

auto.Flotte - Studie zu Handlungsoptionen zur Einführung automatisierter ÖV Flotten in Österreich

Finanziert im Rahmen des FTI-Schwerpunkts Mobilitätswende durch das BMK

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

A-1030 Wien, Radetzkystraße 2

FTI-Schwerpunkt Mobilitätswende

Abteilung III/4 – Mobilitäts- und Verkehrstechnologien

iii4@bmk.gv.at

Website: www.bmk.gv.at

Website: <https://fti-mobilitaetswende.at/de/>

Für den Inhalt verantwortliche Autorinnen und Autoren:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Autor 1: DI Dr. Wolfgang Ponweiser

Autor 2: DI(FH) Martin Reinthaler, MSc

Autor 3: Dr. Christian Rudloff, MSc

Autor 4: DI Markus Straub

E-Mail: wolfgang.ponweiser@ait.ac.at

Website: <http://www.ait.ac.at>

ALP.Lab GmbH

Autor 1: DI Dr. Christoph Knauder

Autor 2: Mag. Martin Aichholzer

E-Mail: christoph.knauder@alp-lab.at

Website: <https://www.alp-lab.at/>

Tech Meets Legal GmbH

Autor 1: IH: Dr. Dipl.-Ing, Mag. Isabella Hinterleitner, M.Sc.

Autor 2: Daniel Deutsch, LL.M. M.Sc.

Autor 3: Diana Silvestru, MA

E-Mail: hinterleitner@techmeetslegal.at

Website: www.techmeetslegal.at

pdcp GmbH (SURAAA)

Autor 1: Mag. Walter Prutej, MBA

Autor 2: MMag.a Petra Schoiswohl

Autor 3: Dr.in Anna Conci

E-Mail: walter.prutej@suraaa.at

Website: <https://www.suraaa.at/>

Wien, 2024. Stand: 24. Oktober 2025

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bund der Autorinnen und Autoren ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorinnen und Autoren dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an iii4@bmk.gv.at.

Inhalt

1 Executive Summary zu auto.Flotte	6
1.1 Motivation	6
1.2 Kontext der Studie.....	7
1.3 Struktur der Studie	8
1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	10
2 Analyse automatisierter ÖV-Flotten.....	13
2.1 Übersicht Testsites	13
2.2 Interviews	14
2.3 Organisationsmodelle für den Betrieb von automatisierten ÖV-Flotten	25
3 Wirkungen automatisierter ÖV-Flotten	35
3.1 Szenariendefinition	35
3.2 Untersuchungsansatz	38
Simulation auf Basis Verkehrsmodell (Modell Wien und Umgebung)	38
Übertragung bestehender Ergebnisse (Modell Salzburg)	42
3.3 Wirkungen im Bereich Verkehr, Akzeptanz und Nachhaltigkeit	44
Automatisierte ÖV-Flotten im Verkehrsmodell (Modell Wien und Umgebung)	44
On-Demand-Verkehr (Modell Salzburg)	47
Qualitative Bewertung durch Stakeholder:innen	50
4 Leitstellen und Fernüberwachung	56
Technische Funktions- und Sicherheitsbewertung	56
Einmalige Prüfung:.....	57
Wiederkehrende Prüfungen:	58
Fahrzeugfunktionalität.....	58
Kommunikationssysteme.....	59
Leitstelle	60
4.1 Analyse des Rechtsrahmens	61
Definitionen und Begriffsbestimmungen	61
Anwendungsszenarien der Teleoperation	63
Fokus Sicherheit des Fahrzeugs	64
Fokus Leitstelle (Remote Management Center)	65
Kommunikationstechnologie	66
Rechtliche Herausforderungen und Entwicklungen.....	67
Übersicht Normen	68
4.2 Organisation und Betrieb	68
Arbeitsplatzgestaltung	70

Mitarbeitende und Qualifizierung.....	73
Personalmanagement.....	74
Fahrer:innen-Mangel.....	76
Kommunikation und Datensysteme.....	77
Flottenmanagement.....	81
Notfall- und Krisen-Management.....	83
5 Optionen für die öffentliche Hand und Betreiber	86
5.1 Rechtlicher Rahmen	86
Rechtsrahmen in der Europäischen Union	86
EU-KI-Verordnung.....	88
Rechtsrahmen Deutschland	89
Rechtsrahmen in Frankreich	91
Internationale Normen & Standards	92
Rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens automatisierter Fahrzeugflotten in Österreich.....	94
Software Updates bei Fahrzeugen	95
Blackbox-Systeme bei Fahrzeugen (Event Data Recorder – EDR).....	96
5.2 Ausgearbeitete Handlungsempfehlungen.....	97
6 Anhang 1: Ausgearbeitete Handlungsempfehlungen	101
6.1 Katalog der priorisierten Handlungsempfehlungen	103
7 Anhang 2: Testsites mit automatisierten ÖV-Flotten	121
8 Anhang 3: Liste der kommentierten Literaturquellen zur technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung	127
9 Anhang 4: Checklisten zur technische Funktions- und Sicherheitsbewertung.....	133
10 Anhang 5: Übersicht Normen	146
11 Anhang 6: Liste von Unternehmen und existierende Teleoperation-Systemen	150
Tabellenverzeichnis.....	154
Abbildungsverzeichnis	155
Literaturverzeichnis	158
Abkürzungen.....	162

1 Executive Summary zu auto.Flotte

1.1 Motivation

Die technologischen Entwicklungen im Bereich der Fahrzeugautomatisierung sind von einer enorm hohen Dynamik geprägt. Kaum eine andere Technologie bringt so rasche Fortschritte und Veränderungen in den Mobilitätsbereich. Dies gilt im Speziellen für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Bereich des öffentlich zugänglichen Verkehrs wie On-Demand-Shuttles. Hinzu kommt ein deutlicher Unterschied in der Reife von automatisierten ÖV-Flotten zwischen Europa und anderen Technologieregionen der Welt wie USA, Japan und China. Dies stellt die öffentliche Hand vor die große Herausforderung, diese Entwicklungen entsprechend einzuordnen. Im gleichen Maß sind Mobilitätsbetreiber von dieser Dynamik betroffen und müssen sich auf die Einführung dieser Lösungen passend vorbereiten.

Es ist daher essenziell, aktuelle und absehbare Entwicklungen in diesem Bereich frühzeitig zu erfassen, zu bewerten und Handlungsempfehlungen für die öffentliche Hand sowie Mobilitätsbetreiber abzuleiten. Dies beginnt bei den Akteur:innen. Diese sind vielfältig und reichen vom Komplettanbieter über reine Hardware- (HW)-Entwickler, Service- und Software- (SW)-Dienstleister bis zu Profis für Homologation. Ein weiterer Aspekt, der die Bandbreite der Entwicklungen schwer überschaubar macht, ist die Vielzahl an integrierbaren Teil- oder Komplettlösungen, die im Bereich der automatisierten Fahrzeugflotten für die öffentlich zugängliche Mobilität angeboten werden. Ähnlich wie bei den Akteur:innen findet sich ein weitreichendes Angebot von einzelnen HW-Komponenten, Sensoren, Kommunikations- und Steuerungseinrichtungen bis hin zu kompletten Mobilitätsservices. Hinzu kommen Lösungen für die physische und digitale Infrastruktur sowie das Back-End der automatisierten Fahrzeuge. Und nicht zuletzt sammeln automatisierte Fahrzeuge große Mengen an Daten, die auch abseits der eigentlichen Fahrt für Angebote genutzt werden können.



Abbildung 1: Landkarte der Akteure im Bereich automatisiertes Fahren¹

1.2 Kontext der Studie

Die Studie wurde im Rahmen der Ausschreibung „Mobilität (2022) Städte und Digitalisierung“ vom BMIMI (Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur) gefördert und von der FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH) abgewickelt. Die Studie wurde im Zeitraum Juli 2023 bis September 2024 durchgeführt und bezieht sich daher ausschließlich auf den zu diesem Zeitpunkt gültigen Wissenstand.

¹ <https://www.automobil-cluster.at/> - abgerufen 10.02.2023

Der interdisziplinäre Themenbereich erfordert eine klare Eingrenzung und Definition des Studienkontexts. Inhalte der Betrachtungen sind:

- Automatisiertes Fahren im Sinne von SAE Level 4 und autonomes Fahren im Sinne von SAE Level 5 (gemäß SAE J3016)
- Automatisiertes Fahren im Einsatz für den öffentlichen Verkehr, wie Busse und Shuttles
- Fokus auf öffentlichen Verkehr, keine Betrachtung von MIV-Anwendungen, wie private Pkw, Robotaxis oder Ähnliches.
- Fokus auf automatisiertes Fahren auf Straßen, keine Betrachtung von automatisiertem Zug- bzw. Schienenverkehr (z. B. ATO – Automated Train Operation)

Folgende Fahrzeuge werden berücksichtigt (entsprechend der Einteilung der Kraftfahrzeuge²):

- Robotaxi: Dabei handelt es sich um ein Fahrzeug der Klasse M1 (Kraftwagen zur Personenbeförderung mit mind. vier Rädern – PKW).
- Shuttle: Als Shuttle wird hier ein Fahrzeug der Klasse M2 (Omnibusse – Fahrzeuge zur Personenbeförderung mit mehr als acht Sitzplätzen außer dem Fahrersitz und einer zulässigen Gesamtmasse von nicht mehr als 5000 kg) bezeichnet.
- Bus: Unter den Begriff Bus fallen Fahrzeuge der Klasse M3 (Omnibusse – Fahrzeuge zur Personenbeförderung mit mehr als acht Sitzplätzen außer dem Fahrersitz und einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 5000 kg).

1.3 Struktur der Studie

Im Kapitel „Analyse automatisierter ÖV-Flotten“ werden auszugsweise die durchgeführten Expert:innen-Interviews sowie das Screening der Test-Sites präsentiert. Ebenso werden Organisationsmodelle für den Betrieb von automatisierten ÖV-Flotten erörtert.

Für eine Bewertung der verschiedenen Lösungen von automatisierten Fahrzeugen in ÖV-Flotten ist eine Wirkungsabschätzung in mehreren Dimensionen unerlässlich:

² <https://www.oesterreich.gv.at/themen/mobilitaet/kfz/Seite.061800.html#KlasseM>

- Wirkungen im Bereich Nachhaltigkeit: Modal Split, Emissionen, Beschäftigung und Wertschöpfung
- Wirkungen im verkehrlichen Bereich: Verkehrssicherheit, Versorgungsqualität (ÖV-Güteklassen)
- Kriterien zur Akzeptanz: Sicherheit, Flexibilität und Versorgungssicherheit

Das Kapitel „Wirkungen automatisierter ÖV-Flotten“ beschäftigt sich mit diesen Wirkungsdimensionen und gibt anhand von Projekterfahrungen im realen Umfeld als auch auf Basis von Simulationen einen Überblick über die zu erwartenden Effekte.

Durch den Entfall von Fahrer:innen bei automatisierten Fahrzeugen bekommt der Aspekt des Remote Management Centers eine immer bedeutendere Rolle. Ein Mensch als Ansprechpartner für die Fahrgäste im Falle von unerwarteten technischen/umweltbedingten Störungen wird weiterhin für die Nutzer:innen-Akzeptanz und Sicherheit benötigt. Wichtige technische und organisatorische Aspekte wie Latenzzeiten als auch Qualifikation, Informationsbedarf und Ausstattung von Tele-Operator:innen müssen geklärt werden, um eine sichere Echtzeit-Steuerung im Straßenverkehr zu gewährleisten. Im Kapitel „Leitstellen und Fernüberwachung“ wird dieses Thema als Enabler-Technologie gesondert behandelt. In diesem Kapitel wird auch die international häufig verwendete Benennung „Remote Management Center“ synonym zu Leitstelle verwendet. Entsprechend wird auch Remote-Operation synonym zu Teleoperation bzw. Remote-Operator:innen synonym zu Tele-Operator:innen eingesetzt.

Die zentrale Aufgabe dieser Studie ist es, Entscheidungsträger:innen der öffentlichen Hand sowie Mobilitätsbetreiber mit einem umfassenden Überblick der oben genannten Aspekte abzuholen und auf Basis der abgeschätzten Wirkungen den Handlungsbedarf abzuleiten. Es soll damit einerseits die nationale Wertschöpfung in diesem Technologiefeld durch entsprechende unterstützende Rahmenbedingungen für Entwicklung, Test und Einführung gestärkt werden. Dazu gehören die rechtlichen Rahmenbedingungen u. a. im Bereich der Haftung, des Datenschutzes und der KI-Regulierung, um automatisierte ÖV-Flotten zu betreiben. Andererseits ist der Beitrag automatisierter ÖV-Fahrzeugflotten zu einer nachhaltigen und attraktiven Gestaltung des ÖVs sowie zur Multimodalität durch entsprechende Lenkungsmaßnahmen sicherzustellen. Im letzten Abschnitt werden daher die erarbeiteten „Optionen für die öffentliche Hand und Betreiber“ in Form von Handlungsempfehlungen präsentiert.

1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

auto.Flotte hatte das Ziel, aktuelle und absehbare Entwicklungen im Bereich automatisierter Fahrzeugflotten im ÖV-Einsatz frühzeitig zu erfassen, zu bewerten und Handlungsoptionen für die öffentliche Hand sowie Mobilitätsbetreiber abzuleiten. Dieses Ziel wurde auf Basis von Desk-Research, Expert:innen- und Stakeholder:innen-Interaktionen, szenarien- und simulationsgestützten Untersuchungen und der Koordination mit dem Auftraggeber erreicht. Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich hiermit zusammenfassen:

Es konnte eine Sammlung von über 45 Testsites in Europa erstellt werden. Auch wenn viele Sites kaum Ergebnisse publizieren, ist klar, dass auf Straßen mit öffentlichem Verkehr überall Sicherheitsfahrer:innen erforderlich sind und der technische bzw. technologische Reifegrad noch nicht für einen Dauerbetrieb reicht. Die Nutzer:innen-Akzeptanz wurde durchwegs positiv evaluiert, jedoch sind die Fahrzeuge noch zu langsam, um nutzenstiftende Services zu realisieren.

Die Organisations- und Geschäftsmodelle rund um automatisierte ÖV-Flotten sind bei weitem nicht gefestigt. Der deutlichste Trend ist bei den Kooperationen zwischen Automatisierungsspezialist:innen und Fahrzeugherstellern für die Erzeugung/Bereitstellung der Fahrzeuge zu erkennen. Für die Betreiberstrukturen gibt es jedoch unterschiedliche Modelle. Dabei spielt die Organisation des eigentlichen Betriebes eine wichtige Rolle. Sie wird oft von Spezialist:innen übernommen. Diese reichen von eigens dafür gegründeten Unternehmen (von KMU bis Ausgründungen großer Unternehmen und ÖV-Betreiber) bis zu den klassischen ÖV-Betreibern selbst. Hierin eröffnet sich eine große Chance für österreichische Akteur:innen, sich auch international zu platzieren. Um hierbei einen frühen Markteintritt zu fördern, braucht es rasch klare rechtliche und finanzielle Rahmenbedingungen für den Einsatz und Aufbau von ÖV-Angeboten mit automatisierten Fahrzeugen. Um ein hohes Maß an gesellschaftlichem Nutzen zu erreichen, ist die Integration in das Gesamt-ÖV-System sehr relevant.

Ein wesentlicher Bestandteil dieser Studie war eine Interviewreihe mit 6 nationalen und 6 internationalen Expert:innen. Aus den qualitativen und quantitativen Rückmeldungen konnten viele Rückschlüsse gezogen werden. So sind als zukünftige Entwicklungen vor allem höhere Geschwindigkeiten, größere Gefäße und größere Flotten sowie eine Reduktion des Wettereinflusses genannt worden. Speziell für Österreich wurde die nationale Stakeholder-Landschaft genannt, sofern man auf internationale Kooperationen setzt und damit kritische Massen erzeugt. Weiters wurde angemerkt, dass die Auswirkungen auf die Beschäftigung

sehr schwer einschätzbar sind. Aus den quantitativen Rückmeldungen werden für die meisten befragten Aspekte sehr bedeutungsvolle Effekte erwartet, wenngleich bei vielen erst auf lange Sicht. Erhöhte Flexibilität des ÖV-Angebotes, Verbesserung der Versorgungssicherheit und Versorgungsqualität sowie Verbesserungen im Bereich Verkehrssicherheit und Inklusion wurden mit über 8 auf einer Skala von 1 bis 10 bewertet. Die Effekte auf Modal Split, Sicherheitsempfinden und Wertschöpfung erreichen zumindest Mittelwerte über 7. Die Bedeutung der Einführung automatisierter Flotten im ÖV auf Beschäftigung (6,1) und Emissionen (5,8) wurde als zwar bedeutend, aber verhältnismäßig geringer als in den anderen Aspekten eingestuft. Zudem wurde das Verhältnis von Operatoren zur Anzahl der zu monitorierenden automatisierten Fahrzeuge für die nächsten Jahre mit 1:1 angegeben. Jedoch schon mittelfristig könnte ein Operator 20 bis 100 automatisierte Fahrzeuge überwachen.

Im Bereich der Wirkungsanalyse wurde ein szenarienbasierter Ansatz auf Basis der Verkehrssimulationsoftware MATSim umgesetzt. Es wurden die Raumtypen urban, suburban und ländlich sowie die ÖV-Angebote On-Demand und Linienverkehre unterschieden. Für den Linienverkehr konnte mit einem Modell für Wien und Niederösterreich besonders die mögliche Intervallverdichtung als Motor für eine Verlagerung vom MIV identifiziert werden. Dieser Effekt ist in bisher eher unterversorgten suburbanen und ländlichen Regionen am ausgeprägtesten. In Bezug auf On-Demand-Angebote ist das Ergebnis, dass vor allem kurze Fahrten mit dem MIV ersetzt werden können. Längere Fahrten werden weiterhin eher mit dem MIV durchgeführt werden, da dann meist mehrere Umstiege benötigt werden und die Fahrzeiten mit dem MIV weiterhin klar kürzer sind als mit der Kombination aus On-Demand und ÖV. Die im suburbanen und ländlichen Raum von Salzburg durchgeführte Untersuchung zeigt, dass schon ein Fahrzeug auf 20 Haltestellen einen sinnvollen Besetzungsgrad der On-Demand-Fahrzeuge ermöglicht.

Im Bereich der technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung wurden auf Basis einer Literaturanalyse Checklisten für die einmaligen sowie wiederkehrenden Prüfungen auf den drei System-Ebenen Fahrzeugfunktionalität, Kommunikationssysteme und Leitstelle generiert.

Für die Organisation und den Betrieb von Remote Management Centern wurde eine Liste an Unternehmen und existierenden Teleoperation-Systemen erstellt, Aufgaben einer technischen Aufsicht detailliert sowie die Arbeitsplatzgestaltung, die Qualifizierung der Mitarbeiter, deren Personalmanagement, Flottenmanagement und ein Maßnahmenkatalog für das Ausfallmanagement erarbeitet. Hinzu wurden die technischen Anforderungen an Kommunikations- und Datensysteme identifiziert und die Bedeutung von Übertragungszeiten sogar durch eine eigene Low-Latency-Live-Demonstration unterstrichen.

Durch Analyse des Rechtsrahmens wurden Begriffsbestimmungen rund um Teleoperation gelegt sowie regulative Anforderungen in Bezug auf Anwendungsszenarien, Fahrzeug, Leitstelle, Kommunikationstechnologie und gesellschaftsordnende Aspekte identifiziert und eine Übersicht an relevanten Normen zusammengestellt. Weiters steht eine Analyse der Rechtsrahmen zum automatisierten Fahren im ÖV-Kontext für die EU mit Fokus KI-Verordnung sowie den Ländern Deutschland, Frankreich und dem Prozess des Inverkehrbringens einer automatisierte Autoflotte in Österreich zur Verfügung.

Aus all diesen Ergebnissen wurden Handlungsempfehlungen für die öffentliche Hand und ÖV-Betreiber erstellt. Diese wurden mehrfach detailliert mit Akteur:innen und dem Auftraggeber reflektiert und daraus wurde ein Katalog an priorisierten Handlungsempfehlungen erstellt.

2 Analyse automatisierter ÖV-Flotten

Als Basis dieser Studie wurde der aktuelle Status verfügbarer Flotten von automatisierten Fahrzeugen erfasst. Ein Fokus wurde dabei auf Organisationsmodelle für den Betrieb automatisierter ÖV-Flotten gelegt.

Für die Analyse wurden einerseits Testsites gesammelt und gescreent, eine Interviewreihe mit nationalen und internationalen Expert:innen durchgeführt und selektiv bzw. mit Fokus auf die Anforderungen der folgenden Arbeitspakete Desktop- sowie Literaturrecherchen betrieben.

2.1 Übersicht Testsites

In kaum einem anderen Bereich der Mobilität wurden in den letzten Jahren so viele Pilotprojekte gestartet wie bei automatisierten Fahrzeugen und Flotten für ÖV-Angebote auf der Straße. In vielen Ländern, aber auch auf europäischer Ebene, wurden Initiativen gestartet und mit Fördergeldern unterstützt. Zwei Tabellen im Anhang 2 („Testsites mit automatisierten ÖV-Flotten“) stellen Informationen zu Pilotprojekten in Europa zur Verfügung. Tabelle 10 bietet Informationen zu den Projekten. Tabelle 11 listet Informationen sowie Links und Referenzen zu den Fahrzeugen der Testsites auf, einschließlich Angaben dazu, ob dort auch Leitstellenthemen inkludiert sind.

Trotz der hohen Anzahl an Projekten sind kaum verwertbare Informationen bzw. Lessons Learned verfügbar. Dort wo diese verfügbar sind, sind die gewonnenen Erkenntnisse sehr ähnlich und lassen sich auf folgende Punkte zusammenfassen:

- Die aktuelle Rechtslage erfordert in allen Piloten auf öffentlichen Straßen Sicherheitsfahrer:innen bzw. Operator:innen im Fahrzeug (siehe dazu Kapitel „Leitstellen und Fernüberwachung“). Diese müssen das Fahrverhalten des automatisierten Fahrzeugs durchgehend monitoren und bei Problemen oder unsicheren Situationen eingreifen bzw. die Steuerung übernehmen. Andererseits sorgt die Anwesenheit von Personal für ein erhöhtes Sicherheitsgefühl bei den Fahrgästen. Dies zeigt, dass auch zukünftig, wenn

Sicherheitsfahrer:innen rechtlich nicht mehr verpflichtend sind, es weiterhin die Möglichkeit einer menschlichen Ansprechperson geben soll, beispielsweise über einen Kommunikationskanal oder eine Notruftaste.

- Die technische bzw. technologische Readiness wird den eingesetzten Fahrzeugen abgesprochen. Viele Analysen beschreiben die Fahrzeuge als zu teuer und in einem unausgereiften Stand der Technik. Die Zuverlässigkeit eines Betriebs automatisierter Fahrzeugflotten im ÖV kann nicht bestätigt werden, da es immer wieder zu Ausfällen aufgrund der Technik kommt. Dazu gehören vor allem Positionierungsfehler. Durch die fehlende Flexibilität (lang andauernde und kostspielige Planung) kann auf Störungen wie etwa Baustellen nicht reagiert werden. Zudem sind die erreichten Höchstgeschwindigkeiten für einen effizienten Betrieb zu gering. Die aktuell typische Reisegeschwindigkeit der Fahrzeuge liegt bei 5 km/h, die Höchstgeschwindigkeit bei 20 km/h.
- Im Bereich der Akzeptanz wurden im Bezug zur Interaktion mit einem automatisierten Fahrzeug positive Erfahrungen gemacht. Die Technologieakzeptanz ist bei jüngeren Personen und Personen, die öfter ÖV-Services nutzen, höher. Das Sicherheitsgefühl der Nutzer:innen ist ebenfalls positiv. Dies wird jedoch auch durch den/die oben erwähnten Sicherheitsfahrer:innen sowie die vorsichtige, passive bzw. langsame Fahrweise des Fahrzeugs unterstützt. Letzteres bewirkt jedoch die oben erwähnte geringe Reisegeschwindigkeit. Diese wird von einigen Nutzer:innen auch als Grund dafür genannt, dass die automatisierten ÖV-Flotten im aktuellen Status keine echte Alternative zu konventionellen Fahrzeugen sind. Sobald Geschwindigkeit und Flexibilität bezüglich personalisierter Routen und On-Demand-Services bestehen, könnte sich das rasch ändern.

2.2 Interviews

Als wesentlichen externen Input wurden im Zeitraum von September 2023 bis Jänner 2024 insgesamt 12 Interviews sowie eine Konsultation via Online-Befragung mit sechs nationalen und sechs internationalen Expert:innen, darunter mehrere CEOs, durchgeführt. Es wurde bei der Auswahl auf eine möglichst hohe Streuung des Know-hows bzw. der Zugänge zum

automatisierten Fahren Wert gelegt. So konnten die folgenden Kompetenzbereiche der Personen und ihrer Unternehmen abgedeckt werden³:

- ÖPNV-Betreiber / Betriebliche Planung und Service-Planung
- ÖPNV-Betreiber regional / Verkehrsplanung
- Betreiber einer automatisierten Flotte
- White-label automatisierte DRT (demand responsive transport)
- Flottenservices (Personen- und Gütertransport) / Plattformentwickler
- Ticket- und Flottenmanagementsystem
- Level-4-Automation-Plattform
- Nationale Kontaktstelle
- Internationale Allianz
- Verkehrsverbund IT
- Universität
- Berater von Unternehmen im Bereich SAE Level 4
- Juristische Kanzlei / Produkthaftung

Auf die Frage ...

„Welche Entwicklungen sehen Sie in den nächsten Jahren?“

... wurden im Bereich Motivation vor allem Kostenreduktion und der existierende Fahrer:innen-Mangel genannt. Das Thema Klimaschutz als Motivation für automatisierte Mobilität wurde einmal erwähnt. Die Trends bei den Mobilitäts-Services mit automatisierten Flotten im ÖV werden jedenfalls vielfältig erwartet. So könnten Erweiterungen existierender Services wie Nachtbetrieb, virtuelle Stopps usw., aber auch ein kompletter Ersatz wie z. B. klassischer Busbetrieb entstehen. Aber auch Speziallösungen wie im Bereich der Remise und je einmal Bus-Platooning (wobei fahrerlose Busse einem manuell gelenkten Bus im Platoon folgen) und Behindertenfahrdienste wurden genannt. Die aktuellen technischen Entwicklungen sind

- Lade- und Energiemanagement,
- die Automatisierung größerer Fahrzeuge bzw. Fahrzeugklassen,
- das Fahren bei höheren Geschwindigkeiten (z. B. 50 km/h, 50–80 km/h, 102 km/h),

³ Auf Grund von Geheimhaltungsvereinbarungen bzw. zum Schutz der Privatsphäre werden die Namen der Personen bzw. ihrer Unternehmen nicht genannt.

- der Betrieb auf längeren Strecken und größeren Gebieten,
- der Einsatz bei widrigen Wetterbedingungen (Schnee, starker Regen, ...)
- die Einbindung von Leitstellen (inkl. Komponenten für Störungsmanagement, Remote Management uvm.) und
- die Automatisierung größerer Flotten.

Gerade Letzteres hat auch große Wirkung auf die Geschäftsmodelle und die Finanzierung der Entwicklungen. Die Industrie ist meistens bereit, die hohen Forschungsausgaben zu tragen, wenn eine Aussicht auf ausreichend hohe Absatzstückzahlen besteht.

Hierbei ist auch auf Aussagen zum Unterschied der Entwicklungsphasen in den USA und der EU hinzuweisen. In den USA befindet man sich nach Angaben mehrerer Interviewpartner:innen bereits in einer Übergangsphase zur Kommerzialisierung. Die Entwicklungen in der EU im Bereich der automatisierten Flotten im ÖV befinden sich den Einschätzungen zufolge derzeit noch in der vorgelagerten Test- und Demonstrations-Phase.

Im Bereich der Standardisierung gibt es von allen Seiten den Wunsch nach raschen internationalen Einigungen auf möglichst klare Prozesse für die Homologation. Standards werden als wichtiger Innovationstreiber gesehen. Keine Aussagen gab es dazu, zu welchem Zeitpunkt neue Standards zu erwarten sind und welche technischen Voraussetzungen dabei auch gesetzlich festgesetzt werden sollen.

Als Hindernis für die Weiterentwicklung und den Übergang in die Kommerzialisierung von automatisierten Flotten im ÖV wurde vor allem der geltende Rechtsrahmen (je nach interviewter Person national oder europäisch) genannt, der beispielsweise bestimmte Use Cases mit vorgegebenen Maximalgeschwindigkeiten oder einen Probetrieb zulässt. Die Zielvorgaben der Ausschreibungen werden als sehr ambitioniert empfunden, nicht alle Aspekte können in Forschungs- und Entwicklungsprojekten umfassend abgedeckt werden. Generell wurde der Faktor Akzeptanz zweimal genannt. Besonders kritisch wurde der Faktor Reifegrad der Technologie gesehen. Die vorherrschende Meinung unter den Interviewpartner:innen ist, dass die aktuellen Lösungen in Europa noch nicht reif für einen breiten Einsatz sind. Derzeit muss der Fokus auf Speziallösungen wie Fahrten am Betriebsgelände usw. gelegt werden.

Das Thema „Infrastruktur“ wurde bei den Entwicklungen einmal erwähnt. Diese wird weniger als Enabler, sondern als Rahmenbedingung wahrgenommen.

Als aktuelle Entwicklungen im Bereich der *Kompetenzen* wurden der Einsatz von Operator:innen sowie alle Bereiche der Wartung der Flotten genannt.

Auf die Frage ...

„Welche Wirkungen erwarten Sie durch die verbreitete Einführung von Angeboten im ÖV mit automatisierten Flotten?“

... wurde im Bereich **Nachhaltigkeit - Modal Split**⁴ vor allem auf die vielen Einflussfaktoren bei und abseits des automatisierten Fahrens hingewiesen. Man ist sich einig darüber, dass das Service bzw. der Einsatz der automatisierten Flotten entscheidend ist. Genannt wurden dabei die mögliche Konkurrenz zum Hochleistungs-ÖVs (Bahn, U-Bahn, ...), regionale Services bzw. Servicegebiete und die Zubringerfunktion von Services. Weitere Faktoren im Rahmen der ÖV-Güte sind hohe Verfügbarkeit, Pünktlichkeit (im Vergleich zu Fahrten im MIV), Komfort, Preise und Inklusion (Lösungen für Personen mit eingeschränkter Mobilität, Menschen mit Behinderung). Daraus wird auch klar, dass sich die positiven Wirkungen auf den Modal Split erst bei einem hohen Service-Level einstellen werden, der nur langfristig erreichbar sein wird. Der wichtigste Faktor ist aber die Entwicklung der Automatisierung im MIV. Sollten dort Komfort und Preis eine Nutzung noch wesentlich attraktiver werden lassen, haben ÖV-Lösungen kaum eine Chance.

Im Bereich **Nachhaltigkeit - Emissionen** wurde auf die gleichmäßige und damit energieschonende Fahrweise der automatisierten Fahrzeuge hingewiesen. Zudem werden die meisten automatisierten Fahrzeuge elektrisch betrieben, was zumindest einer lokalen CO₂-Emissionsfreiheit entspricht. Des Weiteren wird auf den positiven Effekt von Fahrtenbündelung (Ride-sharing) und der Attraktivierung durch Zubringerverkehre auf den Modal-Split hingewiesen.

Im Bereich **Nachhaltigkeit - Beschäftigung** wurden vor allem auf die beiden Faktoren

- Ausgleich des Fahrer:innen-Mangels und
- Schaffung von hochwertigen und attraktiven Jobs

hingewiesen. Die neuen Jobs entstehen dabei vor allem in den Bereichen:

⁴ Die in rot markierten Kategorien wurden bei der Befragung explizit berücksichtigt.

- Operator:innen
- Flotten-Supervisor
- Services und Added-Value-Services
- Kund:innen-Erlebnis/-Service
- SW-Entwickler:innen

Für eine Einschätzung zum Thema Einfluss auf die Anzahl der Arbeitsplätze sei hier auf die quantitative Auswertung der Interviews im Kapitel „Wirkungen automatisierter ÖV-Flotten“ verwiesen.

Um für eine gute Umstellung für das Personal von Mobilitätsanbietern zu sorgen, wurde eingebracht, dass sich die Branche auf die neue Technologie vorbereiten muss. Nicht zuletzt ist ein entsprechender Kompetenzaufbau in den Unternehmen, aber auch im Ausbildungsbereich nötig, um die oben genannten neuen Jobs auch mit qualifiziertem Personal besetzen zu können.

Im Bereich **Nachhaltigkeit - Wertschöpfung** wurden die folgenden Punkte eingebracht:

Volkswirtschaftlicher Effizienzfaktor mit den Stichworten weniger PKW, Mehrfachnutzung der Fahrzeuge, intensivere Nutzung der Straßeninfrastruktur (z. B. in der Nacht), Erschließung des ländlichen Raumes (ohne PKW), höhere ÖV-Güteklassen und die damit verbundene Attraktivitätssteigerung der Städte und Region sowie die Optimierungseffekte bei Lade- und Wartungszeiten eingebracht.

Es wurden auch sicherheitsrelevante Themen genannt. Neben der Steigerung der Verkehrssicherheit (siehe unten) sind hier auch die flexiblere Gestaltung der Services, beispielsweise bei Pandemien, oder völlig neuartige Integrationsmöglichkeiten mit dem restlichen ÖV, beispielsweise bei der Anschlusssicherung, möglich.

Durch die potenzielle Reduktion der Personalkosten werden Fahrten auf lange Sicht billiger. Es entfallen aber auch Rück- und Heimfahrt der Fahrer:innen.

Einige Interviewte vertreten auch die Meinung, dass die Fahrzeugproduktion langfristig in Asien stattfinden wird. Für die österreichische Wirtschaft wurden aber gute Chancen in smarten Nischen wie Service, Industrie, ÖV-Bereich und Versicherung genannt.

Im Bereich **Nachhaltigkeit - Inklusion** wurden die Erschließung des öffentlichen Raumes und Services für Menschen mit besonderen Anforderungen (ältere Personen, Menschen mit Behinderungen, Personen ohne Führerschein usw.) genannt. Als Schlüsselfaktoren für eine inklusive Umsetzung gilt eine stärkere Service-Orientierung. Es wird erwartet, dass einige Inklusionseffekte, speziell die verbesserte Erreichbarkeit, erst mit einer entsprechenden Skalierung der Services einhergehen.

Als allgemeine Nachhaltigkeits-Themen wurden auch noch der Zusammenhang zwischen automatisierten ÖV-Flotten und elektrischem Laden und die energieseitig relevanten Möglichkeiten für ein optimiertes Lademanagement genannt.

Der Bereich **Verkehr - Verkehrssicherheit** wurde als einer der Hauptargumente für die Einführung automatisierter Fahrzeuge genannt. Dabei wurde vor allem auf die zu erwartende Änderung der Unfallcharakteristik hingewiesen. Bisherige Unfallursachen lassen sich in einem hohen Maße auf den Faktor Mensch (Ablenkung, überhöhte Geschwindigkeit, Fahren unter Einfluss von Alkohol, ...) zurückführen. Während diese Faktoren beim automatisierten Fahren eliminiert werden, kommen technische Risiken hinzu. Es wurde angemerkt, dass ÖV-Fahrzeuglenker:innen Berufskraftfahrer:innen sind. Deren Professionalität verringert die Häufigkeit menschlicher Fehler. Daher wird das Verbesserungspotential der Verkehrssicherheit im ÖV im Vergleich zum MIV als geringer eingeschätzt.

Als indirekter Effekt wurde, unter der Annahme eines wesentlichen Modal-Shifts zu geshaarten Fahrten im ÖV, auch der Effekt von geringerem Fahrzeugaufkommen im MIV und damit weniger Konfliktsituationen genannt.

Viele dieser Effekte werden nach Angaben der Interviewten erst auf lange Sicht wirksam. Das liegt vor allem an der nun bevorstehenden Phase des zu erwartenden Mischverkehrs zwischen Fahrzeugen mit menschlichen Fahrer:innen und mit automatisiert gesteuerten Fahrzeugen. So sollte dieser Mischverkehr vom Gesetzgeber genau reguliert werden. Es wurden auch 2 mögliche Lösungen eingebracht. Einerseits eine Nachrüstung aller Fahrzeuge. Andererseits die Beschränkung der automatisierten Fahrfunktion auf vorbestimmte Bereiche – so genannte ODDs (Operational Design Domains). In diesem Fall bräuchte es aber meist noch Fahrer:innen, womit das damit verbundene Einsparungspotential wegfallen würde.

Zu aktuellen Erfahrungen wurde von einem großen Flottenservice-Anbieter⁵ eingebracht, dass trotz einer sehr hohen Wegleistung „bisher nur zwei Unfälle“ zu verzeichnen sind.

Im Bereich **Verkehr - Versorgungsqualität** wurde vor allem auf die Ermöglichung von Flexibilitäten wie kleinere Gefäße und erweiterte Betriebszeiten hingewiesen. Gerade bei den Betriebszeiten hängt dieses Potential jedoch von der Verfügbarkeit bzw. technischen Machbarkeit ab. So ist derzeit der Betrieb bei Schlechtwetter noch eingeschränkt.

Es wurde mehrfach die Erschließung von neuen ÖV-Versorgungsgebieten genannt. Hier können automatisierte Fahrzeugflotten als regionale Versorgung und als Lückenschließer im bestehenden ÖV-Angebot dienen. Kleinere Bauarten von automatisierten Fahrzeugen können auch zur Erschließung in eng verbauten Gebieten dienen, in denen kleine Fahrbahnbreiten einen Einsatz größerer Busse verhindern. Zusätzlich kann dadurch auch eine Erhöhung der Versorgung für Menschen mit besonderen Anforderungen ermöglicht werden. Siehe dazu auch den Absatz zu Nachhaltigkeit - Inklusion oben.

Als Schlüsselfaktoren werden dabei sowohl ein auf den Kunden zugeschnittenes Service als auch das Zusammenspiel mit dem hochrangigen ÖV genannt.

Der Bereich **Akzeptanz - allgemeine Sicherheit** (abseits der Verkehrssicherheit) ist ein bedeutender Faktor für die erfolgreiche Einführung automatisierter Fahrzeuge. Hier wurde der Faktor Gewöhnungseffekt genannt. Während erste Nutzungen manchmal mit Vorsicht und Hemmschwellen verbunden sind, verschwinden diese mit kontinuierlicher Verfügbarkeit und regelmäßiger Nutzung. Ein Zeitraum von drei Monaten wurde dabei angegeben. Bei einer guten, ruhigen Fahrzeugsteuerung kann dieser Effekt auch früher eintreten, die Fahrten können sogar bald als „normal“ empfunden werden.

Als entscheidender Unterschied wurden auch die Sicherheitsfahrer:innen genannt. Sollten diese nicht mehr im Fahrzeug mitfahren, so wurden Faktoren wie Monitoring des Innenraumes und die Kommunikation im Fahrzeug als Schlüsselfaktoren genannt. Dabei sind bei der Kommunikation/Interaktion soziale, Gender- und Altersaspekte zu beachten. Weiters wurden im Detail genannt:

- Eine Beschreibung des Fahrzeuges bzw. seiner Fahrentscheidungen muss bei Bedarf einsehbar sein

⁵ Aus datenschutztechnischen Gründen kann der Flottenservice-Anbieter nicht genannt werden.

- Der Fahrgast muss jedwede Art von „Unwohlsein“ bekannt geben können
- Es muss möglich sein, mit einem Menschen zu kommunizieren

Als ein bisher wenig betrachtetes Problem wurde der Umgang mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen (z. B. Rettungskräfte, Taxi, ...) genannt.

Der Bereich **Akzeptanz - Flexibilität** wurde schon bei der Versorgungsqualität öfters genannt. Eine hohe Flexibilität kann bei der Akzeptanz der neuen Technologie und Mobilitäts-services sehr helfen und wird im Konkurrenzverhältnis zum MIV sogar als entscheidend eingeschätzt.

Ob jedoch Services die Flexibilität aus automatisierten Flotten nutzen können, hängt sehr von deren technischem Reifegrad / Technologie ab und davon, ob es weiterhin Personal/Fahrer:innen im Fahrzeug braucht.

Im Bereich **Akzeptanz - Versorgungssicherheit** wurde auf wartungsintensive bzw. störungsanfällige Technik verwiesen. Der Faktor Mensch entfällt für die Fahraufgabe und es können die oben angeführten Bereiche wie Flexibilität und 24/7-Services möglich werden. Ob es zu einer tatsächlichen Steigerung der Versorgungssicherheit durch automatisierte Flotten kommen wird, hängt laut den Interviewten sehr vom Betreiber, der Integration in Buchungssystemen und dem Nutzer:innen-Fokus der Services ab (z. B. Koffermitnahme, Einkaufs-Mitnahme, ...).

Zur **Akzeptanz allgemein** wurde nochmals das 24/7-Service angegeben. Laut einem ÖV-Betreiber sind die bisherigen Erfahrungen zur Akzeptanz mit automatisierten Flotten sehr positiv. Als Herausforderung wurde eine Art Henne-Ei-Problem genannt. Einerseits sollte für eine hohe Akzeptanz zuerst die Sicherheit der Fahrzeuge unter Beweis gestellt werden. Andererseits muss gerade für den Nachweis einer sicheren Fahrt auch viel in realen Rahmenbedingungen getestet werden.

Auf die Frage ...

„Was könnte ein möglicher zusätzlicher Beitrag von Seiten österreichischer Akteur:innen sein?“

... wurde sowohl der Pilotbetrieb als auch langfristig der Regelbetrieb von automatisierten Flotten genannt. Wichtig dafür sind fokussierte Großprojekte, die über gemeinsame Investitionen die Attraktivität für Hersteller generieren können. Für Hersteller ist eine größere

Absatzmenge wichtig, um Investitionen in die notwendige Forschung und Entwicklung tragen zu können. Ein Interviewter forderte auch mehr Tests mit großen Bussen ein.

Als vielversprechende Use Cases für Österreich wurden Valet-Parking⁶ (in Kombination mit Playern aus der EU) und Platooning sowie der Erhalt der Testkompetenzen in Österreich genannt.

Als Vor- und Nachteil zugleich wurde die Stakeholder-Landschaft in Österreich mit seinem Föderalismus genannt. Die Stakeholder-Landschaft kann auch für internationale Projekte und Partnerschaften interessant sein. Als Vorzeigebispiel für eine gelungene Akteurseinbindung wurde die Graphenintegrationsplattform⁷ genannt, für die Entwicklung von Leitstellentechnik und Integration wurden bspw. Magna, Frequentis und eine Vielzahl an ÖV-Betreibern und Akteur:innen (vgl. Abbildung 1) genannt. Den österreichischen Playern wurde eine gute Technologiekompetenz zugestanden.

Im Bereich der Gesetzgebung wurden die Festlegung von Richtlinien und das Ermöglichen von Fernsteuern auf öffentlichen Straßen genannt.

Des Weiteren konnten den Interviewten auch Fragen zu insgesamt ...

acht konkreten Lösungen mit automatisierten Flotten

... gestellt werden, die sie selbst betreiben oder bei denen sie zumindest beteiligt sind. Bei fünf dieser Lösungen machten die Interviewten Angaben zum technischen sowie organisatorischen Reifegrad. Abbildung 2 zeigt die Verteilung der genannten Reifegrade.

⁶ Es wurden vom Interviewten keine weiteren Angaben zur genauen Ausprägung des genannten Valet-Parking gemacht.

⁷ <https://www.gip.gv.at/>

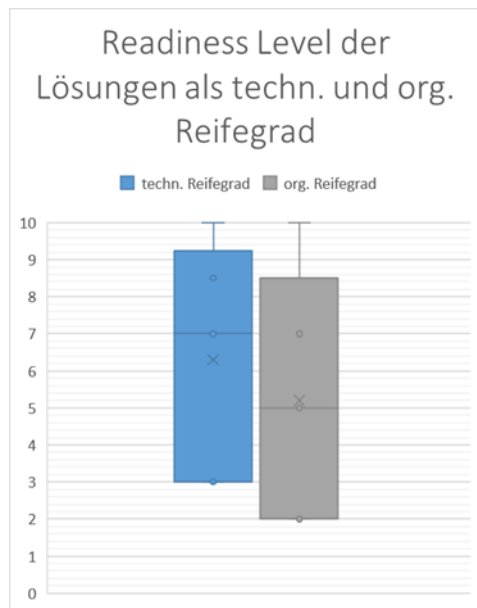


Abbildung 2: Bewertung des Reifegrades von Technologien und Betrieb bei automatisierten Flotten im ÖV, qualitative Bewertung (mit Skala von 0 = noch keine Entwicklung bis 10 = Marktreife) im Rahmen der Expert:innen-Interviews

Fünf der acht angegebenen Lösungen brauchen noch **Sicherheitsfahrer:innen**, zwei kommen ohne Sicherheitsfahrer:innen aus, bei einer Lösung wurde keine Angabe zu Sicherheitsfahrer:innen gemacht und bei einer handelt es sich um ein Konzept.

Es wurden wenige Informationen zum **Organisationmodell** zur Verfügung gestellt. Ein Einblick wurde bei einer Integrator-Plattform gegeben. Diese versucht die bisher entweder vom Hersteller oder vom ÖV-Betreiber getriebenen Zugänge zu vereinen. Bei einer „Last-Mile-Anbindung“ wurde Wert auf die ÖV-App-Anbindung gelegt. Die Sicherheitsfahrer:innen sind hierbei noch essenziell. Sie überwachen das Fahrzeug bis zu vier Stunden am Tag und sind mit vielen Eingriffen beschäftigt. Beim bisher einzigen Zwischenfall war auch ein Fehler der Sicherheitsfahrer:innen die Ursache. Die Haftung übernimmt der Betreiber.

Bei der Nachfrage nach **Erfolgsfaktoren**, die aus den konkreten Lösungen abzuleiten sind, wurden allgemein ...

- ein „tolles Fahrzeug“ und
- Stakeholder-Einbindung

... genannt.

Bei einem System zur Fernüberwachung (Umgebungsüberwachung mit Kamera) wurden die Latenzzeiten und Sicherheitsmanöver bei zu hohen Latenzzeiten als Schlüsselfaktoren genannt.

Es wurde auch ein Management-Konzept angeführt, das automatisierte Flotten ähnlich wie Flugzeuge durch ein Air Traffic Control leitet. Eine Kernvoraussetzung bzw. Erfolgsfaktor dafür ist, dass alle „alten Fahrzeuge“ nachgerüstet werden. Dafür kann damit die kritische Phase des Mischverkehrs umgangen werden.

Im Fall eines Robotaxis wurde als Erfolgsfaktor die Verlagerung aller „Intelligenz“ ins Fahrzeug genannt, um somit die Unabhängigkeit von der Infrastruktur (Lichtsignalanlagen, Connectivity, Stromversorgung, ...) zu erreichen. Aber vor allem die Frage, ob ein Unternehmen automatisierte Flotten sicher einführen kann und ob es wirklich die Governance-Struktur und den Rahmen hat, um dies zu ermöglichen, wurde betont.

Bei der „Last-Mile-Anbindung“ wurde klargestellt, dass diese für einen Pilotbetrieb passend ist, aber die eingesetzte Technologie für einen Regelbetrieb noch zu limitiert ist. Andererseits kämpft man dort mit einer geringen Nachfrage.

Bezüglich **Rahmenbedingungen und offenen Anforderungen** wurde bei der Integrationsplattform für Flotten die unzureichende Standardisierung der Interfaces in die Fahrzeuge angeführt. Beim Management-Konzept wurde ebenfalls die fehlende Standardisierung, aber auch die fehlende Automatisierung in der breiten Masse beanstandet. Bei einer „SAE Level 4 Automated Driving“-Softwarelösung wurde auf die notwendigen Verbesserungen in den Bereichen Infrastruktur (digital & physisch), Versicherung und der rechtlichen Situation hingewiesen. Für die Betreiber des Fernüberwachungssystems muss sich der technische Reifegrad der Fahrzeuge verbessern. Sie brauchen klare Regeln zur maximalen kognitiven Belastung der Operator:innen. Für einen Betreiber einer automatisierten Fahrzeugflotte ist ohne eine technische Weiterentwicklung kein Regelbetrieb vorstellbar. Für die Robotaxibetreiber stehen jedoch gute Schnellladelösungen (für geringere Stehzeiten) und die Verteilung der Einsatzgebiete – zwischen kleineren Fahrzeugen für Ride-Hailing Services und großen Gefäßen im Linieneinsatz – im Mittelpunkt.

Wenige der Lösungsanbieter bzw. Betreiber gaben an, dass sie sich bereits Gedanken zu den **Wirkungen** ihrer Lösung im Gesamtverkehrssystem machen. Beim Management-Konzept wurde auf die erhöhte Verkehrssicherheit hingewiesen, die durch die Umgehung der Übergangsphase mit Mischverkehr erreicht werden kann. Beim Robotaxi findet man Aussa-

gen beispielsweise zum Modal-Shift als noch zu verfrüht. Da ihre Fahrzeuge aber das Vierfache der Distanzen normaler PKW zurücklegen, könnte es längerfristig zu weniger Fahrzeugen pro Stadt kommen. Dieser Effekt könnte auch speziell in Kombination mit anderen Angeboten in der Micromobilität (E-Scooter, Elektrofahrräder usw.) noch verstärkt werden.

Am Ende der Befragung gab es noch folgende **allgemeine Anmerkungen**:

- Österreich hat einen sehr starken öffentlichen Verkehr. Bei einem aufgeschlossenen Zugang für zukünftige Services und Innovationen könnte das ein Schlüsselfaktor für Österreich sein.
- Um die für Behörden äußerst herausfordernde Situation zu verbessern, sollten Studienbesuche und ähnliche Formate für Entscheidungsträger:innen angeboten und genutzt werden.

2.3 Organisationsmodelle für den Betrieb von automatisierten ÖV-Flotten

Die Evidenz für eine Untersuchung von Strukturen und Kooperationen für den Betrieb von ÖV-Flotten ist gering. Sofern automatisierte Fahrzeuge im ÖV eingesetzt werden, geschieht das auf Basis von zeitlich begrenzten Projekten, wie sie im vorigen Kapitel aufgeführt sind. Diese Projektstruktur und Limitierung ergibt sich zumeist aus der gegenständlichen Förderlinie und gibt daher kaum Aufschluss auf künftige Organisationsmodelle.

Selbst außerhalb Europas entstehen gerade erst die ersten Dauereinsätze von automatisierten ÖV-Flotten (beispielsweise Waymo⁸ oder Baidu-Apollo⁹). Durch den höheren Technologieifegrad und die deutlich höheren Finanzmittel können dort jedoch schon Flottenlösungen mit mehreren hundert Fahrzeugen erprobt werden. Hierbei entstehen auch erste realistische Kooperationen. Viele Details werden diesbezüglich allerdings als Geschäftsgeheimnis behandelt und entziehen sich daher einer genaueren Untersuchung.

⁸ <https://www.heise.de/news/Stadt-dagegen-Beschaenkungen-fuer-autonome-Taxis-in-San-Francisco-aufgehoben-9240897.html>

⁹ <https://www.golem.de/news/apollo-go-baidu-bietet-regulaeren-dienst-mit-robotaxis-an-2208-167512.html>

Auf Grund des Wegfalls der sonst notwendigen Fahrer:innen werden automatisierte Fahrzeuge immer wieder als Enabler für die Versorgung von Gebieten mit geringer Nachfrage genannt. Um die Geschäftsmodelle und deren Organisationskooperationen abschätzen zu können, fehlt es aber an einer Strategie, diese Versorgung zu finanzieren und in die öffentliche Beschaffung zu integrieren. Nicht zuletzt ist auch die rechtliche Grundlage noch nicht determiniert. Es ist noch nicht klar, welche Anforderungen Hersteller, Systemintegratoren, Back-Office-Organisationen und Betreiber formal erfüllen werden müssen.

Im Bereich der Fahrzeug- bzw. Technologienentwickler gibt es einen deutlichen Trend zu Kooperationen zwischen Automatisierungsspezialisten und Fahrzeugherstellern. In der Regel werden in der Industrie diese beiden Seiten von einem Systemintegrator zusammengefügt. Beispiele dafür sind Schäffler und Mobileye¹⁰ oder Karsan und ADASTEC¹¹. Aber auch Waymo¹², einer der führenden Anbieter von automatisierten Ride-Hailing-Diensten, baut keine eigenen Fahrzeuge. Sie setzen Fahrzeuge von Jaguar¹³ bzw. nach letzten Informationen auch von Hyundai¹⁴ ein. Und auch der chinesische Anbieter Baidu-Apollo¹⁵ lässt seine automatisierten Taxis vom chinesischen Fahrzeughersteller Jiangling Motors bauen¹⁶. Bei einer Befragung von McKinsey & Company geht eine Mehrzahl der Befragten von einer späteren Konsolidierung des Marktes von automatisierten Fahrzeugen aus, wobei drei oder weniger Player einen dominanten Teil übernehmen werden¹⁷.

Entscheidende Unterschiede gibt es beim eigentlichen Betreiber der Mobilitätsservices. Beispielsweise ist Waymo auch der tatsächliche Betreiber seiner Flotte in San Francisco. Gleichzeitig werden die Organisation bzw. viele Back-Office-Arbeiten von der französischen Firma Transdev übernommen¹⁸. Bei einem der größten Versuche in Europa, dem ALIKE¹⁹-

¹⁰

https://www.at.schaeffler.com/de/news_medien/pressemitteilungen/pressemitteilungen_detail.jsp?id=87945408

¹¹ <https://www.adastec.com/> bzw. <https://www.youtube.com/watch?v=-l44asaRbWw>

¹² <https://waymo.com/>

¹³ <https://waymo.com/blog/2018/03/meet-our-newest-self-driving-vehicle/#:~:text=Today%20Waymo%20and%20Jaguar%20Land,built%20for%20Waymo%27s%20transportation%20service.>

¹⁴ <https://waymo.com/blog/2024/10/waymo-and-hyundai-enter-partnership/>

¹⁵ <https://en.apollo.auto/apollo-self-driving>

¹⁶ <https://www.iotworldtoday.com/transportation-logistics/baidu-self-driving-taxi-launches-in-china>

¹⁷ <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/our-insights/autonomous-vehicles-moving-forward-perspectives-from-industry-leaders#/>

¹⁸ <https://www.transdev.com/en/our-solutions-and-innovations/autonomous-transport/>

¹⁹ <https://www.moia.io/de-DE/alike>

Projekt in Hamburg, übernimmt der Tech-Provider MOIA den Betrieb der geplanten 20 automatisierten Shuttles von zwei verschiedenen Herstellern²⁰. Im bisher längsten durchgängigen automatisierten Shuttlebetrieb in Österreich, dem SURAAA-Projekt in Pörschach am Wörthersee, wird der Betrieb vom KMU pdcp GmbH durchgeführt²¹.

All den Beispielen oben ist gemein, dass neben der technologischen Entwicklung und den rechtlichen Rahmenbedingungen der eigentliche Betrieb der automatisierten Flotte eine der großen Herausforderungen darstellt. Der Betrieb großer ÖV-Flotten ist allerdings eine der Stärken der europäischen ÖV-Betreiber. Ein gutes Indiz ist die Wahl von Waymo, mit dem französischen Flottenoperator Transdev zu kooperieren, oder das Projekt KIRA²², in dem die Deutsche Bahn und der Rhein-Main-Verkehrsverbund den Betrieb übernehmen. Die Deutsche Bahn hat weiters ein Tochterunternehmen – die Firma IOKI – gegründet, die automatisierte Mobilitätslösungen konzipiert²³. Nachdem gerade österreichische ÖV-Betreiber im internationalen Vergleich sehr erfolgreich sind und auf eine langjährige Erfahrung im Betrieb unterschiedlichster ÖV-Flotten zurückblicken können, könnte hier eine Marktchance für nationale Player entstehen.

Ob und welche Betreiber sich durchsetzen werden, hängt nicht zuletzt von den gesetzlichen/organisatorischen Rahmenbedingungen ab. Beispielsweise stellt sich die Frage, wie weit jeder Anbieter auch eine Flächenversorgung anbieten bzw. einen Beitrag zur Daseinsvorsorge leisten muss. In diesen Bereich fallen auch Vorschriften zu Barrierefreiheit und sozialverträglichen Fahrpreisen. Dies wurde auch schon im Policy Brief der UITP²⁴ aus 2017 (UITP 2017) aufgezeigt, dessen Kernaussage in Abbildung 3 dargestellt ist.

²⁰ <https://www.moia.io/de-DE/blog/moia-bringt-mit-alike-autonomes-ridepooling-auf-die-stra%C3%9Fe>

²¹ <https://www.suraaa.at/projekt/>

²² <https://kira-autonom.de/>

²³ <https://ioki.com/autonome-mobilitaet/#slide-2-zitat-am-de>

²⁴ <https://www.uitp.org/projects/space/>

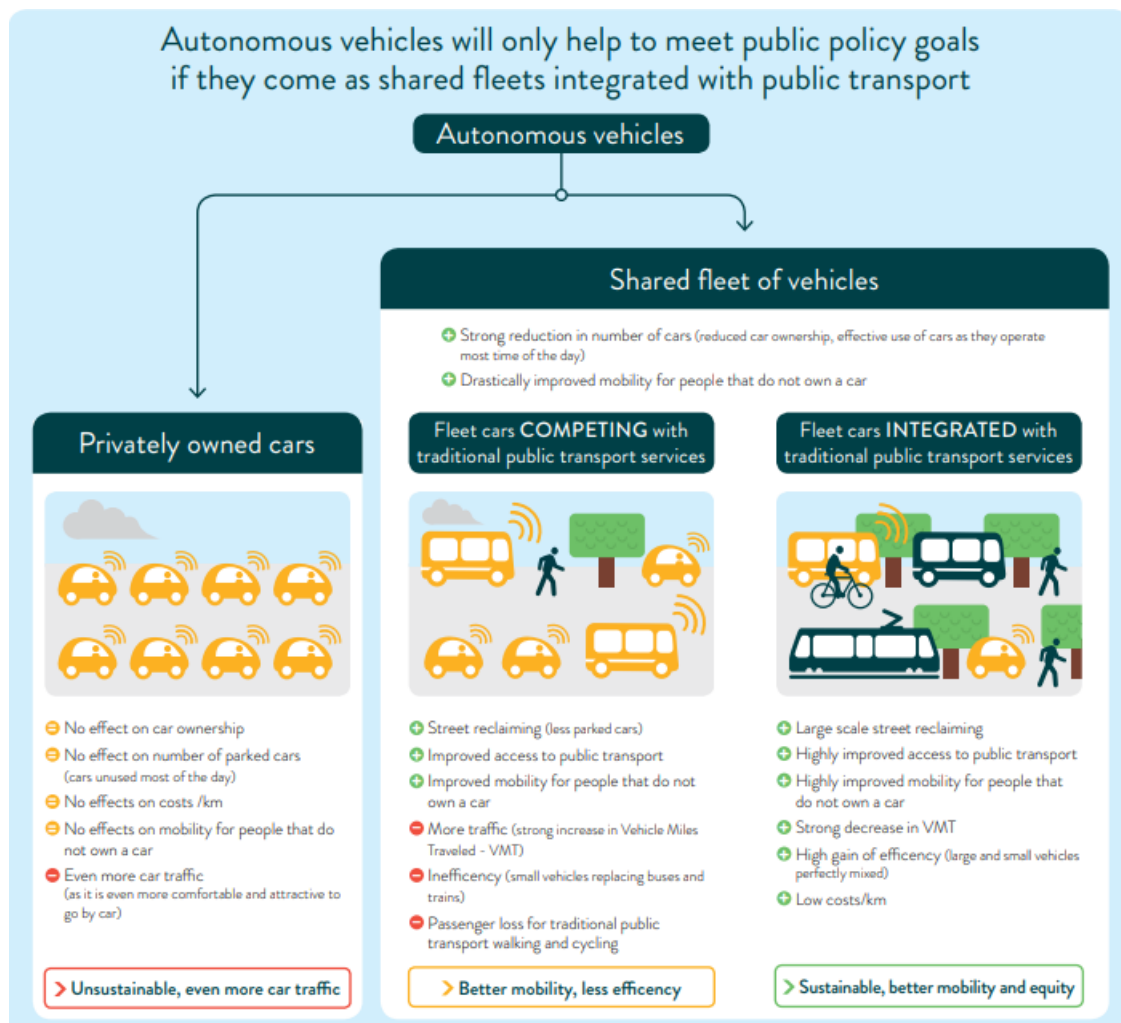


Abbildung 3: Eine Übersicht über die drei grundlegenden Einföhrungsszenarien von automatisierten Fahrzeugen, die von der UITP bereits 2017 (UITP 2017) genannt wurden. Nur mit einer vollständigen Integration in den ÖV können die gesellschaftlich gewünschten Effekte erreicht werden. Mit freundlicher Genehmigung von © UITP International Association of Public Transport – Policy Brief 2017 (UITP 2017).

Konkrete Maßnahmen könnten sich aus dem Beispiel des Genehmigungsvorbehaltes im Deutschen §50 PBefG (PBefG 2021) ergeben. Dieser regelt „Gebündelte Bedarfsverkehre“ und die Rahmensetzung durch den Auftraggeber aus dem ÖPNV. Genau diese Rahmenbedingungen wiederum entscheiden darüber, welche automatisierten ÖV-Flotten, Betreiber und Services sich etablieren werden. Werden derartige Rahmenbedingungen in Österreich rasch, klar und zielgerichtet umgesetzt, fördert das eine frühe Marktreife im nationalen Umfeld und die Chancen, dass nationale Player den oben skizzierten USP auch international nutzen können.

Auch auf technischer Seite gibt es Überlegungen über die Integration automatisierter ÖV-Flotten in eine ÖV-Gesamtarchitektur. Hierzu kann als Beispiel die SPACE Reference Architecture aus dem SPACE-Projekt der UITP (UITP 2021) (siehe Abbildung 4) angeführt werden.

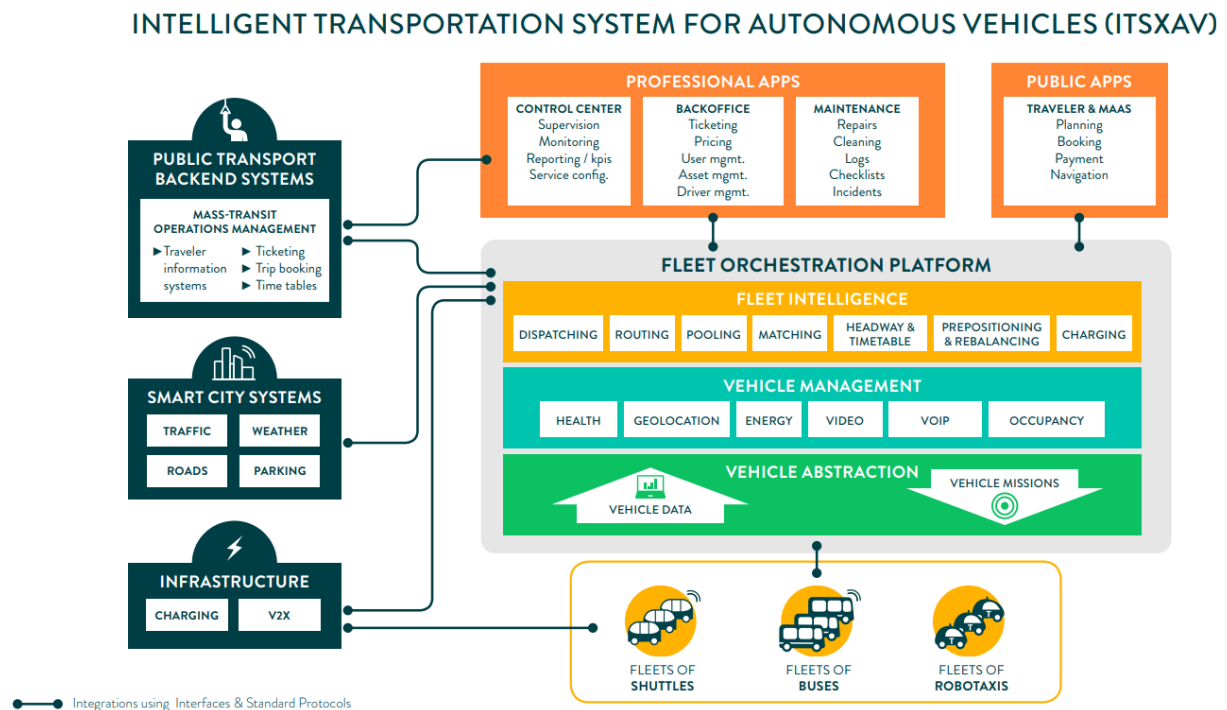


Abbildung 4: Referenzarchitektur aus dem SPACE-Projekt der UITP (UITP 2021). Mit freundlicher Genehmigung von © UITP International Association of Public Transport – Project Brief SPACE 2021 (UITP 2021).

Auf die Wichtigkeit der Organisation des Betriebs von automatisierten ÖV-Flotten im engeren Sinne wurde auch in den Interviews hingewiesen. Es wurden kaum konkrete Aussagen dazu vorgenommen. Ein konkreter Hinweis kam von einem großen, internationalen Betreiber, der auf die Ähnlichkeit der notwendigen Kooperationen in diesem Bereich hinwies. Viele der Prozesse und Dienste sind dabei gleich oder ähnlich zu konventionellen ÖV-Flotten zu organisieren:

- Energielieferant für das Laden der Fahrzeuge,
- Wartungsunternehmen,
- Fahrzeugreinigung,
- Kundenservice, und
- Remote Management

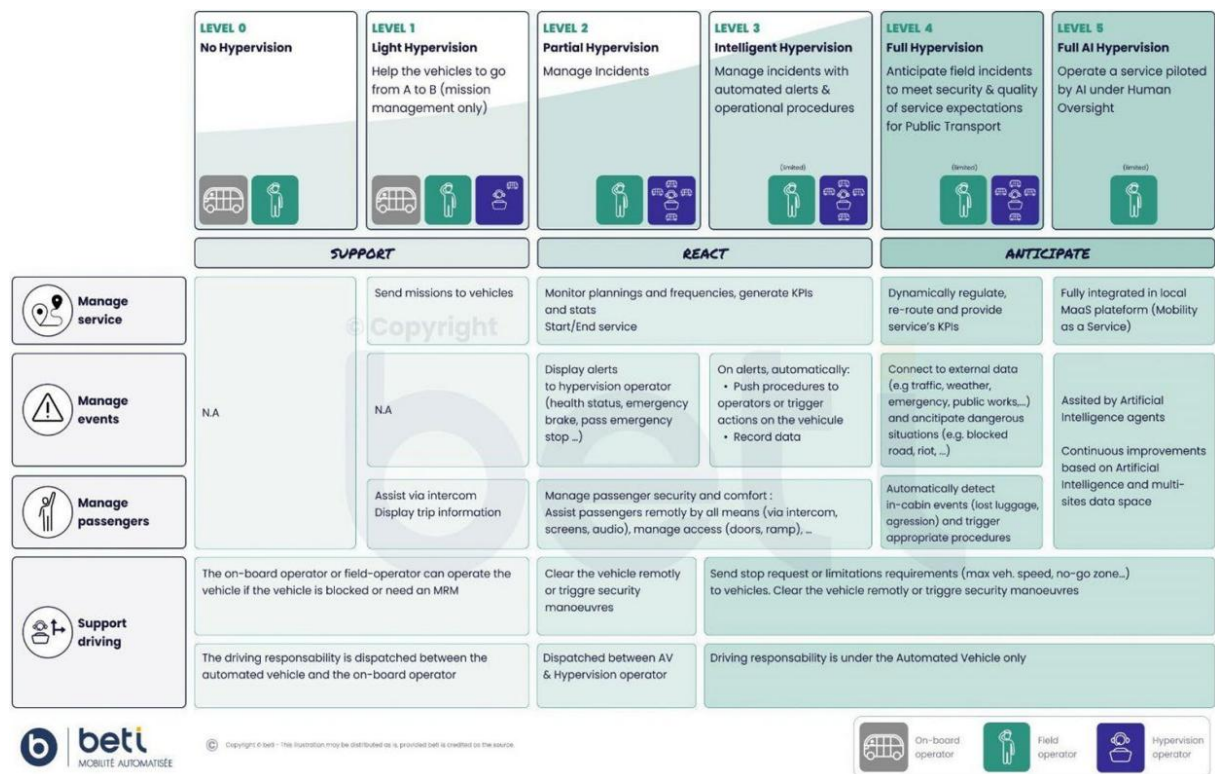


Abbildung 5: Schema zur Charakterisierung und Organisation des Betriebs von automatisierten ÖV-Flotten der Firma beti mit dem Namen „Hypervision“. Mit freundlicher Genehmigung von © beti²⁵.

Im Jahr 2024 wurde beim Interactive Symposium on Research & Innovation for Connected and Automated Driving in Europe²⁶ ein Schema für die Organisation dieser Dienste mit fünf Leveln der s.g. Hypervision der Firma beti²⁷ vorgestellt (siehe Abbildung 5).

Weitere Beschreibungen zum Remote Management bzw. der Aufgaben rund um die Leitstellen sind im Kapitel „Leitstellen und Fernüberwachung - Organisation und Betrieb“ angeführt.

²⁵ https://www.connectedautomateddriving.eu/wp-content/uploads/2024/04/EUCAD2024_RemoteManagement_2.beti_Pierre_Chehwan.pdf - abgerufen 10.8.2024

²⁶ <https://www.connectedautomateddriving.eu/eucad/eucad2024/programme/> - abgerufen 10.8.2024

²⁷ <https://navette-autonome.fr/en/> - abgerufen 10.8.2024

Eine Schlüsselrolle für die Organisationsmodelle spielt die Finanzierung der ÖV-Angebote. Sofern öffentliche Gelder für die dauerhafte Bereitstellung von ÖV-Angeboten bereitgestellt werden, müssen diese bestellt bzw. ausgeschrieben werden. Im SAFiP-Projekt²⁸, einem der Vorprojekte zu auto.Flotte, wurde bereits der Status quo der aktuellen, komplexen Finanzierungsstruktur des ÖVs in Österreich erläutert (siehe SAFiP-Ergebnisbericht²⁹, Abbildung 66). Doch gerade bei den ÖV-Angeboten, bei denen die Automatisierung einen entscheidenden Beitrag für einen leistbaren bzw. finanzierbaren ÖV leisten kann, wie First/Last Mile und On-Demand Services, fehlen die grundlegenden Strategien für die Finanzierung. Solange diese Finanzierungsfragen nicht geklärt sind, können keine weitreichenden Geschäftsmodelle aufgestellt und Kooperations- bzw. Organisationsmodelle entwickelt werden. Auch hier gilt, dass rasche und klare nationale Regelungen auch den nationalen Playern größere Chancen einräumen, sich beim Betrieb automatisierter ÖV-Flotten durchzusetzen.

Neben den öffentlichen Zuschüssen sind auch die direkten Einnahmen aus dem Fahrbetrieb für die Geschäftsmodelle essenziell. Auch hier hat das SAFiP-Projekt eine grundlegende Kategorisierung vorgenommen, die einerseits eine Grundgebühr als Kern (z. B. Jahreskarte) oder andererseits eine Nutzer:innen-Beteiligung im Sinne eines Pay-per-Use-Modells vorsieht. Ergänzend zu diesen beiden Grundmodellen kann auch ein datenbasiertes Geschäftsmodell durch Vermarktung von Kundendaten angewendet werden.

Ein wesentlicher Aspekt für die Auslegung des passenden Organisationsmodells spielt auch der angebotene Service. Es gibt viele Kategorisierungen von ÖV-Angeboten und viele davon bauen auf der bereits weiter oben im Text abgebildeten Grundidee der UITP (siehe Abbildung 3) auf. Eine weitere grobe Kategorisierung in drei Kategorien zeigt beispielsweise Zieltorff (2018) auf.

- Automatisierte Linienbusse
- Shuttle als Ridesharing
- Automatisiertes Carsharing/„Robotaxis“

Eine detailliertere Auflistung wurde ebenfalls im bereits oben erwähnten SPACE-Projekt der UITP erarbeitet (UITP 2021). Tabelle 1 zeigt 13 ÖV-Servicevarianten auf:

²⁸ <https://projekte.ffg.at/projekt/2929372> - abgerufen 10.12.2023

²⁹ https://projekte.ffg.at/anhang/5cee1b11a1eb7_SAFiP_Ergebnisbericht.pdf - abgerufen 10.12.2023

Tabelle 1: Liste an ÖV-Services mit automatisierten Fahrzeugen aus dem SPACE-Projekt der UITP (UITP 2021) – Übersetzung nach Yen (2024)

ÖV-Service	Beschreibung der Dienstleistung
1. Erste-/Letzte-Meile-Zubringer zum ÖPNV	Zubringer, feste Strecke, Betriebszeiten parallel zu öffentlichen Verkehrsmitteln mit hoher Kapazität, bedarfsgesteuerte oder feste Haltestellen (z. B. während der Hauptverkehrszeit) und als Shared Mobility. Integration: Vollständig in das öffentliche Verkehrsangebot integriert: Ticket, Fahrpreis, App, Disposition, Leitstelle. Fahrzeuganforderungen: Gemischter Verkehr, Niederflur, Rampe, Platz für Kinderwagen/Gepäck/Rollstuhl. Zielgruppe: Nutzer:innen in Gebieten, die nicht vom Kerngebiet/Netz des öffentlichen Verkehrs abgedeckt werden.
2. Gebietsbezogenes Angebot und Zubringer zum ÖPNV	Näherungsdienst, gebietsbezogen, dynamische Streckenführung, Bedarfshaltestellen und gemeinsame Nutzung. Integration: Vollständig in das öffentliche Verkehrsangebot integriert: Ticket, Fahrpreis, App, Disposition, Leitstelle. Fahrzeuganforderungen: Gemischter Verkehr, Niederflur, Rampe, Platz für Kinderwagen/Gepäck/Rollstuhl. Zielgruppe: Nutzer:innen in Gebieten, die nicht vom Kerngebiet/Netz des öffentlichen Verkehrs abgedeckt werden.
3. Premium Shared Punkt-zu-Punkt-Angebote	Punkt-zu-Punkt-Angebote auf Abruf mit dynamischer Leitweglenkung, als Shared Mobility und mit verlängerten Betriebszeiten. Integration: Vollständig in das öffentliche Verkehrsangebot integriert: Ticket, App, Disposition, Leitstelle und höhere Fahrpreise. Fahrzeuganforderungen: Gemischter Verkehr, komfortable Fahrzeuge, keine Stehplätze, Begleitperson an Bord, Niederflur, Rampe, Platz für Kinderwagen/Gepäck/Rollstuhl, spezielle Ausstattung je nach Zielnutzer:in. Zielgruppe: Berufstätige, Erwachsene mit Kindern.
4. Shared Punkt-zu-Punkt Angebote	Punkt-zu-Punkt-Angebote auf Abruf bei geringer Nachfrage: dynamische Streckenführung, gemeinsame Nutzung und verlängerte Betriebszeiten. Integration: Vollständig in das öffentliche Verkehrsangebot integriert: Ticket, Fahrpreis, App, Disposition und Leitstelle. Fahrzeuganforderungen: Begleitperson an Bord, Niederflur, Rampe, Platz für Kinderwagen/Gepäck/Rollstuhl. Zielgruppe: Alle Nutzer:innen.
5. Lokale Busangebote	Ersatz für den öffentlichen Personennahverkehr in Kleinstädten, gemeinsam genutzter Flottendienst auf Abruf, dynamische Streckenführung, 24-Stunden-Betrieb. Integration: Ticketing, App, Disposition, Leitstelle und Wartung. Fahrzeuganforderungen: Gemischter Verkehr, Niederflur, Rampe, Platz für Kinderwagen/Gepäck/Rollstuhl.

ÖV-Service	Beschreibung der Dienstleistung
	Zielgruppe: Alle Nutzer:innen.
6. Private Arealangebote	Zubringer zu öffentlichen Verkehrsmitteln und zusätzlicher Service auf privatem Grund, als Shared Mobility, Linienverkehr während der morgendlichen und abendlichen Hauptverkehrszeit – ansonsten auf Abruf. Möglichkeit der Nutzung von Hybridfahrzeugen zur Beförderung von Briefen und kleinen Paketen. Integration: Integration von Informationen. Fahrzeuganforderung: Fußgängerzonen und Mischverkehr, Niederflur, Rampe, Platz für Kinderwagen/Gepäck/Rollstuhl. Schließfächer, wenn es für die Paketzustellung verwendet werden soll. Zielgruppe: Berufstätige, Studierende, Besuchende und Patient:innen.
7. Schnellbus	Feste Strecke mit hoher Frequenz, feste Haltestellen, getrennte Fahrspur, als Shared Mobility. Integration: Vollständig in das öffentliche Verkehrsangebot integriert: Ticket, Fahrpreis, App, Disposition und Leitstelle. Fahrzeuganforderungen: Busse mit hoher Kapazität, Rampe Zielgruppe: Alle Nutzer:innen.
8. Schulbus	Punkt-zu-Punkt-Angebote, feste Route mit fester Betriebszeit. Integration: Keine Integration, es sei denn, sie ist Teil des Vertrags. Fahrzeugbedarf: Gemischter Verkehr, größere Kapazität, Zugang für Personen mit eingeschränkter Mobilität. Zielgruppe: Studierende.
9. Premium Robotaxi	Punkt-zu-Punkt-Premiumdienst auf Anfrage; für private Nutzung und sequentielle gemeinsame Nutzung. Integration: Vollständig in das öffentliche Verkehrsangebot integriert: Zugang, App, Disposition, Leitstelle Fahrzeuganforderungen: Auf hohem Komfort ausgelegtes Fahrzeug, ausgestattet mit Premium-Einrichtungen wie WiFi. Geofenced für ein bestimmtes Gebiet. Zielgruppen: Familien, private Gruppen, Arbeitnehmer:innen.
10. Car-Sharing-Angebote	Sequenziell gemeinsam genutzte private Angebote nach Bedarf, für einen bestimmten Zeitraum reserviert, dynamische Weiterleitung, verlängerte Betriebszeiten. Integration: Vollständig in das öffentliche Verkehrsangebot integriert: Zugang, App, Disposition und Leitstelle. Fahrzeuganforderungen: Hoher Komfort, Stufe 4, wenn auf ein bestimmtes Gebiet beschränkt, außerhalb der Notwendigkeit, manuell zu fahren, oder SAE Level 5. Zielgruppen: Familien, private Gruppen, Arbeitnehmer:innen.
11. Depot	Automatisiertes und optimiertes Flottenmanagement im Busdepot (Park- und Lademanagement).

ÖV-Service	Beschreibung der Dienstleistung
12. Intercity Bus	Feste Langstreckenverbindung zwischen städtischen Gebieten über Autobahnen. Integration: Vollständig in das öffentliche Verkehrsangebot integriert: Ticket, App, Disposition und Leitstelle. Fahrzeuganforderungen: Busse mit hoher Kapazität und Rampe. Zielgruppe: Alle Nutzer:innen.
13. Pop-up-Shuttle-Angebote	Vorübergehender Dienst mit festem Liniennetz, der nur bei Veranstaltungen für eine bestimmte Zeit in Betrieb ist. Integration: Vollständig in das öffentliche Verkehrsangebot integriert: Ticket, Fahrpreis, App, Disposition und Leitstelle. Fahrzeuganforderung: Abhängig von der Veranstaltung. Zielgruppe: Veranstaltungsteilnehmer:innen.

3 Wirkungen automatisierter ÖV-Flotten

Die Wirkungsanalyse betrachtet die Auswirkungen des Einsatzes von automatisierten Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr im verkehrlichen Bereich zur Steigerung von Effizienz und Nachhaltigkeit sowie Kriterien zur Akzeptanz.

Um die Wirkungsanalyse im Rahmen der Studie zu bearbeiten, wurde ein szenarienbasierter Ansatz gewählt, um mögliche Wirkungen in unterschiedlichen Einsatzszenarien abzugrenzen.

3.1 Szenariendefinition

Mit Bezug auf die Mobilitätsangebote und regionalen Voraussetzungen in Österreich wurden folgende Kriterien zur Szenariendefinition gewählt, um die Zielsetzung, automatisierte Fahrzeugflotten in mindestens drei typischen österreichischen ÖPNV-Angeboten zu bewerten, zu erreichen. Weiters wurde es durch die Auswahl geeigneter Untersuchungsansätze ermöglicht, Anteile, Eigenschaften und Kapazitäten von automatisierten Fahrzeugen abzubilden sowie die Art des ÖV-Einsatzes (Linienbetrieb bzw. On-Demand-Betrieb) und die regionalen Gegebenheiten (städtisches, ländliches Umfeld) in den Szenarien zu berücksichtigen.

Tabelle 2: Kriterium Raumtypen für die Szenariendefinition

Raumtypen	Regionale Voraussetzungen bzw. Beitrag automatisierter ÖV	Untersuchungsansatz und Wirkungsanalyse
städtisch	Im städtischen Umfeld ist der Einsatz automatisierter Fahrzeugflotten im öffentlichen Verkehr sowohl im Bedarfsverkehr aber auch im Linienverkehr möglich.	Simulation mit Verkehrsmodell (MatSim), die Wirkungsanalyse beinhaltet Auswertungen aus Wien (Liesing)

Raumtypen	Regionale Voraussetzungen bzw. Beitrag automatisierter ÖV	Untersuchungsansatz und Wirkungsanalyse
suburban	Der suburbane Raum profitiert von der unmittelbaren Nähe zur Stadt, gleichzeitig ist der öffentliche Verkehr zumeist auf einige wenige hochrangige Linien und Stationen konzentriert. Der Zubringerverkehr zu diesen Stationen ist von hohem Interesse und ein möglicher Anwendungsfall für automatisierte Flotten mit hohem Potential.	Simulation mit Verkehrsmodell (MatSim), die Wirkungsanalyse beinhaltet Auswertungen aus Stockerau
ländlich	Öffentlicher Verkehr im ländlichen Raum in zureichender Qualität aufrechtzuerhalten ist eine der größten Herausforderungen der Mobilitätswende. Hohe Erwartungen hat der Einsatz automatisierter Fahrzeuge im regionalen Bedarfsverkehr.	Simulation mit Verkehrsmodell (MatSim), die Wirkungsanalyse beinhaltet Auswertungen zu einem Bedarfsverkehr im Weinviertel

Im Wesentlichen werden zwei Betriebsformen im öffentlichen Verkehr als mögliche Einsatzszenarien für automatisierte Fahrzeuge gesehen: Linienverkehr und On-Demand-Verkehr (Bedarfsverkehr). Die potenziellen Beiträge durch Automatisierung und der gewählte Untersuchungsansatz zu Einschätzung der Wirkungsanalyse sind in Tabelle 3 beschrieben.

Tabelle 3: Kriterium Betriebsform öffentlicher Verkehr für die Szenariendefinition

Betriebsform öffentlicher Verkehr	Betriebliche Voraussetzungen bzw. Beitrag automatisierter ÖV	Untersuchungsansatz und Wirkungsanalyse
On-Demand	Die wesentlichen Rahmenbedingungen beinhalten die regionalen und zeitlichen Verfügbarkeiten des On-Demand-Verkehrs. Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge soll dazu beitragen, auch in Regionen mit geringerer bzw. zeitlich verteilter Nachfrage öffentlichen Verkehr mit hoher Servicequalität verfügbar zu machen.	Simulation mit Verkehrsmodell (MatSim), Parametrisierung der regionalen und zeitlichen Verfügbarkeiten mit geringen Intervallen (Verdichtung der Fahrpläne auf z. B. 10-Min.-Intervalle)
Linien-Verkehr	Der Betrieb automatisierter Busse und Straßenbahnen auf Linien mit hoher Nachfrage wird angestrebt, um Stoßzeiten abzufedern, insbesondere angesichts des hohen Mangels an Lenker:innen. Der öffentliche Verkehr soll dadurch noch höhere Verfügbarkeiten erreichen.	Simulation mit Verkehrsmodell (MatSim), Erweiterung und Verdichtung der Fahrpläne: Betriebszeiten und Intervalle von Bussen und Straßenbahnen

Der öffentliche Verkehr erfordert den Einsatz von Betriebsleitstellen zur Planung und Koordination bzw. dem Störfall-Management im öffentlichen Verkehr. Diese Funktionen sind für den Einsatz automatisierter Flotten im öffentlichen Verkehr zu erweitern. Vor allem die geführten Interviews liefern dazu Einblicke in die Erwartungen in den Bereichen „Remote Management“ bzw. „Remote Driving/Assist“ von automatisierten Fahrzeugen (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Funktionen Leitstelle und Infrastruktur für die Szenariendefinition

Funktionen durch Leitstelle und Infrastruktur	Untersuchungsansatz und Wirkungsanalyse
Remote Monitoring	Qualitative Bewertung im Rahmen der Experten:innen-Interviews
Remote Driving	Qualitative Bewertung im Rahmen der Experten:innen-Interviews
Straßenseitige Infrastruktur	Simulation

Tabelle 5: Zusammenfassung der Kriterien und Zuordnung zur Szenariendefinition

Sze- nario	Stadt	Sub- Urban	Länd- lich	On- Demand	Linien- Verkehr	Remote Mon.	Remote Driving	ohne/wenig Infrastruktur Support	Unter- suchungs- ansatz
1	X				X	X		X	Simulation
2			X		X	X			Simulation
2b		X			X	X		X	Simulation
3		X		X		X	X	X	aus Referenz Projekten
4			X	X		X	X	X	aus Referenz Projekten
5	X				X	X	X	X	Qualitative Bewertung
6			X		X	X	X	X	Qualitative Bewertung
7	X			(X)	X			mit	Simulation

3.2 Untersuchungsansatz

Simulation auf Basis Verkehrsmodell (Modell Wien und Umgebung)

Mit Hilfe eines MATSim-Modells für Wien und die weiträumige Umgebung wurden potenzielle positive Auswirkungen von automatisierten Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr (ÖV) untersucht.

MATSim (Horni et al., 2016) ist ein co-evolutionäres Verkehrssimulations-Framework, in dem Individuen einen festen Tagesplan an Aktivitäten abarbeiten und die Dauer der Aktivitäten sowie die Verkehrsmittelwahl durch einen interaktiven Prozess so verändern, dass sich für sie ein persönliches Optimum einstellt und gleichzeitig auch ein Systemoptimum erreicht wird. Eine MATSim-Simulation umfasst eine konfigurierbare Anzahl von Iterationen, die durch den in Abbildung 6 gezeigten Zyklus dargestellt werden. Die Anzahl an Iterationen ist abhängig vom Erreichen eines Equilibriums des Systemnutzens, das darauf hindeutet, dass keine statistisch signifikante Veränderung im System mehr eintreten wird.

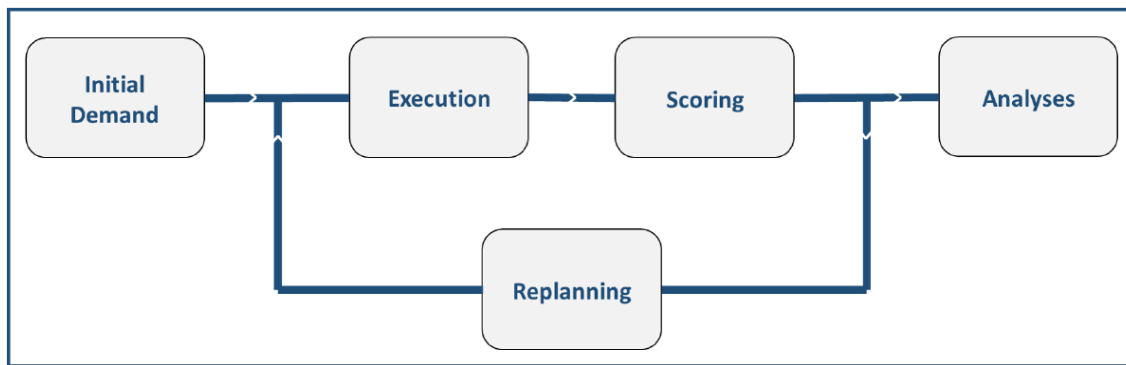


Abbildung 6: Darstellung des Simulations-Zyklus der Verkehrsmodellierung mit MATSim

In MATSim werden die Individuen als „Agenten“ dargestellt. Jedem Agenten wird zunächst mindestens ein Plan zugewiesen, der Aktivitäten und Routen enthält. Üblicherweise werden die Pläne der Agenten auf der Grundlage empirischer Daten unter Verwendung von Stichprobenverfahren oder diskreten Entscheidungsmodellen abgebildet.

Eine Verkehrssimulation in MATSim besteht darin, dass in den festgelegten Iterationen jeweils ein Tagesablauf Sekunde für Sekunde die einzelnen Pläne der Agenten abgebildet wird und die Agenten dabei auch auf das Netzwerk umgelegt werden. Die Agenten bewerten dabei jede einzelne Aktivität und die Reisezeiten je nach verwendetem Verkehrsmodus. Dieses „Scoring“ in MATSim kann auch als Bewertung des individuellen Nutzens aufgefasst werden. Zeit, die mit Reisen verbracht wird, wird negativ bewertet, während Zeit, die für Aktivitäten aufgewendet wird, positiv bewertet wird. Zu Beginn jeder Iteration ändern einige Agenten ihre Pläne auf der Grundlage verschiedener Entscheidungskonfigurationen, wie z. B. Änderung der Route, Änderung des Verkehrsmittels, der Abfahrtszeiten. Die Mehrheit der Agenten wählt in der nächsten Iteration aus dem ihm bekannten Pool an Plänen zufällig aus, wobei die Auswahl gewichtet nach der Bewertung der Pläne abläuft, d. h. Pläne mit besserer Bewertung haben eine höhere Wahrscheinlichkeit, ausgewählt zu werden. Nach Abschluss der Simulation erzeugt MATSim verschiedene Ausgabedateien, die Informationen über die Simulationsergebnisse liefern (siehe Abbildung 6). Auf Basis dieser Simulationsergebnisse lassen sich Verkehrsindikatoren und daraus entsprechend weitere Folgewirkungen ableiten.

MATSim-Modell Wien und Umgebung

Das am AIT entwickelte und als Open Source³⁰ verfügbare Modell für Wien und Umgebung (siehe Abbildung 7) zielt darauf ab, den Verkehr im Jahr 2019 kurz vor der COVID-Pandemie darzustellen.

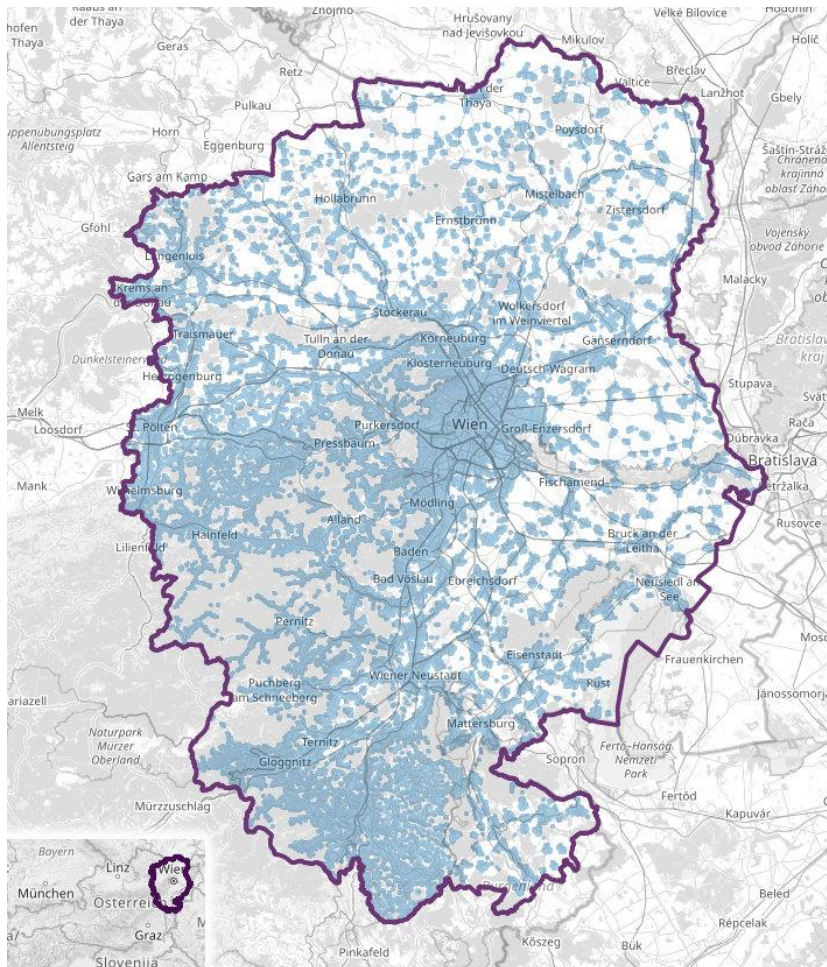


Abbildung 7: Von MATSim Modell Wien abgedecktes Gebiet. Hellblaue Flächen sind mögliche Start- und Zielorte von Wegen der Agenten. Das Gebiet umfasst Wien und große Teile Niederösterreichs sowie Teile des Burgenlandes (einschließlich St. Pölten, Wiener Neustadt, Hollabrunn, Mistelbach) mit relevantem Pendelverkehr von und nach Wien.

³⁰ <https://github.com/ait-energy/matsim-model-vienna>

Das Modell umfasst:

- Simulationsgebiet: Wien und Umgebung (zwischen 40 und 80 km Entfernung)
- Fläche: 11.700 km²
- Gesamtbevölkerung: 3,05 Millionen (Stand Jänner 2013), 3,275 Millionen (Stand Jänner 2020)
- Straßennetz: basierend auf OpenStreetMap (Stand 2021)
- Öffentlicher Verkehr: basierend auf Open-Government-Data-Fahrplänen (Stand 2022)
- Agenten: 332.000 Agenten entsprechen 12,5 % der mobilen Bevölkerung, die älter als 5 Jahre ist
- Die Populationssynthese basiert auf der Mobilitätserhebung Österreich Unterwegs 2013/14 (Tomschy et al. 2016), hochskaliert auf die Bevölkerung von 2020
- Verkehrsmodi: Gehen, Fahrrad, Kfz, Öffentlicher Verkehr
- Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr: Fahrten werden an der Grenze des Simulationsgebiets abgeschnitten.
- Der Verkehr von ausländischen Staatsbürgern wird nicht berücksichtigt (mit Ausnahme des Güterverkehrs)
- Güterverkehr: dargestellt als ~10%ige Kapazitätsverringern im Straßennetz
- Kalibrierung: mittels Daten der Kfz-Zählstellen der Stadt Wien und der ASFINAG

Verkehrsmittelwahl

Alleinstellungsmerkmal des Modells sind unterschiedliche Werte für die Reisezeit von zehn verhaltenshomogenen Bevölkerungsgruppen.

Das Modell verwendet unterschiedliche Werte für die Reisezeit (value of travel time) der simulierten Agenten, die in den Parametern der Charypar-Nagel-Funktion, in Horni et al. (2016) beschrieben, dargestellt sind. Diese hängen nicht – wie sonst üblich – vom Wohnort des Agenten ab, sondern von soziodemographischen Merkmalen, die den Agenten zugeordnet sind.

Das Verkehrsmittelwahlmodell ist eine vereinfachte Version des in Schmid et al. (2019) vorgestellten Modells und verwendet tatsächliche und hypothetische Reisedaten. Die Zeitnutzungs- und Ausgabengleichungen werden auf ähnliche Weise geschätzt wie in Hössinger et al. (2020) und Jokubauskaitė et al. (2019). Es wurden zwei Klassen von Koeffizienten für alle Parameter geschätzt, da die Einführung weiterer Klassen nicht viel Erklärungskraft bringt.

Die Klassenzugehörigkeitsgleichung bestimmt dann für jedes Individuum die Klassenzugehörigkeitswahrscheinlichkeit, d. h. wie viel Gewicht jede Klasse von Koeffizienten für eine bestimmte Person hat. Die Klassenzugehörigkeitswahrscheinlichkeit ist wiederum eine lineare Funktion mehrerer binärer sozioökonomischer Variablen: Geschlecht, Alter unter 35 Jahren, Alter über 55 Jahren, Einkommen über dem Medianwert, Schulbildung höher als der Medianwert, urbaner Wohnort, Kinder im Haushalt, Single-Haushalt und Vollzeitarbeit mit mindestens 38 Stunden pro Woche. Die Verteilung der Wahrscheinlichkeit der Klassenzugehörigkeit wird dann verwendet, um zehn gleich große Teilpopulationen zu definieren, basierend auf Greene und Hensher (2003).

Die Software zur automatisierten Anpassung der GTFS-Daten wurde als Open-Source-Software veröffentlicht³¹.

Übertragung bestehender Ergebnisse (Modell Salzburg)

In Szenarien 3 und 4 geht es um On-Demand-Verkehr (hier DRT, Demand Responsive Transport) in suburbanen und ländlichen Gebieten. Dieser Use Case wurde schon im SHOW-Projekt³² in Gebieten östlich der Stadt Salzburg modelliert. Für diese wurden in MATSim unterschiedlich große DRT-Flotten simuliert, um damit den Einfluss von DRT auf den ÖV im ländlichen und suburbanen Raum abzuschätzen.

Um DRT im ländlichen Raum östlich der Stadt Salzburg zu simulieren, wurden Ergebnisse aus dem Projekt SHOW verwendet (Sekadakis et al. 2023). Dort wurde für Salzburg eine mesoskopische Simulation in MATSim erstellt. Das MATSim-Modell für Salzburg umfasst die Stadt Salzburg, große Teile des Landes Salzburg, das Deutsche Eck (nur Straßennetz) und kleine Teile Oberösterreichs (siehe Abbildung 8). Aus der Verkehrserhebung Österreich Unterwegs 2013/14 wurde eine Grundgesamtheit erstellt, die sowohl soziodemografische Merkmale als auch die Aktivitätskette der Personen berücksichtigt. Die simulierte Population deckt rund 33 % der gesamten mobilen Wohnbevölkerung ab. Die im MATSim-Modell verfügbaren Transportmittel sind Gehen, Radfahren, öffentliche Verkehrsmittel und Auto. Zusätzlich wurde ein Last-Mile-DRT-Service in der Region rund um Koppl simuliert, der Fahrgäste zwischen Haltestellen in abgeschlossenen Regionen befördert.

³¹ <https://github.com/ait-energy/gtfs-fiddler>

³² <https://show-project.eu/>

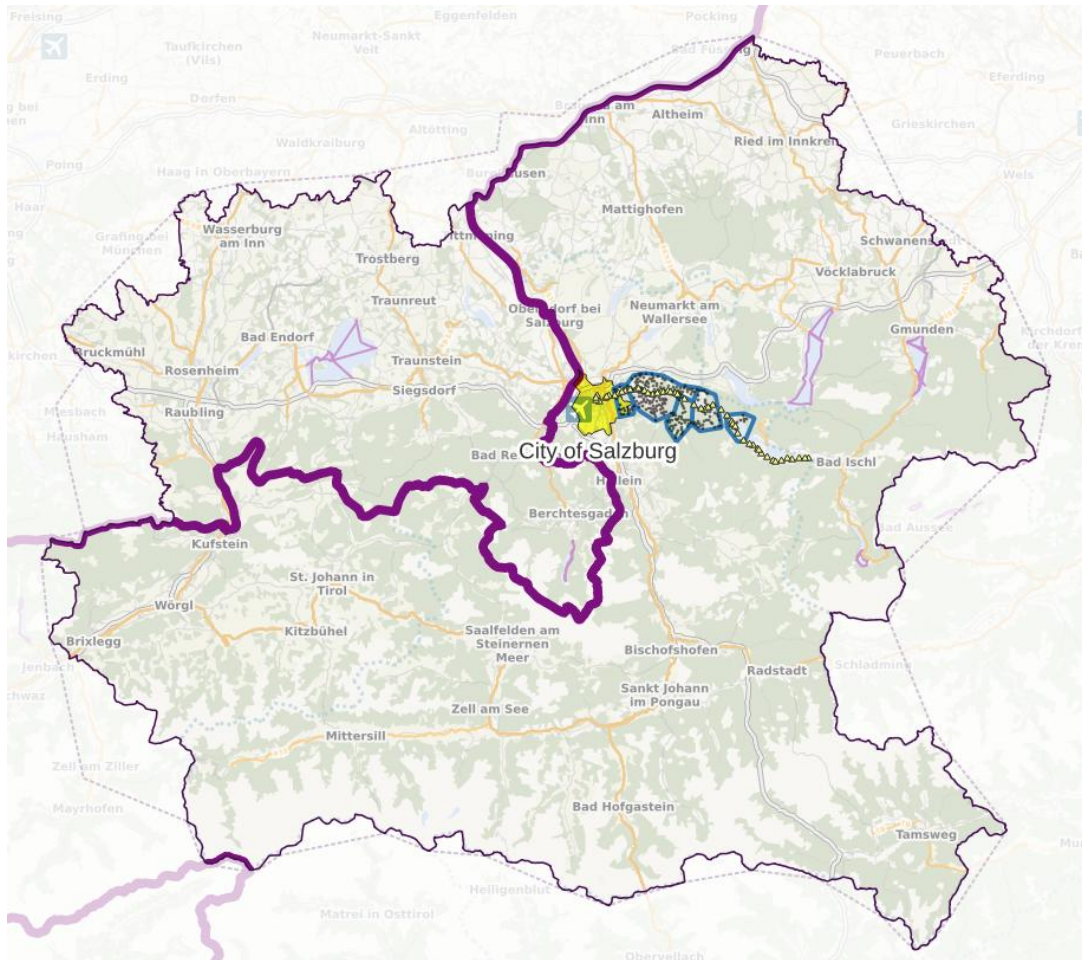


Abbildung 8: Übersicht der Region der MATSim-Simulation Salzburg (Projekt SHOW)

In der Pre-Demo-Phase konzentrierten sich die Simulationen auf das Gebiet rund um Koppl und automatisierte Flotten als Zubringer zur Buslinie 152, die die Stadt Salzburg mit St. Gilgen am Wolfgangsee verbindet. Der grundlegende Aufbau des Modells wird in Müller et al. (2021) beschrieben.

Erste Tagespläne der simulierten Mobilitätspopulation werden durch Bereinigung, Geofencing und Resampling von Daten der österreichischen nationalen Mobilitätserhebung Österreich Unterwegs für die beschriebene Region erstellt. Den Agenten werden potenzielle Aktivitätsorte auf der Grundlage von Landnutzungskategorien und Sonderzielen (beide abgeleitet von OpenStreetMap) sowie offenen Daten zur Bevölkerungsdichte und Arbeitskräfte zugewiesen.

Da der interne Standardrouter von MATSim nicht gut für multimodales Routing ausgelegt ist, wird das intermodale Routing-Framework Ariadne des AIT in die iterative Neuplanung von Fahrten in der Simulation integriert.

Ein wichtiger Parameter für die Simulation ist die Attraktivität des neuen Shuttle-Dienstes. Da im Simulationsbereich keine SP-Umfragen durchgeführt wurden, verweisen wir auf die Literatur. In Übereinstimmung mit mehreren Studien gehen wir davon aus, dass die Value of Travel Time Savings (VTTS) für die mit dem Fahren eines automatisierten DRT der VTTS eines Pkw-Passagiers vergleichbar ist: Während Lu et al. (2018) keine Unterschiede des VTTS zwischen Fahrer:innen und Passagieren eines Autos feststellen, kommt Fosgerau (2019) zu dem Schluss, dass der VTTS für einen Passagier etwa 75 % des VTTS für Pkw-Fahrer:innen ist. Die letzteren Ergebnisse wurden für die Simulationen in Salzburg genutzt. Da die VTTS des ÖV etwa 50 % der VTTS von Autos beträgt, entspricht die VTTS des neuen DRT-Dienstes etwa 150 % der VTTS des ÖV.

Die Parameter sind alle ausführlich bei Mueller et al. (2022) beschrieben. Zusätzlich werden durch lange Reisezeiten verspätete Ankünfte am Zielort 90% schlechter bewertet als Fahrzeit. Das gleiche gilt für Wartezeit, die um 83% schlechter bewertet werden als Reisezeiten im ÖV.

3.3 Wirkungen im Bereich Verkehr, Akzeptanz und Nachhaltigkeit

Automatisierte ÖV-Flotten im Verkehrsmodell (Modell Wien und Umgebung)

Im Rahmen der verkehrlichen Wirkungen wird vor allem die potenzielle Veränderung des Modal Split betrachtet sowie mögliche Einsparungen im MIV durch den Einsatz automatisierter Flotten im ÖV. Dabei wurden die Auswertungen geografisch auf drei Stellvertreterregionen eingeschränkt (vgl. Abbildung 9):

- Ländliche Region: ISTmobil Bezirk Korneuburg (ohne Stockerau & Korneuburg)
- Suburbane Region: Stockerau
- Urbane Region: Wien Mobil Hüpfers Liesing

Zur Auswertung wurde Binnenverkehr sowie Quell- und Zielverkehr (aber kein Durchgangsverkehr) gezählt, also jeweils nur Wege (zwischen zwei Aktivitäten), deren Start oder Ziel

innerhalb der definierten Gebiete liegt. Für intermodale Wegeketten (betrifft v. a. Zugangswege zum ÖV) zählte das Hauptverkehrsmittel, sowohl beim Modal Split als auch bei der Auswertung der Distanzen.

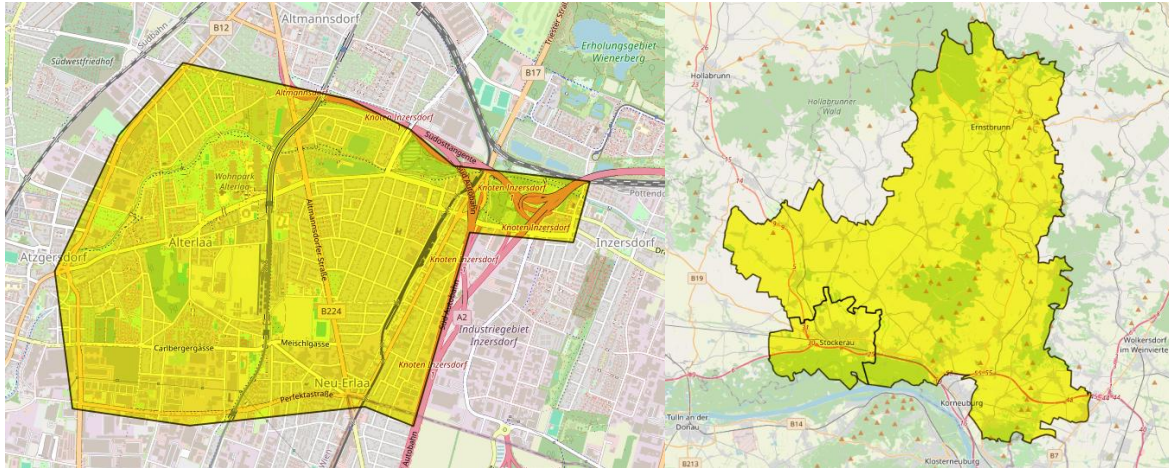


Abbildung 9: Darstellung der Simulationsgebiete, Wien Alt-Erlaa als städtisches Gebiet (links), suburbane und rurale Region nördlich von Wien: Stockerau sowie ISTmobil, Bezirk Korneuburg (ohne Stockerau und Korneuburg) (rechts)

Automatisierte ÖV-Flotten im Modell

In mehreren Szenarien (siehe Tabelle 6) wurden potenzielle positive Auswirkungen von automatisierten Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr (ÖV) durch Anpassungen der Fahrpläne angenähert. Diese Änderungen waren im gesamten Simulationsgebiet wirksam, nicht nur in den Gebieten, die für die Auswertungen herangezogen wurden. Dabei wurden die Fahrpläne:

- erweitert: zusätzliche Fahrten in den Tagesrandzeiten.
- verdichtet: zusätzliche Fahrten untertags durch höhere Intervalle.
- beschleunigt: höhere Durchschnittsgeschwindigkeit.

Für die Modellierung wurde angenommen, dass zusätzliche Fahrten mit automatisierten Fahrzeugen durch Ersparnis von Personalkosten ermöglicht werden. Beschleunigungen können durch intelligente Ampelschaltungen / Bevorrangung des ÖV erreicht werden.

Die angepassten Fahrpläne werden dabei nie verschlechtert. Beispielsweise blieben kürzere Intervalle oder Abschnitte mit bereits höherer Geschwindigkeit bestehen.

Tabelle 6: Übersicht der simulierten Maßnahmen im ÖV-Betrieb

Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Adaptierte Bereiche des ÖV	Betriebsbeginn	Betriebsende	Intervall (Min.)	Durchschnittsgeschw. (km/h)
A	Intervallverdichtung	Bus, Straßenbahn	-	-	10	-
B	Erweiterung und Intervallverdichtung	Bus, Straßenbahn	5:00	23:00	10	-
C	Erweiterung, Intervallverdichtung und Beschleunigung	Bus, Straßenbahn	5:00	23:00	10	25

Die Simulation eines Szenarios mit erhöhter Durchschnittsgeschwindigkeit ohne gleichzeitige Intervallverdichtung war nicht möglich, da derartige Szenarien durch verpasste Anschlüsse (bei Umstiegen) sogar zu geringerer Nutzung des ÖV führen könnten. Die Umplanung des Fahrplans mit Beibehaltung der Umstiegsrelationen hätte das vorhandene Zeitbudget überschritten.

In allen untersuchten Regionstypen (urban, suburban, rural) zeigt sich, dass der MIV im Vergleich zum Basisszenario in Szenario A-C deutlich verringert wird. Sowohl der Anteil an Wegen im Modal Split als auch die absolut gefahrenen Kilometer im MIV gehen zurück.

Am stärksten ist dieser Effekt im suburbanen und ruralen Raum zu beobachten, im urbanen Szenario ist er nicht so stark ausgeprägt, die Ausgangslage mit 42 % ÖV im Modal Split ist aber auch eine andere. Die Maßnahme der Intervallverdichtung (Szenario A) hat klar den stärksten Effekt einer Verlagerung vom MIV (aber auch in geringerem Maße vom Fahrrad und Gehen) zum ÖV.

Die zusätzliche Ausdehnung der Fahrpläne auf die Tagesrandzeiten (Szenario B) verringert den MIV zwar weiter, der Sprung von Basisszenario zu Szenario A ist jedoch größer.

Den geringsten Effekt hat die zusätzliche Beschleunigung in Szenario C. Im ruralen und suburbanen Raum zeigt sich ein geringer positiver Effekt, im suburbanen Szenario kommt es sogar zu einer (nicht erklärbaren) Erhöhung des MIV-Anteils um 1 %. Zur Beschleunigung des ÖV ist anzumerken, dass der größte positive Effekt in den Innenbezirken Wiens zu erwarten ist, da dort die Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen den Haltestellen durch zahlreiche Ampeln am niedrigsten ist, die in der Auswertung betrachteten Gebiete diese Bezirke aber nicht beinhalten.

On-Demand-Verkehr (Modell Salzburg)

Die nachfolgende Auswertung wurde anhand des Modells für Salzburg mit dem Fokus auf Steigerung der Verfügbarkeit der Fahrzeuge im On-Demand-System durchgeführt.

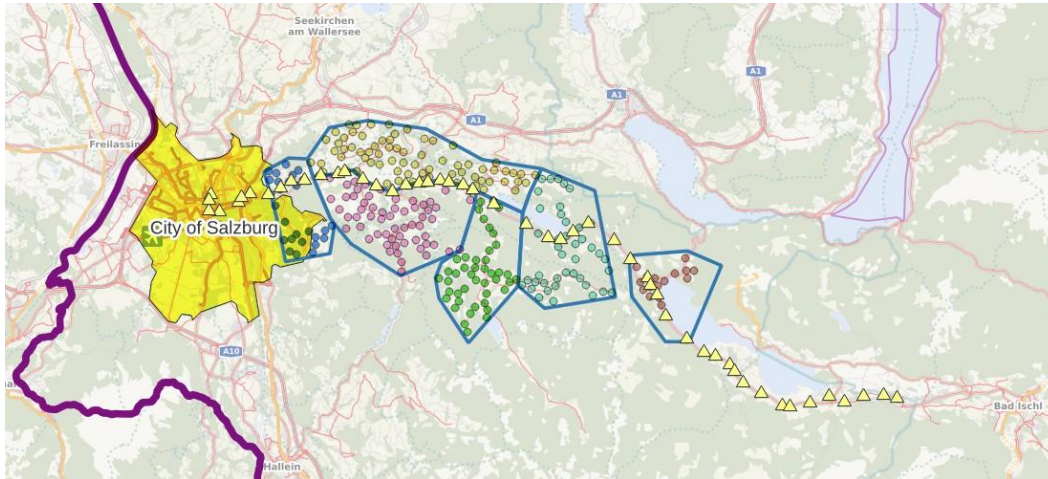


Abbildung 10: DRT-Zonen und Haltepunkte (bunte Kreise) sowie Haltestellen der Buslinie 150 (gelbe Dreiecke) zur Anbindung in die Stadt Salzburg aus der MATSim-Simulation im Rahmen des Projekts SHOW³³

Es wurden insgesamt sechs Varianten mit DRT-Flotten simuliert (siehe Tabelle 7). Diese unterscheiden sich zur besseren Vergleichbarkeit ausschließlich in der Flottengröße. Dabei wurde das Untersuchungsgebiet in sechs DRT-Zonen unterteilt (Abbildung 10). In jeder Zone wurden Haltepunkte für die DRT definiert, so dass keine Person in der Region mehr als 300 m von einer Haltestelle entfernt wohnt. Insgesamt wurden 289 Haltepunkte definiert. Die Simulationsergebnisse wurden genutzt, um Aussagen zur Wirkung durch den Einsatz automatisierter Flotten im öffentlichen Verkehr abzuleiten.

³³ <https://show-project.eu/>

Tabelle 7: Steigerung der Verfügbarkeit der Fahrzeuge im On-Demand-System

Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Gefahrene Distanz (km)	Leerfahrten (km)	Anteil der Leerfahrten	Besetzungsgrad
D	Ein DRT-Fahrzeug pro Region	576,26	243,97	0,35	1,03
E	DRT-Fahrzeuge an 5 % der Haltepunkte (1 Fahrzeug in St. Gilgen bis 4 Fahrzeuge in Plainfeld)	2381,66	1034,17	0,41	1,36
F	DRT-Fahrzeuge an 10 % der Haltepunkte (2 Fahrzeuge in St. Gilgen bis 8 Fahrzeuge in Plainfeld)	5215,16	2126,41	0,38	1,47
G	DRT-Fahrzeuge an 15 % der Haltepunkte (3 Fahrzeuge in St. Gilgen bis 12 Fahrzeuge in Plainfeld)	6573,19	2543,43	0,35	1,49
H	DRT-Fahrzeuge an 20 % der Haltepunkte (4 Fahrzeuge in St. Gilgen bis 17 Fahrzeuge in Plainfeld)	6778,34	2507,97	0,33	1,48
I	DRT-Fahrzeuge an 100 % der Haltepunkte (18 Fahrzeuge in St. Gilgen bis 83 Fahrzeuge in Plainfeld)	6423,80	1323,05	0,17	1,55

Die Maßnahmen D–I zeigen eine Abfolge einer Umsetzung mit wachsender Anzahl von DRT-Fahrzeugen pro Zone. Bei Maßnahme D gibt es in jeder Zone nur ein Fahrzeug. In den darauffolgenden Maßnahmen E–H gibt es einen wachsenden Prozentsatz von Stationen, die ursprünglich mit einem DRT-Fahrzeug ausgestattet sind, und zwar von 5 % bis zu 20 % der Stationen in jeder Zone. Bei Maßnahme I schließlich werden zunächst alle Stationen mit einem DRT-Fahrzeug ausgestattet. Die Idee dieser Maßnahmen besteht darin, bei einer zunehmenden Sättigung der DRT-Fahrzeuge in der Region Obergrenzen für die Nutzung von DRTs zu erkennen.

Dies trägt dazu bei, das Gesamtpotenzial der Einführung von DRT-Diensten in einer ländlichen Umgebung zu erkennen, ohne Push-Maßnahmen zur Einschränkung des Autopen- delns in die Stadt Salzburg hinzuzufügen. Dabei zeigt sich, dass in allen Gebieten die Zahl der Fahrten mit DRT mit der Anzahl der DRT-Fahrzeuge zunimmt. Man kann auch sehen, dass Fahrten aus allen Modi auf DRT-Fahrten verlegt werden. Insgesamt ist zu beobachten,

dass viele kurze Wege durch Fahrten in DRT ersetzt werden und längere Fahrten eher weiterhin mit dem Auto durchgeführt werden, da dann meist mehrere Umstiege benötigt werden und die Fahrzeiten mit dem Auto weiterhin klar kürzer sind als mit der Kombination aus DRT und ÖV.

Dies ist zum Teil auf relativ hohe Disutility für Wartezeiten an Haltestellen des öffentlichen Nahverkehrs zurückzuführen. Diese wird um 77 % schlechter bewertet als die eigentliche Fahrzeiten im ÖV. Zusätzliche werden Umstiege im öffentlichen Verkehrsmittel negativ bewertet, und erhöhen die VTT um zusätzlich 15%. Wenn es keine zusätzlichen Anreize gibt, die das Autofahren weniger attraktiv machen, ist es also schwierig, Reisende davon zu überzeugen, von einem schnelleren Verkehrsmittel (Auto) auf ein langsames umzusteigen, auch wenn die Reisezeit für ÖV weniger negativ gesehen wird als für Autofahrten. Allerdings kann man auch sehen, dass etwa 1000 Fahrten mit DRT als First/Last Mile für den ÖV hinzukommen und diese Fahrten größtenteils von der Buslinie 152 bedient werden. Damit ergibt sich also auch eine erhebliche Steigerung der Fahrgastzahl dieser Buslinie.

Betrachtet man die Modal Shifts in Szenario I (siehe Abbildung 11), bei dem zu Beginn des Simulationszeitraums alle Stationen mit einem DRT-Fahrzeug ausgestattet sind, erkennt man, dass DRT alle Modi nahezu gleichermaßen ersetzt.

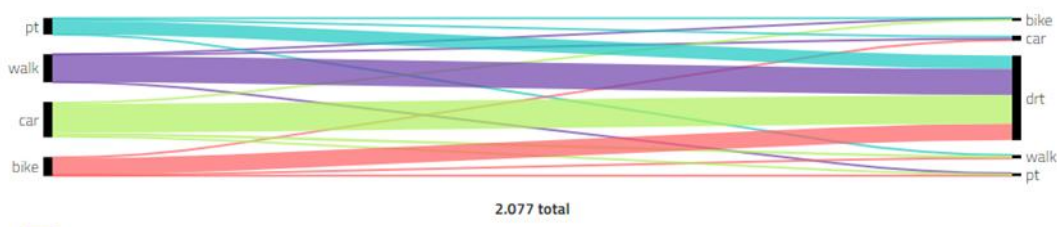


Abbildung 11: Veränderung des Modal Splits durch die hohe Verfügbarkeit des On-Demand-Verkehrs (Maßnahme I: an allen Stationen ein Fahrzeug verfügbar)

In der beschriebenen MATSim- Simulation wird die maximale Wartezeit für einen Agenten auf 10 Minuten festgelegt. Die Ergebnisse der Simulationsläufe liefern detaillierte Informationen über den Einsatz der DRT-Fahrzeuge, etwa die zurückgelegten Kilometer der Passagiere und die Leerkilometer. Diese Daten ermöglichen die Berechnung der Auslastung der Fahrzeuge. Abbildung 12 enthält Einzelheiten zu den Szenarien für die zurückgelegte Gesamtstrecke (in km), die gesamte Leerstrecke (in km) und den daraus resultierenden Anteil an gefahrenen Kilometern, wenn das Fahrzeug leer war. Der Auslastungsgrad ergibt sich aus der zurückgelegten Fahrwegstrecke dividiert durch die Differenz aus Gesamtfahrstrecke

und Gesamtleerfahrstrecke. Die zurückgelegte Passagierdistanz bezieht sich auf die Summe der zurückgelegten Distanzen für jeden Passagier (Passagier mal gefahrene Kilometer).

Es zeigt sich, dass die Auslastung mit der Anzahl der Fahrzeuge steigt (siehe Abbildung 12). Bereits bei einer Bereitstellung von 5 % Fahrzeugen (Szenario E) an den Haltestellen liegt die Auslastung über den geschätzten durchschnittlichen Belegungsgraden in Österreich (1,3). Das haltestellenbasierte System führt zu einer vergleichsweise hohen durchschnittlichen Auslastung von fast 2 Fahrgästen pro DRT-Fahrzeug. Mit steigender Auslastung sinkt die Leerquote der DRT-Fahrzeuge bei höheren Fahrzeugzahlen. Der minimale Grad an Leerfahrten von etwa 16,5 % wird in Szenario I erreicht, es werden also bei höherer Anzahl von Fahrzeugen weniger Leerfahrten durchgeführt. Die Anzahl der insgesamt gefahrenen Kilometer steigt allerdings ab Szenario H nicht mehr stark, was bedeutet, dass viele der Fahrzeuge lange Stehzeiten haben.

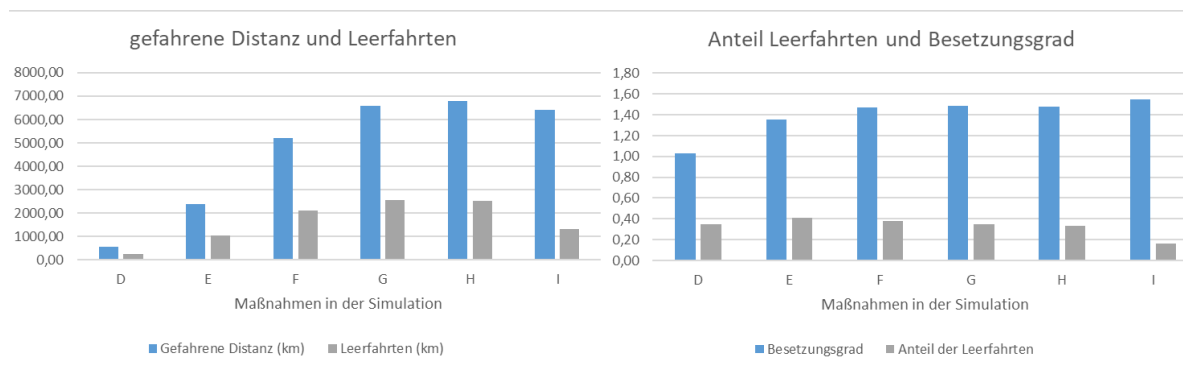


Abbildung 12: Darstellung der Wirkungen durch Steigerung der DRT-Verfügbarkeit, Distanz und Leerkilometer (links), Anteil der Leerfahrten und Besetzungsgrad (rechts)

Qualitative Bewertung durch Stakeholder:innen

Im Rahmen der Stakeholder:innen-Konsultation wurden weitere qualitative Einschätzungen zu den Bewertungskategorien eingeholt. In einer Abstufung von 1 (entspricht keiner bzw. unbedeutender Wirkung) bis 10 (entspricht einer sehr bedeutungsvollen Wirkung) wurden die angestrebten positiven Wirkungen durch den Einsatz automatisierter Flotten im öffentlichen Verkehr bewertet. Gleichzeitig wurde der Bewertungsskala auch die qualitative Abstufung (vier Kategorien von unbedeutend bis sehr bedeutungsvoll) hinzugefügt, um die Interpretation aus den Interviews einzuordnen.

Tabelle 8: Kategorisierung der quantitativen Rückmeldung in 4 Abstufungen.

angestrebte Wirkung									
unbedeutend			wenig bedeutend		bedeutend		sehr bedeutungsvoll		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

In der Kategorie Verkehr wurde insbesondere die Bewertung von Verkehrssicherheit, Versorgungsqualität und Auswirkungen auf den Modal Split erfasst. Im Bereich Akzeptanz wurden Sicherheit, Flexibilität und Inklusion diskutiert. Die nachfolgende Darstellung in Abbildung 13 zeigt, dass sich die Einschätzungen der Interviewpartner:innen fast ausschließlich im oberen Bereich der Skala befinden und damit eine bedeutende oder sehr bedeutungsvolle Wirkung durch automatisierte Flotten gesehen wird. Die Steigerung der Verkehrssicherheit wird für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge oftmals als eine zentrale angestrebte Wirkung angeführt. Obwohl die Bewertungen in der Kategorie Verkehrssicherheit von 5 bis 10 verteilt sind, haben die Interviewpartner:innen die hohe Erwartungshaltung zum positiven Wirkungsbeitrag zur Verkehrssicherheit mit einer durchschnittlichen Bewertung von 9,5 bestätigt. Die Wirkungskategorien zur Versorgungsqualität, -sicherheit und der Flexibilität wurden besonders im Hinblick auf automatisierte On-Demand-Services sehr hoch bewertet. Dabei werden insbesondere für den ländlichen und suburbanen Raum neue Möglichkeiten gesehen, um Zubringer-Verkehre zum höherrangigen öffentlichen Verkehr sicherzustellen. Automatisierte Flotten im ÖV können als Lückenschließer zum bestehenden ÖV dienen und einen Mehrwert für Regionen und bestimmte Bevölkerungsgruppen (Leistbarkeit, Erreichbarkeit, Attraktivität des ÖV) leisten.

Neben der Flexibilität wurde auch das Sicherheitsgefühl durch die Benutzung eines automatisierten öffentlichen Verkehrs diskutiert. Hier wird erwartet, dass das Fehlen einer Person (Lenker:in, Operator:in) durch Information und Kommunikationsmöglichkeiten kompensiert werden muss und das Sicherheitsgefühl steigt, (1.) sobald Nutzer:innen ein Fahrzeug betreten haben und erste Erfahrungen mit automatisierten Fahrzeugen sammeln und (2.) wenn sie sich an dieses Service gewöhnt haben.

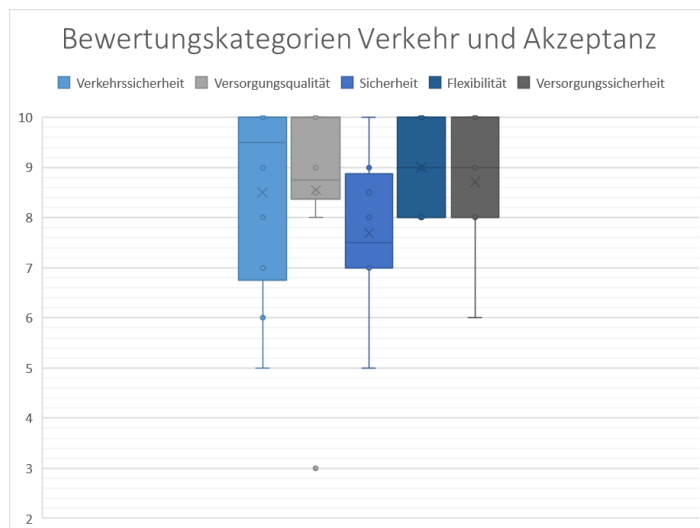


Abbildung 13: Bewertungskategorien Verkehr und Akzeptanz, qualitative Bewertung im Rahmen der Expert:innen-Interviews

Als potenzielle Verbesserungen der Nachhaltigkeit durch den Einsatz automatisierter Flotten im öffentlichen Verkehr wurden Wirkungen bei Emissionen, Beschäftigung und Wertschöpfung abgefragt.

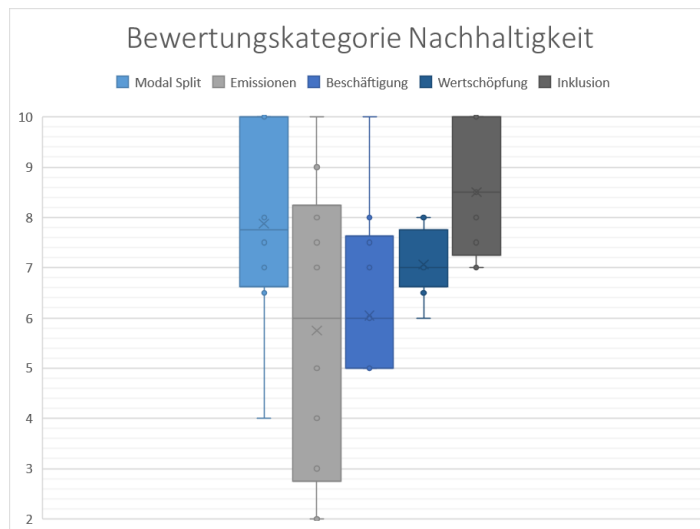


Abbildung 14: Bewertungskategorie Nachhaltigkeit und Modal Split, qualitative Bewertung im Rahmen der Expert:innen-Interviews

Um eine positive Wirkung im Modal Split zu erreichen, ist der Anwendungsfall und die Art des Einsatzes der automatisierten Fahrzeuge entscheidend. Während durch die Automatisierung im Pkw-Bereich, z. B. Robotaxis, eine weitere Steigerung im MIV-Bereich erwartet wird, wird für automatisierte Flotten im ÖV-Betrieb ein positiver Wirkungsbeitrag zur Steigerung des ÖV-Anteils erwartet. Die Stakeholder:innen sehen einen hohen Wirkungsbeitrag (im Mittel 7,9) (Abbildung 14), allerdings auch wesentliche Unterschiede beim Einsatz in Städten und Kernregionen mit bereits guter ÖV-Qualität und hoher Nutzung im Vergleich zum ländlichen Bereich, wo das Steigerungspotential höher eingeschätzt wird (bis zu 5 %). Voraussetzungen dafür sind jedenfalls ausgereifte Technologien und ein bedarfs- und nutzerorientierter Einsatz. Der Einsatz automatisierter Flotten im ÖV muss eine Steigerung der Region in der ÖV-Gütekategorie bewirken, dann werden positive Wirkungen (Verlagerungen) im Modal Split folgen, als Einschätzung dazu wurde eine potenzielle Steigerung des ÖV-Anteils von 3 % genannt, bei Erreichen der jeweils nächsten höheren ÖV-Gütekategorie.

Uneinigkeit herrschte bei der Einschätzung der Wirkungen im Bereich Emissionen, wo von unbedeutenden bis sehr bedeutenden Wirkungsbeiträgen alles genannt wurde. Einig sind sich die Stakeholder darin, dass automatisierte Fahrzeuge elektrisch betrieben sein müssen. Höhere Bewertungen werden im Zusammenhang mit effizientem Zubringerverkehr und der Bündelung von Fahrten begründet. Im Mittel wird die Wirkung im Bereich Emissionen mit 5,9 eingeschätzt, das ist der geringste Beitrag der abgefragten Kategorien (Abbildung 15). Die Sorge, dass automatisiertes Fahren der Beschäftigung schadet, teilen die Stakeholder nicht, es wird überwiegend ein bedeutender positiver Wirkungsbeitrag (Bewertungen von

5 bis 8, Mittelwert 6,1) zur Beschäftigung gesehen. Zukünftige Leitstellen zur Koordination automatisierter ÖV-Flotten erfordern eine höhere technische Ausstattung. Einerseits die Leitstellen, die effiziente Auslastung und insgesamt der Fokus auf öffentlichen Verkehr resultieren in hohen Bewertungen (zumeist 7 und 8) im Bereich der Wertschöpfung.

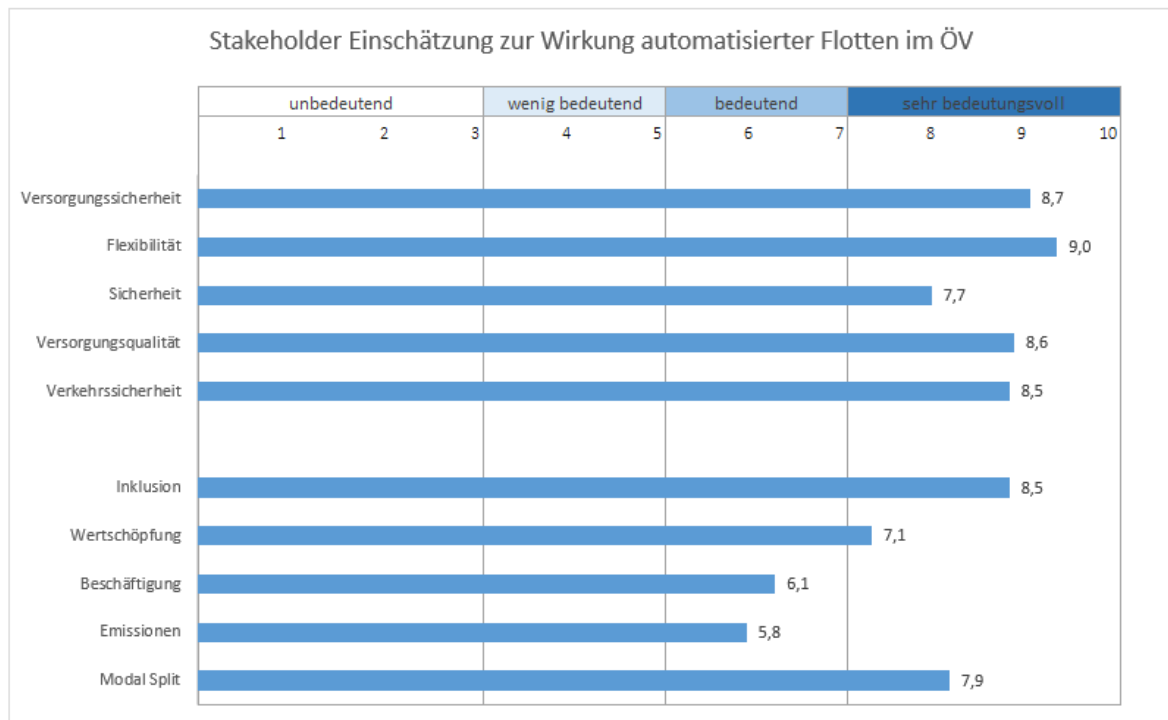


Abbildung 15: Zusammenfassung der durchschnittlichen Bewertung (Mittelwert) aus der Stakeholder-Konsultation zu den Wirkungen von automatisierten ÖV-Flotten

Abschließend wurden die Stakeholder:innen nach den Erfahrungen und Erwartungen im Bereich der Leitstelle und den Aufgaben des Personals in Leitstellen befragt. Insbesondere wurden Abschätzungen zur Frage, wie viele Fahrzeuge pro Operator betrieben werden können, abgefragt. Während für die nächsten Jahre (kurzfristig) oft noch von einem 1:1-Verhältnis ausgegangen wird, wurde darüber hinaus (mittelfristig) schon eine Flotte von bis zu 100 automatisierten Fahrzeugen pro Operator genannt.

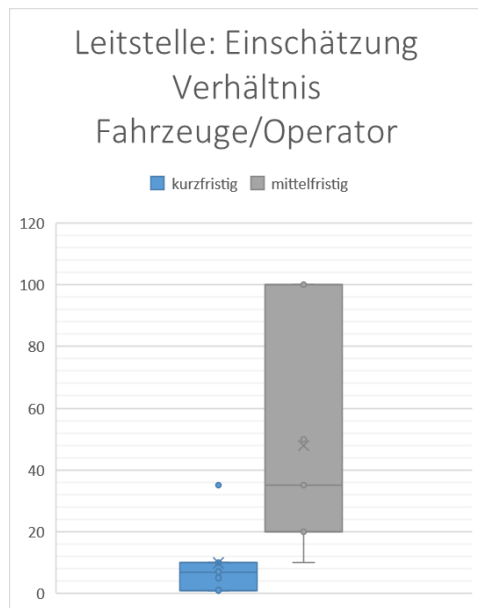


Abbildung 16: Einschätzung der Expert:innen zur Anzahl der Fahrzeuge, die ein Operator überblicken/managen kann (kurzfristig = in den nächsten 5 Jahren; mittelfristig = in mehr als 5 Jahren)

4 Leitstellen und Fernüberwachung

In diesem Kapitel werden die technischen Funktionen und sicherheitsrelevanten Aspekte der Komponenten Fahrzeug, Kommunikation und Leitstelle analysiert. Darauf folgt eine Betrachtung des rechtlichen Rahmens sowie eine Einführung zentraler Begriffe und Definitionen. Ein besonderer Fokus liegt zudem auf gesellschaftlichen Fragestellungen. Ergänzend dazu befasst sich ein weiterer Abschnitt mit organisatorischen und betrieblichen Aspekten – darunter insbesondere Themen wie Personalstruktur, Arbeitsplatzgestaltung, Kommunikationsprozesse sowie das Management von Flotten und Notfällen.

Technische Funktions- und Sicherheitsbewertung

Der sichere und robuste technische Betrieb einer Leitstelle und die operative Umsetzung einer Fernüberwachung von automatisierten Fahrzeugflotten bedingt die Betrachtung von Anforderungen aus den drei Komponenten Fahrzeug, Kommunikation und Leitstelle (Abbildung 17).

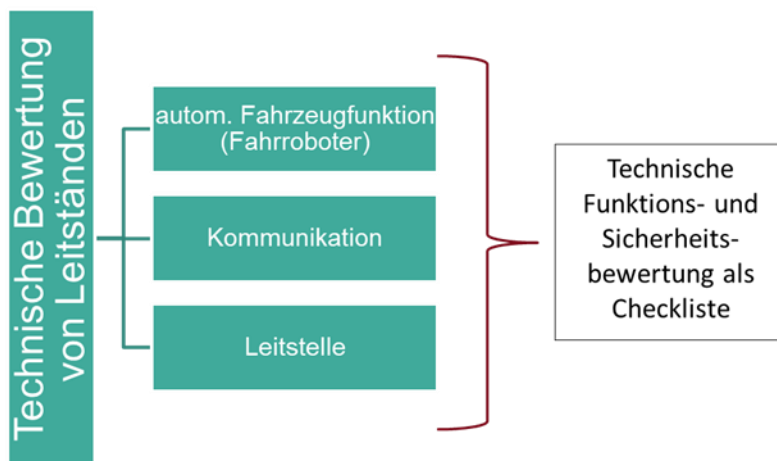


Abbildung 17: Komponenten der technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung

Ausgangspunkt der Arbeiten im Task bildete eine Status-quo-Analyse aus aktueller Literatur. Dabei wurden 30 relevante Quellen/Referenzen identifiziert und für diese Teilstudie

herangezogen, siehe Anhang 3: Liste der kommentierten Literaturquellen zur technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung.

Folgend wird ein Auszug von Themenschwerpunkten der relevantesten Quellen angeführt:

- Rollen und Arbeitsprozesse in Kontrollzentren (Leitstellen) [Anhang 3: Liste der kommentierten Literaturquellen zur technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung#29]
- Benutzer:innen-Anforderungen für ferngesteuerte Teleoperationsschnittstellen [Anhang 3: Liste der kommentierten Literaturquellen zur technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung#2]
- Ultra-zuverlässiges 5G-Netz für automatisiertes Fahren auf höchstem Niveau im ZTE-Magazin [Anhang 3: Liste der kommentierten Literaturquellen zur technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung#14]
- Ein Führerschein für automatisierte Fahrzeuge [Anhang 3: Liste der kommentierten Literaturquellen zur technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung#30]
- Nicht-technologische Herausforderungen für den Fernbetrieb von automatisierten Fahrzeugen (Berechnungs-Modell für benötigte Anzahl von Remote-Operator:innen für große Fahrzeugflotten) [Anhang 3: Liste der kommentierten Literaturquellen zur technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung#5]

Abgeleitet davon erfolgte die Übertragung auf eine Checkliste für die technische Funktions- und Sicherheitsbewertung. Grundsätzlich wird für die technische Funktions- und Sicherheitsüberprüfung eine Trennung in einmalige Überprüfung im Zuge der Zulassung des Systems sowie wiederkehrende Überprüfungen im Betrieb als notwendig angesehen und empfohlen.

Einmalige Prüfung:

Im Zuge der einmaligen Überprüfung für den Einsatz automatisierten Flotten ist vor allem die Prüfung des Fahrzeugs innerhalb der für den Betrieb vorgesehenen ODD (operational design domain) nach der Betriebserlaubnis (Zulassung des Fahrzeugs) wesentlich. Hier erfolgt die Überprüfung der technischen Ausstattung, z. B. Sensoriksystem zur Umfelderkennung, Lokalisierung sowie die technische Kopplung zur Leitstelle, die als technische Aufsicht agiert. Neben dem Fahrzeughersteller ist vor allem bei der Kopplung zur Leitstelle eine Umsetzung durch den Telekommunikationsprovider und den Betreiber der Leitstelle (technische Aufsicht) vorzusehen. Die Leitstelle selbst ist ebenso einer initialen Prüfung im Zuge

der einmaligen Überprüfung zu unterziehen. Hier ist besonders die Verfügbarkeit von Systemen zur zuverlässigen Lokalisierung von Fahrzeugen im Betriebsgebiet, nahtloses Streaming von Überwachungssystemen (außerhalb und innerhalb des Fahrzeugs) und die sichere Kommunikation zum Fahrzeug mit hinterlegten Betriebs- und Notfall-Prozessen zu prüfen. Neben dem System Fahrzeug – Kommunikation – Leitstelle ist auch die Prüfung des Betriebsbereichs inklusive der Streckenführung für das typgenehmigte Fahrzeug notwendig. Dabei könnte zukünftig für den Betrieb automatisierter Fahrzeugflotten eine praktische Fahrprüfung des Systems inkl. Testung von Fahrmanövern, Sicherheitsstandards sowie der Kommunikation mit der Leitstelle erfolgen. Nach erfolgreicher Absolvierung wird eine Eintragung dieser in die Zulassungsbescheinigung vorgenommen und das Fahrzeug bei der lokalen Zulassungsbehörde angemeldet. In Österreich kann hier als Basis für spezifizierte Anwendungsfälle auf bestehende Prozesse zur Durchführung von Tests nach Vorgaben der Verordnung zum automatisierten Fahren (AutomatFahrV) sowie zugehörigem Code of Practice referenziert werden³⁴.

Wiederkehrende Prüfungen:

Die wiederkehrenden Prüfungen stellen zeitlich wiederholende Abfolgen von durchzuführenden Tests auf den drei Systemebenen Fahrzeugfunktionalität, Kommunikationssysteme und Leitstelle dar. Dabei sollten neben täglichen, betriebsbedingten und durch den Betreiber durchzuführende Sicherheits- und Funktionsprüfungen auch erweiterte regelmäßige Überprüfungen seitens Gesetzgeber analog der Erweiterung der §57a-Überprüfung durch Verbrauchsdaten betrachtet werden. Im Folgenden wird auf die drei Systemebenen eingegangen:

Fahrzeugfunktionalität

Die Ebene Fahrzeugfunktionalität kann in die Sub-Themen Sensoren, Software, Stromversorgung, Notfallsysteme, Kommunikation & Konnektivität, Mensch-Maschine-Schnittstelle, externe Faktoren, Einhaltung von Vorschriften, Wartung, Datenspeicherung unterteilt werden. Bezüglich Sensoren ist vor allem die Überprüfung der ordnungsgemäßen Funktion der Umgebungs- und Hinderniserkennung (Perception) durch u. a. Kamera, LiDAR, Radar-Sensorik sowie die der ODD entsprechenden und notwendigen Lokalisierung des Fahrzeugs wesentlich. Weiters ist die Softwarefunktionalität für Navigation/Lokalisierung sowie Prüfung

³⁴ <https://www.austriatech.at/de/testen-kontaktstelle/>

der Aktualität und des Bedarfs für Updates zu prüfen. Notwendige Stromversorgungssysteme einschließlich Batterie- und zugehörigen Ladesystemen sind zu prüfen und die ordnungsgemäße Funktion sicherzustellen. Im Thema Kommunikation & Konnektivität erfolgt die Prüfung der Geräte zur Herstellung der Konnektivität und Kommunikation im Betrieb z. B. zu Verkehrssignalen (VLSA), Internet sowie zu Leitstellensystemen und Blaulichtorganisationen/Rettungsdiensten. Auch die entsprechende kooperative Kommunikation zu anderen Fahrzeugen und Beteiligten, z. B. verletzte Verkehrsteilnehmer:innen, fällt in diesen Bereich. Die Prüfung der Mensch-Maschine-Schnittstelle schließt sowohl Dashboard-Displays und Control-Panels für Fahrgäste, Fahrer:innen und Operator:innen sowie nach außen angebrachte Anzeigeelemente für andere Beteiligte ein. Dabei spielt die Vergewisserung der ordnungsgemäßen und einfachen Bedienung und Verständlichkeit der Informationen eine wesentliche Rolle. Die Prüfung externer Faktoren zielt auf die Funktions- und Sicherheitschecks ab, welche die Anpassung der Systeme bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen (z. B. eventuelle, dynamische Änderung der ODD) erfordern. Die entsprechenden periodischen Wartungen und Einhaltung des erforderlichen Wartungszustandes des Fahrzeugs ist sicherzustellen. Für automatisierte Flotten ist vor allem die Sicherstellung, dass das Fahrzeug zu technischen Fahrzeugüberprüfungen zugeführt werden kann, z. B. Befahrbarkeit von Bremsprüfständen, Lichteinstellplätzen, Hebebühnen oder Gruben, wichtig (Begutachtung nach §57a).

Beim Thema Fahrzeugfunktionalität ist anzumerken, dass vorliegende Vorschriften und Regularien aus der Homologation, Zulassung, Begutachtung nach §57a, CAV-Regulatorien, ISO/PAS 21448, ISO 26262, SAE J3016, SAE J3018 berücksichtigt werden und potenzielle Überarbeitungen vor allem betreffend Zulassung und Begutachtung vorzubereiten sind.

Kommunikationssysteme

Auf Ebene der Kommunikationssysteme sind die Sub-Themen Zuverlässigkeit und Stabilität der Kommunikationskanäle (Mobilfunk, Satellit, WLAN), Datenübertragungsgeschwindigkeit und Latenz, Vorhandensein und ordnungsgemäße Mechanismen zur Datenverschlüsselung, Authentifizierung, Zugriffskontrolle, Datenintegrität sowie die Feststellung von Sicherheitslücken (Penetrationstests) wesentlich für die Sicherheits- und Funktionsüberprüfung. Hierbei sind Richtlinien und Vorschriften zur Zuverlässigkeit und zur Cybersecurity (SAE J3061, ISO/SAE 21434) sowie globale Standards (3GPP, NESAS, NESAS CCS-GI) zu nennen und zu beachten.

Leitstelle

Auf Ebene der Leitstelle werden als Sub-Themen die Systemüberprüfung, Netzwerkverbindung, Softwareüberprüfung, Überwachung Fahrzeugstatus, Sensor-Kalibrierung, Routenplanung, Notfallvorbereitung, Leistungsüberwachung, Kommunikationskanäle betrachtet. Die Systemüberprüfung stellt die ordnungsgemäße Funktion aller Computer, Server, Steuergeräte und Monitore sicher. Die Prüfung der Netzwerkverbindung stellt eine stabile Internet-/Netzwerkverbindung sicher und testet alle Kommunikationsverbindungen zum Fahrzeug. Softwareüberprüfung bestätigt die fehlerfreie Funktion der Software der Leitstelle inkl. Überprüfung auf Updates, Patches und Anwendung dieser bei Bedarf. Überwachung des Fahrzeugstatus stellt die ordnungsgemäße Möglichkeit der Überprüfung des Status aller in der Flotte befindlichen Fahrzeuge her. Dabei wird auch auf Alarmer oder Warnungen bezüglich des Fahrzeugzustandes sowie der Einsatzbereitschaft des Fahrzeugs geprüft. Die Prüfung der Sensor-Kalibrierung stellt die geforderte Datensammlung- und -verarbeitung von Kameras, Radar, LiDAR, GNSS, IMU-Systemen sicher. Die Überprüfung der Routenplanung stellt den aktuellen Bedarf von Fahrtrouten und Zeitpläne der Fahrzeuge sicher. Zusätzlich wird die optimale Nutzung der Fahrzeuge und zugehörigen Ressourcen sichergestellt. Notfallvorbereitungs-Tests bestätigen, dass Notfallprozesse und -protokolle leicht zugänglich sind. Die Überprüfung der Leistungsüberwachung stellt die Funktion und Sicherheit wichtiger Leistungsindikatoren wie Fahrzeugbetriebszeit, Reaktionszeiten, Effizienz dar. Dies ermöglicht die Identifikation von etwaigen Anomalien bzw. Trends als Basis für weitere erforderliche Untersuchungen. Die Prüfung der Betriebsbereitschaft der Kommunikationskanäle stellt die Funktion der Kommunikationskanäle zwischen den Abteilungen oder anderen Interessensgruppen (z. B. anderen Leitstellen, Blaulichtorganisationen etc.) sicher.

Die Systemebene Leitstelle kann zusätzlich hinsichtlich den Bedarfskriterien von Nutzeranforderungen für ferngesteuerte Teleoperationsschnittstellen unterteilt werden in:

- Fahrzeugposition
- Fahrzeugstatus
- Fahrzeugprobleme
- Fahrzeugmerkmale
- Fahrzeugbetrieb
- Ziele der Aufgabe
- Onboard-Sensorik
- Kommunikationsstatus
- Objekte, Hindernisse
- Umweltinformationen, Wetterbedingungen
- Geländemerkmale (Merkmale des Betriebsbereichs)

Mit Ausblick auf den zukünftigen Einsatz automatisierter Flotten ist anzumerken, dass eine Vollumfänglichkeit im Sinne der Einsatzbereitschaft und Effizienz der Systeme betrachtet werden sollte. Dies bedeutet eine potenzielle, maximale Automatisierung durch alle Betriebsprozesse bis beispielsweise zum Thema Reinigung mit Reinigungsmodus am Fahrzeug, koordiniert über entsprechende Remote-Management-Funktionen.

Für einmalige bzw. auch wiederkehrende Prüfungen wurden Basis-Check-Listen erarbeitet, die im Anhang 4: Checklisten zur technische Funktions- und Sicherheitsbewertung angeführt sind.

4.1 Analyse des Rechtsrahmens

Die Analyse des Rechtsrahmens umfasst eine Beschreibung der Begriffe hinsichtlich Teleoperation und führt schließlich in eine Auflistung der Anwendungsfälle in Bezug auf Teleoperation. Des Weiteren werden in diesem Abschnitt die Sicherheit im Fahrzeug auf Normenebene und die Gestaltung der Leitstelle behandelt. Neben der Kommunikationstechnologie werden auch rechtliche Herausforderungen und Entwicklungen der Teleoperation betrachtet.

Definitionen und Begriffsbestimmungen

Teleoperation wird als die Zugabe von Informationen für den Fahrbetrieb oder die Steuerung des Fahrzeugs von außerhalb des Fahrzeugs definiert. Dabei werden zwei Hauptformen unterschieden: Teleassistentz und Telefahren/Fernlenken. Die prinzipielle Möglichkeit, einem Fahrzeug aus einer räumlich getrennten Leitstelle einzelne Fahrmanöver zu empfehlen, wird als Teleassistentz, die komplette (Fern-)Steuerung zu übernehmen als Telefahren/Fernlenken bezeichnet.

Teleassistentz (Remote Assistance)

Gemäß dem SAE International Standard J3016 in der aktuellen Version von 2021, Abschnitt 3.23, wird Teleassistentz als die Bereitstellung von ergebnisbasierten Empfehlungen oder Informationen definiert, die von einer relativ zum Fahrzeug entfernt positionierten Person an das Fahrzeug gesendet werden, während sich dieses im automatisierten Betrieb befindet.

Telefahren/Fernlenken

Beim Telefahren/Fernlenken wird die Fahraufgabe teilweise oder vollständig von einer entfernt positionierten Person ausgeführt. Die teleoperierende Person (TOP) übernimmt je nach Systemauslegung fortwährend oder eventbasiert die Fahraufgabe oder unterstützt eine automatisierte Fahrfunktion bei Ausfällen oder Systemgrenzen. Die Leitstelle ist der Arbeitsplatz der TOP, ausgestattet mit entsprechenden Bedienelementen. Das Kontrollzentrum fungiert als Betriebszentrale für die Fahrzeugflotte und umfasst die jeweiligen Leitstellen. Das teleoperierte Fahrzeug befindet sich in einer separaten Umgebung zum Kontrollzentrum und zur Leitstelle und verfügt über Systeme zur Umsetzung des Telefahrens/Fernlenkens sowie gegebenenfalls über automatisierte Fahrfunktionen.

Begriff autonomes Fahren / automatisiertes Fahren

Autonomes Fahren bezeichnet den Betrieb mittels einer SAE-Level-5-Funktion, während automatisiertes Fahren den Betrieb mittels einer SAE-Level-3- oder -4-Funktion beschreibt. Ein autonomes Fahrzeug subsumiert alle technischen Eigenschaften eines automatisierten Fahrzeugs. Daher ist ein autonomes Fahrzeug ebenfalls ein automatisiertes Fahrzeug.

Die Operational Design Domain (ODD) bezieht sich auf die Bedingungen, für die eine automatisierte oder teleoperierte Fahrfunktion konkret ausgelegt wurde.

Automatisiertes Fahren ohne menschliches Eingreifen beginnt mit der SAE Level 4. Ein Fahrzeug der SAE Level 4 kann ohne menschliches Eingreifen selbst fahren, jedoch nur unter bestimmten Bedingungen. Die ODD wird normalerweise durch Straßentypen, Geschwindigkeitsbereiche, Umgebungsbedingungen (z. B. Wetter und Sicht) und andere Einschränkungen definiert. Auf Level 5 wird das Fahrzeug in der Lage sein, bei allen Straßenbedingungen ohne menschliches Eingreifen selbstständig zu fahren (Tao 2020).

Der Betriebsbereich hingegen bezeichnet den gesamten räumlichen Einsatzbereich des Fahrzeugs, der über die ODD hinausgehen kann, da auch manueller und teleoperierter Betrieb möglich sind (Bast.de 2024).

Derzeit wird die Teleoperation von Fahrzeugen im ÖPNV hauptsächlich dazu verwendet, automatisierten Fahrzeugen dabei zu helfen, schwierige Situationen zu meistern, die die Fahrzeuge nicht alleine bewältigen können. Frühere Studien zur Teleoperation von Fahrzeugen konzentrierten sich ebenfalls hauptsächlich auf menschliche Teleoperatoren. Zu-

künftige Teleoperationssysteme für Fahrzeuge, die auf einem immer höheren Grad an Automatisierung und fortschrittlichen Netzwerktechnologien wie 5G basieren, dürften es ermöglichen, einen Teil der Automatisierung aus dem Fahrzeug in die Cloud (und ggf. Edge-Computing-Systeme) zu verlagern. Dies wird den Automatisierungsgrad erhöhen und neue Möglichkeiten zur Verteilung, Nutzung, Weiterentwicklung und Verwaltung automatisierter Fahrinformationen bieten. Dadurch können die Komplexität und Kosten des Fahrzeugs reduziert werden. Die in die Cloud verlagerten automatisierten Fahrinformationen können wie andere cloudbasierte Anwendungen einfacher und kostengünstiger verwaltet und aktualisiert werden. Menschliche Teleoperatoren können auch automatisierte Systeme ergänzen, um Fahrzeuge leistungsfähiger zu machen und neue Wege für die Entwicklung hin zur vollständigen Automatisierung des Fahrens zu eröffnen (Tao 2020).

Leistung und Sicherheit der Teleoperation hängen stark von den Netzwerkbedingungen ab, wie z. B. Latenz, verfügbare End-to-End-Bandbreite, Paketverlust, Netzwerkverfügbarkeit und Netzwerkzuverlässigkeit. Die Netzwerkbedingungen können je nach Standort und Zeit aufgrund von Faktoren wie Funkabdeckung, physischer Umgebung und Netzwerklast stark variieren. Daher stellen sich mehrere zentrale Probleme.

- Welche Netzwerkanforderungen stellen unterschiedliche Zerlegungen der Fahrautomatisierungsfunktionen zwischen Fahrzeug und Cloud dar?
- Wie unterscheiden sich die Netzwerkanforderungen für konventionelle Teleoperator:innen von denen für Teleoperationen für automatisierte Fahrzeuge?
- Welche Faktoren beeinflussen die Netzwerkanforderungen und wie?
- Wie können teleoperierte Fahrzeuge unter schlechten Netzwerkbedingungen sicher betrieben werden?
- Wie können Verkehrsstörungen minimiert werden, wenn ein teleoperiertes Fahrzeug Notfallmanöver durchführen muss (z. B. wenn Teleoperator:innen aufgrund sich verschlechternder Netzwerkbedingungen die Kontrolle nicht mehr ausüben können) (Tao 2020)?

Anwendungsszenarien der Teleoperation

Die Anwendungen der Teleassistenz und des Telefahrens/Fernlenkens lassen sich in drei Hauptkategorien unterteilen: (a) Teleassistenz bei Bedarf, (b) fortwährendes Telefahren/Fernlenken und (c) eventbasiertes Telefahren/Fernlenken.

Bei der Teleassistenz bei Bedarf befindet sich das Fahrzeug im automatisierten Betrieb. Die Teleassistenz greift nicht direkt in die Fahrzeugsteuerung ein, sondern erteilt anlassbezogen

Freigaben oder stellt Empfehlungen zur Verfügung. Dies kann beispielsweise die Freigabe systemseitig vorgeschlagener Trajektorien oder das temporäre Vorgeben von Wegpunkten umfassen. Die Entscheidung über und die Ausführung dieser Empfehlungen erfolgt durch die automatisierte Fahrfunktion.

Das kontinuierliche Telefahren/Fernlenken erstreckt sich vom Fahrtbeginn bis zum verkehrsgerechten Abstellen des Fahrzeugs. Hierbei wird das Fahrzeug ausschließlich per Telefahren/Fernlenken bewegt. Diese Betriebsart setzt eine Ausstattung des Fahrzeugs mit einer Notbremsfunktion voraus.

Beim eventbasierten Telefahren/Fernlenken befindet sich das Fahrzeug zunächst im automatisierten Betrieb. Wenn die automatisierte Fahrfunktion eine Fahrsituation nicht bewältigen kann, wird eine telefahrende/fernlenkende Person angefordert. Diese Form des Telefahrens/Fernlenkens beschränkt sich auf einen spezifischen Fahrabschnitt und kann durch verschiedene Auslöser aktiviert werden, wie einmalige, unerwartete Ereignisse oder wiederkehrende ODD-Limitationen der automatisierten Fahrfunktion. Das Zusammenspiel dieser verschiedenen Steuerungsmöglichkeiten in einem einzelnen Fahrzeug erfordert eine sorgfältige Integration, um einen sicheren Betrieb über alle Steuerungsfunktionen hinweg zu gewährleisten. Die Übergänge zwischen den verschiedenen Modi, wie beispielsweise von der automatisierten Fahrfunktion zum Telefahren/Fernlenken, müssen dabei besonders berücksichtigt werden (Bast.de 2024).

Fokus Sicherheit des Fahrzeugs

Ein zentraler Punkt ist die Sicherheitsqualifizierung teleoperierter Systeme. Hierbei müssen bestehende Normen und Standards wie die ISO 26262 zur funktionalen Sicherheit und die ISO/PAS 21448 zur Sicherheit der Sollfunktion (SOTIF) auf ihre Anwendbarkeit und mögliche Anpassungsbedarfe für Teleoperation überprüft werden. Die rechtlichen Rahmenbedingungen für Teleoperation sind derzeit noch nicht vollständig definiert. Es besteht die Notwendigkeit, klare gesetzliche Vorgaben für die Zulassung und den Betrieb teleoperierter Fahrzeuge zu schaffen. Dabei müssen insbesondere Fragen der Haftung und Verantwortlichkeit geklärt werden. Die Rolle der teleoperierenden Person muss rechtlich eindeutig definiert werden, einschließlich der Anforderungen an deren Qualifikation und Befähigung. Ein wichtiger rechtlicher Aspekt betrifft die Festlegung des Betriebsbereichs für teleoperierte Fahrzeuge. Analog zum automatisierten Fahren muss definiert werden, unter welchen Bedingungen und in welchen räumlichen Grenzen Teleoperation zulässig ist. Dies erfordert eine präzise Beschreibung der Operational Design Domain (ODD) für Teleoperation, die möglicherweise über die ODD automatisierter Fahrfunktionen hinausgeht. Die Funktionssicherheit

teleoperierter Systeme stellt besondere Herausforderungen dar. Es müssen Sicherheitskonzepte entwickelt werden, die die spezifischen Risiken der Teleoperation adressieren, wie etwa Verbindungsabbrüche oder Latenzprobleme. Hierbei sind technische Lösungen wie redundante Kommunikationssysteme oder Notfallstrategien bei Verbindungsverlust zu berücksichtigen. Diese Sicherheitskonzepte müssen rechtlich verankert und ihre Einhaltung überprüfbar gemacht werden. Die Interaktion zwischen teleoperiertem Fahrzeug und anderen Verkehrsteilnehmer:innen bedarf ebenfalls einer rechtlichen Regelung. Es muss geklärt werden, wie teleoperierte Fahrzeuge im Straßenverkehr gekennzeichnet werden müssen und welche besonderen Verhaltensregeln für sie gelten. Schließlich ist die Datensicherheit und der Datenschutz bei der Teleoperation von großer rechtlicher Bedeutung. Es müssen Regelungen geschaffen werden, die den Schutz der übertragenen Daten gewährleisten und gleichzeitig den Anforderungen der Strafverfolgungsbehörden und der Unfallforschung Rechnung tragen (Bast.de 2024).

Fokus Leitstelle (Remote Management Center)

Zunächst muss die Gestaltung der Leitstelle den geltenden Arbeitsschutzvorschriften entsprechen. Dies umfasst ergonomische Anforderungen an die Arbeitsplatzgestaltung, wie sie in der Arbeitsstättenverordnung und den Technischen Regeln für Arbeitsstätten festgelegt sind. Besondere Beachtung verdienen dabei die Aspekte der Bildschirmarbeit, da die Teleoperation in hohem Maße auf visuelle Informationsdarstellung angewiesen ist. Ein weiterer rechtlich relevanter Punkt betrifft die Arbeitszeitgestaltung. Die kognitiven Anforderungen an Teleoperator:innen sind hoch, was Fragen zur zulässigen Dauer der Tätigkeit und notwendigen Pausenregelungen aufwirft. Hier sind die Vorgaben des Arbeitszeitgesetzes zu berücksichtigen und gegebenenfalls branchenspezifische Regelungen zu entwickeln. Die Qualifikation und Schulung der Teleoperator:innen stellen einen weiteren rechtlichen Aspekt dar. Es müssen Standards für die Ausbildung und regelmäßige Weiterbildung entwickelt werden, ähnlich wie sie für Berufskraftfahrer:innen existieren. Diese Standards sollten in entsprechenden Verordnungen oder Richtlinien verankert werden. Datenschutzrechtliche Fragen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Die Teleoperation erfordert die Verarbeitung großer Mengen personenbezogener Daten, sowohl von den Teleoperator:innen als auch von Personen im Umfeld der gesteuerten Fahrzeuge. Hier sind die Vorgaben der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) strikt einzuhalten. Schließlich muss die Haftungsfrage geklärt werden. Es ist zu definieren, wie die Verantwortlichkeiten zwischen Teleoperator:in, Fahrzeughalter und Systemhersteller im Falle eines Unfalls oder einer Fehlfunktion verteilt sind. Dies erfordert möglicherweise Anpassungen im Straßenverkehrsgesetz und im Haftungsrecht (Bast.de 2024).

Ein zentraler Aspekt ist die Definition der Fahreignung für Teleoperator:innen. Diese muss die spezifischen Anforderungen der Teleoperation berücksichtigen, wie etwa die Fähigkeit, ein Fahrzeug über Bildschirme und Steuergeräte zu führen, ohne direkten physischen Kontakt zum Fahrzeug zu haben. Hierbei spielen kognitive Fähigkeiten wie räumliches Vorstellungsvermögen, Aufmerksamkeitssteuerung und Multitasking-Fähigkeiten eine besondere Rolle. Die rechtliche Verankerung von Eignungskriterien für Teleoperator:innen ist unerlässlich. Dies könnte in Form einer Ergänzung des Straßenverkehrsgesetzes oder durch den Erlass spezifischer Verordnungen erfolgen. Dabei müssen klare Kriterien für die physische und psychische Eignung, aber auch für die technischen Fertigkeiten im Umgang mit den Teleoperation-Systemen festgelegt werden. Ein weiterer rechtlicher Aspekt betrifft die Ausbildung und Zertifizierung von Teleoperator:innen. Es ist zu erwägen, ob eine spezielle Fahrerlaubnis für Teleoperation eingeführt werden sollte, ähnlich wie es verschiedene Führerscheinklassen für unterschiedliche Fahrzeugtypen gibt. Diese Fahrerlaubnis müsste sowohl theoretische Kenntnisse als auch praktische Fähigkeiten in der Teleoperation abdecken. Die regelmäßige Überprüfung der Fahreignung von Teleoperator:innen ist ein weiterer wichtiger rechtlicher Aspekt. Hier könnten Intervalle für Nachschulungen und Eignungstests festgelegt werden, um sicherzustellen, dass die Teleoperator:innen stets auf dem aktuellen Stand der Technik und der rechtlichen Anforderungen sind (Bast.de 2024).

Kommunikationstechnologie

Die Kommunikationstechnologie spielt eine zentrale Rolle für die Teleoperation von Fahrzeugen und wirft wichtige rechtliche Fragen auf. Zunächst ist die Wahl der Einsatzorte von entscheidender Bedeutung. Die Teleoperation kann sowohl in städtischen als auch in ländlichen Gebieten zum Einsatz kommen, wobei jedes Umfeld spezifische rechtliche Herausforderungen mit sich bringt. In urbanen Räumen müssen beispielsweise datenschutzrechtliche Aspekte besonders berücksichtigt werden, da hier eine höhere Dichte an personenbezogenen Daten erfasst werden könnte. Die Einsatzzwecke der Kommunikationstechnologie umfassen die Übertragung von Sensor- und Videodaten, Steuerungsbefehlen sowie Statusmeldungen. Hierbei ist es aus rechtlicher Sicht essentiell, die Integrität und Vertraulichkeit der übertragenen Daten sicherzustellen. Dies erfordert die Implementierung robuster Verschlüsselungsmechanismen und die Einhaltung strenger Sicherheitsstandards, um potenzielle Cyberangriffe abzuwehren und die Privatsphäre aller Beteiligten zu schützen. Für die rechtliche Bewertung und Regulierung der Teleoperation sind die Messgrößen der Kommunikationstechnik von großer Bedeutung. Latenz, Bandbreite, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Verbindung müssen klar definiert und überwacht werden. Es ist denkbar, dass in Zukunft gesetzliche Mindestanforderungen für diese Parameter festgelegt werden, um die Sicherheit des Straßenverkehrs zu gewährleisten. Die Verbesserung dieser Messgrößen

durch technische Maßnahmen wie den Einsatz von 5G-Technologie, Edge Computing oder redundanten Kommunikationskanälen wirft wiederum neue rechtliche Fragen auf. Insbesondere muss geklärt werden, wie die Verantwortlichkeiten im Falle eines Kommunikationsausfalls oder einer Fehlfunktion verteilt sind. Dies betrifft sowohl die Haftung der Teleoperator:innen als auch die der Technologieanbieter und Netzbetreiber. Die rechtlichen Konsequenzen, die sich aus dem Einsatz dieser Kommunikationstechnologien ergeben, sind vielfältig. Es müssen klare Regelungen für den Umgang mit Verbindungsabbrüchen oder -störungen geschaffen werden. Dabei ist zu definieren, welche Notfallprotokolle in solchen Fällen greifen und wie die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer:innen gewährleistet wird. Zudem muss der rechtliche Rahmen für die Erhebung, Verarbeitung und Speicherung der durch die Teleoperation generierten Daten geschaffen werden, unter strikter Beachtung der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) (Bast.de 2024).

Rechtliche Herausforderungen und Entwicklungen

Ein zentraler Aspekt ist die rechtliche Einordnung und Regulierung der Teleoperation im bestehenden Verkehrsrecht. Es muss geklärt werden, wie Teleoperation in die Straßenverkehrsordnung und das Straßenverkehrsgesetz integriert werden kann. Dabei sind insbesondere die Verantwortlichkeiten und Pflichten der teleoperierenden Person zu definieren. Es stellt sich die Frage, ob diese Person rechtlich als Fahrzeugführer:in im Sinne des Gesetzes betrachtet werden kann und welche Konsequenzen sich daraus ergeben.

Die Haftungsfrage bei Unfällen oder Verkehrsverstößen durch teleoperierte Fahrzeuge bedarf einer genauen rechtlichen Klärung. Es muss festgelegt werden, wie die Verantwortung zwischen der teleoperierenden Person, dem Fahrzeughalter und dem Hersteller des Teleoperationssystems verteilt wird. Dies könnte Anpassungen im Haftungsrecht und in der Kraftfahrzeugversicherung erforderlich machen. Ein weiterer wichtiger rechtlicher Aspekt betrifft den Datenschutz und die Datensicherheit. Die Teleoperation erfordert die Übertragung großer Mengen personenbezogener Daten, sowohl von den Insassen des Fahrzeugs als auch von anderen Verkehrsteilnehmer:innen. Hier müssen klare rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen werden, die den Schutz dieser Daten gemäß der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) gewährleisten und gleichzeitig den Erfordernissen der Verkehrssicherheit Rechnung tragen. Die Zulassung und Überwachung von Teleoperationssystemen stellen eine weitere rechtliche Herausforderung dar. Es müssen Kriterien und Verfahren entwickelt werden, nach denen die Sicherheit und Zuverlässigkeit dieser Systeme bewertet und zertifiziert werden können. Dies könnte die Schaffung neuer Prüfstellen oder die Erweiterung bestehender Einrichtungen erfordern. Schließlich muss auch die Frage der grenzüber-

schreitenden Teleoperation rechtlich geregelt werden. Es ist zu klären, welches Recht anwendbar ist, wenn ein Fahrzeug in einem Land teleoperiert wird, während sich die Leitstelle in einem anderen Land befindet (Bast.de 2024).

Übersicht Normen

Es wurde eine Übersicht der relevanten Normen aus Sicht der Leitstelle und Fernüberwachung zur Berücksichtigung bei automatisierten ÖV-Flotten erstellt. Diese ist in Anhang 5: Übersicht Normen abgelegt.

4.2 Organisation und Betrieb

In der Logistik und Lagerhaltung sind automatisierte Fahrzeuge mittlerweile weit verbreitet. Diese benötigen in der Regel keine ständige Fernüberwachung, sondern nur Eingriffe im Notfall oder bei Fehlermeldungen. Je größer der Einsatzbereich und die Anzahl der automatisierten Fahrzeuge, desto wichtiger wird jedoch die Einrichtung eines Live-Monitorings. Im Straßenverkehr hingegen, der eine weitaus komplexere Umgebung darstellt, ist eine kontinuierlich besetzte Leitstelle (Remote Management Center) unerlässlich. Daher wurden Unternehmen und existierende Teleoperation-Systeme recherchiert und als Liste in Anhang 6: Liste von Unternehmen und existierende Teleoperation-Systemen abgelegt.

Automatisierte Fahrzeuge sind mit zahlreichen Überwachungssensoren und teilweise mit künstlicher Intelligenz ausgestattet. Dennoch können sie in Situationen geraten, in denen die Algorithmen keine eindeutige Entscheidung treffen können. Ein unlösbares Problem tritt beispielsweise dann auf, wenn ein Fahrzeug kurzfristig eine Sperrlinie oder Sperrfläche überfahren muss, um ein Hindernis zu umfahren. Genau in solchen Situationen muss ein menschlicher Entscheider im Hintergrund zur Verfügung stehen. Diese Rolle wird in Deutschland als „Technische Aufsicht“ bezeichnet (Dix et al., 2021).

Die Aufgaben einer technischen Aufsicht können in sieben Kategorien unterteilt werden: Überwachung, Freigabe und Deaktivierung, indirekte Kontrolle, direkte Kontrolle, Koordination, Kommunikation und andere Aufgaben (Schwindt et al., 2023), wobei die Aufteilung und Kategorisierung dieser Aufgaben je nach Quelle variiert, wie in Abbildung 18 dargestellt. Die nachfolgende Abbildung zeigt verschiedene Ansätze in der Literatur zur Kategorisierung dieser Aufgaben.

	Monitoring	Release and Deactivation	Indirect Control	Direct Control	Coordination	Communication	Other Tasks
draft bill Deutscher Bundestag, 2021	tasks involving vehicle driving				tasks not involving vehicle driving		
SAE, 2020	Remote Assistance			Remote Driving	Dispatching	Fleet Operation	
Bogdoll et al., 2022	Remote Monitoring	Remote Assistance		Remote Driving	Remote Management		
Kettwich and Dreßler, 2020	Monitoring	Remote Control			Dispatching	Communication	Management
Feiler et al., 2020	Fleet Service	Teleoperation Service			Fleet Service	Emergency Service	

Abbildung 18: Clusterung der Aufgabenkategorien (Schwindt et al., 2023)

Im Rahmen der Studie von Schwindt und Kollegen (Schwindt et al., 2023) wird von drei Hauptrollen ausgegangen: Disponent:innen, Teleoperator:innen und sogenannte Field-Operator:innen. Dabei übernehmen die Disponent:innen die Aufgaben der Überwachung, Koordinierung und Kommunikation. Die Teleoperatoren:innen sind für die direkte und indirekte Kontrolle der Fahrzeuge sowie die Freigabe und Deaktivierungen verantwortlich, während die Field-Operatoren:innen für Aufgaben zuständig sind, die eine Präsenz am Fahrzeug erfordern.

Im Folgenden wird eine detaillierte Beschreibung der Aufgaben der einzelnen Rollen gegeben:

Disponent:innen kümmern sich um den reibungslosen Ablauf in einem Remote Management Center und haben mehrere Bereiche, für die sie die Verantwortung tragen. Mitarbeitende dieser Gruppe sind unter anderem für die Überwachung zuständig. Diese Aufgabe beinhaltet den Erhalt und die Beobachtung von Daten, die Wahrnehmung von Meldungen und das Schaffen eines Lagebewusstseins. Die Organisation, Planung und Koordination der Fahrzeuge in einer Flotte fallen ebenso in ihren Zuständigkeitsbereich. Zudem übernehmen sie die Kommunikation: Sie beantworten Anfragen von Fahrgästen, informieren aktiv über Vorfälle und kommunizieren mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen über akustische oder optische Ausgabegeräte, welche an den automatisierten Fahrzeugen angebracht sind. Störfälle müssen analysiert und dokumentiert werden (Schwindt et al., 2023).

Wenn ein Hindernis oder eine Störung während des Fahrbetriebes auftritt, ist es dem automatisierten Fahrzeug nicht erlaubt, selbst eine Änderung der Route vorzunehmen, wenn dadurch gegen Verkehrsregeln verstoßen wird. Das automatisierte Fahrzeug soll in dieser Situation Lösungsvorschläge an das Remote Management Center schicken und auf Genehmigung oder Ablehnung von **Teleoperator:innen** warten (Deutscher Bundestag, 2021). Es gibt dann zwei Möglichkeiten, die Kontrolle zu übernehmen.

Bei der indirekten Kontrolle prüfen Teleoperator:innen das vom automatisierten Fahrzeug vorgeschlagene Fahrmanöver und geben es bei Zustimmung frei. Sollte der Vorschlag nicht geeignet sein, übernimmt die Person die direkte Steuerung des Fahrzeugs (Schwindt et al., 2023).

Bei der direkten Kontrolle greifen Teleoperator:innen in das Fahrzeug ein und steuern es aus der Ferne, um es wieder auf den richtigen Kurs zu bringen. Sobald das automatisierte Fahrzeug sich stabil auf der Strecke befindet, übernimmt es erneut die Steuerung. Dieser Modus sollte nur selten genutzt werden, da er die volle Aufmerksamkeit des Mitarbeitenden über einen längeren Zeitraum erfordert. Bei einer größeren Fahrzeugflotte wäre es nicht praktikabel, regelmäßig die direkte Kontrolle zu übernehmen (Schwindt et al., 2023).

Wenn ein Problem auftritt, das aus der Ferne nicht gelöst oder behoben werden kann, müssen **Field-Operator:innen** entsandt werden, um direkt vor Ort einzugreifen.

Die Arbeitsplätze der Disponent:innen und Field-Operator:innen sollten in der Nähe der Flotten lokalisiert sein. Für die Lage der Teleoperator:innen ist jedoch eine stabile Kommunikationsverbindung von entscheidender Bedeutung (Schwindt et al., 2023), da die direkte Steuerung insbesondere durch die Anforderungen an niedrige Übertragungslatenz und ausreichende Upload-Bandbreite beeinflusst wird (Georg et al., 2020). Zudem ist eine erhebliche Bandbreite notwendig, um eine zuverlässige Zwei-Wege-Kommunikation zwischen Fahrzeug und Teleoperator:in zu ermöglichen. Fahrzeuge müssen in der Lage sein, hochauflösende Video- und Audiodaten sowie Koordinaten, Sensordaten und die Überprüfung des Meldungsempfangs zu übertragen (Goodall, 2020).

Arbeitsplatzgestaltung

Bei der Arbeitsplatzgestaltung müssen generell die Vorschriften des österreichischen Arbeitnehmer:innenschutzgesetzes (ASchG) berücksichtigt werden, insbesondere der Unterpunkt „Bildschirmarbeitsplätze“ im Abschnitt 6 (§ 67 Abs. 6 ASchG), da die Arbeit in einem Remote Management Center hauptsächlich vor Bildschirmen stattfindet. Die Regelungen

zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen, zur Belastung durch Schichtarbeit, Lärm, Stress sowie Pausenregelungen müssen auch an den Dienstorten eingehalten werden, um die Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeiter:innen zu gewährleisten.

Zudem wird bei der Ausstattung des Arbeitsplatzes zwischen den Rollen von Disponent:innen und Operator:innen unterschieden, da jede Funktion unterschiedliche Anforderungen und Schwerpunkte hat.

Die Anzahl der Monitore für die Operator:innen sollte so ausgelegt sein, dass sie einen umfassenden Überblick über die Umgebung der Fahrzeuge sowie über aktuelle Ereignisse und Meldungen bieten (Abbildung 19). Im Konferenzbeitrag von Franke und Kollegen (2021) wird ein Remote-Cockpit aus drei Displays definiert. Der erste Bildschirm zeigt ein visuelles Interface mit grafischen Darstellungen, einschließlich einer interaktiven Karte der Buslinien und Haltestellen. Hier werden zudem Informationen zu Verspätungen, Anschlusszeiten, Verkehrssteuerung und Ampeldata eingblendet. Ebenso ermöglicht dieser Bildschirm den Zugriff auf Kameras an Kreuzungen und Kreisverkehren. Der zweite Bildschirm dient dem Ereignismanagement, um die Überwachung zahlreicher Fahrzeuge und eingehender Anfragen zu erleichtern. Eine Ereignisliste unterstützt dabei, Anfragen zu priorisieren und gezielt zu steuern. Der dritte Bildschirm fungiert als Cockpit für die direkte Übernahme von Fahrfunktionen. Auf ihm können Kamerabilder einzelner Fahrzeuge abgerufen werden, um eine 360°-Ansicht zu ermöglichen. Hier wird auch die Videokommunikation mit Fahrgästen gesteuert. Informationen wie Betriebsstatus, Geschwindigkeit, Batteriestand, Fahrzeugbelegung sowie technische Details zu Sensorstatus und Verbindung zum Fahrzeug sind ebenfalls auf diesem Bildschirm einsehbar.



Abbildung 19: Mögliche Ausstattung eines Remote Management Centers³⁵.

Disponent:innen benötigen eine Anzeige für das Flottenmanagementsystem sowie die Möglichkeit, mit den Fahrgästen zu kommunizieren. Es ist wichtig, die Kommunikation zwischen den beiden Rollen zu berücksichtigen und sicherzustellen, dass die eingehenden Informationen von den Fahrzeugen effektiv und korrekt zwischen den Rollen verteilt werden.



Abbildung 20: Eine Möglichkeit der Remote Operation³⁶

Zusätzlich zu den visuellen Anzeigen wird ein leistungsfähiger Computer sowie eine Tastatur und Maus benötigt. Ein Headset ermöglicht die Kommunikation mit den Fahrgästen, während eine optionale externe Tonausgabe bei längeren Einsätzen die Ohren entlastet. Zur

³⁵ <https://www.sustainable-bus.com/news/navetty-autonomous-shuttle-paris-ariane/>

³⁶ <https://roboauto.tech/>

Fahrzeugsteuerung sind ein Controller oder ein Lenkrad mit Pedalen (Abbildung 20) erforderlich. Für die Ausführung grundlegender Funktionen – wie das Akzeptieren oder Ablehnen von Fahrvorschlügen des automatisierten Fahrzeugs, Not-Stopp, Hupen etc. – wird ein Touchscreen oder ein Stream Deck zur Verfügung gestellt (Abbildung 21).



Abbildung 21: Ein exemplarischer Aufbau eines Bedienpults (Schmidt et al., 2022)

Mitarbeitende und Qualifizierung

Hier werden kurz relevante Aspekte aus der Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit automatisierter Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen (AFGBV) in Deutschland vom 01.07.2022 angeführt. Die Person, welche als Technische Aufsicht fungiert, muss in einer der aufgezählten Fachrichtungen (Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Elektrotechnik, Luft- und Raumfahrttechnik oder Luftfahrzeugtechnik) einen der folgenden Abschlüsse besitzen: Diplom-Ingenieur, Diplom-Ingenieur (FH), Ingenieur (graduiert), Bachelor, Master oder staatlich geprüfte:r Techniker:in. Zudem benötigt der/die Arbeitende eine gültige Fahrerlaubnis und eine entsprechende Schulung beim Hersteller des Kraftfahrzeuges mit automatisierter Fahrfunktion. Als zuverlässig gilt eine Person, wenn sie ein Führungszeugnis, eine Auskunft aus dem Fahrerlaubnisregister sowie eine Auskunft über Eintragungen aus dem Fahreignisregister bei der Behörde vorlegt.

Mitarbeitende, die der technischen Aufsicht unterstellt sind, brauchen mindestens drei Jahre Berufserfahrung im Bereich des Verkehrs- und Kraftfahrzeugwesens und eine gültige Fahrerlaubnis. Die eingesetzten Personen müssen mindestens einmal jährlich beim Hersteller in Bezug auf wesentliche Veränderungen am Fahrzeug oder der automatisierten Fahrfunktionen geschult werden. Die Schulung kann nach der erfolgreichen Absolvierung einer praktischen Prüfung mit simulierten Betriebsstörungen abgeschlossen werden.

Befindet sich ein automatisiertes Fahrzeug im risikominimalen Zustand, ist die Technische Aufsicht dazu verpflichtet, die Ursachen sowie die Notwendigkeit dieses Zustands zu untersuchen. Erst danach darf die Beendigung des Zustands eingeleitet werden. Liegt ein Defekt vor, muss die Technische Aufsicht die Fahraufgabe manuell übernehmen, bis das Problem dauerhaft behoben ist. Falls das Fahrzeug die Sicherheit oder den reibungslosen Verkehrsablauf gefährdet, muss es umgehend aus dem Straßenverkehr entfernt werden. Nach dem Abtransport ist die Technische Aufsicht dafür verantwortlich, die gespeicherten Fahrdaten auszuwerten und alles genau zu dokumentieren.

Die Person muss in der Lage sein, Fehler schnell zu erkennen und zu identifizieren. Zudem sind gute Kommunikationsfähigkeiten wichtig. Dies ergibt sich aus der Analyse verwandter Berufsgruppen im Luft- und Schienenverkehr. Die Wahrnehmung von Gefahren erfordert, dass die relevanten Informationen einer Situation erkannt, die bestehenden Herausforderungen verstanden und mögliche Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Die Grundlage für Gefahrenwahrnehmung ist demnach ein Situationsbewusstsein (Dix et al., 2021). Prozesse, die zu einem fundierten Situationsbewusstsein führen, umfassen drei Level: die Wahrnehmung der Umgebung, das Verständnis ihrer Bedeutung sowie die Vorhersage der Auswirkungen von Veränderungen in der Umgebung und des zukünftigen Zustands der Objekte (Endsley, 1995). Erfahrung, kognitive Fähigkeiten und Wahrnehmungsgeschwindigkeit sowie -genauigkeit sind individuelle Merkmale, welche dazu beitragen, wie gut eine Person in der Lage ist, Situationen im ersten Level wahrzunehmen. Das Konzept des Situationsbewusstseins kann daher beim Prozess der Personalauswahl, aber auch bei Ausbildungsprogrammen hilfreich sein, damit Personen in bestimmten Aspekten geschult werden können (Redden, 2001).

Insbesondere Disponent:innen müssen eine hohe Fähigkeit zur Prozesskoordination besitzen. Teleoperator:innen sind gefordert, nach Phasen geringer Arbeitsbelastung plötzlich auftretende Stresssituationen effektiv zu bewältigen. Sie müssen Entscheidungen allein auf Basis von Fahrzeugdaten, Kartenmaterial und Kamerabildern treffen können (Schwindt et al., 2023).

Personalmanagement

Da die Mitarbeiter:innen weder über- noch unterfordert werden dürfen, muss die Anzahl der Fahrzeuge genau berechnet werden, die einer Person zugeordnet werden (Kettwich et al., 2021).

Eine wesentliche Frage, die sich auch stellt, ist die Anzahl der Mitarbeiter:innen, die notwendig sind, um eine Flotte effizient zu leiten. Diese Anzahl könnte abhängig sein von der Anzahl der Fahrzeuge im Einsatz, der geschätzten Anzahl an Fahrgästen, der Umgebung, in der die Flotte betrieben wird, und weiteren Faktoren. Das Verhältnis von Teleoperator:innen zu den Fahrzeugen hat klare Auswirkungen auf die Sicherheit (Goodall, 2020). Verschiedene Studien und Unternehmen haben sich mit der Schätzung der notwendigen Mitarbeiter:innen beschäftigt. Beispielsweise gehen Ottopia Technologies³⁷ und Einride (2020)³⁸ davon aus, dass eine Person für bis zu 10 Fahrzeuge verantwortlich sein kann.

Wichtig ist, dass diese Anzahl genau bestimmt wird, um eine Unter- oder Überforderung der Mitarbeitenden zu vermeiden. Die Anzahl der zu überwachenden Fahrzeuge kann unter anderem anhand der Warteschlangentheorie geschätzt werden. Unter der Annahme, dass alle Fahrten hochautomatisiert sind und die Fahrzeuge in der Lage sind, den Bedarf an menschlicher Unterstützung im Voraus zu erkennen, sollte die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fahrzeug Hilfe benötigt und keine Mitarbeiter:innen verfügbar sind, geringer sein als die Wahrscheinlichkeit, dass ein menschlicher Fahrer durch ein medizinisches Problem nicht in der Lage ist, seine Fahrt fortzusetzen. Goodall (2020) kommt nach aufwendigen Analysen zu anderen Zahlen und stellt fest, dass durchschnittlich alle 397 Betriebsstunden eine Fernübernahme erforderlich ist. In den USA könnten zwischen 4.074 und 37.538 Teleoperator:innen alle Fahrzeuge betreuen. Um die Zahlen greifbarer zu machen, hilft das folgende Beispiel: Auf globaler Ebene könnte der Betrieb von Uber, der von ungefähr 3,9 Millionen Fahrern abgewickelt wird, mit weniger als 400 Teleoperator:innen gemanagt werden. Das würde eine Reduzierung der Arbeitsstunden um über 99,9 % bedeuten (Goodall, 2020). Zusätzliches Personal sollte jedoch eingeplant werden, wenn zum Beispiel schlechtes Wetter vorhergesagt wird, vermehrte Baustellen auf den Routen erwartet werden oder an Feiertagen und bei Großveranstaltungen.

Um ein optimales Verhältnis zwischen Operator:innen und der Flottengröße in der Praxis zu gewährleisten, sind praktische Tests unverzichtbar. Dabei steht jedoch die Sicherheit stets an erster Stelle, und es wird sichergestellt, dass ausreichend Personal in Bereitschaft steht, um im Bedarfsfall sofort eingreifen zu können.

³⁷ <https://www.forbes.com/sites/samabuelsamid/2021/07/28/ottopia-to-provide-remote-assistance-for-motional-robotaxis/?sh=44475f684a6e>

³⁸ <https://www.automotive-fleet.com/355200/einride-showcases-single-operator-control-of-multiple-autonomous-vehicles>

Für die Einteilung der Arbeitszeiten und die Pausengestaltung in Remote Management Centern für automatisierte Fahrzeuge gibt es derzeit noch keine Regelungen oder gesetzlichen Vorschriften. Um einen Standard festzulegen, müssen Studien durchgeführt und im laufenden Betrieb erprobt werden.

Fahrer:innen-Mangel

Durch den Aufbau eines Remote Management Centers können in weiterer Folge die Fahrzeuge in einer Flotte betrieben werden. Dadurch wird ein Betrieb im wirtschaftlichen Sinne ermöglicht. Zudem kann die Automatisierung der Fahrzeuge eine Lösung gegen den vorherrschenden Fachkräftemangel bieten. Seit 01.01.2024 ist der Beruf der Buslenker:innen in die Mangelberufsliste aufgenommen worden³⁹. Der Obmann der Fachgruppe der Autobus-, Luftfahrt- und Schifffahrtunternehmungen in der WKÖ, Ludwig Richard, berichtete Anfang des Jahres 2024, dass in den nächsten fünf Jahren 5.000 neue Autobuslenker:innen gebraucht werden⁴⁰.

Bereits im Jahr 2021 berichteten österreichische Medien über einen akuten Mangel an Lkw-Fahrer:innen. Damals waren rund 8.000 offene Stellen unbesetzt, und 41 Prozent der Angestellten waren älter als 51 Jahre⁴¹.

In Deutschland schätzt man, dass bereits 20.000 Busfahrer:innen im ÖPNV fehlen. Mehr als die Hälfte der Beschäftigten sind älter als 50 Jahre. Daher ist damit zu rechnen, dass bis 2030 jährlich 4.000 bis 6.000 Fahrkräfte in den Ruhestand wechseln (VDV, 2023).

Anfang 2023 wird in Deutschland berichtet, dass in etwa 70.000 Lkw-Fahrer:innen fehlen. Zudem fallen jährlich 30.000 Personen altersbedingt weg, wobei lediglich 15.000 neu dazukommen⁴². Im Jahr 2023 waren 7 % der Lkw-Fahrer:innen-Jobs in Europa nicht besetzt. Dabei handelt es sich um rund 233.000 nicht besetzte Stellen. Das Durchschnittsalter des Personals liegt bei 47 Jahren. Eine Prognose für das Jahr 2028 vermutet einen Anstieg auf 17 % unbesetzte Stellen in dieser Branche⁴³.

³⁹ <https://www.wko.at/oe/transport-verkehr/autobus/aufnahme-des-buslenkers-in-die-mangelberufsliste>

⁴⁰ <https://wirtschaftsbund.wien/news/alles-einsteigen-neue-autobuslenker-bekommen-ausbildung-bezahlt/>

⁴¹ https://www.kleinezeitung.at/wirtschaft/6036917/Fahrermangel-in-Oesterreich_LkwFahrer_Fuer-diese-Bezahlung-geht

⁴² <https://www.bdo.org/presse/pressemeldungen/gravierender-mangel-an-lkw-und-busfahrer-innen>

⁴³ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1373795/umfrage/nicht-besetzte-lkw-fahrer-stellen-in-europa/>

Kommunikation und Datensysteme

Für die Kommunikation mit den Fahrgästen und anderen Verkehrsteilnehmenden benötigt es akustische Sensoren außen und im Inneren des Fahrzeuges. Zudem werden im Inneren und Äußeren des Fahrzeuges optische Sensoren benötigt. Da sich Personen allein im Fahrzeug aufhalten können, ist ein CO₂-Sensor im Inneren des Fahrzeuges notwendig. Dieser Sensor soll im Falle einer signifikanten Luftqualität-Veränderung eine automatische Verbindung vom Fahrzeug zur Leitstelle herstellen. Somit kann bei einem Notfall die Rettungskette durch den/die Mitarbeitenden in Gang gesetzt werden.

Eine stabile Netzwerkinfrastruktur ist entscheidend, da die Kommunikation mit den automatisierten Fahrzeugen in Echtzeit und zuverlässig erfolgen muss. Alle Daten, die zwischen den Fahrzeugen und dem Remote Management Center übertragen werden, müssen durch moderne Verschlüsselungsmethoden geschützt werden. Regelmäßige Updates der Sicherheitssoftware sind erforderlich, um den neuesten Bedrohungen zu begegnen.

Das ferngesteuerte Fahren braucht eine beträchtliche Bandbreite über drahtlose Netze, um eine zuverlässige Kommunikation mit geringer Latenzzeit zwischen Fahrzeug und Operator:in zu ermöglichen. Es müssen hochauflösende Video- und Audiodaten sowie Koordinaten und Sensordaten transferiert werden.

Low Latency Video – extraschnelle Videoaufnahme und Übertragung

Automatisiertes Fahren stellt hohe Anforderungen an die Sicherheit der Fahrgäste bzw. Fracht, und entsprechend muss die Reaktionsfähigkeit der verantwortlichen Monitoring-Mitarbeitenden in der Leitstelle – bzw. eines entsprechenden KI-Prozesses auf einer Kontrollplattform – in Echtzeit durch eine schnelle Ende-zu-Ende-Videolatenz bestmöglich unterstützt werden.

Internationale Beispiele aus China:

- Bergbau in Shaneng Group, zur Überwachung von Grabungsmaschinen
- Bergbau in Zhang Ji/Gu Qiao Mining, zur Überwachung von Grabungsmaschinen
- Containerhäfen mit Verlademaschinerie
- automatisiert fahrende Container-LKW im Hafen von GangZhou

Der derzeitige Stand der Technik zur Übertragung von Videoaufnahmen in kürzestmöglicher Zeit von der Kameralinse bis zur Leitstelle oder dem kontrollierenden KI-Server wurde im

Rahmen des „5G+ Low Video Latency Show Case“ demonstriert. Der technische Aufbau bestand aus folgenden Komponenten:

- 5G-Standalone-(SA)-Netz – um die notwendige Bandbreite kontinuierlich mit entsprechender garantierter Qualität konfigurieren zu können.
- Indoor SDI-Kamera BirdDog Eyes P100 1080P full NDI PTZ Camera mit SDI (Serial Digital Interface) BD-P100W, als qualitativ hochwertige Videokamera. Das SDI ermöglicht eine Übertragung des Bildmaterials an den Empfänger mit geringen Zeitverlusten. Die Kamera kann ebenfalls ferngesteuert werden
- ZTE SE 9102, als SmartEdge Video Gateway (Details werden unten beschrieben)
- NodeEngine Karte, direkt im BBU (Baseband Unit des 5G Mobilfunknetzes) als lokaler Offload des Video-Streams. Diese Direktverbindung erspart eine Datenweiterleitung über den Core und reduziert damit weitere Zeitverzögerungen.
- Lenovo Thinx Server mit einer Nvidia- und Intel-Grafikkarte als schneller Display Server, der das gewonnene Bildmaterial über eine performante Grafikkarte mit minimaler Verzögerung darstellt.
- Große Video-Wall des IFT / TU Wien

In Zusammenarbeit mit Hutchison 3 Austria (H3A) und ZTE Austria (ZTE) wurde von pdcp GmbH (SURAAA) am 10.10.2023 eine Demonstration einer Video-Überwachungslösung mit minimaler Latenzzeit auf dem 5G-Campusnetzwerk des Tec-Lab / Institut für Fertigungstechnik (IFT) der TU Wien vorbereitet und durchgeführt (Abbildung 22).

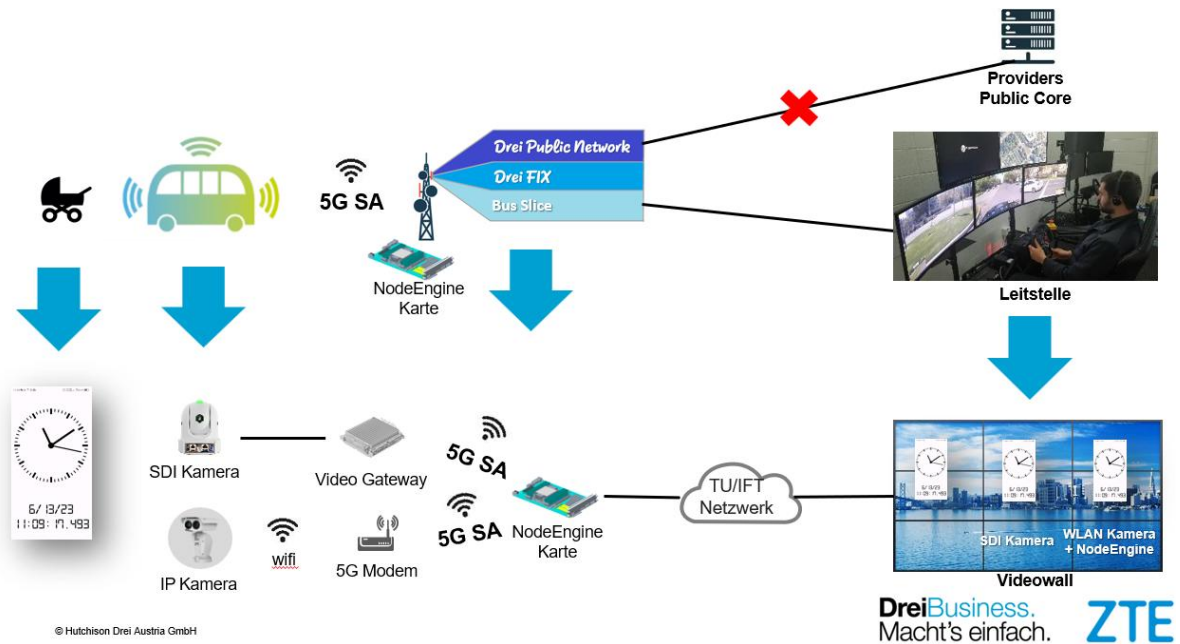


Abbildung 22: Aufbau der Demonstration

Die Demonstration wurde auf die „on Campus“-Variante oben („Co-Deployment with the NodeEngine“) konzentriert, da in diesem Demonstrations-Szenario folgende Vorteile erzielt werden können:

- Test im isolierten 5G-Netzwerk des IFT der TU Wien
- Test auf dem Gelände des IFT-Industrie-Campus, in dem somit keine Personen aufgenommen werden und keine Anmeldung, wie sonst im öffentlichen Raum notwendig, erfolgen muss.

Durch das autonome und isolierte 5G-IFT-Netzwerk konnte eine minimale Ende-zu-Ende-Latenz von der Kamera bis zum Bildschirm konfiguriert werden. Folgende Messergebnisse wurden erzielt:

- 5G-SA-Netzwerk bis zur NodeEngine: rund 5 ms
- Kamera, TU-IFT-Netzwerk bis zum Display Server und Flash Player zur Wiedergabe des Videos: 75 bis 135 ms schwankend
- Damit ergeben sich für Ende-zu-Ende – auf Grund der fluktuierenden Performance der Kamera und des Players – 80 bis 140 ms Latenz von der Kameralinse bis zur Wiedergabe an der Video-Wall

Das Smart-Edge Video GW ZTE 9102 verfügt über zahlreiche Features, welche einen Einsatz in einem am öffentlichen Verkehr teilnehmenden Fahrzeug unterstützen:

- 12V-Anschluss
- 2 getrennte 4G/5G-Modems und SIM Slots
- unterstützt weiters die Verbindung zu Fahrzeug-Sensoren über die Protokolle: CANBus, OPC UA, Modbus, and Profinet
- GE ports mit rugged Verschraubungen
- IP66-geschützt
- Blitzschutz bis 3000A und 4000V

Für einen Einsatz in einem automatisierten Fahrzeug kann somit die Fernüberwachung per Low Latency Video, Sensorikabfragen und Fernsteuerungsmöglichkeiten angeboten werden. Abbildung 23 stellt die Ergebnisse des Use Cases dar. Es zeigt sich ein Reduktionspotential des notwendigen Bremsweges bei reduzierter Latenz.

5G+ Low Video Latency Show Case										
Normal Video Latency	0,5	500	msek							
Low Video Latency	0,1	100	msek							
Differenz		400	msek							
				Differenz in Meter Normal vs. Low Video Latency						
Übersetzung in Distanz		Geschwindigkeit		Geschwindigkeit		400	msek			
Einparken		5	km/h	=	1,4	m/sek	0,56	Meter	gewonnener Handlungsspielraum für Notstopp	
automatisiertes Fahren (z.B. Pörschach)		20	km/h	=	5,6	m/sek	2,22	Meter	gewonnener Handlungsspielraum für Notstopp	
neue Novelle AutomatFahrVo		30	km/h	=	8,3	m/sek	3,33	Meter	gewonnener Handlungsspielraum für Notstopp	
Ortsgebiet		50	km/h	=	13,9	m/sek	5,56	Meter	gewonnener Handlungsspielraum für Notstopp	
Überland		100	km/h	=	27,8	m/sek	11,11	Meter	gewonnener Handlungsspielraum für Notstopp	
Maglev Central Japan Railway (JR Tokai)		603	km/h	=	167,5	m/sek	67,00	Meter	gewonnener Handlungsspielraum für Notstopp	

Abbildung 23: Vergleich der Bremswege bei unterschiedlicher Geschwindigkeit und Latenz

Im nachfolgenden werden die Learnings des Use Cases kurz dargestellt. Im Bereich des automatisierten Fahrens spielen Technologien wie 5G und Wi-Fi eine zentrale Rolle, wobei im Grunde zwischen Fern- und Nahfeldkommunikation unterschieden wird.

Stärken und Schwächen von 5G und Wi-Fi

5G: Diese Technologie bietet niedrige Latenzzeiten, hohe Bandbreiten und eine weiträumige Netzabdeckung. 5G ermöglicht die nahezu verzögerungsfreie Echtzeit-Kommunikation, die vor allem für sicherheitskritische Anwendungen von Bedeutung ist, etwa bei der gleichzeitigen Steuerung oder dem Management mehrerer automatisierter Fahrzeuge. Ein

Nachteil ist jedoch die Abhängigkeit von Mobilfunknetzen und die potenziell hohe Kostenstruktur, sowohl für die Infrastruktur als auch für Endverbraucher. Zudem kann die Abdeckung in abgelegenen Gebieten eingeschränkt sein.

Wi-Fi (speziell V2X): Wi-Fi punktet vor allem in der Nahfeldkommunikation, etwa im direkten Austausch zwischen Fahrzeugen, ohne Umweg über ein Mobilfunknetz. Diese direkte Kommunikation reduziert die Latenzzeiten für kurze Distanzen und ist besonders in dicht bebauten Gebieten, auf Parkplätzen oder in Staus von Vorteil. Der Nachteil liegt jedoch in der geringeren Reichweite und der Abhängigkeit von vorhandenen Hotspot-Netzwerken, die speziell in ländlichen Gegenden nicht immer verfügbar sind. Zudem können Interferenzen bei hoher Nutzer:innendichte auftreten.

Sobald automatisierte Fahrzeugflotten größere Regionen befahren, eignet sich 5G für die Fernüberwachung der automatisierten Fahrzeuge. Die größere Reichweite und die Möglichkeit zur Integration zahlreicher Geräte bei hoher Geschwindigkeit machen 5G zu einer idealen Basis für das Monitoring und die Steuerung automatisierter Fahrzeuge über große Distanzen hinweg. Insbesondere im Notfall, wenn ein Fahrzeug sofort auf Anweisungen reagieren muss, bietet 5G die nötige Infrastruktur, um in Echtzeit zu kommunizieren.

Die Kombination beider Technologien – 5G im Fernfeld und Wi-Fi im Nahfeld – stellt die optimale Lösung dar. Sollte die 5G-Verbindung durch äußere Faktoren beeinträchtigt sein, etwa durch Überlastung oder temporäre Netzstörungen, könnte die Kommunikation über Wi-Fi zumindest auf kurze Distanzen weiterhin funktionieren und dadurch eine Grundfunktionalität der Fahrzeuge gewährleisten. Diese Redundanz zwischen 5G und Wi-Fi erhöht die Ausfallsicherheit, was besonders bei sicherheitskritischen Systemen wichtig ist. Ein Fahrzeug könnte in einem solchen Fall zumindest auf lokale Sensoren und die Kommunikation mit anderen Fahrzeugen in der unmittelbaren Umgebung zurückgreifen.

Flottenmanagement

Der Betrieb einer Flotte automatisierter Fahrzeuge erfordert ein intelligentes und vernetztes System, das Sicherheit, Effizienz und Benutzerfreundlichkeit vereint. Das Flottenmanagement basiert auf der Vernetzung von Fahrzeugen, Apps, Backend-Systemen sowie einem Remote Management Center.

Automatisierte Fahrzeuge bilden die Basis des Systems. Sie sind mit Sensoren, Kameras und KI-gestützten Systemen ausgestattet, die eine sichere und präzise Navigation ermöglichen und kontinuierlich Daten an die Leitstelle übermitteln. Durch die Vernetzung mit anderen

Fahrzeugen und der Infrastruktur können sie in Echtzeit auf Verkehrssituationen reagieren. Regelmäßige Wartungsarbeiten und Software-Updates sind essenziell, um die Funktionsfähigkeit und Sicherheit der Fahrzeuge zu garantieren.

Die Fahrzeug-App dient als zentrale Schnittstelle für Betriebspersonal und unterstützt bei der Steuerung und Überwachung der Fahrzeuge, sowohl im fahrerbasierten als auch im automatisierten Verkehr. Sie beinhaltet eine integrierte Navigation, die Echtzeitinformationen gibt über die Position jedes Fahrzeugs in der Flotte, was eine schnelle Reaktion auf Buchungsanfragen und flexible Nutzung sichert. Zusätzliche Automatisierung von Funktionen, z. B. Routineaufgaben wie das Öffnen und Schließen von Türen sowie Öffnen der Rampe oder die Kommunikation mit der Leitstelle, machen das System effizienter und komfortabler.

Das intelligente Backend fungiert als Schaltzentrale des gesamten Systems. Hier werden alle Daten der Flotte gesammelt, analysiert und für die Einsatzplanung genutzt. Durch die Auswertung von Fahrgastströmen und Nachfrageprognosen wird die Auslastung der Fahrzeuge optimiert, während eine skalierbare Plattform sicherstellt, dass das System auch bei steigendem Verkehrsaufkommen oder Sonderereignissen flexibel bleibt. Individuelle Bedürfnisse, wie barrierefreie Fahrten oder Sonderwünsche, werden hier koordiniert, und durch cleveres Pooling und Routing werden Leerfahrten minimiert.

Das Remote Management Center ermöglicht eine zentrale Überwachung und Steuerung der gesamten Flotte. Hier werden folgende Bereiche abgedeckt.

- Detaillierte Einsatzplanung: Fahrzeuge werden je nach Tageszeit, Wetterbedingungen oder besonderen Ereignissen koordiniert.
- Effiziente Steuerung der Flotte: Bei Störungen oder Engpässen kann sofort reagiert werden, um den Betrieb aufrechtzuerhalten.
- Echtzeit-Monitoring: Der Zustand der Fahrzeuge und die Einhaltung der Fahrpläne werden lückenlos überwacht.

Die Buchungs-App rundet das System ab, indem sie den Fahrgästen eine einfache und benutzerfreundliche Möglichkeit bietet, die automatisierten Fahrzeuge zu nutzen. Sie ist in bestehende ÖPNV-Systeme integriert, um multimodale Reisen zu ermöglichen, und berücksichtigt individuelle Bedürfnisse wie Barrierefreiheit. Die gesammelten Buchungsdaten helfen dem Betrieb, das Angebot kontinuierlich zu verbessern und auf die Nachfrage abzustimmen. Ein effizienter Kundensupport sorgt dafür, dass Probleme schnell gelöst werden und die Zufriedenheit der Fahrgäste steigt.

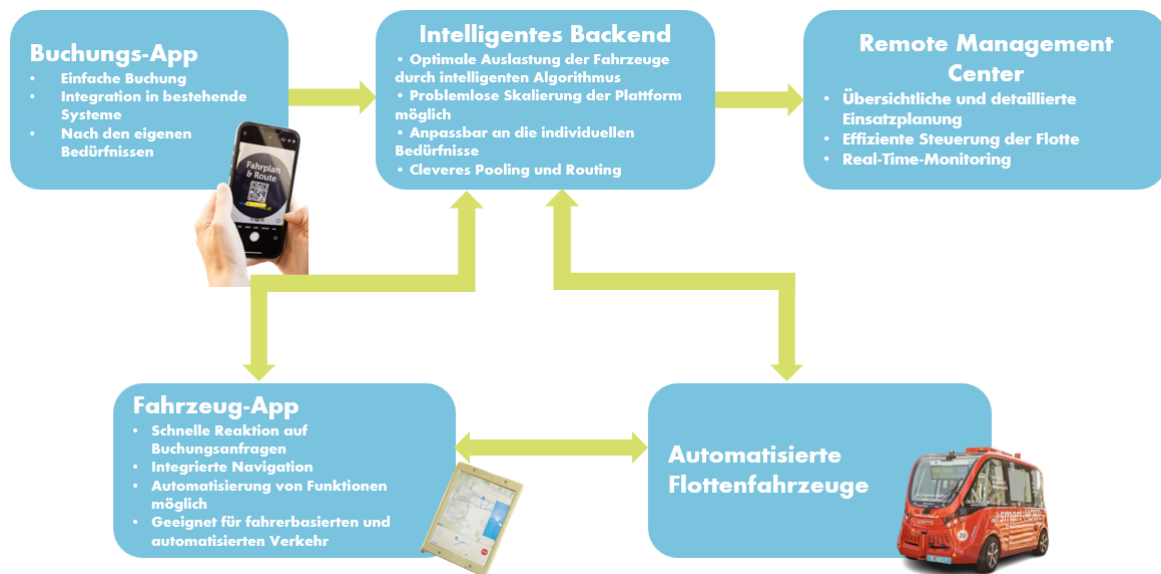


Abbildung 24: Exemplarisches Betriebssystem für digitale Mobilität, um ein erfolgreiches Flottenmanagement zu gewährleisten

Notfall- und Krisen-Management

Um bei einem Ausfall eines automatisierten Fahrzeugs Panik unter den Fahrgästen zu verhindern, ist es entscheidend, eine klare Kommunikation zu gewährleisten, die Sicherheit vermittelt und die nächsten Schritte transparent erklärt. Das Personal sollte umfassend geschult sein, um in Notfällen ruhig und professionell zu reagieren und zu kommunizieren.

Über das Lautsprechersystem werden Ansagen gemacht, die die Fahrgäste über die aktuelle Situation informieren. Diese Ansagen liefern präzise und beruhigende Informationen wie die Ursache des Ausfalls, die voraussichtliche Dauer sowie die nächsten Schritte. Ziel dieser Durchsagen ist es, die Fahrgäste zu beruhigen und ihnen ein Gefühl von Sicherheit zu vermitteln. Es ist wichtig, klare Informationen und gegebenenfalls Verhaltensanweisungen zu geben. Besonders in urbanen Gebieten mit internationalem Publikum sollten die Ansagen in mehreren Sprachen erfolgen, um möglichst viele Fahrgäste zu erreichen.

Zusätzlich zu den Durchsagen kann auch der/die Field-Operator:in geschickt werden, um die Fahrgäste direkt zu informieren und zu beruhigen. Zudem kann so auf Menschen mit Behinderungen oder auf ältere Personen eingegangen werden.

Studienergebnisse der Hochschule Coburg haben gezeigt, dass Fahrgäste Wert auf Transparenz legen. Viele wünschen sich eine schnelle und zuverlässige Kommunikation mit einem

Menschen. Eine Videoübertragung in das Remote Management Center erhöht das Sicherheitsgefühl und verringert das Gefühl von Hilflosigkeit⁴⁴.

Elektronische Displays im automatisierten Fahrzeug zeigen aktuelle Informationen an. Diese können Auskunft über den Status des Ausfalls und die voraussichtliche Wartezeit geben und bieten oft Kontaktinformationen für weitere Unterstützung. Fahrgäste, die sich in einer App oder einem Ticketservice registriert haben, können per Push-Benachrichtigung oder SMS informiert werden. Diese Nachrichten können Anweisungen und weitere Informationen enthalten. Zusätzliche Informationen über den Ausfall/Vorfall können auf den offiziellen Social-Media-Kanälen und Webseiten bereitgestellt werden, sodass Fahrgäste jederzeit aktuelle Informationen einholen können.

Die Fahrgäste sollten über Kontaktmöglichkeiten für Feedback und Fragen informiert werden. Dies kann eine Hotline, ein E-Mail-Support oder ein Chat-Service über die App sowie ein Chatbot sein. Dies hilft dem Unternehmen oder Betreibern, Schwachstellen zu identifizieren und Kommunikationsstrategien zukünftig zu verbessern.

Betreiber von automatisierten Fahrzeugen können im Vorfeld Informationskampagnen durchführen, um Fahrgäste über Verhaltensweisen und Sicherheitsmaßnahmen in Notfällen aufzuklären. Flyer, Poster und Videos, welche auf den Informations-Displays im Fahrzeug gezeigt werden, können helfen, die Fahrgäste auf den Umgang mit ungeplanten Vorfällen vorzubereiten. Durch eine klare und effektive Kommunikation während eines Ausfalls können Verkehrsunternehmen das Vertrauen der Fahrgäste stärken, ihre Sicherheit gewährleisten und die Auswirkungen des Ausfalls auf ein Minimum reduzieren.

In der folgenden Tabelle werden zentrale Maßnahmen zur Sicherstellung der Betriebssicherheit und Ausfallsicherheit eines Remote Management Centers beschrieben. Dabei geht es um technische und organisatorische Vorkehrungen, um den Betrieb auch bei Stromausfall, Netzwerkausfall, Systemfehlern oder Cyberangriffen aufrechtzuerhalten.

⁴⁴ <https://www.hs-coburg.de/news/im-notfall-wollen-fahrgaeste-im-autonomen-shuttle-einen-menschen-sprechen/>

Tabelle 9: Technische und organisatorische Maßnahmen zur Sicherstellung der Betriebs- und Ausfallsicherheit eines Remote Management Centers

Maßnahmen	Beschreibung
Notstromversorgung	• USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung): Das Remote Management Center wird an ein USV-System angeschlossen, das eine sofortige Stromversorgung gewährleistet, wenn das Hauptstromnetz ausfällt. • Generatoren: bei größeren Anlagen kann man die Energieversorgung auch mit Dieselgeneratoren sicherstellen, die bei längeren Stromausfällen automatisch starten.
Redundante Netzwerke	• Redundante Leitungen: Wichtige Kommunikationsleitungen werden doppelt ausgelegt, sodass der Betrieb bei einem Ausfall einer Leitung über eine andere erfolgen kann. • Verschiedene Kommunikationswege: Leitsysteme werden mit unterschiedlichen Kommunikationsmethoden ausgestattet, um eine höhere Ausfallsicherheit zu erreichen, z. B. Glasfaser, Mobilfunk oder Satellitenverbindungen.
Systemredundanz und Failover	• Hardware-Redundanz: Steuergeräte sind doppelt vorhanden, um bei einem Defekt eines Gerätes sofort auf ein anderes wechseln zu können. • Software-Failover: Die Software muss so programmiert sein, dass bei einem Fehler in einem System auf ein Backup-System umgeschaltet wird.
Cybersecurity und Kommunikationssicherheit	• Verschlüsselung und Firewalls: Für die Absicherung der Kommunikation gegen Cyber-Angriffe werden verschlüsselte Verbindungen und Firewalls verwendet. • Regelmäßige Tests und Updates: Leitsysteme werden regelmäßig auf Schwachstellen überprüft und Sicherheitsupdates werden eingespielt, um die Systeme gegen aktuelle Bedrohungen zu schützen.
Notfallpläne und Schulungen	• Notfallverfahren: Für den Fall eines Ausfalls muss auf detaillierte Notfallpläne zurückgegriffen werden, um die Sicherheit aller Beteiligten zu gewährleisten. • Regelmäßige Übungen: Alle Mitarbeiter:innen in einem Remote Management Center werden regelmäßig geschult, um im Ernstfall schnell und effektiv reagieren zu können.

5 Optionen für die öffentliche Hand und Betreiber

Auf Basis der Ergebnisse aus den vorangegangenen Kapiteln sowie einer Analyse des rechtlichen Rahmens für den Fahrzeug-Flottenbetrieb werden die erarbeiteten Handlungsempfehlungen für die öffentliche Hand und ÖV-Betreiber vorgestellt.

5.1 Rechtlicher Rahmen

Der Rechtsrahmen beschäftigt sich zunächst mit den primären Rechtsakten der Europäischen Union und der KI-Verordnung zur Regulierung von künstlicher Intelligenz. Der zweite Überblick beschäftigt sich mit den Level-4-Gesetzen aus Deutschland und Frankreich aus Teleoperationssicht. Deutschland und Frankreich wurden für den Vergleich herangezogen, da sie ähnliche Zulassungsverfahren, Teststrecken, sowie Datenschutz- und Sicherheitsstandards haben. Diese Gemeinsamkeiten ermöglichen eine Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen und technischen Anforderungen zur Weiterentwicklung der Teleoperation in Österreich. Neben einer Betrachtung der internationalen Normen werden rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens von automatisierten Flotten betrachtet.

Rechtsrahmen in der Europäischen Union

Im rechtlichen Rahmen der Europäischen Union wurden mehrere bedeutende Vorschriften und Richtlinien zur Regulierung von Kraftfahrzeugen, insbesondere im Kontext des automatisierten Fahrens, eingeführt. Die Richtlinie 2007/46/EG vom 5. September 2007 schuf einen umfassenden Rahmen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Anhängern innerhalb der EU, der die Sicherheits- und Umweltstandards für Fahrzeuge festlegte und Grundlagen für automatisiertes Fahren integrierte. Verstärkt wurden diese Anforderungen durch die Verordnung (EU) Nr. 661/2009 vom 13. Juli 2009, die strengere Sicherheitsstandards vorschrieb und somit die Entwicklung sicherer automatisierter Fahrzeugsysteme beeinflusste. Die delegierte Verordnung (EU) Nr. 2015/962 vom 18. März 2015 fokussierte auf die Echtzeit-Verkehrsinformationen, die für die Vernetzung automatisierter Fahrzeuge essenziell sind. Weiterhin ersetzte die Verordnung (EU) 2018/858 vom 30. Mai 2018 die Richtlinie von

2007 und aktualisierte die Typgenehmigungsvorschriften, was eine klarere Basis für die Zulassung automatisierter Fahrzeuge schuf und die Sicherheits- und Umweltstandards stärkte.

Mit der Verordnung (EU) 2019/2144 vom 27. November 2019 (General Safety) wurden spezifische Sicherheits- und Datenschutzanforderungen für alle in der EU verkauften Fahrzeuge festgelegt, einschließlich der Ausrüstung neuer Fahrzeuge mit modernen Sicherheitssystemen, die auch für automatisiertes Fahren relevant sind. Zwei Jahre später wurden mit der Verordnung (EU) 2021/646 Anforderungen für das automatisierte Spurhaltesystem (ALKS) definiert. Dieses darf auf EU-Autobahnen bis zu einer Geschwindigkeit von 60 km/h eingesetzt werden. Diese Verordnung wurde ergänzt durch die UN-Regelung Nr. 157, welche die Höchstgeschwindigkeit auf 130 km/h angehoben hat.

Die Verordnung (EU) 2022/2236, verabschiedet im Juli 2022, stellt einen wichtigen legislativen Schritt dar, der die Genehmigung von vollautomatisierten Fahrzeugen in Kleinserien ermöglicht. Diese Fahrzeuge dürfen sogar ohne traditionellen Fahrersitz konzipiert sein. Die Verordnung spezifiziert detaillierte technische Anforderungen für verschiedene Fahrzeugkategorien und definiert zudem Verwaltungsverfahren, die für die Zulassung solcher Fahrzeuge notwendig sind. Zudem werden Sicherheitsmerkmale festgelegt, die für das automatisierte Fahren von zentraler Bedeutung sind, um sowohl die Sicherheit der Insassen als auch die der öffentlichen Verkehrsteilnehmer:innen zu gewährleisten.

Im August 2022 folgte die Verordnung (EU) 2022/1426, die einheitliche Verfahren und technische Spezifikationen für die Typgenehmigung von automatisierten Fahrsystemen (ADS) einführt. Diese Regelung betrifft vollautomatisierte Fahrzeuge und legt drei spezifische Anwendungsfälle fest: den Transport von Passagieren oder Gütern innerhalb eines genau definierten Bereichs, den sogenannten „Hub to Hub“-Transport zwischen festgelegten Punkten sowie das „Valet Parking“ im automatisierten Modus. Diese Anwendungsfälle zeigen die fortschreitende Integration von automatisierten Systemen in das alltägliche Verkehrsmanagement und adressieren spezifische Bedürfnisse innerhalb der Transport- und Mobilitätsindustrie.

Der Vorschlag für eine KI-Produkthaftungsrichtlinie im September 2022 zielt darauf ab, den Zugang zu Beweismitteln zu erleichtern und eine widerlegbare Vermutung des Kausalzusammenhangs zu etablieren, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind, insbesondere, wenn nachgewiesen werden kann, dass der Anbieter eines KI-Systems die geltenden Pflichten nicht erfüllt hat. Dies würde es Kläger:innen ermöglichen, die notwendigen Beweise für ihre Ansprüche effektiver zu sichern.

EU-KI-Verordnung

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.⁴⁵

Dabei gilt folgende Definition: „KI-System“ ist ein maschinengestütztes System, das für einen in unterschiedlichen Graden automatisierten Betrieb ausgelegt ist, das nach seiner Betriebsaufnahme anpassungsfähig sein kann und das aus den erhaltenen Eingaben für explizite oder implizite Ziele ableitet, wie Ausgaben (etwa Vorhersagen, Inhalte, Empfehlungen oder Entscheidungen) erstellt werden, die physische oder virtuelle Umgebungen beeinflussen können.⁴⁶

Fahrzeuge ab SAE Level 4 fallen unter die Kategorie „Hochrisiko“, da sie direkt die Sicherheit 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 erfüllt sein, womit sich folgende zusätzliche Aspekte ergeben.⁴⁷

Ein zentraler Aspekt des AI Act ist die Risikobewertung und Kategorisierung von KI-Systemen. Die Verordnung verlangt, dass alle KI-Komponenten nach ihrem Risiko klassifiziert werden, wobei hochriskante Systeme strengen Anforderungen unterliegen. Daher muss eine kontinuierliche Risiko- und Konformitätsbewertung durchgeführt werden. Dies erfordert ein systematisches Risikomanagement, das regelmäßige Audits und Risikoanalysen umfasst.⁴⁸ Daran anknüpfend fordert die Verordnung im Rahmen der Transparenz, dass die

⁴⁵ 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/>.

⁴⁶ 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.

⁴⁷ 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>.

⁴⁸ Gestaltung der digitalen Zukunft Europas. „KI-Gesetz,“ July 2024. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/regulatory-framework-ai>.

Funktionsweise der KI-Systeme dokumentiert und für die Nutzer:innen die KI-Entscheidungsprozesse mittels visueller Darstellungen verständlich gemacht werden. Das heißt, dass benutzerfreundliche Informationsportale entwickelt werden, die detaillierte Erklärungen und visuelle Darstellungen der KI-Entscheidungsprozesse bieten. Zusätzlich sollten umfassende technische Dokumentationen erstellt und regelmäßig aktualisiert werden. Diese Transparenzanforderungen fördern das Vertrauen der Nutzer:innen in die Plattform und gewährleisten die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben.⁴⁹ Die technische Robustheit und Zuverlässigkeit der Systeme sind weitere wesentliche Anforderungen des AI Acts. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen regelmäßige Last- und Stresstests durchgeführt werden, die die Leistungsfähigkeit der Plattform 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 der AI Act 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. Die Regelung knüpft dabei auch an die Richtlinie über intelligente Verkehrssysteme (ITS) (2010/40/EU) an, welche fordert, dass automatisierte Fahrzeuge interoperabel sind und auf standardisierten Kommunikationsprotokollen basieren. Dies erleichtert die Integration verschiedener Mobilitätsdienste und sorgt für einen reibungslosen Betrieb. Die Richtlinie legt die Standardisierung und Interoperabilität der Daten fest (BMK 2014).⁵⁰ Es wird daher empfohlen, beim Hersteller der Fahrzeuge auf die Einhaltung dieser Standards hinzuweisen.

Rechtsrahmen Deutschland

Im Jahr 2017 markierte das Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes einen entscheidenden Wendepunkt für die Integration automatisierter Fahrzeuge in Deutschland.

⁴⁹ 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/>.

⁵⁰ Bmk.gv.at. "C-ITS Strategie Österreich," 2014.
https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/alternative_verkehrskonzepte/telematik_ivs/publikationen/cits_strategie.html.

Dieses Gesetz führte Begriffe wie „hochautomatisierte“ und „vollautomatisierte“ Fahrfunktionen ein und klärte zentrale Haftungsfragen. Insbesondere wurde festgelegt, dass die Fahrzeugführer:innen die Kontrolle übernehmen müssen, wenn das System dies anfordert. Diese rechtlichen Anpassungen bildeten eine wichtige Grundlage für weitere Tests und die Entwicklung von Technologien für automatisiertes Fahren.

Weiters wurde im Jahr 2021 das „Gesetz zum autonomen Fahren“ verabschiedet, das den rechtlichen Rahmen speziell für den Betrieb von „autonomen“ Fahrsystemen der Stufe 4 erweitert.⁵¹ Dieses Gesetz ermöglicht den Einsatz „autonomer“ Fahrzeuge in definierten Betriebsbereichen und regelt die Anforderungen an die technische Aufsicht. Ziel ist es, die Integration „autonomer“ Fahrzeuge in den öffentlichen Verkehr zu erleichtern und klare Vorschriften für deren Betrieb zu schaffen.

In Bezug auf Datenschutz und Datensicherheit hat die im Jahr 2018 eingeführte Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) der Europäischen Union signifikante Auswirkungen auf die Verarbeitung und Speicherung von Daten durch „autonome“ Fahrzeuge. Die DSGVO stellt hohe Anforderungen an den Datenschutz und die Datensicherheit, was für die Hersteller von „autonomen“ Fahrzeugen von großer Bedeutung ist.

Auf technischer Ebene beteiligt sich Deutschland aktiv an der Entwicklung internationaler Normen, die für das automatisierte Fahren relevant sind. Insbesondere die Beteiligung an Normen wie ISO 26262 für die funktionale Sicherheit und die SAE-Normen für automatisierte Fahrzeuge ist entscheidend, um zu gewährleisten, dass die Fahrzeuge sicher und zuverlässig funktionieren.

Zusätzlich zu den legislativen und technischen Entwicklungen wurden ab 2016 digitale Testfelder eingerichtet, wie beispielsweise auf der Autobahn A9 in Bayern. Diese Testfelder spielen eine zentrale Rolle bei der Erprobung und Weiterentwicklung „autonomer Fahrsysteme“ unter realen Bedingungen und sind ein wichtiger Baustein für die fortschreitende Entwicklung dieser Technologien.

In Deutschland ist der Begriff „Teleoperation“ im Gesetz für „autonomes“ Fahren nicht ausdrücklich definiert, doch kann dieser aus dem Gesetz und weiteren Normen abgeleitet werden. Das „Gesetz zum autonomen Fahren“ und die dazugehörige Verordnung, die im Juli

⁵¹ Der Begriff „autonom“ wurde im Jahr 2021 mit der Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes („Gesetz zum autonomen Fahren“) eingeführt.

2021 in Kraft traten, beziehen sich explizit auf die Teleoperation als eine notwendige Ergänzung für „autonome“ Fahrzeuge. Diese Regelungen sehen die Teleoperation als technologische Brücke vor, um „autonome“ Fahrzeuge in Situationen zu unterstützen, in denen sie selbst nicht weiterkommen können (DLR 2022)⁵².

Darüber hinaus spielt die UNECE-Regelung Nr. 79 eine wichtige Rolle. Diese Regelung betrifft Lenkanlagen und stellt sicher, dass elektronische Fahrzeugsteuersysteme den sicheren Betrieb nicht beeinträchtigen. Sie ist besonders relevant für die Teleoperation, da sie die Anforderungen an die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Steuerungssystemen in „autonomen“ Fahrzeugen definiert (Steininger 2022).

Ergänzend dazu beschreibt die Normungs-Roadmap zum automatisierten Fahren die relevanten Normen und Standards im Kontext des automatisierten und vernetzten Fahrens. Diese Roadmap umfasst die Anforderungen an Systeme und Netzwerke, die für die Teleoperation von Bedeutung sind.⁵³

Die Ermächtigung gemäß § 1j Abs. 2 StVG erlaubt im Rahmen einer Ausnahmereverordnung weitreichende Abweichungen von den durch § 1j Abs. 1 StVG festgelegten Rechtsvorschriften, um neuartige Fahrzeugsteuerungstechnologien zu erproben. Dazu zählt auch der teleoperierte Kraftfahrzeugbetrieb, bei dem ein Fahrzeug mit einer technischen Ausstattung versehen ist, die es einer teleoperierenden Person ermöglicht, das Fahrzeug aus der Ferne zu steuern. Die Teleoperation wird häufig als Übergangstechnologie auf dem Weg zur vollständigen Automatisierung des Fahrens betrachtet. Eine entsprechende Durchführungsverordnung zur Regelung der Teleoperation ist in Planung (Steininger 2022).

Rechtsrahmen in Frankreich

Im August 2016 etablierte Frankreich mit der Verordnung Nr. 2016-1057 die ersten rechtlichen Grundlagen für die Erprobung automatisierter Fahrzeuge auf Straßen mit öffentlichem Verkehr. Dies schuf einen Rahmen für zukünftige technologische Entwicklungen im Bereich des automatisierten Fahrens. Zur Präzisierung der Testbedingungen wurde im März 2018

⁵² DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; „DLR – Auf dem Weg zum autonomen Fahren,“ 2022. https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2022/02/20220405_teleoperation-hilft-wenn-das-autonome-fahrzeug-nicht-weiterweiss.

⁵³ VDA - Verband der Automobilindustrie E.V., 2019. <https://www.vda.de/de/aktuelles/publikationen/publication/normungs-roadmap-zum-automatisierten-fahren>.

das Dekret Nr. 2018-211 erlassen, das detaillierte Sicherheitsanforderungen und die Notwendigkeit einer Genehmigung festlegte, um die Sicherheit im Straßenverkehr zu gewährleisten.

Weiterhin stellte das im Dezember 2019 verabschiedete Gesetz zur Mobilitätsorientierung (Loi d'orientation des mobilités, LOM) einen umfassenden rechtlichen Rahmen für Mobilität dar, der speziell die Förderung und Regulierung automatisierter Fahrzeuge adressierte. Dieses Gesetz regelte den Zugang zu Fahrzeugdaten für Verkehrsmanagement und Unfalluntersuchungen und gewährleistete die Einhaltung der Datenschutzbestimmungen nach der DSGVO.

Der „Plan de Mobilité“ in Frankreich, ein wichtiger Bestandteil des LOM-Gesetzes, fördert nachhaltige Mobilitätsstrategien in Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen. Seit der Verabschiedung des Gesetzes ist es für Unternehmen mit mehr als 50 Mitarbeiter:innen an einem Standort oder in einer geografischen Zone verpflichtend, solche Pläne zu entwickeln. Die Ziele des Plans beinhalten die Reduzierung der Luftverschmutzung, die Förderung alternativer Transportmittel und die Verbesserung der Zugänglichkeit zu Arbeitsplätzen.

Im Jahr 2020 wurde ein Vorschlag zur Klärung der strafrechtlichen Haftung im Einsatz automatisierter Fahrzeuge eingereicht. Dieser Entwurf zielte darauf ab, spezifische Haftungsregeln für Hersteller und Nutzer:innen festzulegen. Die Verordnung Nr. 2021-442 vom April 2021 regelte anschließend den Zugang zu Daten, die von automatisierten Fahrzeugen erzeugt werden, was für die Sicherheit und den reibungslosen Betrieb dieser Fahrzeuge entscheidend ist.

Im August 2022 wurden die regulatorischen Rahmenbedingungen durch zusätzliche Verordnungen erweitert, die die Zulassungskriterien für Körperschaften spezifizierten, die mit der Bewertung der Sicherheit automatisierter Fahrzeuge betraut sind. Zuletzt regelte das Dekret Nr. 2023-644 vom 20. Juli 2023 den Zugang zu Fahrzeugdaten detaillierter, insbesondere im Hinblick auf die Anforderungen der DSGVO und die Sicherheit der Datenverarbeitung. Dies ist wesentlich für die Nutzung der von automatisierten Fahrzeugen generierten Daten unter Berücksichtigung des Datenschutzes.

Internationale Normen & Standards

Die Entwicklung und Implementierung von automatisierten Fahrsystemen (ADS) hat in den letzten Jahren zu einer Reihe von internationalen Normen geführt, die darauf abzielen, einheitliche Standards für Sicherheit, Funktionalität und Testverfahren zu etablieren. Diese

Normen bilden einen umfassenden Rahmen für die Automobilindustrie, um die Herausforderungen des automatisierten Fahrens zu bewältigen.

Die SAE J3016 von SAE International bietet eine umfassende Taxonomie und Definitionen für die verschiedenen Ebenen des automatisierten Fahrens, von Level 0 (keine Automatisierung) bis Level 5 (vollständige Automatisierung). Diese Norm ist essenziell für das Verständnis und die Klassifizierung der Automatisierungsgrade und findet weltweit Anwendung in der Industrie, bei Gesetzgebern und Forschungseinrichtungen. Die SAE J3061 befasst sich mit der Cybersicherheit für cyber-physikalische Fahrzeugsysteme. Als erster spezifischer Leitfaden in diesem Bereich bietet sie einen Überblick über die besten Praktiken zur Sicherstellung der Cybersicherheit durch alle Phasen des Fahrzeuglebenszyklus. Dies ist insbesondere für automatisierte Fahrzeuge von hoher Relevanz, da sie fortgeschrittene Technologien und Netzwerkverbindungen nutzen.

Die ISO 34501:2022 legt einen Grundstein, indem sie ein einheitliches Vokabular für Test-szenarien von ADS definiert. Diese Norm ist entscheidend für eine klare Kommunikation und ein gemeinsames Verständnis in der Branche. Sie wird ergänzt durch die ISO 34502:2022, die einen Rahmen für die szenariobasierte Sicherheitsbewertung von ADS bereitstellt. Dieser Ansatz ermöglicht eine systematische Evaluierung der Sicherheitsaspekte in verschiedenen Fahrsituationen. Die ISO 34503:2022 führt eine Taxonomie für die Operational Design Domain (ODD) ein, also den Bereich, in dem ein ADS sicher operieren kann. Diese Norm hilft bei der präzisen Definition der Einsatzbedingungen und -grenzen von automatisierten Systemen. In Ergänzung dazu bietet die ISO 34504:2022 eine Kategorisierung von Testszenarien, was die Strukturierung und Priorisierung von Testfällen erleichtert.

Für die funktionale Sicherheit von Straßenfahrzeugen sind die Teile 2 und 3 der ISO 26262 von besonderer Bedeutung. Die ISO 26262-2:2018 konzentriert sich auf das Management der funktionalen Sicherheit und legt Richtlinien für organisatorische Prozesse und Verantwortlichkeiten fest. Die ISO 26262-3:2018 befasst sich mit der Konzeptphase und definiert Anforderungen für die frühen Stadien der Systementwicklung, einschließlich der Gefahren- und Risikoanalyse. Die ISO 21448:2022 erweitert den Sicherheitsansatz über die funktionale Sicherheit hinaus und adressiert die „Safety of the Intended Functionality“ (SOTIF). Diese Norm berücksichtigt Situationen, in denen Systeme zwar technisch korrekt funktionieren, aber dennoch zu unsicheren Zuständen führen können, was besonders für komplexe ADS relevant ist.

Rechtliche Aspekte des Inverkehrbringens automatisierter Fahrzeugflotten in Österreich

Der Prozess zur Einführung einer automatisierten Fahrzeugflotte in Österreich ist ein Unterfangen, das zahlreiche rechtliche und technische Aspekte berücksichtigt, die jedoch hier aufgrund des Umfangs nicht abschließend betrachtet werden. Die erwähnten nationalen und internationalen Regularien werden aufgrund im Projekt behandelte Fragen dargestellt.

Zunächst müssen die technischen Anforderungen und Teleoperations-Technologien gemäß der AutomatFahrV, der General Safety Regulation (EU 2019/2144), dem Kraftfahrgesetz (KFG), dem NIS-Gesetz und dem IVS-Gesetz erfüllt werden. Diese Gesetze und Verordnungen stellen sicher, dass die Fahrzeuge den notwendigen Sicherheitsstandards entsprechen und in die bestehende Verkehrsinfrastruktur integriert werden können.

Im nächsten Schritt sind Genehmigungen und Zulassungen auf nationaler Ebene einzuholen. Die AutomatFahrV, welche seit 2016 bereits dreimal novelliert wurde, regelt den Antragsprozess für den Testbetrieb, während das KFG die Zulassung und Registrierung der Fahrzeuge vorschreibt. Parallel dazu müssen Sicherheits- und Notfallprotokolle erstellt werden, die den Anforderungen der Straßenverkehrsordnung (StVO) und des NIS-Gesetzes genügen. Diese Sicherheits- und Notfallprotokolle werden im Falle eines Unfalls oder eines Systemausfalles zusätzlich ausgewertet.

Ein weiterer kritischer Aspekt ist die Einhaltung von Datenschutz und Datensicherheit gemäß der DSGVO und der ePrivacy-Verordnung. Dies umfasst Maßnahmen zur Datenminimierung, Verschlüsselung und den Schutz der Privatsphäre in der elektronischen Kommunikation. Zudem müssen Versicherungen abgeschlossen und Haftungsfragen geklärt werden, wobei das Produkthaftungsgesetz und die EU-Produkthaftungsrichtlinie zu berücksichtigen sind.

Während des Betriebs sind regelmäßige Wartungen und Updates durchzuführen, die den Vorgaben des IVS-Gesetzes und der EU-Verordnung 2022/2236 entsprechen. Die Schulung der Teleoperator:innen muss gemäß dem Arbeitnehmer:innenschutzgesetz und dem AI Act erfolgen, um eine adäquate menschliche Aufsicht zu gewährleisten.

Die Integration in den öffentlichen Verkehr ist ein entscheidender Schritt, wobei hier zunächst zu berücksichtigen ist, dass die Kompetenzen des Kraftfahrwesens und der Straßenpolizei in der Bundesverfassung unterschiedlich geregelt sind. Die Kompetenzartikel 10–15 B-VG regeln die Aufteilung der Gesetzgebungs- und Vollziehungskompetenzen zwischen

Bund und Ländern. Die Straßenpolizei ist in Art. 11 Abs. 1 Z 4 B-VG geregelt und daher in der Gesetzgebung Bundessache und in der Vollziehung Landessache. Das Kraftfahrwesen ist jedoch eine Artikel-10-Materie, weshalb die Gesetzgebung und die Vollziehung Bundessache sind.

Die Differenzierung zwischen den beiden Materien Kraftfahrwesen und Straßenpolizei ist insofern für die Automatisierung von Bedeutung, da nach herrschender Meinung bei der Übertragung von Fahraufgaben an ein Level-4-Fahrzeug dies eine Frage der Betriebssicherheit darstellt, weswegen die Regelungskompetenz dem Kraftfahrwesen zugeordnet wird.⁵⁴

Hierbei sind die StVO, das KFG, die EU-Richtlinie 2010/40/EU, das IVS-Gesetz, sowie das Gelegenheitsverkehrsgesetz, das Beförderungsrichtliniengesetz und weitere maßgeblich. Diese rechtlichen Rahmenbedingungen zielen darauf ab, eine nahtlose Eingliederung automatisierter Fahrzeuge in das bestehende Verkehrssystem zu ermöglichen und dabei Verkehrssicherheit und Effizienz zu optimieren.

Darüber hinaus sind bei automatisierten Systemen unterschiedlichen Grades eine Fülle an zivilrechtlichen Aspekten zu beachten, die hier im Detail nicht erörtert werden können. Darunter zählen Aspekte der Haftung und Zurechnung, Sorgfaltspflichten, Beweisverteilung, Haftungsanalogien und die allgemeine Gefährdung (Müller, 2014).

Software Updates bei Fahrzeugen

In Österreich gelten für den Betrieb automatisierter Fahrzeugflotten und die Durchführung von Software-Updates ähnliche rechtliche Rahmenbedingungen wie in anderen EU-Mitgliedstaaten, da viele Regelungen auf EU-Ebene harmonisiert sind. Hier sind einige spezifische Aspekte, die in Österreich zu beachten sind: Die AutomatFahrV regelt die allgemeinen Anforderungen für das Testen von Fahrzeugen mit Assistenzsystemen oder automatisierten Fahrsystemen. Diese Systeme müssen beispielsweise die Einhaltung der österreichischen Straßenverkehrsordnung gewährleisten. Die UNECE-Regelung R 156⁵⁵ ist auch in Österreich relevant und legt die Voraussetzungen für typgenehmigungsrelevante Software-Updates fest. Diese Regelung ermöglicht es Herstellern, selbst zu bewerten, ob die bestehende Typgenehmigung nach einem Update weiterhin gültig ist. Software-Updates müssen von den

⁵⁴ Eisenberger, Iris, Konrad Lachmayer, and Georg Eisenberger, eds. *Autonomes Fahren und Recht*. MANZ'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, 2017.

⁵⁵ <https://unece.org/sites/default/files/2024-03/R156e%20%282%29.pdf>

Herstellern überprüft und dokumentiert werden, um festzustellen, ob sie genehmigungsrelevant sind. Nur wenn ein Update als genehmigungsrelevant eingestuft wird, ist ein neuer Genehmigungsprozess erforderlich. Hersteller müssen sicherstellen, dass Software-Updates sicher durchgeführt werden können, auch wenn sie Over-the-Air (OTA) erfolgen. Es muss gewährleistet sein, dass ein unabhängiger Dritter Zugang zu den Daten hat oder diese überprüfen kann, um Manipulationen zu verhindern.^{56, 57, 58, 59, 60}

Blackbox-Systeme bei Fahrzeugen (Event Data Recorder – EDR)

Die Einführung der Blackbox-Systeme in Fahrzeugen, auch als Event Data Recorder (EDR) bekannt, ist ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und zur Unterstützung bei der Unfallrekonstruktion. Ab dem 7. Juli 2024 ist die Blackbox in allen Neuwagen in der Europäischen Union verpflichtend, wie die EU-Verordnung 2019/2144 vorschreibt. Die Blackbox funktioniert, indem sie „wichtige Fahrzeugdaten kurz vor und nach einem Unfall aufzeichnet“⁶¹. Genauer gesagt, speichert sie „Daten von 5 Sekunden vor bis 300 Millisekunden nach dem Zusammenstoß langfristig“⁶². Diese Informationen können entscheidend sein, um Unfallursachen zu klären und die Fahrzeugsicherheit weiter zu verbessern. In Bezug auf die Offenlegung von Daten, Funktionalitäten und Technologien durch die OEMs (Original Equipment Manufacturers) gibt es verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Die Blackbox zeichnet typischerweise Daten wie „Fahrzeuggeschwindigkeit, Beschleunigung/Verzögerung, Bremspedalbetätigung, Gaspedalbetätigung, Lenkwinkel, Airbag-Auslösung, Gurtstraffereinsatz“ auf. OEMs müssen transparent machen, welche spezifischen Daten erfasst werden und wie lange diese gespeichert bleiben. Es ist wichtig, zu

⁵⁶ Vogel, Michael. „Diese Pflichten Kommen Auf Autohersteller Zu,“ August 16, 2022.

<https://www.automotiveit.eu/technology/diese-pflichten-kommen-auf-autohersteller-zu-879.html>.

⁵⁷ Junk, Alexander. „Fragen Zu OTA: Was Als Auto-Update Erlaubt Ist.“ autoflotte.de. AUTOFLOTTE, TECVIA GmbH, June 2022. <https://www.autoflotte.de/nachrichten/fuhrpark/fragen-zu-ota-was-als-auto-update-erlaubt-ist-3180982>.

⁵⁸ wko.at. „Rahmenbedingungen Für Automatisiertes Fahren,“ 2019; <https://www.wko.at/oe/gewerbe-handwerk/fahrzeugtechnik/rahmenbedingungen-fuer-automatisiertes-fahren>.

⁵⁹ DER STANDARD. „Was Tun, Wenn Die Bordsoftware Des Autos Nicht Mehr Aktualisiert Wird?,“ March 29, 2024. <https://www.derstandard.at/story/3000000213573/was-tun-wenn-die-bordsoftware-des-autos-nicht-mehr-aktualisiert-wird>.

⁶⁰ oesterreich.gv.at - Österreichs digitales Amt. „Automatisierte Fahrsysteme,“ 2016. <https://www.oesterreich.gv.at/themen/mobilitaet/kfz/Seite.061910.html>.

⁶¹ ANTENNE BAYERN. „Neue EU-Regelung: Blackbox-Pflicht in Autos Tritt in Kraft.“ ANTENNE BAYERN, July 8, 2024. <https://www.antenne.de/experten-tipps/verkehr-und-mobilitaet/neue-eu-regelung-blackbox-pflicht-in-autos-tritt-in-kraft>.

⁶² DA Direkt. „Blackbox Fürs Auto.“ Da-direkt.de. DA Direkt, February 21, 2024. <https://www.da-direkt.de/autoversicherung/ratgeber/blackbox-auto>.

betonen, dass die „Daten der Blackbox nur im Auto selbst abgespeichert“ sind. Dies dient dem Datenschutz und verhindert unbefugten Zugriff. Um auf die Daten zuzugreifen, „braucht es ein Auslesegerät für die OBD-Schnittstelle“⁶³, und in vielen Fällen wird ein richterlicher Beschluss benötigt. Die Einführung der Blackbox ist Teil einer umfassenderen EU-Strategie zur Verbesserung der Verkehrssicherheit. Neben der Blackbox sind ab 2024 auch weitere Assistenzsysteme in Neuwagen verpflichtend, darunter „Notbremsassistent, Müdigkeitswarner, Rückfahrassistent, Notfall-Spurhalteassistent und eine Schnittstelle zur einfachen Nachrüstung von Alcolocks“. Insgesamt zielt die EU-Verordnung darauf ab, die „Verkehrssicherheit zu erhöhen“. Mit der Einführung dieser Systeme „erhofft sich die EU, bis 2038 rund 25.000 Menschenleben zu retten und mindestens 140.000 schwere Verletzungen zu vermeiden“. Die Blackbox spielt dabei eine zentrale Rolle, indem sie „wertvolle Informationen für die Unfallrekonstruktion liefert“⁶⁴ und somit zur kontinuierlichen Verbesserung der Fahrzeugsicherheit beiträgt.^{65, 66, 67}

5.2 Ausgearbeitete Handlungsempfehlungen

Als zusammenfassendes und wesentliches Ergebnis dieser Studie wurden Handlungsempfehlungen für die öffentliche Hand und Mobilitätsbetreiber erarbeitet. Diese basieren auf allen anderen Teilen der Studie:

- Analyse automatisierte Flotten, in Desk-Research und Interviews
- Evaluierung der Wirkungen automatisierter Flotten, durch szenarienbasierte Simulation und Ergebnisübertragung anderer Projekte
- Leitstellen und Fernüberwachung, durch Desk-Research, Technische Funktions- und Sicherheitsbewertung sowie

⁶³ DA Direkt. „Blackbox Fürs Auto.“ Da-direkt.de. DA Direkt, February 21, 2024. <https://www.da-direkt.de/autoversicherung/ratgeber/blackbox-auto>.

⁶⁴ ANTENNE BAYERN. „Neue EU-Regelung: Blackbox-Pflicht in Autos Tritt in Kraft.“ ANTENNE BAYERN, July 8, 2024. <https://www.antenne.de/experten-tipps/verkehr-und-mobilitaet/neue-eu-regelung-blackbox-pflicht-in-autos-tritt-in-kraft>.

⁶⁵ Dekra.at. „Event Data Recorder: Black Box Für Fahrzeuge,“ 2024. <https://www.dekra.at/de/event-data-recorder-black-box-fuer-fahrzeuge/>

⁶⁶ <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/assistenzsysteme/event-data-recorder/>

⁶⁷ <https://www.aldautomotive.at/wissenswertes/mobility-blog/articles/neu-ab-juli-2024-verpflichtende-blackbox>.

- Analyse des Rechtsrahmens

Die Erstellung der Handlungsempfehlungen wurde mit der Sammlung dieser Ergebnisse und Inputs gestartet. In einem projektinternen Workshop wurden diese geclustert und strukturiert in die Kategorien:

- Technik & Leitstelle
- Recht & Homologation und Organisation
- Wirtschaft & Arbeit & Soziales
- Wirkung
- Sonstiges

Im Workshop wurden auch die Bedarfe von betroffenen Stakeholdern:innen gesammelt:

- Betreiber
- Fahrzeughersteller
- Technologieanbieter
- Serviceanbieter
- Sonstige

Auf Basis dieser Bedarfe wurden passende Ergebnisse und Inputs aus dem Projekt gesucht und eine *erste Version an Handlungsempfehlungen* generiert. Diese wurden überarbeitet und um folgende Elementen erweitert:

- eine Kurzbeschreibung
- eine optionalen Detaillierung einer Handlungsoption in einzelne Handlungsschritte
- eine Zuordnung zu Entwicklungsphasen bestehend aus
 - Test
 - Demonstration
 - Betrieb
- eine erweiterte Kategorisierung bestehend aus:
 - Recht & Standard
 - Entwickeln & Testen
 - Wirkung
 - Kompetenzen & Ausbildung
 - Finanzierung & Business Modelle
 - Förderung
 - Akzeptanz & Beteiligung

- Leitstelle

Diese *zweite Version an Handlungsempfehlungen* wurde erstmalig dem Projektbeirat präsentiert und diskutiert. Auf Basis des erhaltenen Feedbacks erfolgten eine Filterung sowie Adaptionen der Empfehlungen. Die Liste dieser Handlungsempfehlungen ist in „Anhang 1: Ausgearbeitete Handlungsempfehlungen“ zu finden.

Diese *dritte Version an Handlungsempfehlungen* wurde in einem Akteursworkshop, der am 16.07.2024 in Wien stattfand, präsentiert. Unter den 21 Teilnehmer:innen waren Vertreter:innen aus den Bereichen ÖV-Betreiber, Verkehrsverbünde, Automobil-Cluster, Testfelder für automatisiertes Fahren, Hochschulen & Forschungsinstitute sowie BMK und deren Agenturen. Neben der Möglichkeit, neue Handlungsempfehlungen einzubringen, wurde Feedback zu den bestehenden Handlungsempfehlungen gesammelt. Dies umfasste einerseits Vorschläge für:

- Initiatoren bzw. Bedarfsträger und
- „Koordination“ bzw. Umsetzer⁶⁸ der entsprechenden Handlungsoption.

Andererseits konnte eine Einschätzung pro Handlungsempfehlung für folgende Bereiche gegeben werden:

- Potential [kein, wenig, mittel, hoch]
- Umsetzbarkeit [leicht, mittel, schwer, sehr schwer]
- Dringlichkeit [in 2024, bis Ende 2025, bis 2027, bis 2030]

In Abbildung 25 ist diese Einschätzung in Diagrammform dargestellt.

⁶⁸ Die vier Begriffe „Initiator“, „Bedarfsträger“, „Koordination“ und „Umsetzer“ wurden für die Rollenbeschreibung aus klassischen Workshopmethoden wie dem RACI-Modell (<https://de.wikipedia.org/wiki/RACI>) entnommen und für die konkrete Aufgabe adaptiert.

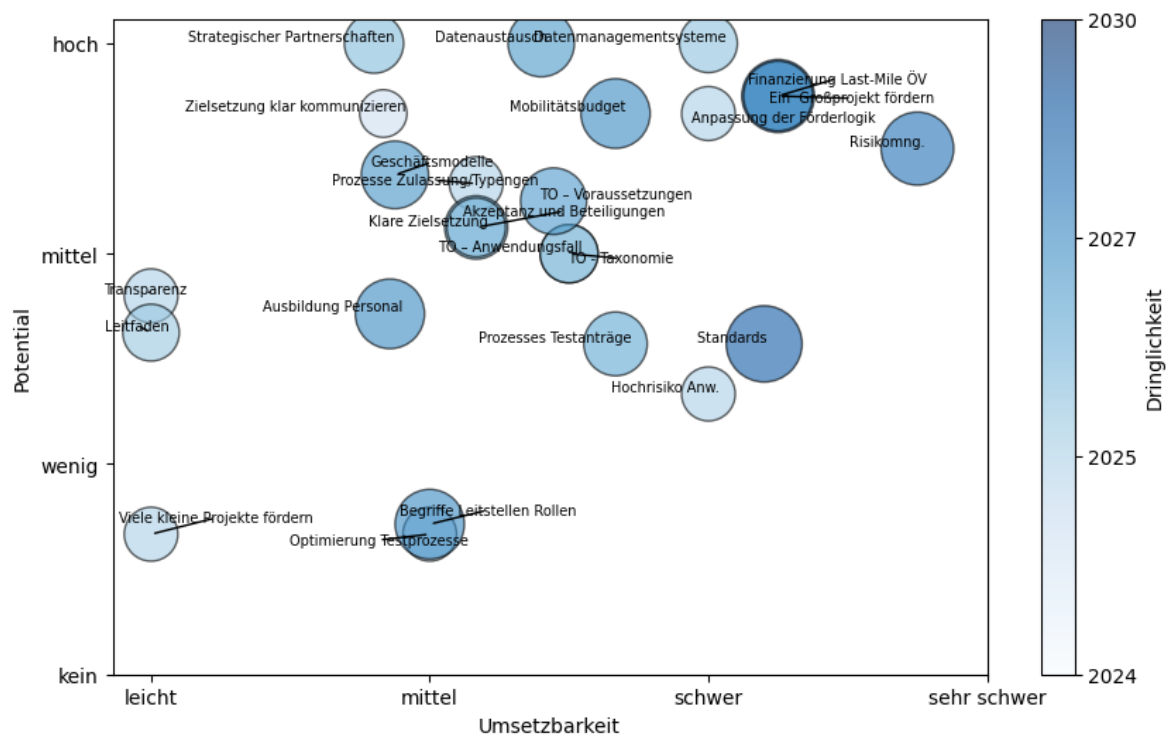


Abbildung 25: Diagramm der im Akteursworkshop vom 16.07.2024 von den Teilnehmer:innen abgegebenen Einschätzungen der Handlungsempfehlungen in den Dimensionen: Potential, Umsetzbarkeit und Dringlichkeit

Mit diesem Input und der Expertise im Projektkonsortium wurden die zehn wichtigsten Handlungsempfehlungen selektiert und mit folgenden Elementen erweitert:

- Evidenz
- Detailbeschreibung

Diese vierte Version an Handlungsempfehlungen wurde dem Projektbeirat präsentiert und diskutiert. Auf Basis des erhaltenen Feedbacks erfolgten weitere Adaptionen und die finale Erstellung des Katalogs an Handlungsempfehlungen. Diese sind in „Anhang 1: Ausgearbeitete Handlungsempfehlungen - Katalog der priorisierten Handlungsempfehlungen“ aufgelegt.

6 Anhang 1: Ausgearbeitete Handlungsempfehlungen

Hier werden Optionen für die öffentliche Hand und ÖV-Betreiber präsentiert, um einen möglichst erfolgreichen Hochlauf automatisierter ÖV-Flotten zu ermöglichen.

Diese Handlungsempfehlungen basieren auf dem gesamten gesammelten Input und den Erkenntnissen des gesamten Projekts. Sie wurden mit Akteur:innen und dem Projektbeirat reflektiert und priorisiert. Die folgende Tabelle 10 listet die beim Akteursworkshop vorgestellten Handlungsempfehlungen auf:

Tabelle 10: Liste der präsentierten Handlungsempfehlungen beim Akteursworkshop

Nummer	Handlungsempfehlung
	Recht & Standards
1	Teleoperation – Taxonomie
2	Teleoperation – Anwendungsfall
3	Teleoperation – Voraussetzungen
4	Automatisierte Mobilität – Hochrisiko Anwendungen
5	Automatisierte Mobilität – Risikomanagement
6	Automatisierte Mobilität - Standards
7	Automatisierte Mobilität - Datenaustausch

8	Automatisierte Mobilität - Transparenz
	Entwickeln & Testen
9	Prozesse für Zulassung bzw. Typengenehmigung
10	Update des Prozesses für Testanträge
11	Optimierung der Testprozesse für automatisiertes Fahren
12	Erstellung eines Leitfadens
13	Prozesse für Datenmanagementsysteme
	Leitstelle
14	Begriffsdefinition für Leitstellenaufgaben und Rollen des Leitstellenpersonals
	Wirkung
15	Klare Zielsetzung für Einsatz automatisierter Fahrzeugflotten
16	Zielsetzung von Aktivitäten klar kommunizieren
17	Bildung strategischer Partnerschaften
18	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen
	Kompetenzen und Ausbildung
19	Definition notwendiger Ausbildungen des Personals
	Akzeptanz & Beteiligung
20	Akzeptanz und Beteiligungen

	Finanzierung & Business Case
21	Masterplan Finanzierung Last-Mile ÖV
22	Geschäftsmodelle
23	Einführung eines Mobilitätsbudgets
	Förderung
24	Anpassung der Förderlogik
25	Flexibilität bei Forschungsprojekten
26	Viele kleine Projekte fördern
27	Ein bzw. wenige Großprojekt(e) fördern

6.1 Katalog der priorisierten Handlungsempfehlungen

Dieser Katalog enthält die final priorisierten und als hoch-relevant bzw. dringend definierten Handlungsempfehlungen. Jede Handlungsempfehlung wird als Karte mit Kurz- und Detail-Beschreibung, Vorschlägen für Initiatoren/Bedarfsträgern, Koordination/Umsetzern, Evidenzen, einer thematischen Zuordnung zu Entwicklungsphasen sowie Einschätzungen zu Potential, Umsetzbarkeit und Dringlichkeit dargestellt. Optional werden auf einer zweiten Seite einzelne Handlungsschritte aus der Handlungsempfehlung aufgeführt.

01 – Prozesse für Typengenehmigung und Zulassung

Kurzbeschreibung:

Entwicklung und Analyse von Prozessen für die Typengenehmigung und Zulassung sowie deren wiederkehrenden Überprüfungen

Initiator / Bedarfsträger: OEMs, DG Grow, Predeployment, Testing Group

Umsetzer / Koordination: EU, DG Grow, BMK

Recht Standard	Entwickeln Testen	Wirkung	Kompetenzen Ausbildung	Finanzierung Business Mod	Förderung	Akzeptanz Beteiligung	Leitstelle
							
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

für Phase

Test
Demo
Betrieb

Potential

hoch
mittel
wenig
kein

Umsetzbarkeit

sehr
schwer
schwer
mittel
leicht

Dringlichkeit

<2030
<2028
<2026
in 2024

Evidenz:

Expertise: Erfahrung langjähriger Testbetrieb

Literatur: Recherche u.a. AutomatFahrV

Detailbeschreibung:

In Österreich existiert derzeit noch keine Typengenehmigung, sondern ausschließlich eine Testzulassung für automatisierte Fahrzeuge. Da es sich um einen Testbetrieb handelt, werden diese Fahrzeuge mit blauen Kennzeichen gekennzeichnet. Sollten Testbetriebe in den Echtbetrieb überführt werden, ist zunächst eine Typengenehmigung und anschließend eine reguläre Zulassung erforderlich. Die Verfahren sind komplex, weshalb die Rahmenbedingungen klar definiert werden müssen. Empfohlen wird daher eine Analyse der bestehenden Prozesse sowie ein Vergleich mit internationalen Best-Practice-Beispielen. Zudem gilt es, die zuständigen Stellen eindeutig festzulegen und Abläufe zu definieren, um Typengenehmigungen und Zulassungen rechtssicher durchführen zu können.

Die geltende Rechtsvorschrift „Automatisiertes Fahren Verordnung“ vom 11.03.2019 verweist in Abschnitt 3 (Anwendungsfälle für genehmigte Systeme in Serie) lediglich auf die ECE-Regelung in Bezug auf Einparkhilfen und Autobahnassistenten mit automatischer Spurhaltung. Für eine aktualisierte Fassung der AutomatFahrV sind daher präzise Regelungen erforderlich, die die Typengenehmigung und Zulassung automatisierter Fahrzeuge umfassend und zukunftsorientiert festlegen.

Abbildung 26: Handlungsempfehlung 01 – Prozesse für Typengenehmigung und Zulassung

01 – Prozesse für Typengenehmigung und Zulassung

Handlungsschritt 1: Prozessanalyse

Um den Übergang von der Testzulassung zur regulären Typengenehmigung und Zulassung für automatisierte Fahrzeuge zu erleichtern, ist eine umfassende Analyse der aktuellen Prozesse erforderlich. Diese Analyse sollte bestehende nationale Verfahren detailliert prüfen und Schwachstellen oder Optimierungspotenziale identifizieren. Länder, die bereits fortgeschrittene Typengenehmigungsprozesse für automatisierte Fahrzeuge implementiert haben, sollten als Orientierung dienen.

Umsetzer: europäische
Gremien, BMK
Koordination: BMK

Handlungsschritt 2: Bewusstseinsbildung

Es muss ein klares Verständnis für die Bedeutung präziser rechtlicher Rahmenbedingungen sowie für die Einführung neuer Zulassungsprozesse geschaffen werden. Gleichzeitig sollte der Austausch zwischen den relevanten Akteur:innen aktiv gefördert werden, um ihre Anliegen und Perspektiven in die Entwicklung dieser Prozesse einzubeziehen.

Umsetzer /
Koordination: BMK

Handlungsschritt 3: Prozessdesign

Die Verantwortlichkeiten für Typengenehmigung, rechtliche Prüfung und technische Überwachung müssen klar definiert werden. Gleichzeitig sind Voraussetzungen und Anforderungen für Fahrzeughersteller festzulegen, um die notwendigen technischen und rechtlichen Unterlagen bereitzustellen. Eine Standardisierung der Prüfverfahren gewährleistet eine einheitliche Bewertung der Fahrzeuge, inklusive Sicherheitssysteme, Sensorik und Fahrfunktionen sowie Kommunikationsprotokolle zwischen Fahrzeug und Leitstelle. Der Prozess sollte flexibel gestaltet sein, um technologische Fortschritte zu berücksichtigen, mit regelmäßigen Überprüfungen und Anpassungen der Genehmigungsprozesse.

Umsetzer /
Koordination: BMK

Handlungsschritt 4: Strukturaufbau

Die Strukturen sollten sowohl die technischen als auch die administrativen Komponenten umfassen, die für die reibungslose Durchführung der Typengenehmigung und Zulassung notwendig sind. Ein zentraler Schritt ist der Aufbau einer Zentralstelle, die für die Koordination und Überwachung der Genehmigungsprozesse verantwortlich ist und die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteur:innen koordiniert.

Umsetzer /
Koordination: BMK

Abbildung 27: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 01 – Prozesse für Typengenehmigung und Zulassung

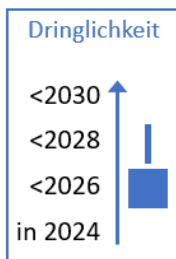
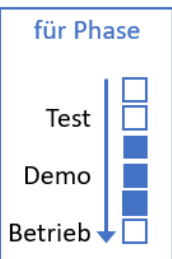
02 – Erstellung eines Leitfadens

Kurzbeschreibung:

Strukturierte und kompakte Information, um Städte und Regionen auf ihre Integration in Demoprojekten zur Entwicklung und zum Testen automatisierter Flotten vorzubereiten

Initiator / Bedarfsträger:
Städte & Regionen, Mob.-Anbieter

Koordination: BMK
Umsetzer: Berater / AustriaTech



Evidenz:

Expertise: Jahrelange Erfahrung aus dem Testbetrieb und mit diversen Stakeholdern und Gemeinden.

Literatur: Die Fragestellungen – von der Zielsetzung über die Ausschreibung usw. – sind extrem vielfältig und bedürfen einer guten Vorbereitung auf kommunaler Ebene.

Detailbeschreibung:

Die Informationslage rund um ein dynamisches und zukunftsweisendes Thema wie automatisiertes Fahren ist sehr uneinheitlich. Marketingkampagnen und sensationsgetriebene Berichterstattung führen häufig zu einer verzerrten Einschätzung bzw. überhöhten Erwartungen an den Reifegrad der Technologie sowie an die organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Daher ist die Erstellung eines Leitfadens von zentraler Bedeutung – insbesondere für Gemeinden, Regionen und Mobilitätsanbieter, die automatisierte Mobilität praktisch umsetzen möchten. Darin sollten sämtliche relevanten Anforderungen beschrieben werden: von Infrastruktur und Risikobewertung über Hard- und Software bis hin zu Personalbedarf, Ansprechpartner:innen und weiteren zentralen Aspekten. Aufgrund der spezifischen nationalen Rahmenbedingungen muss ein solcher Ratgeber klar auf Österreich zugeschnitten sein.

Das BMK könnte hierbei eine koordinierende Rolle übernehmen und Expert:innen wie AustriaTech, Forschungs- oder Beratungsinstitutionen mit der Erstellung sowie kontinuierlichen Aktualisierung beauftragen. Ziel ist es, alle nationalen Kernakteure auf einen gemeinsamen, realistischen Wissensstand zu bringen. Die Erstellung kann über Ausschreibungen oder geförderte Projekte erfolgen. Da sich sowohl technische Entwicklungen als auch organisatorische und rechtliche Rahmenbedingungen laufend verändern, sind regelmäßige Aktualisierungen erforderlich. Ein webbasiertes Format ist daher zu bevorzugen. Neben einem kompakten Einführungsteil könnten F.A.Q.-Formate den Zugang erleichtern. Als Host bietet sich die Kontaktstelle Automatisierte Mobilität an. Wichtig ist zudem eine klare Einbettung in bestehende Informationsangebote wie den detaillierten „Code of Practise“ oder den Monitoringbericht „Automatisierte Mobilität in Österreich“.

Der volle Nutzen des Leitfadens entsteht jedoch erst durch eine aktive Verbreitung und Bewerbung. Alle relevanten Stellen, bei denen sich Städte, Gemeinden und Mobilitätsanbieter informieren, sollten konsequent auf diesen verweisen. Für die Bekanntmachung sind insbesondere Organisationen wie Städte- und Gemeindebund sowie die Verkehrsverbünde einzubinden.

Abbildung 28: Handlungsempfehlung 02 – Erstellung eines Leitfadens

03 – Teleoperation – Taxonomie definieren

Kurzbeschreibung:

Aufnahme der Begriffsbestimmungen für Remote Management bzw. Teleoperation sowie Definition für Remote Assistance und Remote Driving in den relevanten Gesetzen

Initiator / Bedarfsträger:
Mobilitätsdienstleister

Koordination / Umsetzer:
Projekt „Readiness Framework“ +
Strategische Allianz + BMK

für Phase

Test ☐
Demo ☐
Betrieb ☐

Potential

hoch ☐
mittel ☐
wenig ☐
kein ☐

Umsetzbarkeit

sehr schwer ☐
schwer ☐
mittel ☐
leicht ☐

Dringlichkeit

<2030 ☐
<2028 ☐
<2026 ☐
in 2024 ☐

Recht Standard	Entwickeln Testen	Wirkung	Kompetenzen Ausbildung	Finanzierung Business Mod	Förderung	Akzeptanz Beteiligung	Leitstelle
							
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Evidenz:

Gasser, T.M. (2024). Allgemeine rechtliche Rahmenbedingungen für assistierte, automatisierte und autonome Fahrfunktionen in Deutschland. In: Winner, H., Dietmayer, K.C.J., Eckstein, L., Jipp, M., Maurer, M., Stiller, C. (eds) Handbuch Assistiertes und Automatisiertes Fahren. ATZ/MTZ-Fachbuch. Springer Vieweg, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-38486-9_3

Detailbeschreibung:

Bei der Festlegung von Begriffsbestimmungen empfiehlt es sich zunächst, bestehende Regelungen in Deutschland zu berücksichtigen. Dort sind die Handlungsmöglichkeiten der Technischen Überwachung bereits im Straßenverkehrsgesetz (StVG) beschrieben und geregelt. Zudem gilt seit dem 12. Juli 2021 das „Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren“, in dem die technische Überwachung in § 1d Abs. 3 ausdrücklich definiert ist.

Eine direkte Übernahme dieser Taxonomie nach Österreich ist jedoch nicht möglich, da vergleichbare gesetzliche Regelungen hier bislang nicht bestehen. Daher sollte die AutomatFahrV gezielt um jene Begriffe ergänzt werden, die für die Teleoperation notwendig sind. Dies könnte im Wege einer Legaldefinition durch den Gesetzgeber erfolgen. Insgesamt ist die Schaffung eines eigenständigen Gesetzes zum automatisierten Fahren empfehlenswert, um eine Zersplitterung der Materie auf verschiedene Bundesverordnungen und Bundesgesetze sowie damit verbundene Rechtskollisionen zu vermeiden.

Abbildung 29: Handlungsempfehlung 03 – Teleoperation – Taxonomie definieren

03 – Teleoperation – Taxonomie definieren

Handlungsschritt 1: Analyse und Vorbereitung Zunächst steht die Analyse der Begriffe für Teleoperation international insbesondere für Deutschland im Fokus, koordiniert von der jeweils zuständigen Fachabteilung der Sektion IV im BMK. Sie identifiziert die relevanten Gesetze und Verordnungen, analysiert bestehende Definitionen und gleicht diese mit internationalen Standards ab. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der SAE-J3016-Norm, um eine internationale Harmonisierung zu gewährleisten. Zudem werden die Empfehlungen und Erfahrungen aus anderen europäischen Ländern wie Finnland, den Niederlanden und Schweden berücksichtigt, die bereits Teleoperation in ihre AV-Regulierungen aufgenommen haben.	Umsetzer / Koordination: BMK
Handlungsschritt 2: Entwicklung der Definitionen Im zweiten Schritt erfolgt die Entwicklung der Definitionen. Das BMK arbeitet hier mit der Strategischen Allianz zusammen. Gemeinsam erarbeiten sie präzise Begriffsbestimmungen für die Begriffe aus dem Bereich Remote Assistance und Remote Driving, die den spezifischen österreichischen Anforderungen gerecht werden. Die erarbeiteten Definitionen werden anschließend durch das BMJ auf ihre Kompatibilität mit dem bestehenden geltenden Rechtsrahmen in Österreich geprüft.	Umsetzer / Koordination: BMK, BMJ, Strat. Allianz
Handlungsschritt 3: Gesetzgebungsprozess Der dritte Schritt umfasst den eigentlichen Gesetzgebungsprozess. Das BMK erstellt einen Gesetzesentwurf zur Änderung der betroffenen Gesetze, insbesondere des Kraftfahrzeuggesetzes (KFG) und der Straßenverkehrsordnung (StVO). Nach einem Begutachtungsverfahren, bei dem Expert:innen und die Öffentlichkeit Feedback geben können, wird der Entwurf überarbeitet und in den Nationalrat eingebracht. Hier durchläuft er den parlamentarischen Prozess, einschließlich der Behandlung im Bundesrat, bis zur endgültigen Verabschiedung.	Umsetzer / Koordination: BMK, Nationalrat, Bundesrat
Handlungsschritt 4: Implementierung und Begleitung Nach der Verabschiedung koordiniert das BMK die Umsetzung der neuen Bestimmungen. Die AustriaTech wird beauftragt, ein Monitoring-System für Teleoperation-Aktivitäten in Österreich zu entwickeln. Zusätzlich richtet das BMK eine interdisziplinäre Expertengruppe ein, die regelmäßig die Auswirkungen der neuen Regelungen evaluiert und Empfehlungen für Anpassungen gibt. Parallel dazu werden Pilotprojekte zur praktischen Erprobung von Teleoperation in verschiedenen Szenarien gefördert, wobei ein besonderer Fokus auf der Entwicklung von Policy Assisted TeleOperation (PATO)-Systemen liegt, um die Effizienz und Skalierbarkeit der Teleoperation zu verbessern.	Umsetzer / Koordination: BMK, AustriaTech

Abbildung 30: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 03 – Teleoperation – Taxonomie definieren

04 – Akzeptanz und Beteiligung fördern

Kurzbeschreibung:

Maßnahmen zu gesellschaftlicher Interaktion, z. B. frühe Sensibilisierungs- und Informationskampagnen und Beteiligungsprozesse für Bürger:innen

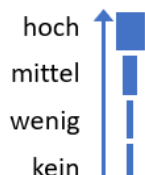
Initiator / Bedarfsträger:
Regionalmanagement

Koordination: BMK
Umsetzer: Öko-System, Bildung

für Phase



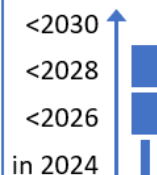
Potential



Umsetzbarkeit



Dringlichkeit



Evidenz:

Erfahrung: langjährige Erfahrung im täglichen Betrieb eines automatisierten Shuttles: die Akzeptanz in Regionen, in denen getestet wird, ist signifikant höher als im restlichen Österreich.

Literatur: Ein Workshop im Zuge eines Projektes (SMO) in Deutschland hat ergeben, dass das Sicherheitsgefühl steigt, wenn die Menschen die Technik verstehen, die hinter dem automatisierten Shuttle steckt.

Detailbeschreibung:

Eine umfassende Information der Bevölkerung ist entscheidend, um Vertrauen in automatisierte Fahrzeuge aufzubauen. Dazu braucht es transparente und leicht verständliche Aufklärung. Dies umfasst gut zugängliche Informationen über Funktionsweise, Sicherheitssysteme und die Vorteile der Technologie. Geeignete Maßnahmen sind **Öffentlichkeitskampagnen, Workshops und Informationsveranstaltungen**, die die Technik anschaulich erklären und auf Bedenken eingehen. Akzeptanz entsteht zudem durch aktive Beteiligung. Bürgerforen, Umfragen und öffentliche Anhörungen sind wirksame Instrumente, um Meinungen und Anliegen aufzunehmen. Bereits 2019 fanden österreichweit mehrere Bürger:innendialoge statt. Diese ermöglichten es, automatisierte Mobilität einer breiten Öffentlichkeit näherzubringen und Teilnehmenden die Chance zu geben, ihre Sichtweise einzubringen. Die hohe Beteiligung machte deutlich, dass ein großes Interesse am Fortschritt der automatisierten Mobilität besteht. Solche Formate sollten regelmäßig stattfinden, um Bürger:innen über den Stand der Technik, rechtliche Rahmenbedingungen und Entwicklungen in Österreich zu informieren.

Darüber hinaus sollten **Partnerschaften mit Bildungseinrichtungen** aufgebaut werden, um Wissen über automatisiertes Fahren zu fördern. Besonders hervorzuheben sind Vorteile wie mehr Sicherheit und ein verbesserter Zugang zur Mobilität für vulnerable Gruppen, die klar kommuniziert werden müssen. Eine nachhaltige Akzeptanz lässt sich jedoch nur in Kombination mit praktischen Anwendungen erreichen. Daher sind Förderprogramme erforderlich, die den Einsatz automatisierter Fahrzeuge auch in kleineren Gemeinden ermöglichen – die Technologie muss direkt zu den Menschen gebracht werden. Das Regionalmanagement übernimmt hierbei die Aufgabe, die Interessen der verschiedenen Akteur:innen zu koordinieren und den Dialog zwischen öffentlicher Hand, Wirtschaft und Bevölkerung sicherzustellen.

All dies könnte unter der Schirmherrschaft des BMK und der Strategischen Allianz erfolgen. Die Umsetzung sollte durch alle Akteur:innen des Ökosystems rund um automatisiertes Fahren getragen werden – von der öffentlichen Hand über Mobilitätsanbieter, AustriaTech, Forschung und Industrie bis hin zu Bildungseinrichtungen und regionalen Institutionen.

Abbildung 31: Handlungsempfehlung 04 – Akzeptanz und Beteiligung fördern

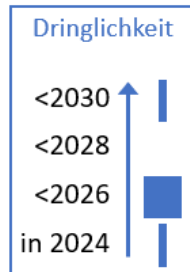
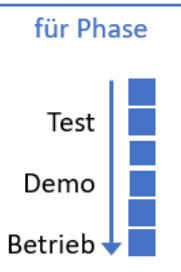
05 – Bildung strategischer Partnerschaften

Kurzbeschreibung:

Durch strategische, grenzüberschreitende Partnerschaften (z.B. DE) können kritische Massen wesentlich leichter erreicht werden. Dies gilt insbesondere für die Attraktivität des Test- und Markteinführungs-Standortes Österreich.

Initiator / Bedarfsträger:
ÖV- und Service-Betreiber

Koordination: BMK & strat. Allianz
Umsetzer: ÖV- / Service-Betreiber



Evidenz: Bisherige Bestellungen für automatisierte ÖV-Flotten im europäischen Raum sind selbst bei hohen Stückzahlen aufgrund des Mangels an erhältlichen Fahrzeugen gescheitert.

Interviews: Nur mit einer kritischen Masse kann die Industrie die notwendigen Investitionen für die Entwicklung und Umsetzung automatisierter Funktionen in Fahrzeuge für den ÖV tragen. Nach Einschätzung der befragten Expert:innen ist der Bedarf in Österreich alleine auf absehbare Zeit bei Weitem zu klein.

Detaillbeschreibung:

Neben rechtlichen und organisatorischen Fragen sind auch wesentliche technische Weiterentwicklungen erforderlich, um die volle Betriebsfähigkeit automatisierter Flotten zu erreichen. Insbesondere die letzten TRL-Stufen sind äußerst investitionsintensiv und werden von der Industrie nur dann getragen, wenn entsprechend hohe Umsätze zu erwarten sind. Erschwerend kommt hinzu, dass es bislang keine einheitliche europäische Harmonisierung auf rechtlicher Ebene gibt. Für Hersteller bedeutet dies, länderspezifische Lösungen entwickeln zu müssen. Der aktuelle nationale Bedarf, der sich aus Pilotprojekten und Vorserienanwendungen ergibt, ist dafür jedoch zu gering, um die dafür notwendigen hohen Investitionen zu rechtfertigen. Ein Ausweg aus diesem Dilemma kann in transnationalen Kooperationen liegen, die in Form strategischer Partnerschaften organisiert werden. Gemeinsame Ausschreibungen steigern die Attraktivität für Investitionen erheblich – insbesondere für große Fahrzeughersteller. Diese sind wiederum entscheidend für ÖV-Betreiber, da sie verlässliche Lieferungen und langfristige Wartungsverträge gewährleisten können. Ein naheliegender Partner ist Deutschland, mit zentralen Akteuren wie den Hamburger Hochbahnen, MOIA, VW, Bosch, DB, ZF, DLR sowie dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV). Neben geografischer Nähe und gemeinsamer Sprache spricht vor allem die Kombination aus starken OEMs und engagierten Städten wie Hamburg für eine Kooperation.

Für eine erfolgreiche Partnerschaft braucht es einen geschlossenen Auftritt der nationalen Kernakteure, ein gemeinsames Zielbild sowie klar benannte Kontaktpersonen, um Verhandlungen überhaupt aufnehmen zu können. Im Verlauf von Aufbau und Umsetzung werden zudem Harmonisierungsaufgaben auf rechtlicher und organisatorischer Ebene erforderlich sein. Die strategische Allianz sollte hierbei die Koordination übernehmen, während die ÖV-Betreiber als Hauptakteure für die Umsetzung verantwortlich sind. Das BMK übernimmt die Rolle der Zielkoordination, unterstützt beim gemeinsamen Auftritt und sorgt für die rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen.

Abbildung 32: Handlungsempfehlung 05 – Bildung strategischer Partnerschaften

05 – Bildung strategischer Partnerschaften

Handlungsschritt 1: Nationaler Zusammenschluss

Willige nationale Player müssen sich auf gemeinsame Ziele, gemeinsame Vorgangsweise und einen gemeinsamen Außenauftritt verständigen. Die „Strategische Allianz Automatisierte Mobilität“ sollte Koordinator dieser Initiative werden. Das BMK kann hier als Initiator und vor allem im Bereich der Zieldefinition unterstützen. Die Hauptlast tragen jedoch die ÖV-Betreiber bzw. die beauftragenden Stellen.

Umsetzer / Koordination:
Strat. Allianz / ÖV-
Betreiber

Handlungsschritt 2: Sondierung und Auswahl der Partner

Zuerst müssen potenzielle Partner auf Basis gemeinsamer Zielsetzungen und bestehender Kontakte / Vertrauensverhältnisse gescreent und bewertet werden. Mit potenziellen Partnern sollten Sondierungsgespräche geführt werden, um daraus die beste Partnerkonstellation auszuwählen.

Umsetzer / Koordination:
Strat. Allianz

Handlungsschritt 3: Aufbau

In dieser Phase sind alle vorauszusehenden Harmonisierungserfordernisse zu planen sowie alle erforderlichen Verträge für eine gemeinsame oder zumindest koordinierte Beschaffung automatisierter ÖV-Flotten zu erstellen.

Umsetzer / Koordination:
ÖV-Betreiber

Handlungsschritt 4: Rahmenbedingungen harmonisieren

Alle rechtl. und organisatorischen Harmonisierungserfordernisse sind umzusetzen.

Umsetzer / Koordination:
ÖV-Betreiber & BMK

Handlungsschritt 5: Umsetzung

Durchführung der gemeinsamen Beschaffung automatisierter ÖV-Flotten sowie gemeinsamer Erfahrungsaufbau und Planung weiterer gemeinsamer Initiativen (z. B. EU-weite Harmonisierung).

Umsetzer / Koordination:
ÖV-Betreiber

Abbildung 33: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 05 – Bildung strategischer Partnerschaften

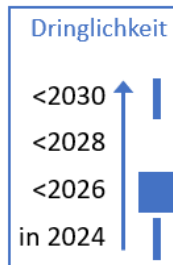
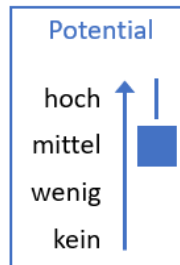
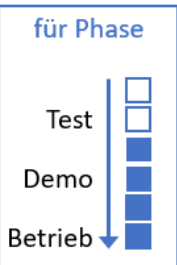
06 – Klare Zielsetzung für Einsatz automatisierter Fahrzeugflotten

Kurzbeschreibung:

Klarstellung der gewünschten Wirkungen, die durch den Einsatz (die Ermöglichung) von automatisierten Fahrzeugen und deren Flotten erreicht werden sollen. Weiterführung der Strategiepapiere der öffentlichen Hand.

Initiator / Bedarfsträger:
alle Akteur:innen

Umsetzer / Koordination:
BMK (+ Länder und Gemeinden)



Evidenz:

Sowohl der „Aktionsplan Automatisiertes Fahren“ und das „Positionspapier zur Automatisierten Mobilität“ des BMK, aber auch beispielsweise die „Grundpositionen zum automatisierten Fahren“ der Stadt Wien oder das „AK Policy Paper: Automatisiertes Fahren“ zeigen den Bedarf an klaren Zielsetzungen. Im Akteurs-Workshop wurden die Einbindung von Städten, die Stärkung des ÖVs sowie Implementierungsfahrpläne und konkreten Zielvorgaben genannt.

Detaillbeschreibung:

Der Hochlauf automatisierter Flotten muss gezielt und gesteuert erfolgen, um einen größtmöglichen gesellschaftlichen Nutzen zu erzielen. Dafür ist auf strategischer Ebene eine klare Zieldefinition erforderlich, die sämtlichen Planungen und Initiativen Orientierung gibt. Besonders geeignet zur Formulierung solcher Zielsetzungen sind Positionspapiere auf unterschiedlichen Ebenen der öffentlichen Hand. Sie schaffen Transparenz, fördern den Dialog zwischen verschiedenen Interessengruppen und erleichtern die Entscheidungsfindung. Durch fundierte Analysen und nachvollziehbare Argumentationen bilden sie zudem eine belastbare Grundlage für Maßnahmen und Reformen. Gleichzeitig bieten sie der Öffentlichkeit Orientierung und unterstützen eine langfristige strategische Ausrichtung. Ihre Erstellung stärkt die demokratische Legitimation und trägt zur Effizienz staatlicher Prozesse bei. Gerade im hochdynamischen Bereich des automatisierten Fahrens ist eine regelmäßige Aktualisierung unverzichtbar. Neben einer engen Abstimmung zwischen Bund, Ländern, Gemeinden sowie Vertreter:innen aus Wirtschaft und Zivilgesellschaft sollten auch diese Akteur:innen auf ihren Ebenen klare Zielsetzungen formulieren und Positionspapiere regelmäßig überarbeiten. Die Initiative „Strategische Allianz Automatisierte Mobilität“ versteht sich in diesem Zusammenhang als Plattform für Entwicklungs- und Umsetzungspartnerschaften. Sie bringt Expertise und Analysen ein, übernimmt jedoch nicht die Koordination staatlicher Positionsbildung. Angesichts der hohen Dynamik und der noch begrenzten Evidenz sind Entscheidungen häufig komplex und müssen kurzfristig getroffen werden. Umso wichtiger ist es, die Zielsetzungen in Form von SMARTen KPIs (spezifisch, messbar, erreichbar, relevant und terminiert) zu formulieren.

Abbildung 34: Handlungsempfehlung 06 – Klare Zielsetzung für Einsatz automatisierter Fahrzeugflotten

06 – Klare Zielsetzung für Einsatz automatisierter Fahrzeugflotten

Handlungsschritt 1: Best Practice

Inspiration durch Einholung internationaler Beispiele

Umsetzer / Koordination:

BMK

Handlungsschritt 2: Strategiepapier partizipativ erstellen

Erstellung eines partizipativen Prozesses zur Erstellung bzw. eines regelmäßigen Updates der Strategiepapiere. Hierbei ist auf die Einbindung der Wirtschaft und der Zivilgesellschaft zu achten, um eine möglichst breite Akzeptanz zu erreichen. Zudem sind die Positionspapiere auf den unterschiedlichsten Ebenen der öffentlichen Hand aufeinander abzustimmen.

Umsetzer / Koordination:

BMK (+ Länder und
Gemeinden)

Handlungsschritt 3: Strategiepapier veröffentlichen

Ebenso wichtig wie die partizipative Erstellung ist jedoch auch eine breitenwirksame Bekanntmachung der Papiere und ihrer Inhalte. Hierzu sind entsprechende Kommunikationskanäle und Informationsveranstaltungen zu bespielen.

Umsetzer / Koordination:

BMK (+ Länder und
Gemeinden)

Handlungsschritt 4: Ableitung von Implementierungsfahrplänen

Auf Basis der Positionspapiere sind Implementierungsfahrpläne, wie etwa der Aktionsplan Automatisiertes Fahren (2016–2018) oder das Aktionspaket Automatisierte Mobilität (2019–2022) von Seiten BMK, aber ebenso der Länder und Gemeinden abzuleiten.

Umsetzer / Koordination:

BMK (+ Länder und
Gemeinden)

Abbildung 35: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 06 – Klare Zielsetzung für Einsatz automatisierter Fahrzeugflotten

07 – Teleoperation – Voraussetzungen definieren

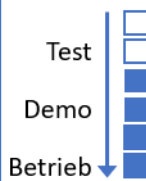
Kurzbeschreibung:

Die Voraussetzungen, die Teleoperator:innen mitbringen müssen, sollten in einer Verordnung (um rasche Anpassungen zu ermöglichen) beschrieben und konkretisiert werden.

Initiator / Bedarfsträger:
Flottenbetreiber, Leitstelle

Umsetzer / Koordination:
BMK, TÜV

für Phase



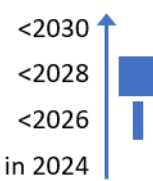
Potential



Umsetzbarkeit



Dringlichkeit



Evidenz:

<https://www.bast.de/DE/Publikationen/BerichteBAST/Berichte/unterreihe-f/2026-2025/f166a.html>

Detailbeschreibung:

Laut dem Abschlussbericht der Arbeitsgruppe „Forschungsbedarf Teleoperation“ der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BAST) in Deutschland ergeben sich aus der Fahraufgabe spezifische Anforderungen an Fahrende. Diese betreffen sowohl mentale als auch psychomotorische Fähigkeiten, die erforderlich sind, um die jeweiligen Fahraufgaben sicher zu bewältigen. Solche Anforderungen stellen Soll-Werte dar, die zur Gewährleistung eines angemessenen Sicherheitsstandards nicht unterschritten werden dürfen. Aus dem Zusammenspiel von Fahraufgabe und den Leistungsgrenzen einer geeigneten, entsprechend qualifizierten Person ergibt sich ein sicherheitskonformes Verhalten. Die Übertragung der in Deutschland gewonnenen Ergebnisse kann im Rahmen eines konkreten Umsetzungsprojekts gemeinsam mit Flottenbetreibern sowie Fahrschulen bzw. Ausbilder:innen erfolgen. Neben den Anforderungen an die fahrende Person bestehen ebenso Anforderungen an die Leitstelle. Daher sollten die Zuständigkeiten sowohl für Teleoperator:innen als auch für Leitstellen in einem Bundesgesetz geregelt werden – gegebenenfalls auch in Form einer Novelle, um auf notwendige Anpassungen rasch reagieren zu können.

Abbildung 36: Handlungsempfehlung 07 – Teleoperation – Voraussetzungen definieren

08 – Automatisierte Mobilität – Datenaustausch organisieren

Kurzbeschreibung:

Im Rahmen der europäischen Data-Governance-Verordnung (VO) und der Entwicklung der European Data Spaces einen klaren rechtlichen Rahmen oder auch Standards ggf. für den Datenaustausch schaffen.

Initiator / Bedarfsträger:
Verkehrsmanagement, Leitstelle

Umsetzer / Koordination:
BMK, BMF, BKA

für Phase

Test ☐
Demo ☐
Betrieb ☐

Potential

hoch ☐
mittel ☐
wenig ☐
kein ☐

Umsetzbarkeit

sehr schwer ☐
schwer ☐
mittel ☐
leicht ☐

Dringlichkeit

<2030 ☐
<2028 ☐
<2026 ☐
in 2024 ☐

Recht Standard	Entwickeln Testen	Wirkung	Kompetenzen Ausbildung	Finanzierung Business Mod	Förderung	Akzeptanz Beteiligung	Leitstelle
							
☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Evidenz:

<https://www.digitalaustria.gv.at/Themen/Daten.html>
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_de
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022R0868>

Detailbeschreibung:

Die Maßnahme greift die zentralen Herausforderungen des Datenaustauschs für automatisierte Fahrzeugflotten auf, indem sie unterschiedliche relevante Datentypen einbezieht. Dazu zählen Fahrzeugdaten wie Sensor- und Telemetrieinformationen, Verkehrs- und Infrastrukturdaten, Unfalldaten sowie Forschungsdaten zur automatisierten Mobilität. Um einen sicheren und effizienten Datenaustausch zu ermöglichen, wird ein rechtlicher Rahmen geschaffen, der den Vorgaben der europäischen Data-Governance-Verordnung entspricht. Dieser umfasst wesentliche Aspekte wie Datenschutz, Datensicherheit und Interoperabilität. Ergänzend werden einheitliche technische Standards für den Austausch zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und Diensten entwickelt, um die Interoperabilität zu sichern. Gleichzeitig wird die Anbindung an bestehende und künftige Datenräume – einschließlich nationaler Mobilitätsdatenräume und des europäischen Mobilitätsdatenraums – berücksichtigt. Ein Schwerpunkt liegt auf der Nutzung künstlicher Intelligenz für Datenanalysen und Verkehrsprognosen sowie auf der Rolle von Remote Management für eine effiziente Steuerung von Flotten. Die Leitung der Maßnahme übernehmen die jeweils zuständigen Fachabteilungen der Sektion IV im BMK. Zur Gewährleistung einer ganzheitlichen Perspektive wird eine interministerielle Arbeitsgruppe eingerichtet, bestehend aus Vertreter:innen des BMK, des Bundesministeriums für Finanzen (BMF) zu Datenschutz- und Digitalisierungsfragen sowie des Bundeskanzleramts (BKA) für rechtliche und verfassungsrechtliche Themen. Die Maßnahme trägt zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bei, verbessert Verkehrsflüsse, reduziert Emissionen und stärkt die Wettbewerbsfähigkeit des Mobilitätssektors. Sie schafft damit die Basis für innovative Mobilitätslösungen und unterstützt den sicheren Betrieb von L3/L4-Fahrzeugflotten in Österreich.

Abbildung 37: Handlungsempfehlung 08 – Automatisierte Mobilität – Datenaustausch organisieren

08 – Automatisierte Mobilität – Datenaustausch organisieren

Handlungsschritt 1: Ausschreibung einer umfassenden Studie und Initiierung eines Forschungsprojekts Das BMK schreibt beispielsweise eine F&E DL aus, die technische, rechtliche und wirtschaftliche Aspekte des Frameworks untersucht. Diese externe Expertise ergänzt die Arbeit der internen Expert:innen und gewährleistet eine umfassende Betrachtung aller relevanten Aspekte. Parallel zur Studie wird ein Forschungsprojekt gestartet, das sich mit den praktischen Aspekten der Implementierung befasst. Dies umfasst insbesondere den Aufbau einer satellitengestützten Kommunikationsinfrastruktur für kontinuierliche Konnektivität und die Entwicklung eines nationalen Datenmanagement-Systems für automatisierte Flotten.	Umsetzer / Koordination: BMK und Stakeholder
Handlungsschritt 2: Rechtliche Ausarbeitung Die Rechtsabteilung des BMK, unterstützt durch Expert:innen aus dem BKA und BMF, erarbeitet den rechtlichen Rahmen basierend auf den Ergebnissen der Studie und des Forschungsprojekts.	Umsetzer / Koordination: BMK, BMF, BKA
Handlungsschritt 3: Stakeholder-Konsultationen Es werden Workshops und Konsultationsrunden mit Vertreter:innen der Automobilindustrie, Forschungseinrichtungen und relevanten Behörden durchgeführt, um alle Perspektiven zu berücksichtigen.	Umsetzer / Koordination: BMK und Stakeholder
Handlungsschritt 4: Entwurf und Begutachtung Ein Entwurf des Frameworks wird erstellt und in die offizielle Begutachtung geschickt, wo verschiedene Interessengruppen Stellungnahmen abgeben können.	Umsetzer / Koordination: BMK und Stakeholder
Handlungsschritt 5: Finalisierung und Umsetzungsplanung Nach Einarbeitung der Rückmeldungen wird das Framework finalisiert und ein detaillierter Plan für die schrittweise Umsetzung erstellt.	Umsetzer / Koordination: BMK, BMF, BKA

Abbildung 38: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 08 – Automatisierte Mobilität – Datenaustausch organisieren

09 – Geschäftsmodelle aufzeigen

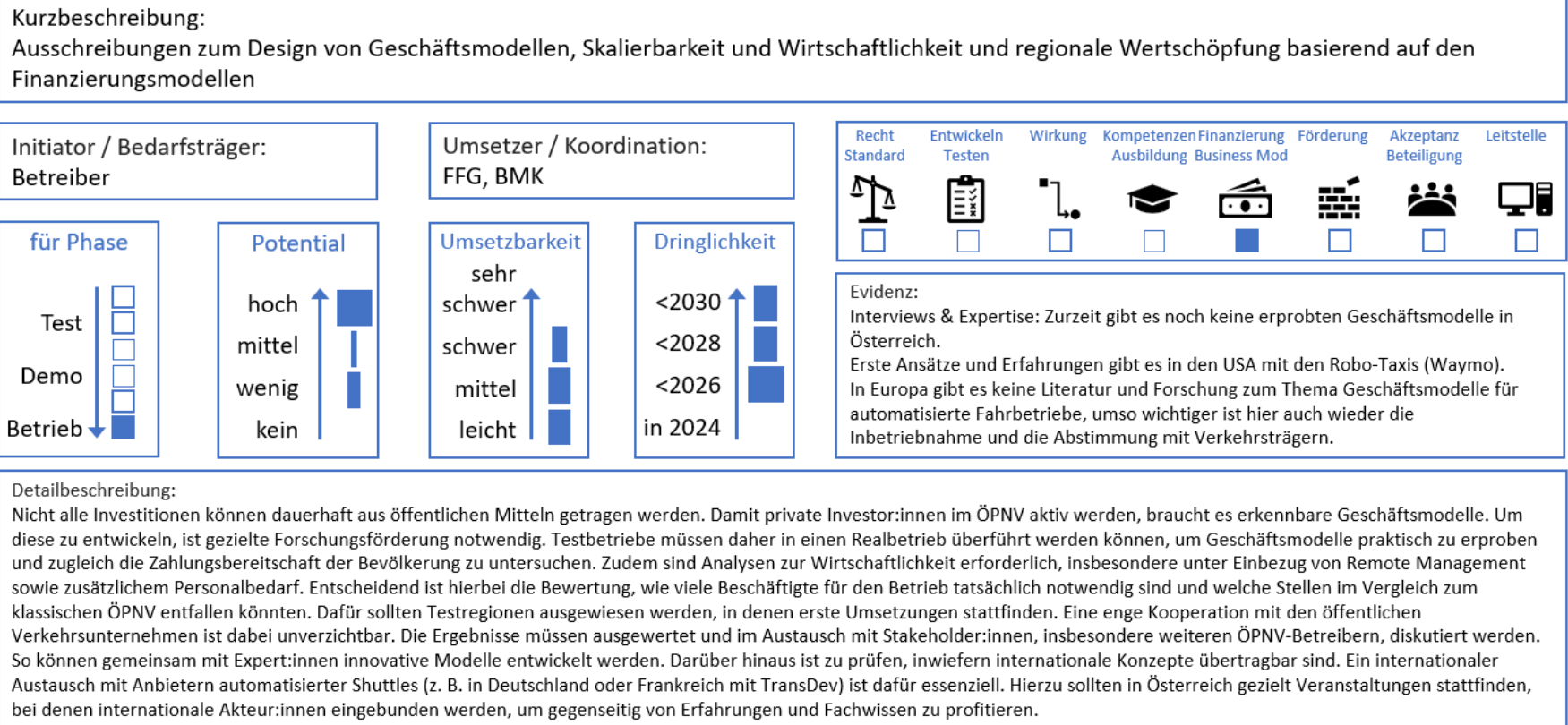


Abbildung 39: Handlungsempfehlung 09 – Geschäftsmodelle aufzeigen

09 – Geschäftsmodelle aufzeigen

Handlungsschritt 1: Förderung

Hier wird eine gezielte Forschungsförderung zu Geschäftsmodellen benötigt. Durch die finanzielle Unterstützung von Forschungsprojekten können neuartige Ansätze entwickelt und validiert werden, die die Grundlage für tragfähige Geschäftsmodelle bilden.

Umsetzer / Koordination:
BMK & Förderagenturen
(FFG, aws)

Handlungsschritt 2: Austausch

Der internationale Austausch ist ein zentraler Baustein für die Weiterentwicklung und Vernetzung von Expert:innen und Fachleuten aus verschiedenen Ländern. Eine Möglichkeit, diesen Austausch zu fördern, ist die regelmäßige Organisation und Teilnahme an Konferenzen (bspw. Konferenz in Wien).

Um den langfristigen Erfolg zu gewährleisten, sollte der Kontakt zu den internationalen Partnern über die Konferenzen hinaus gepflegt werden, beispielsweise durch digitale Netzwerke oder Arbeitsgruppen.

Umsetzer / Koordination:
Strategische Allianz
automatisierter Mobilität

Handlungsschritt 3: Regelbetrieb

Die Schaffung einer rechtlichen Grundlage ist von zentraler Bedeutung, um den Übergang vom Testbetrieb in den Regelbetrieb für automatisierte Mobilitätssysteme zu ermöglichen. Diese rechtlichen Rahmenbedingungen würden es nicht nur ermöglichen, automatisierte Mobilitätslösungen sicher und effizient in den Regelbetrieb zu überführen, sondern auch Geschäftsmodelle in einem realen Umfeld zu testen und zu validieren. Betreiber können so innovative Ansätze unter marktnahen Bedingungen erproben, die Rentabilität und Akzeptanz ihrer Modelle bewerten und entsprechende Anpassungen vornehmen.

Umsetzer / Koordination:
BMK

Abbildung 40: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 09 – Geschäftsmodelle aufzeigen

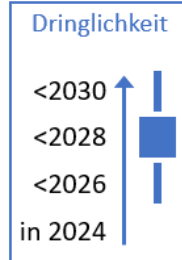
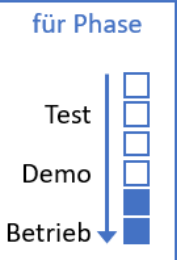
10 – Definition notwendiger Ausbildungen des Personals

Kurzbeschreibung:

Der Betrieb von Level-4-Fahrzeugen – insbesondere im teleoperierten Einsatz – erfordert die Einführung neuer Rollen sowie die Entwicklung spezifischer Ausbildungswege für das dafür qualifizierte Personal.

Initiator / Bedarfsträger:
Fahrschulen

Umsetzer / Koordination:
Mobilitätsdienstleister; später
(Hoch-)Schulen, Testregionen etc.



Evidenz:

Expertise: Der Bedarf an neuen Rollen ergibt sich aus den spezifischen Anforderungen im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren. Dies zeigte sich bei den Tests der vergangenen Jahre bzw. beim Realbetrieb von aktuellen Fahrzeugen weltweit.

Detailbeschreibung:

Level-4-Fahrzeuge erfordern in bestimmten Situationen Eingriffe durch qualifiziertes Personal. Dieses muss in der Lage sein, die Stärken und Grenzen des Fahrzeugs realistisch einzuschätzen, schnell zu reagieren und sichere Steuerbefehle zu erteilen. Insbesondere beim Einsatz im öffentlichen Personenverkehr ist es sinnvoll, zwischen einer Fahrzeugoperatorin bzw. einem Fahrzeugoperator und einer Begleitperson zu unterscheiden, die vorrangig für die Betreuung der Fahrgäste verantwortlich ist. Bei teleoperiertem Betrieb entstehen zudem zusätzliche Rollen – etwa mobiles Personal, das im Bedarfsfall direkt zum Fahrzeug kommt, sowie Mitarbeiter:innen in einer zentralen Leitstelle. In Österreich ist die Rolle der Fahrzeugoperator:innen im Fahrzeug derzeit klar definiert, einschließlich der Anforderungen an Ausbildung und Qualifikation. Weitere Rollendefinitionen fehlen jedoch bislang und sollten in einem mehrstufigen Prozess, der nachfolgend beschrieben wird, entwickelt werden.

Abbildung 41: Handlungsempfehlung 10 – Definition notwendiger Ausbildungen des Personals

10 – Definition notwendiger Ausbildungen des Personals

Handlungsschritt 1: Bedarfserhebung

Geplante und in Betrieb befindliche Level-4-Funktionalitäten müssen hinsichtlich notwendiger Tätigkeiten / Rollen überprüft werden, um Bedarfe zu identifizieren. Aufbauen kann man hier vor allem auf die Publikation „Neue Berufsbilder in der Mobilität im Kontext von Automatisierung und Digitalisierung“ (2021), die erste, mögliche Rollen benennt, ohne sie näher zu definieren. Eine konkrete Rollendefinition für Level-4-Mobilität ergibt sich z. B. aus dem deutschen Forschungsprojekt KIS'M mit folgenden acht Rollen: Technical Support, Organizational Technical Support, Administrator/Dispatcher, Traffic Manager 2.0, Field Support, Maintenance, Operator on Board und Accessibility Support.

Umsetzer / Koordination:
Mobilitätsbetreiber

Handlungsschritt 2: Definition neuer Berufsbilder

Abhängig vom Grad der Automatisierung und insbesondere der Art der Umsetzung von etwaigem teleoperierten Fahren, ergeben sich unterschiedliche Tätigkeiten/Rollen. Diese sind im Detail hinsichtlich Aufgaben und Anforderungsprofil zu definieren und mit rechtlichen Vorgaben (insbesondere Arbeitsrecht und Verkehrsrecht) abzustimmen. Im Fahrzeug betrifft das insbesondere Sicherheitsfahrer:innen, Notfalltechniker:innen und – im Falle von Personentransporten – entsprechendes Betreuungspersonal. In der Leitstelle sind insbesondere die Bereiche Fahrzeugsteuerung, Flottenmanagement, Systemüberwachung, Cybersecurity und Infrastrukturmanagement zu berücksichtigen. Industrie- und Berufsverbände sollten dabei jedenfalls mit eingebunden werden.

Umsetzer / Koordination:
Testregionen

Handlungsschritt 3: Einführung neuer Ausbildungsmöglichkeiten

Anschließend sind entsprechende Ausbildungen zu definieren und am Markt anzubieten. Es gilt, Branchenstandards zu definieren, Curricula auszuarbeiten, Zertifizierungsprogramme zu entwickeln und Richtlinien für die laufende Weiterbildung und Qualifizierung festzulegen. Es empfiehlt sich auch, eine entsprechende Sensibilisierung der Öffentlichkeit hinsichtlich der neuen Berufsprofile und ihrer Bedeutung anzustoßen.

Umsetzer / Koordination:
(Hoch-), (Fahr-)Schulen

Abbildung 42: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 10 – Definition notwendiger Ausbildungen des Personals

7 Anhang 2: Testsites mit automatisierten ÖV-Flotten

Als Teilergebnis des Screenings wurden folgende Testsites die automatisierten Fahrzeuge im ÖV-Anwendungen einsetzen gesammelt.

Tabelle 11 führt alle Informationen zum dahinterstehenden Projekt dar. Tabelle 12 listet Informationen zu Fahrzeug, ob Leitstellenthemen inkludiert wurden, und einen Link bzw. eine Referenz auf.

Tabelle 11: Liste der gesammelten Testsites mit Projektbezug

Nr.	Standort	Land	Projekt	Beginn	Status	Ende
1	Pasila Helsinki	FIN	Fabulos	2018	abgeschlossen	2021
2	Tallinn	EST	Fabulos	2018	abgeschlossen	2021
3	Lamia	GRC	Fabulos	2018	abgeschlossen	2021
4	Aalborg	DNK	Pilotproject Aalborg East (Smartbus)	2020	abgeschlossen	2021
5	Geneva (CH)	CHE	AVENUE	2018	abgeschlossen	2022
6	Brussels Airport	BEL	De Lijn / Brussels airport autonomous shuttle	2019	aktiv	-
7	Hof, Kronach, Rehau	DE	SMO I - Shuttle Modellregion Oberfranken	2021	abgeschlossen	2022
8	Hof, Bad Steben, Rehau	DE	SMO II - Shuttle Modellregion Oberfranken	2022	aktiv	2024
9	Frankfurter Riederwald	DE	EASY-Shuttle	2022	abgeschlossen	2023
10	Herford	DE	ULTIMO	2022	aktiv	2026

Nr.	Standort	Land	Projekt	Beginn	Status	Ende
11	Geneva (CH)	DE	ULTIMO	2022	aktiv	2026
12	Berlin (Charité Mitte)	DE	Stimulate	2018	abgeschlossen	2020
13	Berlin (Virchow-Kliniken)	DE	Stimulate	2017	-	-
14	Berlin (Alt Tegel)	DE	-	-	abgeschlossen	2022
15	Frankfurt am Main - Campus Frankfurt University of Applied Sciences	DE	EASY	2019	abgeschlossen	2020
16	Karlsruhe	DE	SHOW	2020	laufend	2024
17	Monheim am Rhein	DE	SHOW	2020	laufend	2024
18	München	DE	UNICARagil	2018	abgeschlossen	2022
19	München	DE	KoSi	2021	laufend	2023
20	Tampere	FIN	Ride2Autonomy	2021	abgeschlossen	2022
21	Tampere	FIN	SHOW	2022	laufend	2024
22	Trikala	GRC	SHOW	2022	laufend	2023
23	Valastaden Linköping	SWE	SHOW	2022	laufend	2023
24	Tampere	FIN	IN2CCAM	2022	laufend	2025
25	Valastaden Linköping	SWE	SHOW	2020	aktiv	2023
26	Göteborg	SWE	SHOW	2017	abgeschlossen	2021
27	Crest-Val de Drôme	FRA	SHOW	2020	aktiv	2024
28	Frankfurt	DE	SHOW	2020	laufend	2024
29	Les Mureaux	FRA	SHOW	2020	laufend	2024
30	Madrid	ESP	SHOW	2020	laufend	2024
31	Brno	CZE	SHOW	2020	laufend	2024
32	Geneva	CHE	SHOW	2020	laufend	2024
33	Mannheim	DE	RABus	2020	laufend	2024
34	Friedrichshafen	DE	RABus	2020	laufend	2024

Nr.	Standort	Land	Projekt	Beginn	Status	Ende
35	Leipzig	DE	Absolut I	2019	abgeschlossen	2022
36	Leipzig	DE	Absolut II	2023	laufend	2026
37	Frankfurt am Main	DE	Campus FreeCity	2021	laufend	2024
38	Berlin	DE	KIS`M (KI-basiertes System)	2022	laufend	2025
39	Hamburg-Harburg	DE	Ahoi	2023	laufend	2027
40	Kelheim u. Monheim	DE	Safestream	2022	laufend	2025
41	in mehreren Orten	11 Länder	L3Pilot	2017	abgeschlossen	2021
42	Berlin	DE	SHUTTLE&CO	2020	abgeschlossen	2022
43	Hamburg, München	DE	Moia	2021	laufend	2026
44	Lauenburg	DE	Tabula	2018	abgeschlossen	2021
45	Lauenburg	DE	Tabula-LOG	2020	abgeschlossen	2022
46	Lauenburg	DE	Tabula-LOGplus	2022	laufend	2024

Tabelle 12: Liste der gesammelten Testsites mit Fahrzeugbezug und Link/Referenz

Nr.	Hersteller	Tele-operation	Shuttles	Link
1	Sensible4 / Muji		3	https://fabulos.eu/helsinki-pilot/
2	Auvetech/ISEA UTO	ja	1	https://fabulos.eu/tallinn-pilot/
3	ISEAUTO (Auvetech, Tallinn UoT)	Ja	2	https://fabulos.eu/lamia-pilot/
4	Navya		3	https://www.letsholo.com/aalborg-east
5	Navya		3	https://h2020-avenue.eu/portfolio-item/geneva/

Nr.	Hersteller	Tele-operation	Shuttles	Link
6	2getthere	ja	1	https://www.2getthere.eu/projects/autonomous-shuttles-serving-brussels-airport-last-mile-needs/
7	Navya	Ja	6	https://www.shuttle-modellregion-oberfranken.de/vorstellung
8	Navya	Ja	6	https://www.shuttle-modellregion-oberfranken.de/vorstellung
9	Navya, EasyMile	ja	2	https://www.probefahrt-zukunft.de/index%20-%20Riederwald.html
10	-		3	https://ultimo-he.eu/deployment-sites-herford-germany/
11	Navya		3	https://ultimo-he.eu/deployment-sites-belle-idee-estate-geneva/
12	EasyMile EZ 10 (Gen. 2)		2	https://www.eurotransport.de/artikel/autonome-minibusse-in-der-erprobung-bvg-und-berliner-charite-starten-stimulate-10029258.html
13	2 Navya Arma		2	https://www.charite.de/service/pressemitteilung/artikel/detail/wir-lassen-keinen-fahren/
14	Easymile		3	https://www.bvg.de/de/verbindungen/see-meile
15	EasyMile EZ 10		2	Abschlussbericht AutonomamMainkai Frankfurt UAS.pdf (frankfurt-university.de)
16	EasyMile EZ 10 (Gen. 2) + Sensorik durch FZI	ja	2	https://show-project.eu/mega-sites-germany/
17	EasyMile EZ 10 (Gen. 2)		5	https://show-project.eu/mega-sites-germany/
18	Platooning Prototyp im Projekt entwickelt	Ja	4	https://www.mos.ed.tum.de/ftm/forschungsfelder/fahrzeugkonzepte/unicaragil/
19	Platooning Prototyp		unbekannt	https://www.ce.cit.tum.de/air/research/kosi/

Nr.	Hersteller	Tele-operation	Shuttles	Link
	im Projekt entwickelt			
20	ISEauto		1	https://summalab.nl/tampere/
21	ISEauto/Easymile EZ10 gen3/Toyota Proace	Ja	3	https://show-project.eu/mega-sites-tampere/
22	Weichai Power Co Ltd	Ja	3	Automatisierte Mobilität erobert Trikala mit SHOW show-project.eu
23	EasyMile gen2/Navya Arma		3	https://show-project.eu/mega-sites-sweden/
24	-		5	https://in2ccam.eu/lead-living-labs-tampere-finland/
25	Navya Easymile		3	https://show-project.eu/mega-sites-sweden/
26	Navya Arma	Ja	3	https://trimis.ec.europa.eu/project/piloting-automated-driving-european-roads
27	Navya		4	https://show-project.eu/mega-sites-france/
28	EasyMile	Ja	2	https://show-project.eu/mega-sites-germany/
29	EasyMile		3	https://show-project.eu/mega-sites-france/
30	Renault Twizy, Microbus Gulliver, irizar 12m i2ebus	Ja	5	https://show-project.eu/mega-sites-madrid/
31	Esagono Energia Grifo, Hyundai i40	Ja	3	https://show-project.eu/mega-sites-brno/
32	Navya		6	https://show-project.eu/follower-sites-geneva/
33	People Mover der ZF Mobility Solutions	geplant	2	https://www.projekt-rabus.de/de/Startseite/
34	People Mover der ZF Mobility Solutions	geplant	2	https://www.projekt-rabus.de/de/Projektbeschreibung/

Nr.	Hersteller	Tele-operation	Shuttles	Link
35	umgebautes EasyMile EZ10 G2 und VW e-Crafter	nein	unbekannt	Projekt ABSOLUT: ABSOLUT I (absolut-projekt.de)
36	umgebautes EasyMile EZ10 G2 und VW e-Crafter	ja	unbekannt	https://absolut-projekt.de/absolut-2
37	EDAG CityBots	ja	unbekannt	https://www.campusfreecity.de/
38	EasyMile EZ10	ja	unbekannt	KIS'M (tu.berlin)
39	verschiedene Hersteller, inkl. EasyMile	ja	20	Das Projekt ahoi Hamburg vhh.mobility (vhhbus.de)
40	EasyMile	ja	unbekannt	Projekt - SAFESTREAM
41	verschiedene Hersteller		100	https://trimis.ec.europa.eu/project/piloting-automated-driving-european-roads
42	Shuttle EZ10 EasyMile, Generation 3	nein	bis zu 3	Shuttles&Co Digitales Testfeld Stadtverkehr Berlin
43	VW	ja	unbekannt	Autonomes Fahren für die Stadt: Unsere Mission MOIA MOIA
44	unbekannt		unbekannt	https://doi.org/10.15480/882.3611
45	unbekannt		unbekannt	TaBuLa-LOG - TaBuLa Shuttle - elektrischer, automatisiert verkehrender Bus in Lauenburg
46	unbekannt		unbekannt	TaBuLa-LOGplus - TaBuLa Shuttle - elektrischer, automatisiert verkehrender Bus in Lauenburg

8 Anhang 3: Liste der kommentierten Literaturquellen zur technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung

Die folgende Literaturliste umfasst eine breite Palette von Forschungsarbeiten, Berichten und wissenschaftlichen Publikationen, die sich mit der technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung befassen.

Sofern besonders studienrelevante Elemente gefunden wurden, sind diese in der Liste aufgeführt.

1 Who Will Drive Automated Vehicles - Usability Context Analysis and Design

Guidelines for Future Control Centers for Automated Vehicle Traffic

Sarah Schwindt, Adrian Heller, Nina Theobald, Bettina Abendroth Paper - TU Darmstadt - 21 November 2023

Gives general overview of roles and workflow within control center, fleet size and control center location, qualification requirements, work equipment requirements.

- Defines tasks of technical supervisors

<https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/26342>

2 User Requirements for Remote Teleoperation-based Interfaces Gaetano Graf, Heinrich Hussmann

Paper - LMU Munich - 21 September 2020

- gives overview of collected first-hand operator's requirements for AV teleoperation-based interfaces - interviews conducted with professionals working in the automotive industry

- results of requirements within table and graph,

- The requirements provide information not only about the vehicle but also about the surrounding environment

<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3409251.3411730>

3 Taxonomy and Survey on Remote Human Input Systems for Driving Automation Systems

Daniel Bogdoll, Stefan Orf, Lars Töttel, J. Marius Zöllner; FZI Research Center for Information Technology, Germany – 10 Mar 2022

- This paper offers a survey on existing literature, approaches and terminologies and provides the research community with a taxonomy on remote human input systems.

<https://arxiv.org/abs/2109.08599>

4 Requirements of Future Control Centers in Public Transport

Carmen Kettwich, Annika Dreßler; Institute of Transportation Systems, German Aerospace Center (DLR), Braunschweig, Germany - 21 September 2020

<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3409251.3411726>

5 Non-technological challenges for the remote operation of automated vehicles

Noah Goodall; Virginia Transportation Research Council, USA – December 2020

- This paper describes the legal environment for remote operation of vehicles.

- The operational performance of remote operation is explored, and a model is developed to estimate the number of remote operators needed to manage large automated vehicle fleets using reasonable assumptions.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856420307369>

6 Key Requirements and Concept For the Future Operations Control Center Of Automated Shuttle Buses

Olga Biletska, Sönke Beckmann, Tony Glimm; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – June 2021

- V2X Communication

- Concept of the Future Operations Control Center

- Requirements for the Future Operations Control Center

<https://www.researchgate.net/publication/352292007> Key Requirements and Concept For the Future Operations Control CenterOf Automated Shuttle Buses

7 Prototype of an Operation Control Centre for Automated Shuttle Buses - Practical Use on "Galileo-Testfeld"

Ingmar Steffen Franke, Olga Biletska, Sönke Beckmann, Christian Bendicks;- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – July 2022

<https://www.researchgate.net/publication/361792969> Prototype of an Operation Control Centre for Automated Shuttle Buses - Practical Use on Galileo-Testfeld

8 Remote operation of Connected and Automated Vehicles

A Kalaiyarasan, B Simpson, D Jenkins, F Mazzeo, H Ye, I Obazele, K Kourantidis, M Courtier, MCS Wong, R Wilford Project Report- Innovate UK & CCAV – 25 August 2021

<https://trl.co.uk/uploads/trl/documents/PPR1011-Remote-operation-of-CAVs---Project-Endeavour---Main-Report.pdf>

9 Investigating Levels of Remote Operation in High-Level On-Road Autonomous Vehicles using Operator Sequence Diagrams

Hannah Parr, Catherine Harvey, Gary Burnett; University of Nottingham – 27 January 2023

- This research aims to give evidence for the inclusion of remote operation into autonomous driving. The four types of remote operation are Remote Monitoring, Remote Assistance, Remote Management and Remote Driving. Operator sequence diagrams are used to evaluate these types of remote operation in likely scenarios and draw conclusions about the role and the tasks the operator will be required to complete.

- Identification of potential scenarios where the involvement of remote operation occurs.

<https://www.researchsquare.com/article/rs-2510863/v1>

10 Operation Control Center for automated Vehicles – Conceptual Design

Olga Biletska, Gianna Kurtz, Hartmut Zadek; Conference Paper - Hamburg University of Technology – September 2022

<https://www.econstor.eu/handle/10419/267205>

11 Concept of a Control Center for an Automated Vehicle Fleet

Johannes Feiler, Simon Hoffmann, Dr. Frank Diermeyer; Conference Paper – September 2020

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9294411>

12 Automated Vehicle Traffic Control Tower: A Solution to Support the Next Level Automation

Xiaoyun Zhao, Rami Darwish, Anna Pernestål; Paper – November 2020

<https://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1503367&dswid=9413>

13 AVSC Best Practice for ADS Remote Assistance Use Case

Automated Vehicle Safety Consortium. 2023. AVSC Best Practice for ADS Remote Assistance Use Case. SAE Industry Technologies Consortia.

<https://www.sae.org/standards/content/avsc-i-04-2023/>

14 ZTE TECHNOLOGIES (No.1) 2024 (5G-Advanced)

Ma Xingshuo, RAN Solution; ZTE Magazine - Technologies No1 2024 Ultra-Reliable 5G Network for High Level Autonomous Driving in the ZTE Magazine

15 Verification of Standardized Rel-15 Requirements for Drone's Command-and-Control Link Reliability

Samira Homayouni; Taulant Berisha; Mario Paier; Sebastian Woblistin; Johannes Rehak; Thomas Neubauer; Conference Paper - August 2023

- Research on drone connection reliability (Rel. 15)

- Research was conducted on a single network and further research on network slices is needed.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/10200050>

16 2022_09_09 - EASY VDV-Akademie – final

Markus Menzel | VGF, Torsten Schmidt | fahma; Conference Presentation/Talk - Konferenz „Digitalisierung, Arbeit, Beschäftigung“ 09. November 2022 in Frankfurt im HOLM

- Erste Vision für die Ausgestaltung der Technischen Aufsicht auf Basis des ersten Betriebs von autonomen Fahrzeugen ohne Sicherheitsfahrer im RMV-Projekt „EASY“. Detaillierte Beschreibung der Einbindung einer Leitstelle für autonome Fahrzeuge in bestehende Infrastruktur/Flotten.

17 Teleoperation_TuM

Dipl.-Ing. Lennart S. Lutz, M. Sc. Tito Tang, Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp; Paper "Analyse der rechtlichen Situation von teleoperierten (und autonomen) Fahrzeugen"

18 V+T2022-fahma

Torsten Schmidt, Thorsten Möglinger, Markus Menzel, Matthias Fischer, Anne Klinger, Sofia Pavlakis; Zeitschrift Verkehr und Technik 09/2022

Erster Betrieb von autonomen Fahrzeugen ohne Sicherheitsfahrer im RMV Projekt EASY Teil 1 und Teil 2

19 Flexible Network Specification and Architecture (ICT4CART)

Birger Haetty, Steffen Schulz, Markus Wimmer; Deliverable Research Project by NOKIA (3.2) -August 2019

- Overview of hybrid (and thus redundant) possibilities for connections to autonomous vehicles. To allow a more flexible deployment of cellular radio networks, different

network strategies and architectures are proposed and discussed.

<https://www.ict4cart.eu/hub/deliverables>

20 "A review on safety failures, security attacks, and available countermeasures for autonomous vehicles"

Jin Cui, Lin Shen Liew , Giedre Sabaliauskaite, Fengjun Zhou

- This paper presents an overview of recent research on AV safety failures and security attacks, as well as available safety and security countermeasures.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570870518309260?via%3Dihub>

21 Systems-Theoretic Safety Assessment of Teleoperated Road Vehicles

Simon Hoffmann, Dr. Frank Diermeyer

<https://arxiv.org/abs/2104.06795>

22 Code of Practice

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie; Tests von automatisiertem Fahren auf Straßen mit öffentlichem Verkehr

https://www.austriatech.at/assets/Uploads/Fokusseiten/Kontaktstelle-Automatisierte-Mobilitaet/Dokumente/ca3d91901e/Code-of-Practice_042022.pdf

23 Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetz und des Pflichtversicherungsgesetz Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

<https://www.vdv.de/neue-chancen-fuer-die-oeffentliche-mobilitaet.aspx>

24 A self driving license: Ensuring autonomous vehicles deliver on the promise of safer roads

MIT- Christopher Bradley^{1,2,†,*} and Victoria Preston^{1,2,†} Edited by Serena Booth and Anthony Tabet; MIT Science Policy Review

- Existing regulations and standards for autonomous vehicles (AVs) fail to adequately consider highly autonomous systems.

- Current reliance on human drivers to be the “failsafe” for some AVs is problematic and requires re-evaluation of current driver licensing procedures.

- AVs will only be safer than human drivers if appropriate support and testing protocols are provided and enforced.

- Thus, in order to enable safety certification for AVs, a multi-stage, data-driven oversight

framework is proposed.

https://sciencepolicyreview.org/downloads/2020/08/Vol1no10_Bradley.pdf

25 Safe Drive Initiative: SafeDI scenario-based AV policy framework – an overview for policy-makers

WEF Michele Avary, Tim Dawkins; World Economic Forum White Paper 2020

– an overview for policy-makers

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Safe_DI_AV_policy_framework_2020.pdf

26 Focus Group on AI for autonomous and assisted driving (FG-AI4AD)

"International Telecommunications Union (ITU) Focus Group on AI for Autonomous and Assisted Driving in the European Union (EU) "; Technical Report on Demonstrators

<https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ai4ad/Pages/default.aspx>

27 US DOT - NHTSA Cybersecurity Best Practices for the Safety of Modern Vehicles
Updated 2022 NHTSA September 2022

28 SAFETY FIRST FOR AUTOMATED DRIVING

- This publication summarizes widely known safety by design and verification and validation (V&V) methods of SAE L3 and L4 automated driving. There is already a vast array of publications focusing on only specific subtopics of automated driving. In contrast, this publication is a comprehensive approach to safety relevant topics of automated driving and is based on the input of OEMs, TIER suppliers and key technology providers.

<https://www.apativ.com/docs/default-source/white-papers/safety-first-for-automated-driving-aptiv-white-paper.pdf>

29 KIS'M – Berlin, Germany unlocks Connected, Cooperative and Automated Mobility
Wulf-Holger Arndt, Robert Linke-Wittich*, Felix Metzger, Alin Radu, Christoph Schäper, Oliver Strop; ITS Lisbon 2023 EC

- Rollen und neue Berufe, wenn Flotten ausgerollt werden.

30 Adaptation of Human Licensing Examinations to the Certification of Autonomous Systems

M.L. Cummings Duke University, 2019; Paper

<https://hal.pratt.duke.edu/sites/hal.pratt.duke.edu/files/u30/Certification%20of%20Autonomous%20Systems%20MAR18.compressed.pdf>

9 Anhang 4: Checklisten zur technische Funktions- und Sicherheitsbewertung

Die folgenden beiden Checklisten bietet eine ausführliche Grundlage für die technische Funktions- und Sicherheitsbewertung von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen.

Die erste Auflistung (Tabelle 13) beschreibt die erforderlichen Prüfungen und Maßnahmen, welche vor der Erstzulassung eines Fahrzeugs durchgeführt werden müssen, um die Einhaltung regulatorischer Vorgaben zu gewährleisten. Die Bewertung umfasst unter anderem die Dokumentationspflichten des Fahrzeugherstellers, Prüfungen durch technische Dienste wie den TÜV sowie die Prüfung der technischen Ausstattung und Sensorik und pointiert gleichzeitig die Verantwortlichkeit zwischen Gesetzgeber, Fahrzeugherstellern, Betreibern und technischen Dienstleistern. Die zweite Auflistung (Tabelle 14) dokumentiert die gleichen Aufgaben für wiederkehrende Bewertungen.

Die Tabelle spiegelt den aktuellen Stand der Technik zum Zeitpunkt der Projektdurchführung wider.

Tabelle 13: Die technische Funktions- und Sicherheitsbewertung - Einmalig (CHECKLIST)

Nr.	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vor-schreib-ung von	Umzusetzen von
1	Regula-- torische Einhaltung und Doku- mente		Dokumentationspf lichten Hersteller: Funktionale Beschreibung, Betriebs- handbuch, Sicherheits- konzept, Sicherheit im Bereich Informations- technologie		
1.1		Fahrzeug-Hersteller lässt Fahrzeug durch technischen Dienst (TÜV, KFZ-Überprüfungsstellen) prüfen.		Gesetzge ber	Fahrzeug- Hersteller
1.2		Fahrzeug-Hersteller erhält finale Betriebserlaubnis		Gesetzge ber	Fahrzeug- Hersteller
1.2.1		Überprüfung technische Ausstattung mit entsprechendem Sensorik- System		Gesetzge ber	Fahrzeug- Hersteller
1.2.2		Überprüfung technische Kopplung zur Leitstelle (technische Aufsicht)		Gesetzge ber	Telekommunika tions-Provider, Leitstelle

Nr.	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vor- schreib- ung von	Umzusetzen von
					(technische Aufsicht)
1.2.3		Überprüfung der technischen Aufsicht die als eine Leitstelle agiert		Gesetzge ber	Fahrzeug- Hersteller, Leitstelle (technische Aufsicht)
1.3		Fahrzeughalter lässt Betriebsbereich samt Streckenführung für das typgenehmigte Fahrzeug prüfen.		Gesetzge ber	Fahrzeug Halter (Betreiber)
1.3.1		Praktische Fahrprüfung des Systems: Fahrmanöver, Sicherheitsstandards, und die Kommunikation mit der Leitstelle (technischen Aufsicht) wird getestet		Gesetzge ber	Fahrzeug Halter (Betreiber)
1.4		Erfolgreiche Absolvierung wird in Zulassungsbescheinigung eingetragen.		Gesetzge ber	Fahrzeug Halter (Betreiber)
1.5		Fahrzeug wird bei lokaler KFZ-Zulassungsbehörde angemeldet.		Gesetzge ber	Fahrzeug Halter (Betreiber)

Tabelle 14: Die technische Funktions- und Sicherheitsbewertung - Wiederkehrend (CHECKLIST)

Nummer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vorschreibung von	Umzusetzen von
1	Fahrzeug-funktionalität		Homologation, Zulassung (§57a Überprüfung), CAV Regulatorien etc., ISO/PAS 21448, ISO 26262, SAE J3016, SAE J3018,	Fahrzeug Hersteller, Fahrzeug Halter (Betreiber), Leitstelle (technische Aufsicht), Gesetzgebung	Fahrzeug Hersteller, Fahrzeug Halter (Betreiber), Leitstelle (technische Aufsicht), Gesetzgebung,
1.1		Sensoren: Überprüfen Sie alle Sensoren und stellen Sie sicher, dass sie ordnungsgemäß funktionieren. Dazu gehören Kameras, Radar, Lidar, GNSS, IMU und andere Sensoren zur Erkennung von Hindernissen und zur Navigation/Lokalisierung des Fahrzeugs.		Gesetzgeber, Fahrzeug-Hersteller	Fahrzeug Halter (Betreiber)
1.2		Software: Überprüfen Sie die Software, die auf den Steuersystemen des Fahrzeugs läuft, einschließlich der Software für Navigation und		Gesetzgeber, Fahrzeug-Hersteller	Fahrzeug Halter (Betreiber)

Num mer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vor- schreib- ung von	Umzusetzen von
		automatisiertes Fahren. Vergewissern Sie sich, dass die Software auf dem neuesten Stand ist, keine Fehler aufweist und ordnungsgemäß funktioniert.			
1.3		Stromversorgung: Überprüfen Sie das Stromversorgungssystem, einschließlich der Batterie und des Ladesystems. Stellen Sie sicher, dass die Batterie geladen ist und das Ladesystem ordnungsgemäß funktioniert.		Gesetzgeb er, Fahrzeug- Hersteller	Fahrzeug Halter (Betreiber)
1.4		Notfallsysteme: Überprüfen Sie Notfallsysteme wie Airbags, Antiblockiersysteme und Notstromsysteme. Stellen Sie sicher, dass sie ordnungsgemäß funktionieren und im Notfall einsatzbereit sind.		Gesetzgeb er, Fahrzeug- Hersteller	Fahrzeug Halter (Betreiber)

Nummer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vorschreibung von	Umzusetzen von
1.5		Kommunikation & Konnektivität: Überprüfen Sie die Kommunikationssysteme und andere Geräte sowie notwendige Konnektivität im Betrieb z.b. Verkehrssignale (VLSA), Internet. Vergewissern Sie sich, dass sie ordnungsgemäß funktionieren und für die Kommunikation mit der Leitstelle, Rettungsdiensten, anderen Fahrzeugen und anderen Beteiligten genutzt werden können.	AGB und Einwilligung Aufnahmen/InCab in; derzeit Aufzeichnung Videostream; Für Betreiber solider Datenschutzrahmen	Gesetzgeber, Fahrzeug-Hersteller	Fahrzeug Halter (Betreiber)
1.6		Mensch-Maschine-Schnittstelle: Überprüfen Sie die Mensch-Maschine-Schnittstelle des Fahrzeugs, einschließlich des Dashboard-Display und des Control-Panel. Vergewissern Sie sich, dass sie einfach zu bedienen und zu verstehen ist und dass sie Fahrgästen und dem Fahrer:in/Operator die für den sicheren Betrieb des Fahrzeugs		Gesetzgeber, Fahrzeug-Hersteller	Fahrzeug Halter (Betreiber)

Num mer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vor- schreib- ung von	Umzusetzen von
		erforderlichen Informationen sowie bei nach außen angebrachten Anzeigeelementen anderen Beteiligten entsprechende Anzeigen liefert.			
1.7		Externe Faktoren: Überprüfen Sie externe Faktoren wie Wetter- und Straßenbedingungen. Vergewissern Sie sich, dass sich die Systeme des Fahrzeugs an unterschiedliche Witterungsbedingungen anpassen und auf verschiedenen Straßentypen sicher navigieren können.		Gesetzgeb er, Fahrzeug- Hersteller	Fahrzeug Halter (Betreiber)
1.8		Einhaltung von Vorschriften: Prüfen Sie, ob das Fahrzeug alle relevanten gesetzlichen Normen und Anforderungen erfüllt, einschließlich Sicherheit, Emissionen und Cybersicherheit. Überprüfung aktueller		Gesetzgeb er	Fahrzeug Halter (Betreiber)

Num mer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vor- schreib- ung von	Umzusetzen von
		StVO Vorgaben (Konformität)			
1.9		Wartung: Stellen Sie sicher, dass das Fahrzeug gut gewartet ist und alle Systeme regelmäßig überprüft und gewartet werden. Dazu gehört die Überprüfung von Reifen, Bremsen, anderen mechanischen Systemen, der Fahrzeugsoftware und anderen elektronischen Systemen. Durchführung von periodischen Tests, dass das Fahrzeug zu technischen Fahrzeugüberprüfungen zugeführt werden kann: Befahrbarkeit von Bremsprüfständen, Lichteinstellplätzen, Hebebühnen oder Gruben und die Durchführung aller vorgeschriebenen Prüfungen müssen möglich sein		Fahrzeug Hersteller	Fahrzeug Halter (Betreiber)
1.10		Datenspeicherung: Feststellung der	Verordnung (EU) 2016/679,	Gesetzgeb er	Fahrzeug Halter (Betreiber)

Nummer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vorschreibung von	Umzusetzen von
		Funktionsbereitschaft des Datenspeichers;	Datenschutzfolgeabschätzung		
2	Kommunikationssysteme		Zuverlässigkeit, Cyber Security (SAE J 3061, SAE 21434) (Globalen Standards: 3GPP, NESAS und NESAS CCS-GI),	Gesetzgebung, Telekommunikations-Provider	Betreiber
2.1		Evaluierten Sie die Zuverlässigkeit und Stabilität der Kommunikationskanäle (z. B. Mobilfunk, Satellit, WLAN).		Gesetzgebung	Telekommunikations-Provider, Fahrzeug Halter
2.2		Testen Sie die Datenübertragungsgeschwindigkeit und Latenz.	Ultra Reliable Networks	Gesetzgebung	Telekommunikations-Provider, Fahrzeug Halter
2.3		Stellen Sie sicher, dass sichere Datenverschlüsselungs- und Authentifizierungs-Mechanismen vorhanden sind.	Cyber-Security	Telekommunikations-Provider	Fahrzeug Halter, Leitstelle (technische Aufsicht)

Nummer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vorschreibung von	Umzusetzen von
2.4		Stellen Sie die Datenintegrität während der Übertragung und Speicherung sicher.			Telekommunikations-Provider, Fahrzeug Halter
2.5		Überprüfen Sie ordnungsgemäße Authentifizierungs- und Zugriffskontrollmechanismen.			Telekommunikations-Provider, Fahrzeug Halter
2.6		Führen Sie Penetrationstests durch, um potenzielle Sicherheitslücken zu identifizieren und zu beheben.			Telekommunikations-Provider, Fahrzeug Halter
3	Leitstelle	Bedarfskategorien von Nutzeranforderungen für ferngesteuerte Teleoperationsschnittstellen: Fahrzeugposition, Fahrzeugstatus, Fahrzeugprobleme, Fahrzeugmerkmale, Fahrzeugbetrieb, Ziele der Aufgabe, Onboard-Sensorik, Kommunikationsstatus,	Vollumfänglichkeit soll erreicht werden, maximal automatisiert (auch das Thema Reinigung, Reinigungsmodus am Fahrzeug), Über Remote-Management koordiniert	Gesetzgebung	Fahrzeug Halter (Betreiber), Leitstelle (technische Aufsicht)

Num mer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vor- schreib- ung von	Umzusetzen von
		Objekte, Hindernisse, Umweltinformationen, Wetterbedingungen, Geländemerkmale (Merkmale des Betriebsbereichs);			
3.1		Systemüberprüfung: Überprüfen Sie, ob alle Computer, Server, Steuergeräte und Monitore ordnungsgemäß funktionieren. Prüfen Sie auf Hardwarefehlfunktionen oder Fehleranzeigen.			Leitstelle (technische Aufsicht)
3.2		Netzwerkverbindung: Stellen Sie eine stabile Internetverbindung sicher. Testen Sie die Kommunikationsverbindun- gen zum Fahrzeug.			Leitstelle (technische Aufsicht), Telekommuni- kations- Provider
3.3		Softwareüberprüfung: Bestätigen Sie, dass die Software des Kontrollzentrums fehlerfrei läuft. Überprüfen Sie auf Softwareupdates oder Patches und wenden Sie diese bei Bedarf an.			Leitstelle (technische Aufsicht)

Num mer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vor- schreib- ung von	Umzusetzen von
3.4		Überwachung des Fahrzeugstatus: Überprüfen Sie den Status aller automatisiert gesteuerten Fahrzeuge. Überprüfen Sie auf Alarme oder Warnungen bezüglich des Fahrzeugzustands oder der Einsatzbereitschaft.			Leitstelle (technische Aufsicht)
3.5		Sensor-Kalibrierung: Überprüfen Sie die Kalibrierung der Sensoren an Bord jedes Fahrzeugs. Stellen Sie eine geforderte Daten-Sammlung und -Verarbeitung von Kameras, LiDAR, Radar, GNSS, IMU usw. sicher.			Leitstelle (technische Aufsicht)
3.6		Routenplanung: Überprüfen und aktualisieren Sie bei Bedarf Fahrtrouten und Zeitpläne der Fahrzeuge. Stellen Sie eine optimale Nutzung der Fahrzeuge und Ressourcen sicher.			Leitstelle (technische Aufsicht)
3.7		Notfallvorbereitung: Bestätigen Sie, dass Notfallprozesse und -			Leitstelle (technische Aufsicht)

Num mer	Thema	Sub-Thema	Kommentar	Vor- schreib- ung von	Umzusetzen von
		protokolle leicht zugänglich sind.			
3.8		Leistungsüberwachung: Überwachen Sie wichtige Leistungsindikatoren wie Fahrzeugbetriebszeit, Reaktionszeiten und Effizienz. Identifizieren Sie etwaige Anomalien oder Trends, die weitere Untersuchungen erfordern.			Leitstelle (technische Aufsicht)
3.9		Kommunikationskanäle: Stellen Sie sicher, dass die Kommunikationskanäle mit anderen Abteilungen oder Interessengruppen betriebsbereit sind.			Leitstelle (technische Aufsicht)

10 Anhang 5: Übersicht Normen

Der vorliegende Normenkatalog präsentiert den umfassenden regulatorischen Rahmen für automatisierte Mobilitätslösungen in Österreich. Auf EU-Ebene ergänzen Verordnungen wie der Data Act, der Data Governance Act oder die KI-Verordnung den Regulierungsrahmen.

Der Katalog umspannt vier Kernbereiche: Datenschutz und Datenmanagement, Sicherheit und Standards, Kraftfahrzeugregulierungen sowie rechtliche Rahmenbedingungen für den Einsatz Künstlicher Intelligenz.

Die Tabelle zeigt den aktuellen Stand der rechtlichen Rahmenbedingungen zum Zeitpunkt der Projektdurchführung.

Tabelle 15: Übersicht der relevanten Normen für automatisierte ÖV-Flotten

Fokus	Gesetz	Beschreibung
Daten	Datenschutzgesetz (DSG)	Ergänzt die DSGVO in Österreich und regelt den Schutz personenbezogener Daten auf nationaler Ebene.
Daten	DSGVO (Verordnung 2016/679)	Regelt den Schutz personenbezogener Daten und die Rechte der betroffenen Personen in der EU.
Daten	ePrivacy-Verordnung (COM/2017/010 final)	Schützt die Privatsphäre in der elektronischen Kommunikation.

Fokus	Gesetz	Beschreibung
Daten	Data Act (Verordnung 2023/2854)	Schafft harmonisierte Regeln für fairen Zugang zu und Nutzung von Daten in der EU.
Daten	Data Governance Act (Verordnung 2022/868)	Schafft einen Rahmen für den sicheren und vertrauenswürdigen Datenaustausch und die Datenverfügbarkeit in der EU.
Sicherheit	Netz- und Informationssystemsicherheitsgesetz (NIS-Gesetz)	Setzt die NIS-Richtlinie der EU um und erhöht die Sicherheit von Netz- und Informationssystemen in Österreich.
Sicherheit	ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)	Schützt die Sicherheit und Gesundheit von Arbeitnehmer:innen am Arbeitsplatz.
Sicherheit	Produkthaftungsgesetz (PHG)	Bestimmt die Haftung von Herstellern für Schäden, die durch fehlerhafte Produkte verursacht werden.
Sicherheit	Cybersecurity Act (Verordnung 2019/881)	Schafft ein europäisches Zertifizierungsrahmenwerk für die Cybersicherheit von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen.
Sicherheit	NIS-Richtlinie (Richtlinie 2016/1148)	Verbessert die Sicherheit von Netz- und Informationssystemen in der EU.
Auto	Kraftfahrgesetz (KFG)	Regelt die Zulassung, den Betrieb und die technische Überwachung von Kraftfahrzeugen.

Fokus	Gesetz	Beschreibung
Auto	IVS-Gesetz	Fördert die Einführung und Nutzung intelligenter Verkehrssysteme zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und -effizienz.
Auto	Straßenverkehrsordnung (StVO)	Regelt das Verhalten von Verkehrsteilnehmer:innen und die Nutzung von öffentlichen Straßen.
Auto	Eisenbahn- und Kraftfahrzeughaftpflichtgesetz (EKHG)	Regelt die Haftung für Schäden, die durch den Betrieb von Eisenbahnen und Kraftfahrzeugen verursacht werden.
Auto	Verordnung 2019/2144	Legt allgemeine Sicherheitsanforderungen für Kraftfahrzeuge fest, um den Straßenverkehr sicherer zu machen.
Auto	Verordnung über die Typgenehmigung des automatisierten Fahrsystems (ADS) (2022/1426 und 2022/2144)	Stellt einheitliche Verfahren und technische Spezifikationen für die Typgenehmigung automatisierter Fahrsysteme bereit.
Auto	Delegierte Verordnung 2022/2236	Bezug auf die technischen Anforderungen an Fahrzeuge und deren Softwareaktualisierung.
Auto	Verordnung 2010/40	Setzt den Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme (ITS) im Straßenverkehr.
Auto	Verordnung 461/2010	Regelt die Anwendung der Wettbewerbsregeln auf

Fokus	Gesetz	Beschreibung
		Vereinbarungen über den Vertrieb und die Instandhaltung von Kraftfahrzeugen.
KI	AutomatFahrV	Bestimmt die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz automatisierter Fahrsysteme in Testumgebungen.
KI	KI Verordnung	Regelt die Anwendung von künstlicher Intelligenz und unterteilt Anwendungen in verschiedene Risikokategorien, um Sicherheit und Grundrechte zu schützen.

11 Anhang 6: Liste von Unternehmen und existierende Teleoperation-Systemen

Nachstehend wird ein Überblick über Unternehmen und ihre Systeme präsentiert, die sich mit Teleoperation bzw. Remote Supervision im Bereich der automatisierten Mobilität befassen und zum Zeitpunkt der Projektdurchführung im Rahmen der Recherchen auffindbar waren.

Die Liste umfasst eine breite Palette von Akteuren aus verschiedenen Ländern und Regionen, darunter etablierte Automobilhersteller, Technologieunternehmen sowie auch Newcomer und Start-ups. In Klammern ist der jeweilige Standort angegeben. In der Spalte „System“ wird vermerkt, ob das Unternehmen ein Teleoperationssystem verwendet (+), derzeit noch kein System hat (-) oder ob hierzu keine eindeutigen Informationen vorliegen (x).

Tabelle 16: Übersicht von Unternehmen und Teleoperation-Systeme

Unternehmen (Auszug)	Teleoperation/Remote Supervision	
	System	Name
2GetThere/ZF (EU)	x	
42dot/Hyundai (KOR)	x	
Aurrigo (UK)	+	Auto-Connect (UK)
Bosch (EU)	+	

Unternehmen (Auszug)	Teleoperation/Remote Supervision	
	System	Name
AutoX (CHN)	+	AutoX Driver platform
Auve Tech (MiCa) (EU)	+	Guident (USA) & Voysys (EU)
Baidu (CHN)	+	Apollo autonomous driving platform
Benteler/Holon (EU/USA)	+	Mobileye (ISR)
Bring Auto (EU)	+	RoboAuto (EU)
Clevon (EU)	+	Eigene Plattform
Coco (USA)	+	DriveU.Auto (ISR)
Cruise (USA)	+	Voyage (USA)
DB Schenker (EU)	+	Fernride (EU)
DiDi Chuxing (CHN)	+	DiDi Gemini (CHN)
Easy Mile (EU)	+	DriveU.Auto (ISR)
Einride (EU)	+	Phanton Auto (USA)
FirstGreen Industries (EU)	+	RoboAuto (EU)
Gatik (USA)	+	DriveU.Auto (ISR)
Glydways (USA)	x	
Halo.Car (USA)	+	Remote Piloting System / eigenes System

Unternehmen (Auszug)	Teleoperation/Remote Supervision	
	System	Name
HAWE Mattro (EU)	+	RoboAuto (EU)
HHLA (Hamburger Hafen und Logistik AG) (EU)	+	Fernride (EU)
Inyo Mobility GmbH (EU)	+	Cyngn (USA), Ottopia (ISR)
Krone (EU)	+	Fernride (EU)
Lohr (EU)	+	Modalohr System (EU)
MAN Truck & Bus (EU)	+	Mobileye (USA)
May Mobility (USA)	+	Tele-Assist / Multi-Policy Decision Making (MPDM) / T-Mobile 5G network
Moia (EU)	+	Apex.AI (USA)
Motional (USA)	+	Roboauto (EU), Ottopia (ISR)
Navya/Gama (EU)	-	
Next (EU)	x	
Nissan (JPN)	+	Eigene Plattform
Nuro (USA)	+	Remote Assistance/ ein eigenes System
Ohmio (NZL)	+	HMI Technologies (NZL)
Pony.ai (CHN)	+	NVIDIA's DRIVE Orin platform

Unternehmen (Auszug)	Teleoperation/Remote Supervision	
	System	Name
Ruter (NOR)	+	Holo (EU)
Vay Tech (EU)	+	Eigene Plattform
Volkswagen (EU)	+	Fernride (EU)
Volvo Truck (EU)	+	Aurora (USA) (mit dem TP System Teleassist)
Waymo (USA)	x	„Fernunterstützung“ Fleet Response Team
Wayve (UK)	-	
WeRide (CHN)	+	Eigene Plattform
x		Mira Mobility (EU)
x		GetUgo (EU)
Kleine Firma in Indien Bauwesen (PSP Projects Ltd) Landwirtschaft		Flo Mobility (IND)
Zoox (USA)	+	Tele Guidance (von Zoox entwickelt)
		Autonomous A2Z (KOR)
		Faction Technology (USA)
		Imperium Drive Ltd. (GBR)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste an ÖV-Services mit automatisierten Fahrzeugen aus dem SPACE-Projekt der UITP (UITP 2021) – Übersetzung nach Yen (2024)	32
Tabelle 2: Kriterium Raumtypen für die Szenariendefinition	35
Tabelle 3: Kriterium Betriebsform öffentlicher Verkehr für die Szenariendefinition	36
Tabelle 4: Funktionen Leitstelle und Infrastruktur für die Szenariendefinition	37
Tabelle 5: Zusammenfassung der Kriterien und Zuordnung zur Szenariendefinition	38
Tabelle 6: Übersicht der simulierten Maßnahmen im ÖV-Betrieb	46
Tabelle 7: Steigerung der Verfügbarkeit der Fahrzeuge im On-Demand-System	48
Tabelle 8: Kategorisierung der quantitativen Rückmeldung in 4 Abstufungen.....	51
Tabelle 9: Technische und organisatorische Maßnahmen zur Sicherstellung der Betriebs- und Ausfallsicherheit eines Remote Management Centers	85
Tabelle 10: Liste der präsentierten Handlungsempfehlungen beim Akteursworkshop	101
Tabelle 11: Liste der gesammelten Testsites mit Projektbezug.....	121
Tabelle 12: Liste der gesammelten Testsites mit Fahrzeugbezug und Link/Referenz	123
Tabelle 13: Die technische Funktions- und Sicherheitsbewertung - Einmalig (CHECKLIST)	134
Tabelle 14: Die technische Funktions- und Sicherheitsbewertung - Wiederkehrend (CHECKLIST)	136
Tabelle 15: Übersicht der relevanten Normen für automatisierte ÖV-Flotten	146
Tabelle 16: Übersicht von Unternehmen und Teleoperation-Systeme	150

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Landkarte der Akteure im Bereich automatisiertes Fahren.....	7
Abbildung 2: Bewertung des Reifegrades von Technologien und Betrieb bei automatisierten Flotten im ÖV, qualitative Bewertung (mit Skala von 0 = noch keine Entwicklung bis 10 = Marktreife) im Rahmen der Expert:innen-Interviews	23
Abbildung 3: Eine Übersicht über die drei grundlegenden Einführungsszenarien von automatisierten Fahrzeugen, die von der UITP bereits 2017 (UITP 2017) genannt wurden. Nur mit einer vollständigen Integration in den ÖV können die gesellschaftlich gewünschten Effekte erreicht werden. Mit freundlicher Genehmigung von © UITP International Association of Public Transport – Policy Brief 2017 (UITP 2017).....	28
Abbildung 4: Referenzarchitektur aus dem SPACE-Projekt der UITP (UITP 2021). Mit freundlicher Genehmigung von © UITP International Association of Public Transport – Project Brief SPACE 2021 (UITP 2021).	29
Abbildung 5: Schema zur Charakterisierung und Organisation des Betriebs von automatisierten ÖV-Flotten der Firma beti mit dem Namen „Hypervision“. Mit freundlicher Genehmigung von © beti.	30
Abbildung 6: Darstellung des Simulations-Zyklus der Verkehrsmodellierung mit MATSim	39
Abbildung 7: Von MATSim Modell Wien abgedecktes Gebiet. Hellblaue Flächen sind mögliche Start- und Zielorte von Wegen der Agenten. Das Gebiet umfasst Wien und große Teile Niederösterreichs sowie Teile des Burgenlandes (einschließlich St. Pölten, Wiener Neustadt, Hollabrunn, Mistelbach) mit relevantem Pendelverkehr von und nach Wien. ..	40
Abbildung 8: Übersicht der Region der MATSim-Simulation Salzburg (Projekt SHOW)	43
Abbildung 9: Darstellung der Simulationsgebiete, Wien Alt-Erlaa als städtisches Gebiet (links), suburbane und rurale Region nördlich von Wien: Stockerau sowie ISTmobil, Bezirk Korneuburg (ohne Stockerau und Korneuburg) (rechts).....	45
Abbildung 10: DRT-Zonen und Haltepunkte (bunte Kreise) sowie Haltestellen der Buslinie 150 (gelbe Dreiecke) zur Anbindung in die Stadt Salzburg aus der MATSim-Simulation im Rahmen des Projekts SHOW	47
Abbildung 11: Veränderung des Modal Splits durch die hohe Verfügbarkeit des On-Demand-Verkehrs (Maßnahme I: an allen Stationen ein Fahrzeug verfügbar).....	49
Abbildung 12: Darstellung der Wirkungen durch Steigerung der DRT-Verfügbarkeit, Distanz und Leerkilometer (links), Anteil der Leerfahrten und Besetzungsgrad (rechts)	50
Abbildung 13: Bewertungskategorien Verkehr und Akzeptanz, qualitative Bewertung im Rahmen der Expert:innen-Interviews.....	52
Abbildung 14: Bewertungskategorie Nachhaltigkeit und Modal Split, qualitative Bewertung im Rahmen der Expert:innen-Interviews.....	53

Abbildung 15: Zusammenfassung der durchschnittlichen Bewertung (Mittelwert) aus der Stakeholder-Konsultation zu den Wirkungen von automatisierten ÖV-Flotten	54
Abbildung 16: Einschätzung der Expert:innen zur Anzahl der Fahrzeuge, die ein Operator überblicken/managen kann (kurzfristig = in den nächsten 5 Jahren; mittelfristig = in mehr als 5 Jahren).....	55
Abbildung 17: Komponenten der technischen Funktions- und Sicherheitsbewertung	56
Abbildung 18: Clusterung der Aufgabenkategorien (Schwindt et al., 2023)	69
Abbildung 19: Mögliche Ausstattung eines Remote Management Centers.	72
Abbildung 20: Eine Möglichkeit der Remote Operation	72
Abbildung 21: Ein exemplarischer Aufbau eines Bedienpults (Schmidt et al., 2022)	73
Abbildung 22: Aufbau der Demonstration.....	79
Abbildung 23: Vergleich der Bremswege bei unterschiedlicher Geschwindigkeit und Latenz	80
Abbildung 24: Exemplarisches Betriebssystem für digitale Mobilität, um ein erfolgreiches Flottenmanagement zu gewährleisten.....	83
Abbildung 25: Diagramm der im Akteursworkshop vom 16.07.2024 von den Teilnehmer:innen abgegebenen Einschätzungen der Handlungsempfehlungen in den Dimensionen: Potential, Umsetzbarkeit und Dringlichkeit	100
Abbildung 26: Handlungsempfehlung 01 – Prozesse für Typengenehmigung und Zulassung	104
Abbildung 27: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 01 – Prozesse für Typengenehmigung und Zulassung	105
Abbildung 28: Handlungsempfehlung 02 – Erstellung eines Leitfadens	106
Abbildung 29: Handlungsempfehlung 03 – Teleoperation – Taxonomie definieren.....	107
Abbildung 30: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 03 – Teleoperation – Taxonomie definieren	108
Abbildung 31: Handlungsempfehlung 04 – Akzeptanz und Beteiligung fördern.....	109
Abbildung 32: Handlungsempfehlung 05 – Bildung strategischer Partnerschaften.....	110
Abbildung 33: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 05 – Bildung strategischer Partnerschaften	111
Abbildung 34: Handlungsempfehlung 06 – Klare Zielsetzung für Einsatz automatisierter Fahrzeugflotten	112
Abbildung 35: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 06 – Klare Zielsetzung für Einsatz automatisierter Fahrzeugflotten	113
Abbildung 36: Handlungsempfehlung 07 – Teleoperation – Voraussetzungen definieren	114

Abbildung 37: Handlungsempfehlung 08 – Automatisierte Mobilität – Datenaustausch organisieren.....	115
Abbildung 38: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 08 – Automatisierte Mobilität – Datenaustausch organisieren.....	116
Abbildung 39: Handlungsempfehlung 09 – Geschäftsmodelle aufzeigen.....	117
Abbildung 40: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 09 – Geschäftsmodelle aufzeigen.....	118
Abbildung 41: Handlungsempfehlung 10 – Definition notwendiger Ausbildungen des Personals.....	119
Abbildung 42: Handlungsschritte der Handlungsempfehlung 10 – Definition notwendiger Ausbildungen des Personals	120

Literaturverzeichnis

AFGBV, Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen, [in Kraft getreten: 01.07.2022; geändert am 20.07.2023].

AschG Arbeitnehmerschutzgesetz, BGBl. Nr. 450/1994 in der geltenden Fassung.

Bast.de. BASt - Bundesanstalt für Straßenwesen - Publikationen - Abschlussbericht Der Arbeitsgruppe Forschungsbedarf Teleoperation (Vorabveröffentlichung), 2024.
<https://www.bast.de/DE/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Fahrzeugtechnik/Downloads-Links/TO.pdf> 14ff.

BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. "C-ITS Strategie Österreich" 2014.
https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/alternative_verkehrskonzepte/telematik_ivs/publikationen/citsstrategie.html.

BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. "Positionspapier Zum Automatisierten Fahren." 2023
https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/alternative_verkehrskonzepte/automatisiertesFahren/publikationen/positionspapier.html.

Chenguang Yang, Jing Luo, and Ning Wang, "Introduction," Elsevier EBooks, January 1, 2023, 1–15, <https://doi.org/10.1016/b978-0-32-395143-2.00005-x>.

Churanek, R. and Steinnocher, K. (2017). Räumliche Modellierung der Tagesbevölkerung in Wien. Proceedings of 22nd International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society.

Dix, A., Helmert, J. R., Wagner, T., & Pannasch, S. (2021). Autonom und unfallfrei– Betrachtungen zur Rolle der Technischen Aufsicht im Kontext des autonomen Fahrens¹. Journal Psychologie des Alltagshandelns, 14(2), 5-18.

Endsley, M. R. (1995). Measurement of situation awareness in dynamic systems. Human factors, 37(1), 65-84.

Fosgerau, M. (2019). Automation and the value of time in passenger transport.

Franke, I. S., Beckmann, S., Biletska, O., & Zadek, H. (2021). Mockup einer Betriebsleitstelle für automatisierte Shuttlebusse-Konzeption und Design eines universellen, visuellen und auditiven Interfaces.

Georg, J. M., Feiler, J., Hoffmann, S., & Diermeyer, F. (2020, October). Sensor and actuator latency during teleoperation of automated vehicles. In 2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (pp. 760-766). IEEE.

Goodall, N. (2020). Non-technological challenges for the remote operation of automated vehicles. *Transportation research part A: policy and practice*, 142, 14-26.

Greene, W. H. and Hensher, D. A. (2003). A latent class model for discrete choice analysis: contrasts with mixed logit. *Transportation Research Part B: Methodological*, 37(8), 681-698.

Horni, A., Nagel, K. and Axhausen, K.W. (2016). *The Multi-Agent Transport Simulation MATSim*. London: Ubiquity Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/baw>. License: CC-BY 4.0

Hössinger, R., F. Aschauer, S. Jara-Díaz, S. Jokubauskaite, B. Schmid, S. Peer, K. Axhausen and R. Gerike (2020). A joint time-assignment and expenditure-allocation model: value of leisure and value of time assigned to travel for specific population segments. *Transportation*, Vol. 47, No. 3, 2020, pp. 1439–1475.

Jokubauskaitė, S., R. Hössinger, F. Aschauer, R. Gerike, S. Jara-Díaz, S. Peer, B. Schmid, K. Axhausen and F. Leisch (2019). Advanced continuous-discrete model for joint time-use expenditure and mode choice estimation. *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 129, 2019, pp. 397–421

Kettwich, Carmen, Schrank, Andreas and Oehl, Michael (2021). Teleoperation of highly automated vehicles in public transport: User-centered design of a human-machineinterface for remote-operation and its expert usability evaluation, *Multimodal Technologies and Interaction* Volume 5 No. 5 pp. 1–22.

Lu, Q., T. Tettamanti, D. Hörcher, and I. Varga (2020). The Impact of Autonomous Vehicles on Urban Traffic Network Capacity: An Experimental Analysis by Microscopic Traffic

Simulation. Transportation Letters, Vol. 12, No. 8, pp. 540–549.

<https://doi.org/10.1080/19427867.2019.1662561>.

Müller, Melinda Florina. "Roboter und Recht." AJP/PJA 5 (2014): 595-608.

Müller, J., Straub, M., Richter, G., & Rudloff, C. (2021). Integration of different mobility behaviors and intermodal trips in matsim. Sustainability, 14(1), 428.

Müller, J., Straub, M., Naqvi, A., Richter, G., Peer, S., & Rudloff, C. (2022). MATSim Model Vienna: Analyzing the Socioeconomic Impacts for Different Fleet Sizes and Pricing Schemes of Shared Autonomous Electric Vehicles. In: Transportation Research Board 100th Annual Meeting 2021, Washington, DC.

PBefG Personenbeförderungsgesetz PBefG - Gesetz zur Modernisierung des Personenbeförderungsrechts; vom 16. April 2021, BGBl. I 822/2021

Redden, E. E. S. (2001). Measuring and understanding individual differences in the situation awareness of workers in high-intensity jobs. Auburn University.

Roubik, M., 2020. Automatisiertes Fahren auf Strassen mit öffentlichem Verkehr — Rechtliche Rahmenbedingungen im Vergleich., https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:af777def-53fa-4da9-8014-814478fd1aaa/laendervergleich_ua.pdf

Schmid, B., S. Jokubauskaite, F. Aschauer, S. Peer, R. Hössinger, R. Gerike, S. R. Jara Diaz and K. Axhausen (2019). A pooled RP/SP mode, route and destination choice model to investigate mode and user-type effects in the value of travel time savings. Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 124, 2019, pp. 262–294.17

Schwindt, S., Heller, A., Theobald, N., & Abendroth, B. (2023). Who Will Drive Automated Vehicles?-Usability Context Analysis and Design Guidelines for Future Control Centers for Automated Vehicle Traffic. Human Factors in Transportation, 99-109.

Sekadakis, M., Oikonomou, M., Katrakazas, C., Hillebrand, J., Flötteröd, Y. P., Krajzewicz, D., ... & Oguz Kagan Capkin, S. (2023). SHOW Deliverable 10. 3: Requirements for AV Fleets Operation Simulation Suite and First Evidence on Pilot Results Based Simulations for Impact Assessment.

Steininger, Udo, and Chief Expert Automotive Safety. "Studie." (2022).

Tao Zhang, "Toward Automated Vehicle Teleoperation: Vision, Opportunities, and Challenges," IEEE Internet of Things Journal 7, no. 12 (December 1, 2020): 11347–54, <https://doi.org/10.1109/jiot.2020.3028766>

Tomschy, R., Herry, M., Sammer, G., Klementsitz, R., Riegler, S., Follmer, R., Gruschwitz, D., Josef, F., Gensasz, S., Kirnbauer, R. and Spiegel, T. (2016). Österreich unterwegs 2013–2014: Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung

UITP 2017. International Association of Public Transport (Policy Brief - Jan 2017). Autonomous vehicles: a potential game changer for urban mobility. https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/06/Policy-Brief-Autonomous-Vehicles_2.4_LQ.pdf - abgerufen am 10.12.2023

UITP 2021. International Association of Public Transport (Project Brief SPACE- Sept 2021). How to place Public Transport at the centre of the automated vehicle revolution. https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2021/10/Project-Brief-SPACE_OCT12021.pdf– abgerufen 10.12.2023

VDV – Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (Positionspapier Jänner 2023). Maßnahmen gegen den Personalmangel im Fahrbetrieb. Für einen qualitativ hochwertigen ÖPNV.

Yen, R., Braun Binder, N., Pitzen, C., Schippl, J. (2024). Automatisierter ÖPNV : Hintergründe und praktische Anleitung zur Umsetzung in kleineren Städten und ländlichen Regionen. Springer-Verlag, DOI <https://doi.org/10.1007/978-3-662-66998-3>

Zielstorff H (2018) Einsatzszenarien für autonomes Sharing. Fachtagung des Bundesverbands CarSharing e. V. (bcs). https://carsharing.de/sites/default/files/uploads/e_presentation_zielstorff_cantamen_einsatzszenarien_fuer_autonomes_sharing_bpl.pdf. abgerufen 20.11.2023

Abkürzungen

ADAS	Fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme (Advanced Driver Assistance Systems)
ADS	Automatisierte Fahrsysteme (Automated Driving Systems)
EU	Europäische Union
DRT	bedarfsorientierter Personennahverkehr (Demand Responsive Transport)
GTFS	Format für Fahrpläne für öffentliche Verkehrsmittel (General Transit Feed Specification)
LOM	Französisches Gesetz zur Mobilitätsorientierung (Loi d'orientation des mobilités)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ODD	zulässigen Betriebsbereich (Operational Design Domain)
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PKW	Personenkraftwagen
usw.	und so weiter
VTTS	Wert von Reisezeiteinsparungen (Value of Travel Time Savings)
VLSA	Verkehrslichtsignalanlage

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

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 1 711 62 65-0

email@bmk.gv.at

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)