

Integration eines automatisierten Shuttles in den öffentlichen Personennahverkehr im ländlichen Raum

Autorin

Cornelia Zankl
Salzburg Research
Forschungsgesellschaft mbH
E-Mail: cornelia.zankl@salzburgresearch.at

Seit 2016 erforscht das unabhängige Forschungsinstitut Salzburg Research Methoden und Technologien für den sicheren Betrieb von automatisierten Shuttles in regionalen Mobilitätssystemen.

1. Rahmenbedingungen für Automatisiertes Fahren in Österreich

Die internationale Ingenieurs- und Automobilindustrie-Vereinigung SAE hat die Norm J3016 eingeführt, die fünf Stufen des Autonomen Fahrens (Stufe 0 bis 5) definiert. In den ersten beiden Stufen behält der menschliche Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug. Ab Stufe 3 übernimmt das Fahrzeug zunehmend die Steuerung, bis es schließlich in Stufe 5 alle Fahraufgaben in jeder Situation eigenständig bewältigt. [1]

Ab SAE-Level 3 muss der bzw. die Lenker:in das Verkehrsgeschehen nicht mehr kontinuierlich überwachen. Eine Rechtsgrundlage für Automatisiertes Fahren gibt es in Österreich seit Dezember 2016, festgelegt durch das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Diese Verordnung (AutomatFahrV, BGBl. II Nr. 402/2016 [2]) erlaubt es Forschungseinrichtungen, Fahrzeugherstellern und Verkehrsunternehmen, bestimmte Fahraufgaben an Assistenzsysteme oder automatisierte Systeme im Rahmen von Testfahrten zu übertragen. Die Verordnung legt detailliert fest, in welchen Verkehrssituationen, auf welchen Straßen und bis zu welchen Geschwindigkeiten automatisierte Fahrzeuge getestet werden dürfen. Ein:e Lenker:in muss stets anwesend sein und die Möglichkeit haben, die Kontrolle jederzeit zu übernehmen. [3] Für automatisierte Kleinbusse gelten spezielle Vorgaben: Sie dürfen nur auf vordefinierten Strecken eingesetzt werden, maximal 15 Personen befördern und müssen in der Lage sein, bei bis zu 50 km/h alle Fahraufgaben zu übernehmen. Es muss eine Notfallvorrichtung vorhanden sein, die das

System bei kritischen Situationen deaktiviert. Die zulässige Geschwindigkeit richtet sich nach der Streckenanalyse und Risikobewertung.

2. Voraussetzungen für Testfahrten auf öffentlichen Straßen

In §4 der AutomatFahrV ist festgelegt, dass automatisierte Fahrzeuge, die nicht zum Verkehr zugelassen sind, mit einem Probefahrkennzeichen auf öffentlichen Straßen getestet werden dürfen. [4] Um Tests auf öffentlichen Straßen durchführen zu können, muss ein umfangreicher Testantrag, der auch eine Risikoanalyse über das geplante Vorhaben inkludiert, bei der Kontaktstelle für Automatisiertes Fahren bei der AustriaTech gestellt werden. Dieser Antrag wird von einem Expert:innengremium geprüft. Werden alle Voraussetzungen der AutomataFahrV erfüllt, wird seitens des Bundesministeriums für Klimaschutz eine Testbescheinigung für eine begrenzte Dauer ausgestellt. Ebenso ist laut AutomatFahrV vorgeschrieben, dass im automatisierten Shuttle nur geschulte Operator:innen eingesetzt werden können, die einen Nachweis über ein adäquates Fahrtraining erbringen können, welches dem jeweiligen Anwendungsfall und dem konkreten Testvorhaben entspricht. Die Schulungen erfolgen jeweils vom Fahrzeughersteller spezifisch für das genutzte automatisierte Shuttle und umfassen sowohl theoretische als auch praktische Grundlagen. Zudem ist auch für automatisierte Shuttles eine Kfz-Haftpflichtversicherung erforderlich. [5]

3. Abdeckung der ersten/letzten Meile im öffentlichen Personennahverkehr

Im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) ist die Erschließung der „ersten bzw. letzten Meile“ – der Weg von der Haltestelle zum Ziel – entscheidend für die Kund:innenakzeptanz. Ist diese Distanz zu lang, greifen viele Menschen lieber auf das Auto zurück, anstatt den ÖPNV zu nutzen. Mikro-ÖV-

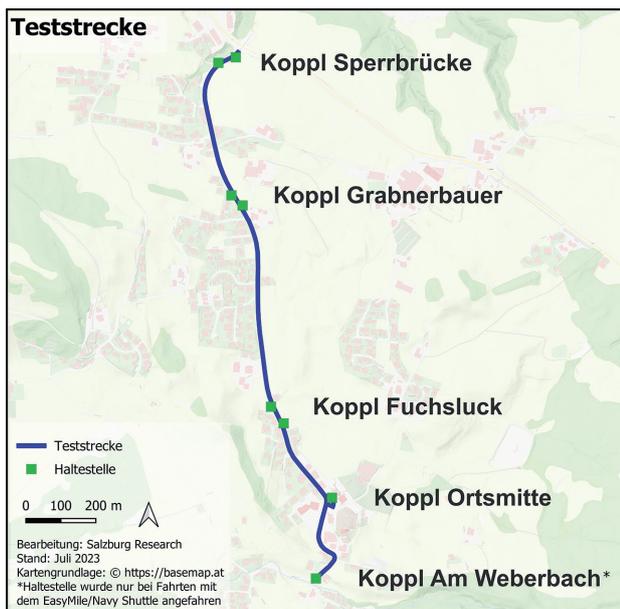


Abb. 1. Teststrecke für automatisierte Shuttles in der Gemeinde Koppl bei Salzburg und deren Infrastrukturausstattung

Systeme, also Systeme für lokale Fahrten in einer Region bzw. Zu- und Abbringer-Dienste zu vorhandenen öffentlichen Verkehrsmitteln, haben vor allem auch im ländlichen Raum in den letzten Jahren zu einer höheren Abdeckung geführt, allerdings ist der Betrieb von Mikro-ÖV-Systemen entweder kostenintensiv oder beruht auf Leistungen Freiwilliger. Dadurch ist eine Ausrollung solcher Systeme oftmals nicht flächendeckend möglich. Automatisierte Shuttles könnten als Zu- und Abbringer die Attraktivität des ÖPNV deutlich steigern.

4. Teststrecke in der Gemeinde Koppl bei Salzburg

Die Gemeinde Koppl befindet sich ca. 10 km östlich der Stadt Salzburg und ist ein typisches Beispiel für die Erschließung der ersten bzw. letzten Meile: Das Ortszentrum ist ca. 1,4 km von der B 158 und damit von der Buslinie 150 (Salzburg – Bad Ischl) des Salzburger Verkehrsverbundes entfernt. Zur Überbrückung der Strecke zwischen der Bundesstraße und dem Ortszentrum verkehrt an Werk- und Samstagen ein Zubringerbus der Linie 152 im Zeitraum von 05:45 bis 20:00 Uhr. [6] Diese Lösung adressiert primär die Hauptverkehrszeiten, lässt jedoch Versorgungslücken in den Randzeiten sowie an Sonn- und Feiertagen. Die Implementierung eines automatisierten Shuttles könnte eine effiziente Lösung zur Schließung dieser Versorgungslücken darstellen, insbesondere könnte es die Bedienung weniger frequentierter Zeiträume ermöglichen und bisher nicht erschlossene Zeiten abdecken.

5. Anwendungsfall in Koppl

Konkret wurde erprobt, ob ein hochautomatisiertes, elektrifiziertes Testfahrzeug geeignet ist, die Gemeinde Koppl zu-

Physische Infrastruktur

- 1,7 km Länge pro Richtung (bis „Am Weberbach“)
- Vier Haltestellen pro Richtung
- Asphaltierte, zweispurige und leicht kurvige Straße
- Steigung bis 8 %
- Verkehrsschilder mit dem Hinweis „Teststrecke autonomes Fahrzeug“
- Anbindung an öffentlichen Verkehr gegeben
- Umkehrmöglichkeiten für das Shuttle
- Garage mit SCHUKO-Steckdose zum Einstellen und Laden des Shuttles
- Fünf Roadside Units für C-ITS-Kommunikation

Digitale Infrastruktur

- Internetbasierter Dienst für GNSS-Korrekturdaten (APOS)
- Vektorisierte HD-Map der Teststrecke
- Mobile Datenverbindung (LTE)
- ITS-G5 (Aussendung des Signals durch V2X-Roadside Unit)
- Schnittstellen zur Anbindung des Shuttles in ein multimodales Mobilitätssystem

verlässig und verkehrssicher an einen intermodalen Mobilitätsknotenpunkt anzubinden und damit die Überbrückung der ersten und letzten Meile im öffentlichen Verkehr zu unterstützen. Dabei wurden folgende Fahrmanöver getestet:

- Hoch- bzw. vollautomatisiertes Fahren (bis zu 20 km/h lt. AutomatFahrV, seit der 2. Novelle der Verordnung im Jahr 2022 auch bis 50 km/h möglich) auf einer zweispurigen Straße mit Gegenverkehr
- Reagieren auf unterschiedliche Hindernisse bei Geschwindigkeiten bis zu max. 20 km/h bzw. 50 km/h
- Einbiegen aus einer Seitenstraße an einer unregelmäßigen Kreuzung (mit Stoppschild)
- Ein-/Ausfahren in/aus Bushaltestellen unter Beachtung der Vorrangregeln
- Linksabbiegen an unregelmäßigen Kreuzungen mit Gegenverkehr
- Verhalten an einem unregelmäßigen Fußgängerübergang (Zebrastreifen)

Die Testfahrten richteten sich in erster Linie an Pendler:innen, Tagesausflügler:innen sowie an Tourist:innen. Alle Testfahrten wurden nach einem vordefinierten Prozedere durchgeführt. Unmittelbar nach jeder Fahrt wurden die Erfahrungen von den Operator:innen über eine Umfrage erfasst. Feedback von den Fahrgästen wurde punktuell über eine Online-Umfrage bzw. durch Befragungen eingeholt.

6. Charakteristika der automatisierten Shuttles

Für die Fahrten auf der Teststrecke in Koppl kamen automatisierte Shuttles von verschiedenen Herstellern zum Einsatz:



- 2017: Navya Arma Shuttles des französischen Herstellers Navya Tech
- 2018 bis 2020: EasyMile Shuttles des französischen Herstellers EasyMile
- 2022, 2023: eVAN des Herstellers DigiTrans GmbH¹
- 2023: HEAT-Shuttle des deutschen Herstellers IAV GmbH

Bei allen Fahrzeugen handelte es sich um elektrisch angetriebene Fahrzeuge, die über Automatisierungsfunktionen laut Herstellerangaben bis Level 4 verfügen. Die Shuttles hatten eine Kapazität von maximal elf sitzenden Fahrgästen, wobei aufgrund der Bestimmungen der Führerscheinklasse B in Österreich (welche der Führerscheinklasse aller Operator:innen entspricht) eine maximale Anzahl von neun Personen im Fahrzeug nicht überschritten werden darf. Gemein war den Fahrzeugen auch, dass sie über keine EU-Typenzulassung verfügten und die Fahrten deswegen mit einem Probefahrtenkennzeichen durchgeführt werden mussten. Alle Fahrzeuge verfügten über zwei Betriebsmodi, sodass Fahrten im manuellen Fahrmodus – konventionelle Steuerung durch den/die Operator:in – und im automatisierten Fahrmodus durchgeführt werden konnten. Das Automatisierte Fahren wurde mittels umfangreicher Hard- und Software-Komponenten ermöglicht, die für die Objekterkennung, Pfadplanung, Lokalisierung, Positionierung, Durchführung der Fahraufgaben, Messung von Translations- und Rotationsbeschleunigungen etc. eingesetzt wurden. In der konkreten Ausstattung der Fahrzeuge gab es jeweils einige Variationen.

7. Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Testbetrieb in Koppl

In den Jahren 2017 bis 2023 wurden auf der Teststrecke in Koppl im Rahmen von unterschiedlichen nationalen und internationalen Forschungsprojekten insgesamt 668 Testfahrten durchgeführt. Dabei wurden 1.136 km zurückgelegt und 1.489 Personen befördert. Salzburg Research konnte auf Basis der durchgeführten Tests viele wertvolle und umfangreiche Erfahrungen sammeln. Diese werden auszugswise im Folgenden dargestellt. Die Erfahrungen beziehen sich in erster Linie auf die Fahrten mit den Fahrzeugen der Hersteller NavyTech, EasyMile und IAV GmbH, da das Shuttle der DigiTrans GmbH in Koppl nur sehr kurze Zeit zum Einsatz kam und somit keine umfangreichen Erfahrungen gesammelt werden konnten. Eine zentrale Erkenntnis war, dass die Erfahrungen in einem realen Umfeld unbedingt notwendig sind, einerseits weil es immer wieder Situationen gegeben hat, die in dieser Form nicht vorhersehbar gewesen wären

Abb. 2. Automatisierte Shuttles auf der Teststrecke in Koppl
 Bild 1: Navya Shuttle ©Salzburg Research/wildbild; Bild 2: EasyMile Shuttle ©Salzburg Research/wildbild; Bild 3: HEAT Shuttle ©Salzburg Research; Bild 4: DigiTrans eVAN, Eigentümerin: DigiTrans ©Salzburg Research/wildbild

¹ Der VW e-Crafter „eVAN“ wird von der DigiTrans GmbH für Forschungs- und Innovationsprojekte zur Verfügung gestellt. Das Fahrzeug wird vom Klimaschutzministerium über die FFG gefördert.

und auch nicht simuliert hätten werden können; andererseits, um eine neue Technologie für Bürger:innen erlebbar zu machen und so eine Akzeptanz dafür zu gewinnen.

7.1 Einlernen der Teststrecke

Bevor ein automatisiertes Shuttle in der Lage ist, autonom auf einer vordefinierten Route von A nach B zu fahren, muss eine umfassende Analyse und Bewertung der Fahrumgebung und der Fahrspur durchgeführt werden. Die Methode zur Erfassung der Teststrecke erfolgte je nach Hersteller unterschiedlich, aber in allen Fällen war es ein sehr komplexer, ressourcenintensiver, kostspieliger und proprietärer Prozess des Herstellers. Die Analyse und Digitalisierung der Fahrumgebung, spezifische Anforderungen an die Infrastruktur, die rechtlichen Gegebenheiten sowie die geplanten Fahrmanöver in der spezifischen Umgebung müssen von Fall zu Fall individuell betrachtet werden. Ein vom Hersteller großteils unabhängiger und standardisierter Prozess zur Analyse, Bewertung und Digitalisierung der Fahrumgebung auf Basis einer standardisierten Werkzeugkette zur (teil-)automatisierten Erstellung der digitalen Fahrumgebung und Fahrspur ist momentan noch nicht vorhanden und ist jedenfalls erstrebenswert. [7]

7.2 Durchführung von automatisierten Fahrmanövern

Jedes Fahrmanöver der Shuttles musste im Voraus definiert werden, wobei für jeden Streckenabschnitt Parameter wie Geschwindigkeit, Vorrangregeln und Abbiegeverhalten manuell festgelegt werden müssen. Bislang sind die Shuttles in der Lage, einfache Fahrmanöver bei niedriger Geschwindigkeit automatisiert auszuführen. So konnten die Fahrzeuge beispielsweise zuverlässig vor Hindernissen, die den Fahrweg blockierten, anhalten oder unter Berücksichtigung der Vorrangregeln aus Haltestellen ein- und ausfahren. Allerdings waren die Shuttles nicht in der Lage, komplexere Fahrmanöver, wie beispielsweise das Linksabbiegen bei Gegenverkehr oder das Umfahren von Hindernissen auf der Fahrspur, eigenständig zu bewältigen. Zudem waren geplante und vorab programmierte Eingriffe durch die an Bord befindliche Operator:in erforderlich. So musste etwa beim Linksabbiegen mit Gegenverkehr manuell bestätigt werden, dass der Fahrweg frei ist und das Shuttle abbiegen kann.

7.3 Umgebungserkennung und Positionierung

Die Umgebungserkennung bei automatisierten Fahrzeugen wird durch eine umfassende Sensortechnologie ermöglicht, die an der Fahrzeugaußenseite installiert ist. Bei den Shuttles von Navya und EasyMile erfolgte dies ausschließlich durch LiDAR-Technologie, bei den Fahrzeugen der Hersteller IAV und DigiTrans kamen verschiedene Sensortypen zum Einsatz, um ein robustes und redundantes System sicherzu-

stellen. Zusätzlich ist eine zuverlässige und präzise GNSS-Positionierung erforderlich, die durch die Verwendung eines Korrekturdienstes (GNSS-RTK) erreicht wird.

Im Allgemeinen war die Zuverlässigkeit der Umgebungserkennung und Positionierung in den bebauten Gebieten entlang der Teststrecke höher, da dort eine ausreichende Anzahl von Orientierungspunkten für die Sensoren vorhanden war. In den unbebauten Gebieten neben der Teststrecke kam es häufiger zu Einschränkungen in der Umgebungserkennung und Positionierung, was zu Orientierungsverlusten der Fahrzeuge führte. Besonders herausfordernd war auch die Vegetation neben der Fahrbahn, die sich im Verlauf eines Jahres veränderte und somit Unterschiede zum initial aufgenommenen Umgebungsbild aufwies, welches bei den Shuttles von Navya Tech und EasyMile als Referenzbild für die Fahrten diente. Diese Veränderungen führten dazu, dass die Sensoren die Vegetation als Hindernis identifizierten. Darüber hinaus stellten Fahrten bei starkem Regen und Schneefall eine Herausforderung dar, da die Sensoren große Regentropfen oder Schneeflocken ebenfalls als Hindernisse erkannten und daher auf der Fahrbahn anhielten.

7.4 Zuverlässigkeit des Betriebs

Probleme beim Betrieb der Shuttles gab es sowohl beim Starten (z. B. Positionierungsgenauigkeit nicht ausreichend, Software-Probleme, Route nicht auswählbar) als auch während der Fahrt (z. B. Shuttle stoppte ohne erkennbares Hindernis, Shuttle verlor die Orientierung/Positionierung, Shuttle fuhr nach Stopp nicht weiter, Shuttle stoppte ohne erkennbares Hindernis). Der Großteil der Probleme basierte auf Schwierigkeiten bei der Orientierung und Positionierung. Insofern konnte ein zuverlässiger Betrieb nicht garantiert werden. Wenn ein automatisiertes Shuttle als Teil des ÖPNVs eingesetzt wird, ist die Zuverlässigkeit des Angebots ein zentrales Element. Für die Passagiere ist es nicht ausschlagge-



Abb. 3. Erprobung des automatisierten Shuttles von EasyMile ©Salzburg Research/wildbild

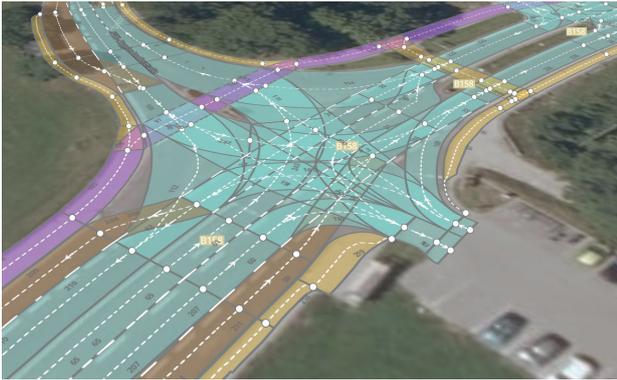


Abb. 4. Hochauflösende Karte von der Teststrecke in Koppl ©HD-Graphen Digibus® Austria und Joanneum Research; Orthofoto: basemap.at

bend, wie ein Fahrzeug betrieben wird. Für sie ist wesentlich, dass das versprochene Angebot erfüllt wird und sie zu den angegebenen Zeiten den Dienst in Anspruch nehmen können bzw. es kommt, wenn man es ruft, wenn es sich um ein On-Demand-Service handelt.

7.5 HD-Karten

Ein zentraler Bestandteil der digitalen Infrastruktur für das Autonome Fahren sind heutzutage hochpräzise digitale Karten, auch bekannt als HD-Karten. Derzeit ist es erforderlich, HD-Karten entsprechend den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Hersteller von Automatisierungssystemen bereitzustellen. Diese Anforderungen können zwischen verschiedenen Herstellern variieren. Aktuell existieren keine einheitlichen Standards oder Normen bezüglich des Kartenformats, der Qualitätskriterien der modellierten Umgebung oder der Mindestanzahl an Landmarken, die für den Einsatz von HD-Karten für das Automatisierte Fahren erforderlich sind. Einheitliche Vorgaben wären wünschenswert, um allgemeingültige Qualitätsstandards zu etablieren und die Anwendung von HD-Karten zu erleichtern.

7.6 Feedback von Passagieren

Befragungen von 59 Personen in den Jahren 2019 und 2020 ergaben, dass 83,07 % der Befragten die Fahrt mit dem automatisierten Shuttle des Herstellers EasyMile sehr gut bzw. gut gefallen hat. 77,18 % der befragten Personen fühlten sich sehr sicher bzw. sicher und 71,09 % empfanden den Fahrkomfort als sehr gut bzw. gut. Die befragten Personen konnten sich vorstellen, das automatisierte Shuttle zum Pendeln (als Zubringer zur nächsten Haltestelle), für ihre Alltagserrundungen oder für Freizeitaktivitäten zu nutzen.[8]

8. Fazit und Ausblick

Grundsätzlich handelte es sich bei allen getesteten Shuttles um prototypische Ausführungen der Fahrzeuge. Die durchgeführten Testfahrten im gemischten öffentlichen Straßenverkehr haben gezeigt, dass die Shuttles derzeit die Anforderungen an hoch- oder vollautomatisierte Fahrzeuge noch nicht erfüllen. Gemäß der ERTRAC-Roadmap für „Connected, Cooperative and Automated Mobility“ aus dem Jahr 2022 wird das Jahrzehnt zwischen 2030 und 2040 als die Phase der technologischen Reife angesehen, in der das Automatisierte Fahren durch umfassende infrastrukturelle Unterstützung signifikant voranschreiten wird. [9] Bis zu diesem Zeitpunkt ist noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsaufwand erforderlich, um die vollständige autonome Funktionsfähigkeit dieser Fahrzeuge im Straßenverkehr sicherzustellen sowie die Robustheit und Zuverlässigkeit der Systeme zu steigern. Hierfür sind systematische Tests notwendig, bei denen schrittweise die SAE-Levels erhöht und die Komplexität der Umgebungen, die so genannte Operational Design Domain (ODD), erweitert werden müssen, um die Vision des Autonomen Fahrens im Mischverkehr ohne Einschränkungen zu verwirklichen. Zudem müssen spezifische Tests durchgeführt werden, um Forschungsfragen im Kontext des Automatisierten Fahrens im öffentlichen Personennahverkehr zu beantworten. Dies umfasst beispielsweise Untersuchungen zur Sicherheit der Fahrgäste im fahrerlosen Betrieb oder zur Implementierung einer Überwachung eines automatisierten Shuttles aus einem Leitstand.

derungen an hoch- oder vollautomatisierte Fahrzeuge noch nicht erfüllen. Gemäß der ERTRAC-Roadmap für „Connected, Cooperative and Automated Mobility“ aus dem Jahr 2022 wird das Jahrzehnt zwischen 2030 und 2040 als die Phase der technologischen Reife angesehen, in der das Automatisierte Fahren durch umfassende infrastrukturelle Unterstützung signifikant voranschreiten wird. [9] Bis zu diesem Zeitpunkt ist noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsaufwand erforderlich, um die vollständige autonome Funktionsfähigkeit dieser Fahrzeuge im Straßenverkehr sicherzustellen sowie die Robustheit und Zuverlässigkeit der Systeme zu steigern. Hierfür sind systematische Tests notwendig, bei denen schrittweise die SAE-Levels erhöht und die Komplexität der Umgebungen, die so genannte Operational Design Domain (ODD), erweitert werden müssen, um die Vision des Autonomen Fahrens im Mischverkehr ohne Einschränkungen zu verwirklichen. Zudem müssen spezifische Tests durchgeführt werden, um Forschungsfragen im Kontext des Automatisierten Fahrens im öffentlichen Personennahverkehr zu beantworten. Dies umfasst beispielsweise Untersuchungen zur Sicherheit der Fahrgäste im fahrerlosen Betrieb oder zur Implementierung einer Überwachung eines automatisierten Shuttles aus einem Leitstand.

Referenzen

- [1] SAE International (2021): SAE J3016 Levels of driving automation; <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>; aufgerufen am 16.08.2024.
- [2] Gesamte Rechtsvorschrift für Automatisiertes Fahren Verordnung, Fassung vom 16.08.2024; <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009740>; aufgerufen am 16.08.2024.
- [3] Automatisierte Fahrsysteme, Bundeskanzleramt Österreich, <https://www.oesterreich.gv.at/themen/mobilitaet/kfz/Seite.061910.html>; aufgerufen am 16.08.2024.
- [4] Bundesgesetzblatt. (1977). Teil II, Wiener Straßenverkehrs-konvention, https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bg%20bl277s0809.pdf#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl277s0809.pdf%27%205D__1502710688250, aufgerufen am 16.08.2024.
- [5] AustriaTech (2024): Die wichtigsten Informationen zu Ihrem Testantrag; <https://www.austriatech.at/de/testen-kontaktstelle/>; aufgerufen am 16.08.2024.
- [6] Salzburger Verkehrsverbund (2024): Fahrplan der Buslinie 152, <https://salzburg-verkehr.at/downloads/regionalbus-152-hof-hinterschroffenau-koppl-sperrbruecke-hof-salzburg/>, aufgerufen am 30.08.2024.
- [7] Rehrl, K., Zankl, C. (2017): Digibus®: results from the first self-driving shuttle trial on a public road in Austria, <https://etrn.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-018-0326-4>, aufgerufen am 16.08.2024.
- [8] Salzburg Research (2019, 2020): Ergebnisse der durchgeführten Passagierbefragungen im Rahmen des Projekts Digibus® Austria.
- [9] ERTRAC (2022): Coonected, Coopeartive and Automative Mobility Roadmap, <https://www.ertrac.org/wp-content/uploads/2022/05/ERTRAC-CCAM-Roadmap-V11.pdf>, aufgerufen am 19.08.2024.