker in das ÖV-System als gleichwertiges ÖV-Verkehrsmittel miteinbezogen werden müssen. Grundsätzlich soll eine Linienführung angestrebt werden, die für ein weiteres Einzugsgebiet einen Nutzen bringt und bei dem die AST ein zusätzliches Attraktivieren der Linie (oder der OnDemand-Buchung) bringt. Für eine reine Verbindungslinie ist die Nachfrage bei ländlichen Anlagen bedingt durch die limitierende Stellplatzanzahl der AST meist zu gering für einen betriebswirtschaftlich sinnvollen Einsatz (dies kann jedoch z.T. über ein OnDemand-Buchung inkl. Einbindung in die MaaS-App abgemindert werden).

- Die Nutzung der AST als eine P+D Anlage (für Fahrgemeinschaften) kann bei stark ausgelasteten Anlagen problematisch werden, weil diese auch die Nutzung der installierten AST-Infrastruktur (ÖV, Fahrrad- und E-Scooter-Verleihsystemen, etc.) reduziert. Daher wird dringend empfohlen, bei der strategischen Prüfung auch dieses P+D Segment mit einer Potentialabschätzung in die Untersuchung aufzunehmen. Hier hat sich auch gezeigt, dass dieses Segment sehr sensitiv auf die aktuellen Energiekosten sowie Parkraumbewirtschaftungen in den Zielgebieten ist. Ein aktives Parkmanagement (Schranken, Parkticket, Rückvergütungen, etc.) wäre hier zu untersuchen. Die Entwicklung dieser Begleitmaßnahmen wäre eine zukünftig mögliche Forschungsfrage.
- Digitale Sensoren für die Zu- und Abfahrtserhebung (inkl. Aufenthaltsdauer) sollen unabhängig von der AST-Anlagengröße für städtische und ländliche Anlagen integriert werden, auch um neben der Echtzeitauslastung eine Auslastungsprognose für alle AST-Anlagen flächendeckend in das MaaS-System integrieren zu können.
- Die Mikrosimulation wird als ein zusätzliches Tool insbesondere für den Genehmigungsprozess (inkl. Adaptierungen) für die Streckenführung eines automatisierten Shuttles (inkl. Optimierung der Linienführung) vorgeschlagen.
- Die Verknüpfung mit realen und historischen Mobilitätsdaten für detailliertere Szenarienbewertungen (Leistungsfähigkeit, Verkehrssicherheit, etc.) ist in der Simulation wichtig.
- Die Mikrosimulation wird als ein zusätzliches Tool für den Leistungsfähigkeitsnachweis „verkehrstechnisch kritisch gelegener Anschlussstellen“, vorgeschlagen. Insbesondere bei kritischen Anbindungen, wenn z.B. ein Rückstau auf das übergeordnete Netz (z.B. A+S) zu erwarten ist.
- Die Mikrosimulation ist auch ein wichtiges Tool für die Identifikation von Konfliktpunkten, insbesondere mit vulnerablen Verkehrsteilnehmenden (VRU). Es wird daher vorgeschlagen, die Mikrosimulation bei AST einzusetzen, bei denen in unmittelbare Nähe Schulen, Altersheime, etc. vorhanden sind.

Empfehlungen für die ASFINAG

Um im Bereich des automatisierten Fahrens wettbewerbsfähig zu bleiben, ist es unerlässlich, frühzeitig Kompetenzen und Ressourcen in diesem Sektor aufzubauen. Eine aktive Auseinandersetzung mit den spezifischen Anforderungen, die der Betrieb automatisierter Fahrzeuge mit sich bringt, ist dabei essenziell, siehe Abbildung 18.

Dazu zählt unter anderem die Bereitstellung einer digitalen Verkehrsinfrastruktur, wie **C-ITS** (Kooperative intelligente Verkehrssysteme), die eine direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur ermöglicht. Um diese Kommunikation zu ermöglichen ist der Ausbau von RSUs (Road Site Units) entlang der Strecken notwendig. Auch ist das Aufrüsten der digitalen Infrastruktur bestehend aus Kameras und Sensorik empfehlenswert, um Echtzeitdaten bereitstellen zu können. Ebenso sind gut sichtbare Bodenmarkierungen und Beschilderungen notwendig, um eine zuverlässige kamerabasierte Orientierung der automatisierten Fahrzeuge zu gewährleisten. Des Weiteren ist ein Ausbau des 5G Netzwerks entlang der Verkehrsinfrastruktur sinnvoll, um die Kommunikation automatisierter Fahrzeuge zu unterstützen. Durch den gezielten Ausbau dieser Infrastruktur können optimale Bedingungen für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge geschaffen werden, was langfristig zu einer gesteigerten Effizienz und Sicherheit im Straßenverkehr beiträgt.

Neben der Infrastruktur sind die Datenbereitstellung und das Datenmanagement weitere Bereiche, in denen Entwicklungspotenziale liegen. Hierbei wäre eine Echtzeit-Datenplattform denkbar, auf der Verkehrsdaten wie Wetter, Baustellen, Staus und Straßenzustand bereitgestellt werden. Dem entsprechend müssen die notwendigen Datenschnittstellen (APIs) für die Nutzung durch Fahrzeughersteller und Softwareentwickler:innen zur Verfügung gestellt werden.

Wie bereits erwähnt, wird der Aufbau von Know-how im Bereich der automatisierten Mobilität empfohlen. Dazu könnten automatisierte Teststrecken eingerichtet werden. Hier werden auf ausgewählten Streckenabschnitten Technologien unter realen Bedingungen getestet und evaluiert. Auch Kollaborationen mit Fahrzeugherstellern, Technologieunternehmen und Universitäten sind grundlegend, um Know-how aufzubauen und Projekte umzusetzen.

Um die Zukunft des automatisierten Fahrens auf Autobahnen mitgestalten zu können, ist die Zusammenarbeit mit den zuständigen österreichischen Ministerien und EU-Institutionen sinnvoll, denn hier werden die rechtlichen Rahmenbedingungen für automatisiertes Fahren

festgelegt. Auch sind Haftungsfragen und Datenschutzbestimmungen zu klären. Außerdem kann durch Teilnahme an internationalen Gremien an der Entwicklung einheitlicher Standards für die Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation mitgestaltet werden.

Werden automatisierte Fahrzeuge auf von der ASFINAG betreuten Strecken betrieben, muss deren Sicherheit gewährleistet werden. Dazu sind Sicherheitskonzepte notwendig, um Cyberangriffen vorzubeugen. Auch sollten Strategien für den Umgang mit technischen Störungen automatisierter Fahrzeuge oder Systemausfällen entworfen werden.

Da es sich bei automatisierten Fahrzeugen im Allgemeinen um elektrische Fahrzeuge handelt, ist der Ausbau der Ladeinfrastruktur entlang der Autobahnen voranzutreiben.



Abbildung 5-51 Praxistest ASFINAG automatisiertes Fahren.

Marktüberblick Hersteller

Im Bereich automatisierte Mobilität beträgt die Marktgröße derzeit (2024) USD 41,10 Milliarden. Schätzungen ergeben, dass sich der Markt bis 2029 auf USD 114,54 Milliarden vergrößern wird, was einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 22,75% entspricht. Dabei ist der größte Markt in Nordamerika lokalisiert. Dem gegenüber steht der Asiatische Markt, welcher der schnellst wachsende ist.⁵⁸ In Abbildung 19 sind die verschiedenen Bereiche des automatisierten Fahrens am Markt anteilmäßig aufgeschlüsselt. Insgesamt konnten über 890 Unternehmen lokalisiert werden, die im Bereich automatisiertes Fahren tätig sind.

⁵⁸ <https://www.mordorintelligence.com/de/industry-reports/autonomous-driverless-cars-market-potential-estimation>

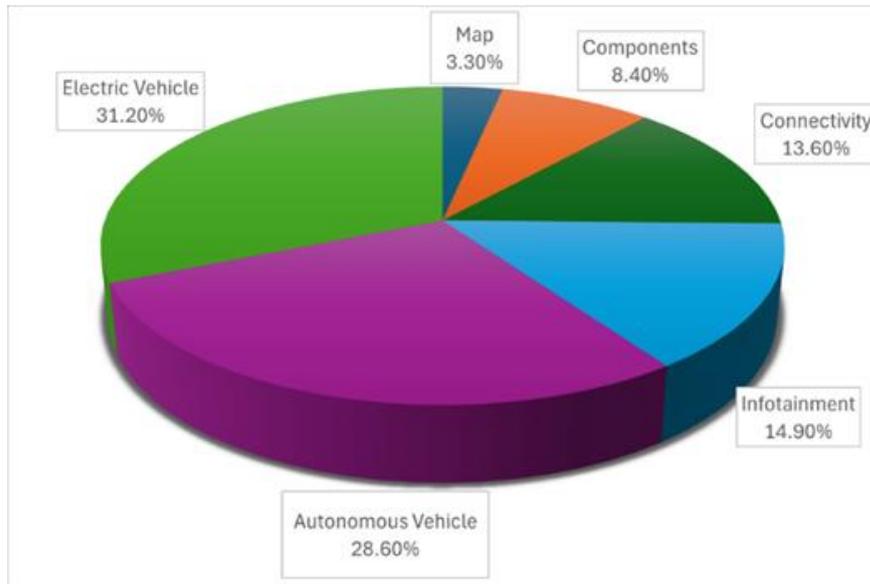


Abbildung 5-52 Marktanteil automatisiertes Fahren (Quelle: CES 2023 and Counterpoint Analysis)

Durch die Recherche konnten unter anderem 50 österreichische und 113 deutsche Unternehmen im Bereich der automatisierten Mobilität identifiziert werden. In Frankreich wurden 34 und im Vereinigten Königreich 44 Unternehmen gefunden. Im Vergleich dazu wurden in China 113 und in den USA 250 Unternehmen in diesem Bereich ermittelt.

Literaturverzeichnis

- Athanasopoulou, A., Correia, G., De Luca, S., & Medaglia, G. (2022). *MaaS platform features: An exploration of their relationship and importance from supply and demand perspective*. *Journal of Urban Mobility*, 2, 100039.
- Berliner Verkehrsbetriebe (BVG). (2020). *Stellungnahme der BVG zur Anhörung des Ausschusses für Verkehr und digitale Infrastruktur des Deutschen Bundestages zum Thema „nationale Mobilitätsplattform“ am 06. Mai 2020*. Deutscher Bundestag, Ausschuss für Verkehr und digitale Infrastruktur, Ausschussdrucksache 19(15)352-F.
- Beul-Leusmann, S., Habermann, A., Ziefle, M., & Jakobs, E.-M. (2016). *Unterwegs im ÖV: Usability mobiler Fahrgastinformationssysteme*. In W. Prinz, J. Borchers, & M. Jarke (Hrsg.), *Mensch und Computer 2016 - Tagungsband* (S. 45–54). Gesellschaft für Informatik e.V. <https://doi.org/10.18420/muc2016-mci-0052>
- Bruns, E., Friedrich, J., & Roose, C. (2018). *Digitalisierung im Verkehr: Vorschläge für Regelungskonzepte und Rahmenbedingungen zur Realisierung einer nachhaltigen Mobilität*. Umweltbundesamt. Verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2017). BSI-Standard 200-3: Risikoanalyse auf Basis von IT-Grundschutz. Verfügbar unter: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Grundschutz/BSI_Standards/standard_200_3.html?nn=128620
- E-mobil BW GmbH. (2018). *LivingLab BWe mobil – Projektübergreifende Forschung. Urbaner Mobilitätskomfort – Region Stuttgart*. Verfügbar unter: https://www.e-mobilbw.de/files/e-mobil/content/DE/Publikationen/PDF%20Schaufenster%20Projekte/9_Projektuebergreifende%20Forschung/UrbanerMobilitaetskomfort.pdf

- Fraunhofer IAO, & Horváth & Partners. (2018). *Enabling the Value of Time: Implikationen für die Innenraumgestaltung autonomer Fahrzeuge*. Studienbericht.
- Friedrich, B., Schöbel, A., Lienkamp, M., & Herget, C. (2017). *Integrating automated vehicles into macroscopic travel demand models*. Transportation Research Procedia, 37, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.060>
- Heydkamp, A. (2022). *Agentenbasierte Modellierung der Verkehrsmittelwahl von Mobilitätskomfort-Typen: Simulation von Zukunftsszenarien für die Region Stuttgart*. <https://doi.org/10.24406/publica-988>
- Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1994). *The Nature of Man*. Journal of Applied Corporate Finance, 7(22), 4–19.
- Lichtblau, K., Fritsch, M., Schmitz, E., Herrmann, F., Sachs, C., & Stöffler, S. (2018). *Veränderungen der bayerischen Automobilindustrie durch automobile Megatrends*. Bayme, vbm & vbw. Verfügbar unter: http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-5194518.pdf
- Lindenberg, S. (1985). *An assessment of the new political economy: Its potential for the social sciences and for sociology in particular*. Sociological Theory, 3(1), 99–114. <https://doi.org/10.2307/202177>
- Markvica, K., Millionig, A., Haufe, N., & Leodolter, M. (2020). *Promoting active mobility behavior by addressing information target groups: The case of Austria*. Journal of Transport Geography, 83, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102664>
- Nobis, C., & Kuhnimhof, T. (2019). *Veränderungen im Mobilitätsverhalten zur Förderung einer nachhaltigen Mobilität*. Umweltbundesamt. Verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- Pro:NEWmotion Konsortium. (2023). *Anwendung der pro:NEWmotion Typologie in Mobilitätserhebungen*. AIT Austrian Institute of Technology, HERRY Consult, INTEGRAL Markt- und Meinungsforschung und TU Wien. Studie im Auftrag des BMK, 2022–2023.

- Rudloff, C., & Straub, M. (2021). *Mobility surveys beyond stated preference: Introducing MyTrips, an SP-off-RP survey tool, and results of two case studies*. *European Transport Research Review*, 13, 1–16.
<https://doi.org/10.1186/s12544-021-00510-5>
- Schröder, J. (2020). *Bus auf Bestellung: EcoBus direkt vor die Tür*. Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation. Verfügbar unter:
https://www.ds.mpg.de/3519591/news_publication_14322402_transferred?c=2247
- Stadt Wien – MA 18, MA 21. (2018). *Leitfaden Mobilitätsstationen*.
- Zankl, C., & Rehr, K. (2018). *Digibus 2017: Erfahrungen mit dem ersten selbstfahrenden Shuttlebus auf öffentlichen Straßen in Österreich*. Salzburg Research. Verfügbar unter: <http://www.digibus.at>