



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

MB

ILM

FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU
INSTITUT FÜR
LOGISTIK UND MATERIALFLUSSTECHNIK

Fachkolloquium „Automatisiertes Fahren im ÖPNV“

Vortrag: Einführung, Technologieansätze und Überblick Pilotprojekte

Projekt AS-NaSA – Automatisierte Shuttlebusse – Nutzenanalyse Sachsen-Anhalt
Projekt AS-UrbanÖPNV – Automatisierte Shuttlebusse – Urbaner ÖPNV



SACHSEN-ANHALT



EUROPÄISCHE UNION
EFRE
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

HIER INVESTIERT EUROPA
IN DIE ZUKUNFT UNSERES LANDES.

www.europa.sachsen-anhalt.de



Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek (Uni Magdeburg / ILM)

Datum: 27.09.2021

Die Inhalte und Ergebnisse dieses Beitrages entstammen der Förderung von Vorhaben der Forschung, Einführung und Nutzung intelligenter Verkehrssysteme aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).

AS-NaSA / Kennziffer: 307.4.3-32323/1915003002

AS-UrbanÖPNV / Kennziffer: 307.4.3-32323/1915003006

Projektteam:

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek

M.Sc. Sönke Beckmann

M.SC. Olga Biletska

Kontakt:

zadek@ovgu.de

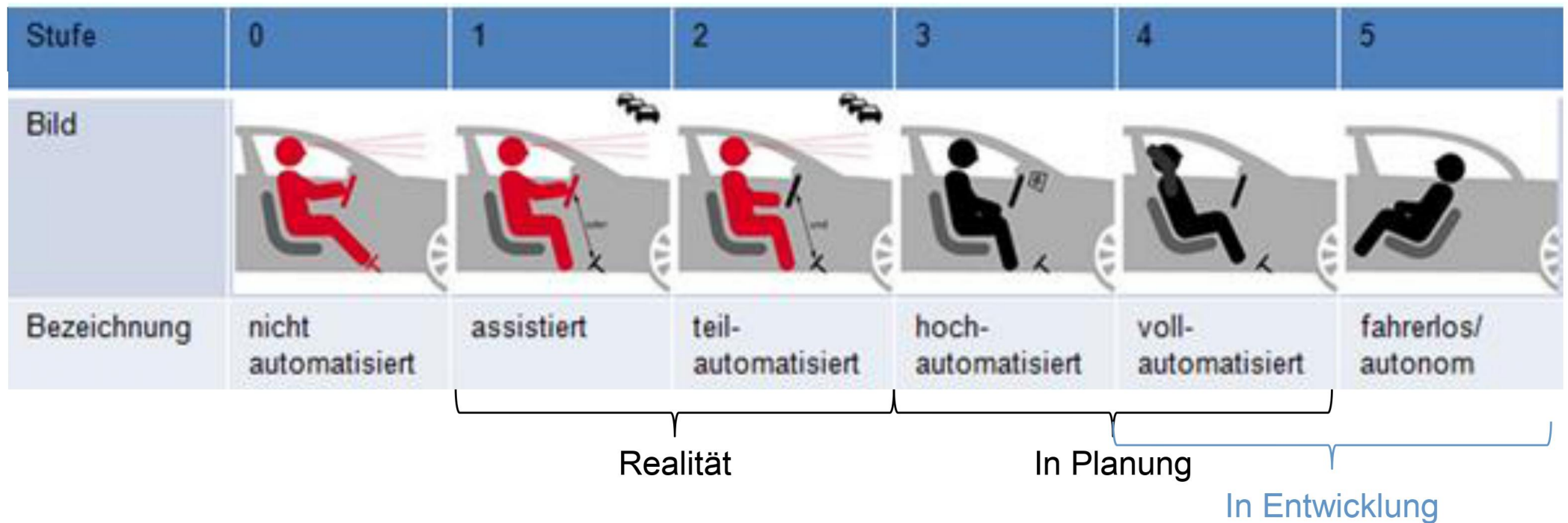
soenke.beckmann@ovgu.de

olga.biletska@ovgu.de

- 1 Einführung automatisiertes Fahren
- 2 Technologieansätze
- 3 Überblick Pilotbetriebe
- 4 Kurzvorstellung der beiden Projekte

- 1 Einführung automatisiertes Fahren**
- 2 Technologieansätze**
- 3 Überblick Pilotbetriebe**
- 4 Kurzvorstellung der beiden Projekte**

Definition „Automatisiertes Fahren“



- Abstufung erfolgt anhand der Übernahme von Funktionen durch das Fahrsystem
- Stufe 1: Parkassistent
- Stufe 2: Selbstständiges Einparken
- Stufe 3: Übernahme der Kontrolle in spezifischen Situationen
- Stufe 4: Grundsätzliche werden alle Fahrfunktionen übernommen
- Stufe 5: Vollständig Fahrerlos
- Zwei konträre Ansätze um Stufe 5 zu erreichen

Stufen des automatisierten Fahrens eigene Darstellung nach [11]

Wie funktioniert automatisiertes Fahren?

Tabelle 1: Übersicht Sensorik

Spezifikationen		Kamera	Radar	Lidar
Entfernung	Reichweite	● ●	● ● ●	● ● ●
	Auflösung	● ●	● ● ●	● ●
Winkel	Reichweite	● ● ●	● ●	● ● ●
	Auflösung	● ● ●	●	● ●
Klassifizierung	Geschwindigkeitsauflösung	●	● ● ●	● ●
	Objektkategorisierung	● ● ●	●	● ●
Umgebung	Nachts	●	● ● ●	● ● ●
	Regen/Bewölkt	●	● ● ●	● ●

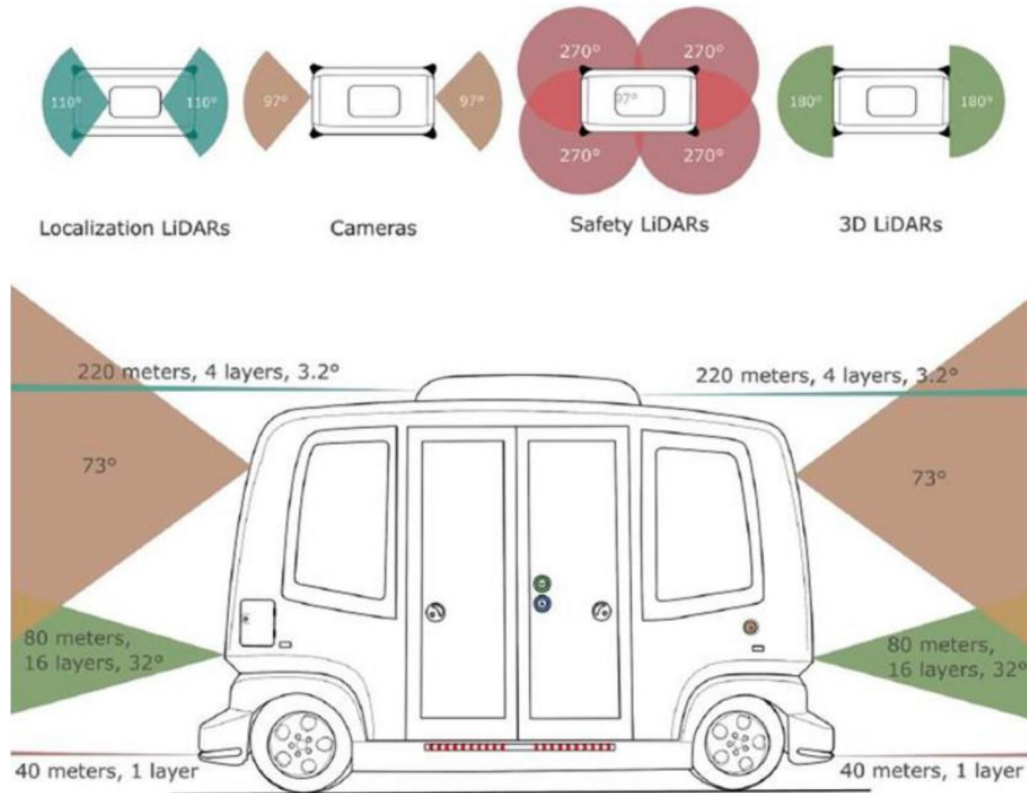
Legende

● Gut

● ● Besser

● ● ● Optimal

Sicherheit: LiDAR-Abdeckung um das Fahrzeug



EasyMile EZ10 Generation 2 LiDAR-Sensoren und Kameras [3,5]

Vier Sicherheits-LiDAR-Sensoren befinden sich 30 cm über dem Boden und sind zu 270° geöffnet. Ergänzend zu diesen befinden sich zwei 3D-LiDAR-Sensoren an der Vorder- und Rückseite, welche 180° geöffnet und 32° geneigt sind.

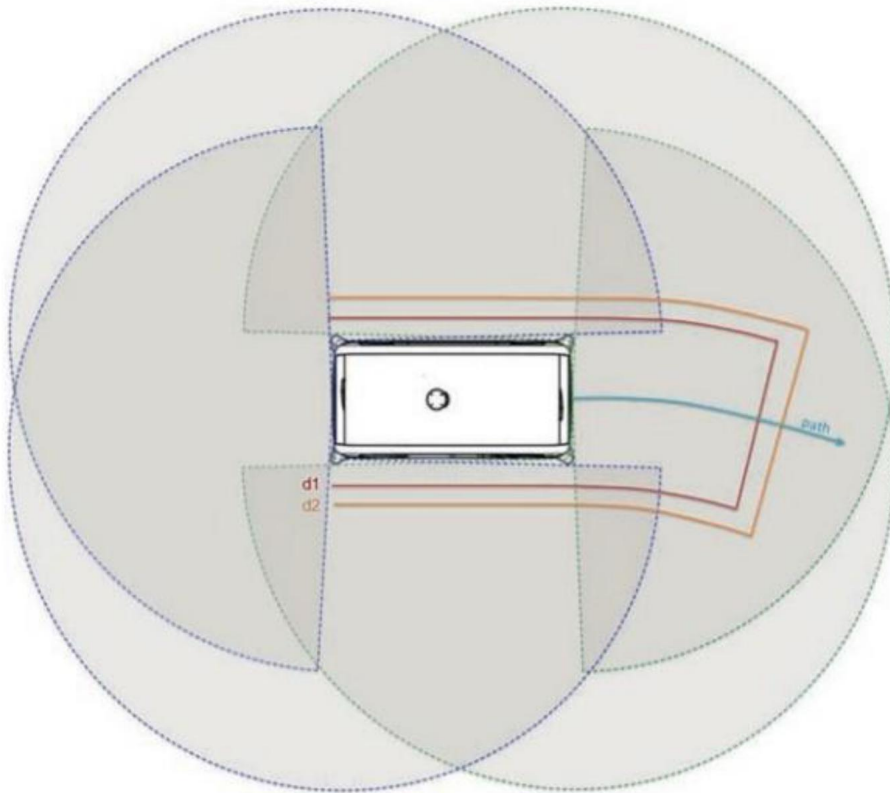


Autonom® Shuttle Evo [6]

Navya

- (1) 10x LiDAR-Sensoren
- (2) Odometrie
- (3) GNSS-Antenne
- (4) Kameras
- (5) Regen- und Lichtsensor

Sicherheitsabstände im Betrieb



Perimeter zur Wahrnehmung der Objekte [7, 8]

Das Antikollisionssystem passt die Geschwindigkeit des EZ10 an:

- Unter 30 cm auf jeder Seite → Es wird ein Soft-Stop oder ein E-Stop durchgeführt
- Unter 60 cm auf jeder Seite → Die Geschwindigkeit wird kontinuierlich angepasst

Ladetechnologien für automatisiertes Fahren Laden: kontaktlos / induktiv

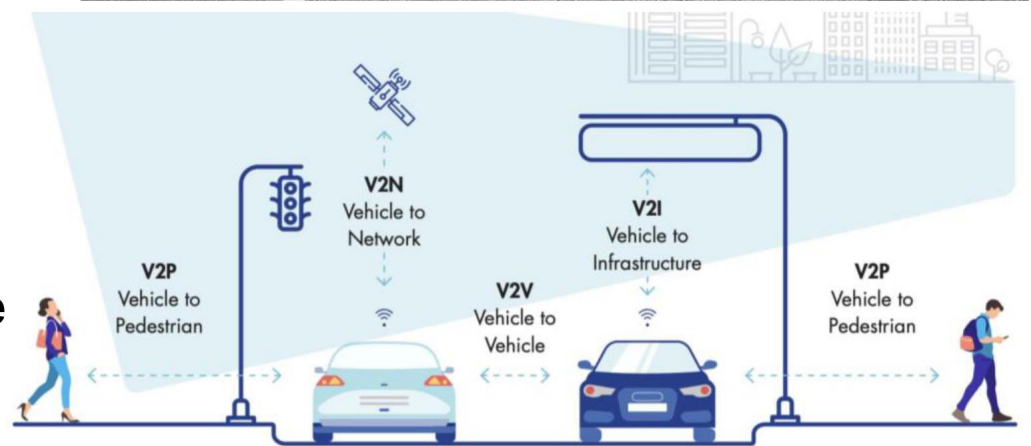


- Hoher **Komfort** - automatische Herstellung der Netzverbindung („Just Park“)
- Erhöhte **Zuverlässigkeit** - keine Kabel und Steckkontakte

- Möglichkeit des häufigen „flachen“ **Ladens bei Kurzhalt** (z. B. Parken)
- Kombinierte induktive Energie- und **Datenübertragung**

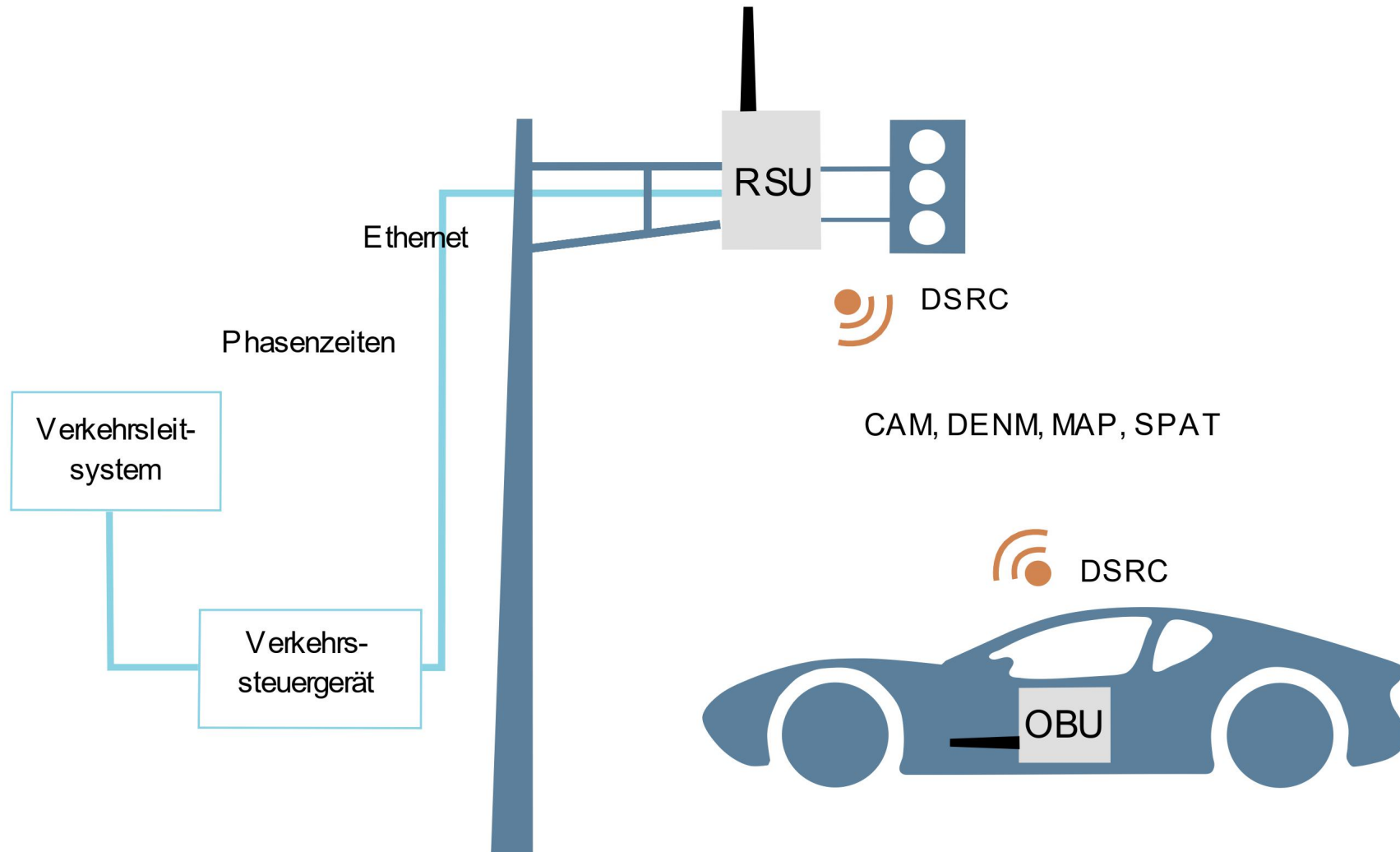
V2X: Kopplung von Fahrzeugen und Infrastruktur

- Vehicle to Everything (V2X) umfasst diverse Kommunikationsmöglichkeiten standardisiert durch das ETSI
- Fahrzeug und Infrastruktur werden zu aktiven Informationsquellen und stellen Daten in Echtzeit bereit
- Dient der Fahrassistenz, Vermeidung von Beeinträchtigungen durch schlechte Straßenverhältnisse und zur Vermeidung von Zusammenstößen
- 2 Standards:
 - 1 Dedicated Short Range Communication (DSRC), basiert auf einer WLAN-Technologie
 - 2 Cellular-V2X (C-V2X) als Teil der Mobilkommunikation der 5. Generation (5G)



V2X-Kommunikation [44] [45]

V2X-Hardware

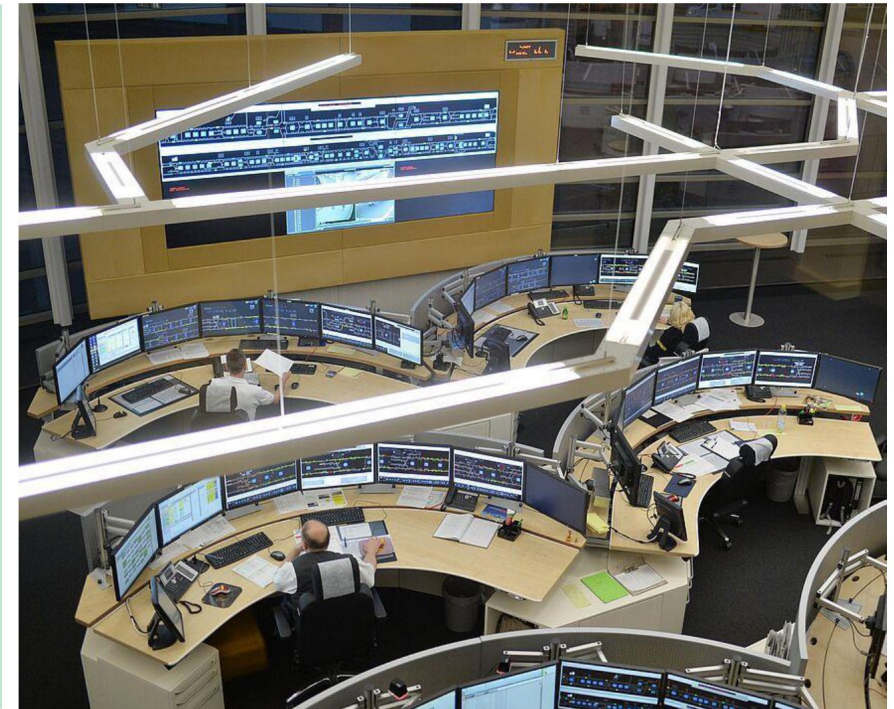
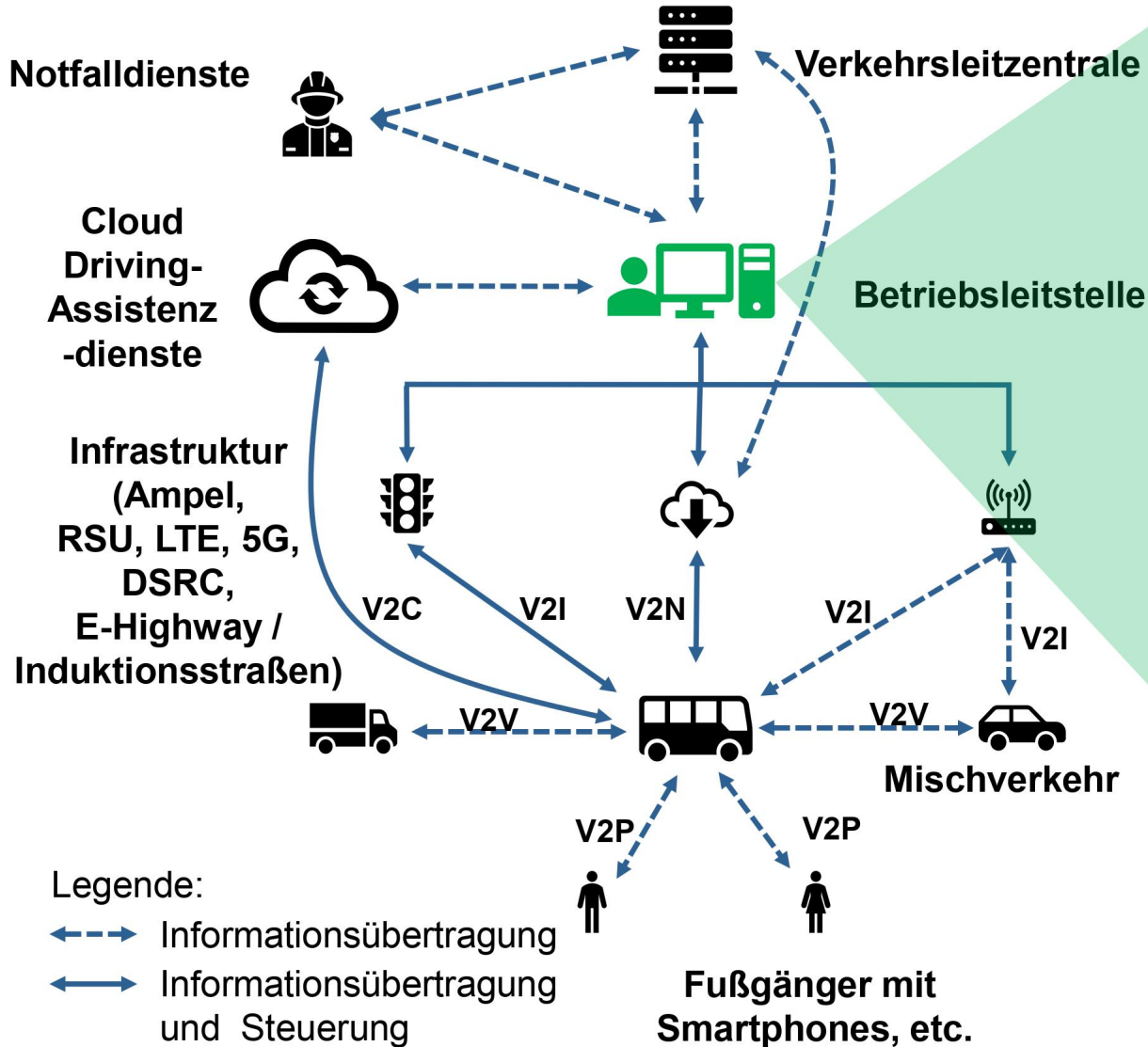


Hardware V2X-Anwendungen [46]

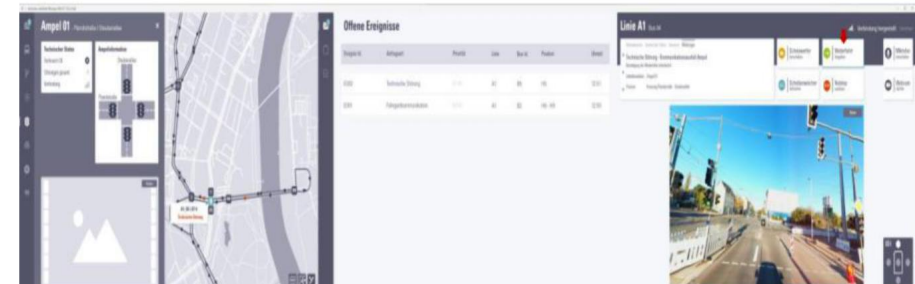
Leitprojekte des ifak zu Intelligenten Verkehrssystemen (ITS) und V2X



Betriebsleitstelle (OCC: Operation Control Center) als Bindeglied

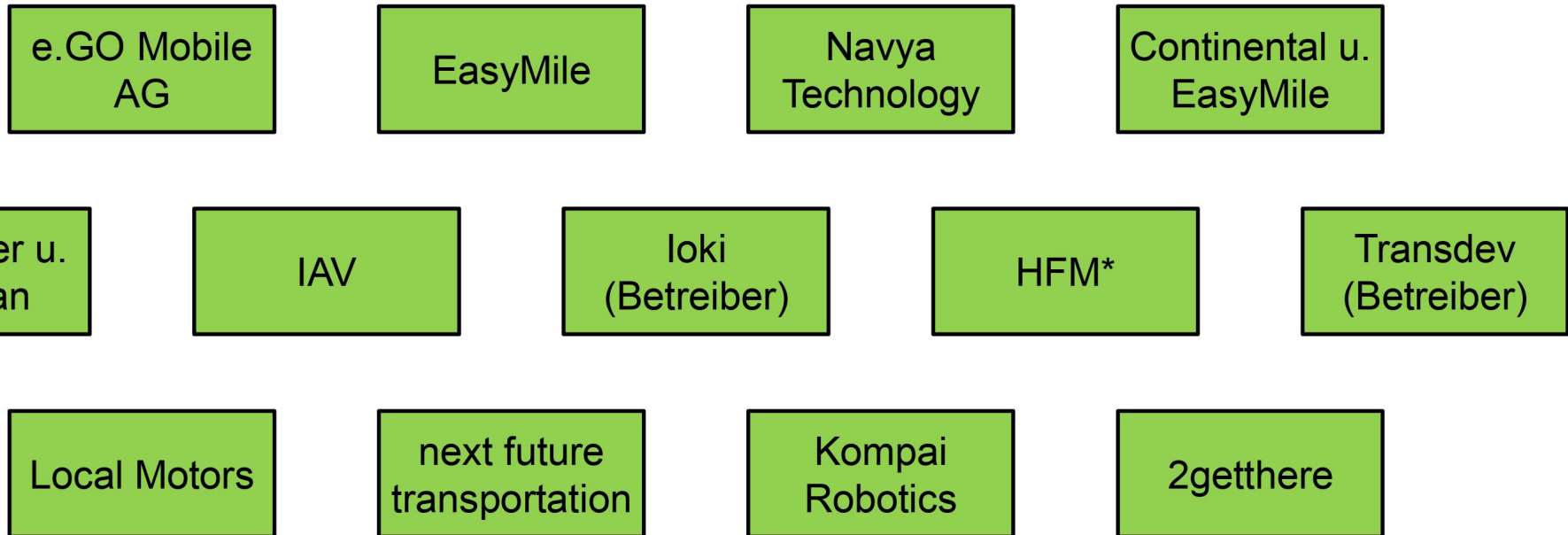


Innenansicht der Betriebsleitstelle der Berliner U-Bahn [9]



- 1 Einführung automatisiertes Fahren
- 2 **Technologieansätze**
- 3 Überblick Pilotbetriebe
- 4 Kurzvorstellung der beiden Projekte

Anbieter für automatisierte Shuttlebusse



* Hanseatische Fahrzeugmanufaktur

Automatisierte Shuttlebusse

EasyMile EZ10

- Kapazität: 6 Sitzplätze, 6 Stehplätze
- Geschwindigkeit: max. 15-18 km/h
- Automatisierungslevel: 0 bis 4 (hochautomatisiert)
- Stopp bei Personen und Sachgegenständen sowie starkem Laubfall, Schnee und Regen
- Kreuzungen: automatisiert, wird aber individuell entschieden
- Manueller Betrieb ist möglich (Fernbedienung mit Joystick, manuelles Fahren mit 5 km/h)
- Einsatzdauer: bis zu 10 h / Ladezeit: 8 - 10 h
- Seit Oktober 2017 als erste automatisierte Shuttlebus-Linie in Deutschland



EZ-10 [2]

Lokalisierung und Objekterkennung:

Odometry
Inertial Measurement Unit (IMU)
LIDARs (Laser Detection And Ranging)
Differential GPS
Cameras
V2X Modul (OBU) optional

Automatisierte Shuttlebusse

e.GO People Mover

- Kapazität: bis zu 15 Passagiere (10 Sitzplätze)
- Geschwindigkeit: max. 60 km/h
- Automatisierungslevel: 0 bis 4 (hochautomatisiert, kein Fahrer im spezifischen Anwendungsfall)
- Selbstständige Navigation durch den Verkehr auf angelernten Routen, einschließlich komplexer Verkehrssituationen wie Kreuzungen (wird jedoch individuell entschieden)
- Manueller Betrieb mit einem Lenkrad im Fahrer Cockpit
- Einsatzdauer: bis zu 10 h / Ladezeit: 4,5 h
- Im finalen Entwicklungs- und Homologationsprozess; erste Prototypenserie wurde bereits gefertigt und wird derzeit in Pilotprojekten eingesetzt
- Im Herbst 2020 startete ein Testbetrieb im Münchener Olympiapark



e.GO People Mover [3]

Lokalisierung und Objekterkennung:

RADAR- und LIDAR-Sensoren
Kamerasystem

Automatisierte Shuttlebusse

GRT Vehicle (Automatisierter Minibus)

- Kapazität: bis zu 22 Passagiere (8 Sitzplätze)
- Geschwindigkeit: max. 60 km/h (bidirektional)
- Automatisierungslevel: 4 (hochautomatisiert, kein Fahrer im spezifischen Anwendungsfall)
- Die Navigation basiert auf virtuellen Schienen, die auch bei 60km/h Zentimeter genau eingehalten werden
- Mithilfe der künstlichen Landmarken (Magneten oder Transponder) ist eine hohe Verfügbarkeit auch bei Witterungsbedingungen möglich
- Einsatzdauer: bis zu 50 km / Ladezeit: 11 Minuten von 30 % bis 80%
- Testbetriebe: Rotterdam (Rivium) seit 1999. Strecke ist jedoch nur für den Bus nutzbar und abgesperrt.



GRT Vehicle [49]

Lokalisierung und Objekterkennung:

Kamera, LiDAR, GPS sowie künstliche Landmarken (Magneten oder Transponder)

Automatisierte Lkw

T-pod von Einride

- Plattform + Software + Dienstleistung
- Einsatzszenarien:
 - AET 1: Industriegelände
30 km/h; 16 T; 130-180 km; Monitoring
 - AET 2: Kurze Straßenabschnitte
30 km/h; 16 T; 130-180 km; Monitoring
 - AET 3: Ländlicher Raum
45 km/h; 16 T; 200-300 km; Monitoring;
Teleoperation
 - AET 4: Autobahn
85 km/h; 45 km/h; 16 T; 200-300 km;
Monitoring; Teleoperation



T-pod von Einride [4]

- 1 Einführung automatisiertes Fahren
- 2 Technologieansätze
- 3 Überblick Pilotbetriebe
- 4 Kurzvorstellung der beiden Projekte

Tabelle 2: Deutsche Städte mit Pilotbetrieben zu automatisierten Shuttlebussen

Deutsche Städte mit Pilotbetrieben zu autonomen Shuttlebussen (Stand 06/2020)						
Aachen (4 Projekte)	Bad Birnbach	Bad Essen	Berlin (6 Projekte)	Darmstadt	Drolshagen	Enge-Sande (Sylt)
Frankfurt aM (3 Projekte)	Hamburg	Hof	Karlsruhe	Kelheim (3 Projekte)	Keitum (Sylt)	Kronach
Lahr	Lauenburg an der Elbe	Leipzig	Lennestadt- Mengen	Ludwigsburg	Lunden / Lehe	Magdeburg
Mainz	Mannheim (2 Projekte)	Marburg	Monheim am Rhein	München	Oberhausen	Osnabrück
Regensburg	Rehau	Eberbach	Soest	Stolberg (Südharz)	Wiesbaden (2 Projekte)	Wusterhausen

Auswahlkriterien:

- Informationen zum Fahrzeug liegen vor
- Informationen zur Strecke liegen vor
- Informationen zum Pilotbetrieb liegen vor
- Informationen zur Forschungsfrage liegen vor

Best-Practice-Analyse // Allgemeine Details zu den Pilotbetrieben

Tabelle 3: Allgemeine Übersicht zu Pilotbetrieben mit automatisierten Shuttlebussen

Ergebnisse der Best-Practice Analyse	
Anzahl der Pilotbetriebe	49 Pilotbetriebe (PB)
Status der Pilotbetriebe	10 Pilotbetriebe im Betrieb, 16 Pilotbetriebe beendet und 23 Pilotbetriebe in Vorbereitung
Raumtypologie der Pilotbetriebe	13 Pilotbetriebe im ländlichen Raum, 36 Pilotbetriebe im urbanen Raum
Größe der Pilotstädte	Minimum: 700 Einwohner (Keitum), Maximum 3,6 Millionen Einwohner (Berlin)
Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge	Eingesetzt: 35 Fahrzeuge Geplant: 42 Fahrzeuge
Fahrzeughersteller	EasyMile (32), Navya (17), e.GO MOOVE GmbH (10), IAV GmbH (3), LocalMotors (1), TU Delft (2), HFM (1), Paravan (vsl. 1), Urban Mobility Systems (1), k.A. (9)
Start der Pilotbetriebe	2016: 1 Showcase 2017: 5 PB 2018: 8 PB 2019: 7 PB 2020: 21 PB (16 geplant) 2021: 3 PB geplant k.A.: 4 PB
Dauer der Pilotbetriebe	≤ 6 Monate: 15 Pilotbetriebe ≤ 12 Monate: 5 Pilotbetriebe >12 Monate: 16 Pilotbetriebe k.A.: 13 Pilotbetriebe
Projektpartner	Lokale Verkehrsgesellschaft: 45 Pilotbetriebe Forschungsinstitut: 43 Pilotbetrieben Kommunen: 39 Pilotbetrieben

- ➔ **Pilotbetriebe sind unabhängig von der Größe der Stadt**
- ➔ **Viele Hersteller konzentrieren sich vorerst auf einen Pilotbetrieb**
- ➔ **Für 2020 geplante Pilotbetriebe verschieben sich voraussichtlich**

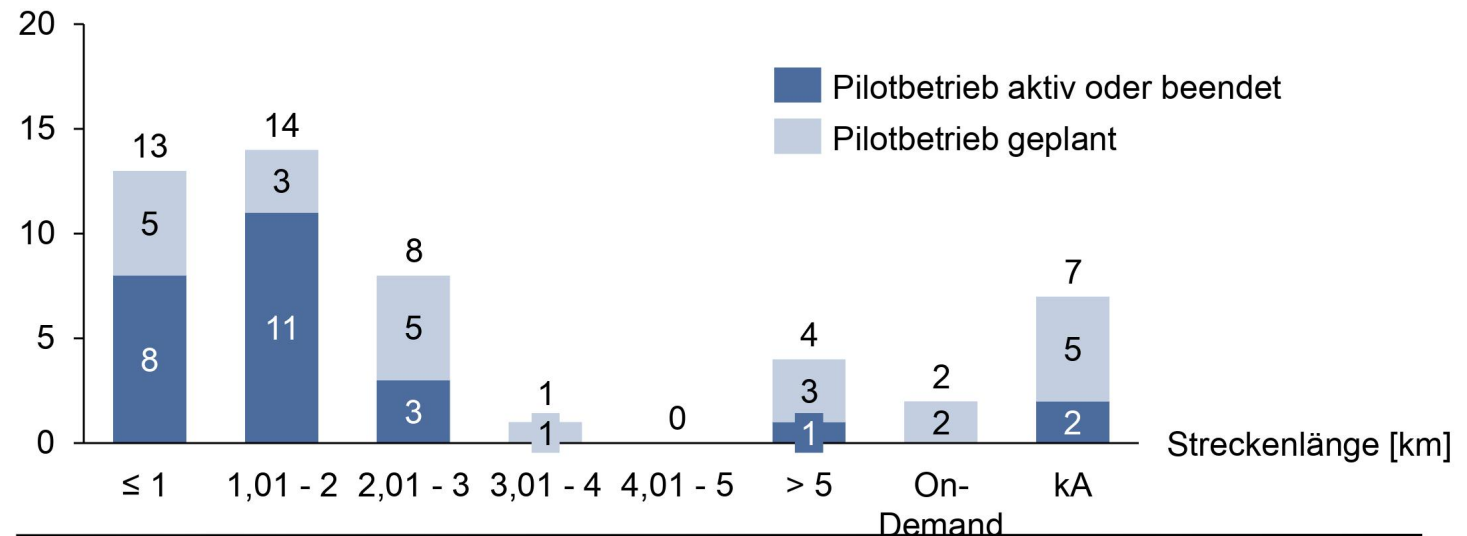
Streckenlänge:

- Längste Strecke:
7,5 km in Wusterhausen
- Durchschnittslänge der geplanten Pilotstrecken:
2,51 km
- Die Streckenlänge hängt von einem kontinuierlichen Betrieb des Shuttlebusses ab+

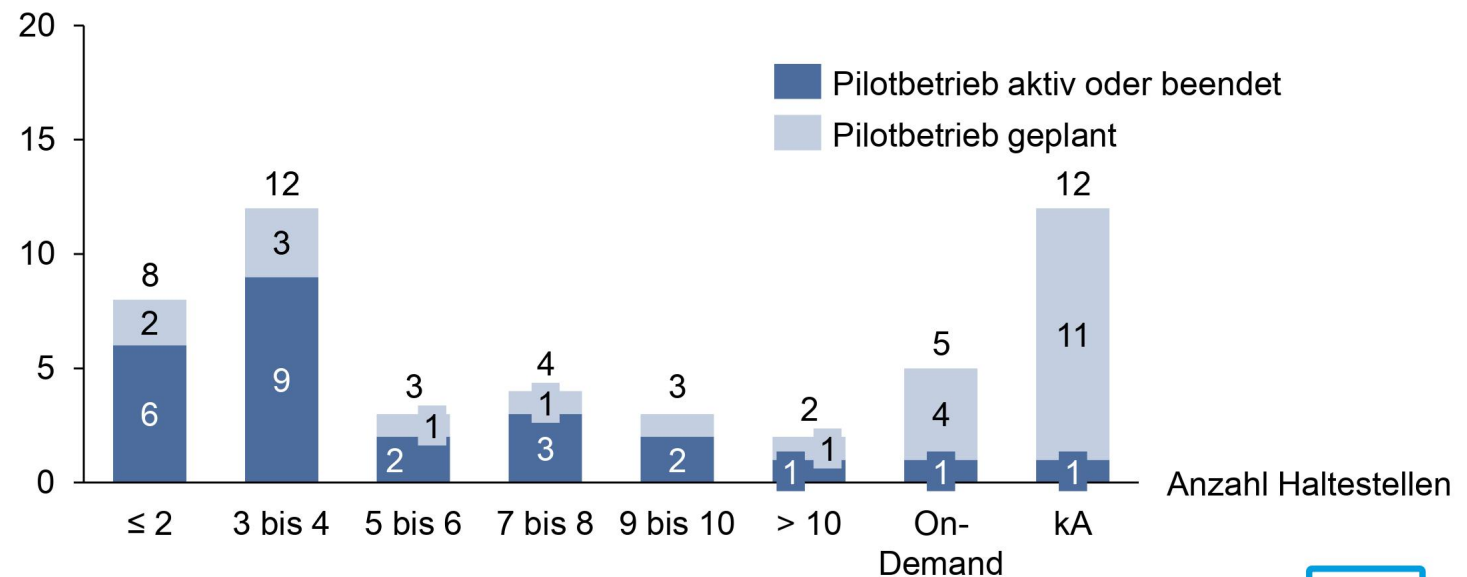
Anzahl der Haltestellen:

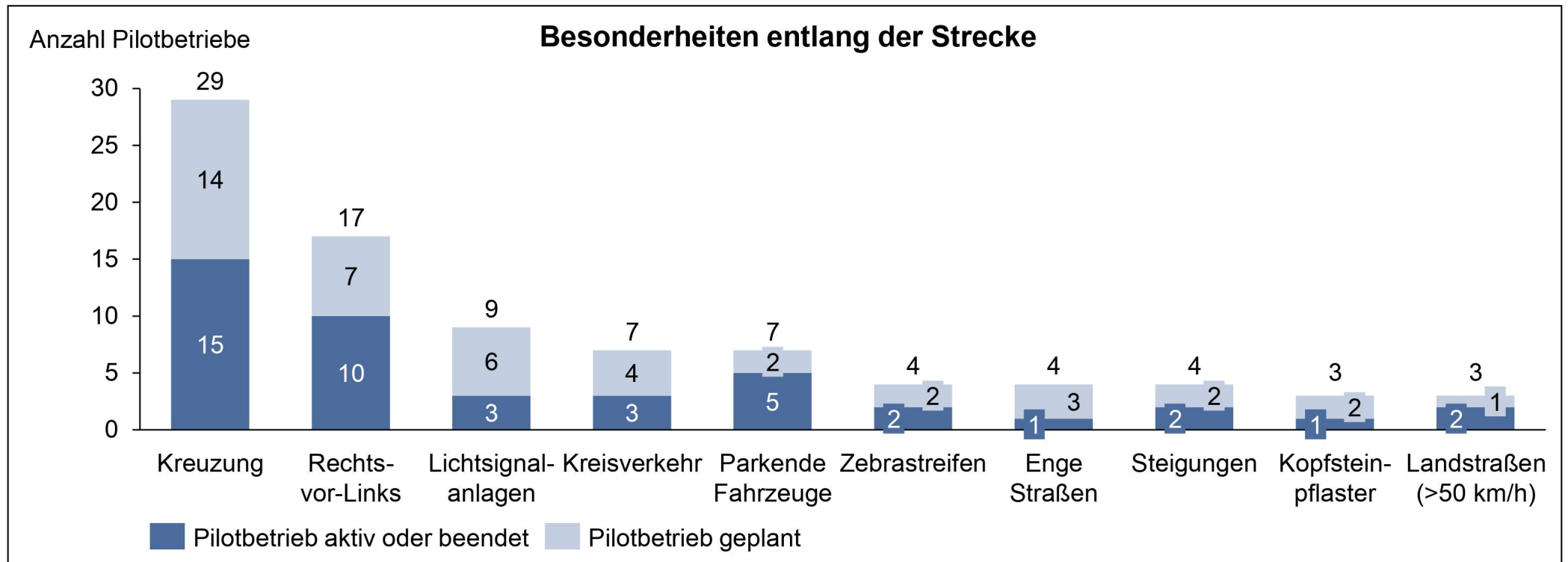
- Aachen nutzt On-Demand
- Im Durchschnitt haben die Pilotstrecken fünf Haltestellen
- Analog zur Streckenverlängerung wurde auch die Anzahl an Haltestellen erhöht

Anzahl Pilotbetriebe

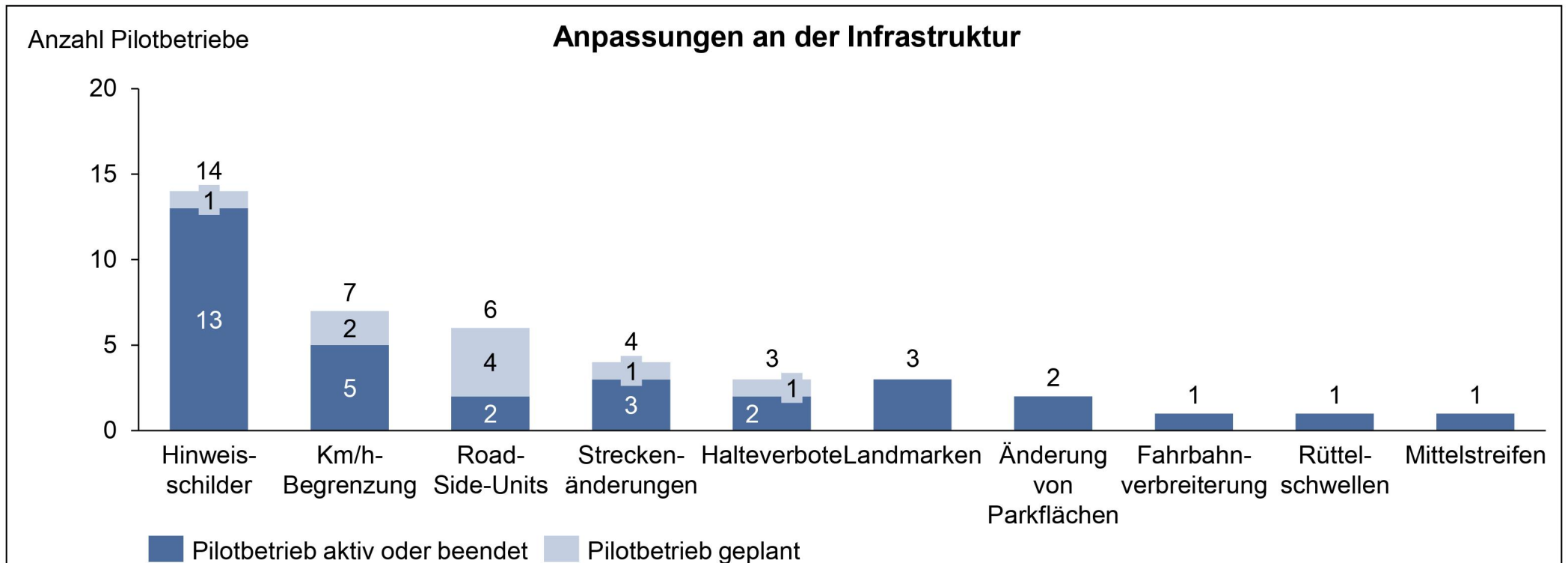


Anzahl Pilotbetriebe





- Alle Arten des kreuzenden Verkehrs werden in den Pilotbetrieben getestet
- Weitere Herausforderung, wie parkende Fahrzeuge, Enge Straßen, und Kopfsteinpflaster werden ebenfalls getestet
- Der Geschwindigkeitsunterschied zu den anderen Verkehrsteilnehmer ist die große Herausforderung auf der Landstraße
- Zusätzlich wird der Spurwechsel und das Verhalten bei Baustellen getestet



- Garage und Ladesäule für den Shuttlebus sowie Hinweisschilder werden bei fast allen Pilotbetrieben aufgestellt
- Geschwindigkeitsbegrenzungen werden zur Verringerung des Geschwindigkeitsunterschieds zwischen dem Bus und den übrigen Verkehrsteilnehmern eingesetzt
- Streckenänderungen, Halteverbote, Änderung von Parkflächen und Fahrbahnverbreiterungen werden eingesetzt, um Hindernisse für den Shuttlebus zu vermeiden und den Verkehr zu verflüssigen

- 1 Einführung automatisiertes Fahren
- 2 Technologieansätze
- 3 Überblick Pilotbetriebe
- 4 Kurzvorstellung der beiden Projekte

AS-NaSA

Automatisierte Shuttlebusse – Nutzenanalyse Sachsen-Anhalt

- **Ziel:**
Einsatz eines automatisierten Shuttlebusses in Stolberg (Mansfeld-Südharz) und Bestimmung des Nutzens von automatisierten Shuttlebussen im ÖPNV in Sachsen-Anhalt
- **Laufzeit:** 20.05.2019 – 30.09.2022
- **Förderung:** Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
- **Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek
- **Projektmitarbeiter:** M.Sc. Sönke Beckmann
- **Partner:**
 - Landkreis Mansfeld-Südharz
 - Gemeinde Südharz
 - Stadt Stolberg
 - Verkehrsgesellschaft Südharz mbH
 - Standortmarketing MSH GmbH
 - EasyMile
- **Homepage:** www.as-nasa.ovgu.de



AS-UrbanÖPNV Automatisierte Shuttlebusse – Urbaner ÖPNV

- **Ziel:** Durchführung eines Pilotbetriebs eines automatisierten Shuttlebusses in Magdeburg mit Fokus auf die V2X-Kommunikation, Umlaufplanung und Lademanagement, Anbindung an die ÖPNV-Planung, Test einer prototypischen Leistelle
- **Laufzeit:** 01.01.2020 – 30.09.2022
- **Förderung:** Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
- **Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek
- **Projektmitarbeiter:** M.Sc. Olga Biletska
- **Partner:**
 - Landeshauptstadt Magdeburg
 - Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH & Co. KG
 - Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt GmbH
 - Institut für Automatisierungstechnik IFAT
 - Magdeburger Regionalverkehrsverbund GmbH – marego
 - EasyMile
 - Technische Visualistik
- **Homepage:** urban-shuttle.ovgu.de



Landkreise Sachsen-Anhalt [1]

Übersicht der Arbeitspakete und beiden Projekten

Arbeitspakete



Planung, Analyse der Machbarkeit und Festlegung von Pilotstrecken



Anforderungsanalyse an Pilotstrecken und Shuttlebus



Konzept zur Realisierung der V2X-Kommunikation und Integration in den Kreisverkehr



Umlaufplanung und Lademanagement



Anbindung des Shuttlebusses an das Fahrgast-Informationssystem INSA



Vorbereitung und Durchführung der Pilotbetriebe



Aufbau und Test einer Pilot-Betriebsleitstelle zu Forschungszwecken



Untersuchung der Nutzerakzeptanz



Potenzialanalyse Sachsen-Anhalt



Wirkungsanalyse durch Verkehrsflusssimulation



Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf Basis potenzieller Betreibermodelle



Projektmanagement, Dokumentation, Wissenstransfer



logistik_ovgu

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit
und
gestalten Sie mit uns
die Mobilität der Zukunft !**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

www.ilm.ovgu.de
www.as-nasa.ovgu.de
www.urban-shuttle.ovgu.de



logistik_ovgu

- [1]: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/Kreisreform_Sachsen-Anhalt_2007.svg]
- [2]: www.easymile.com
- [3]: <https://e-go-moove.com/>
- [4]: <https://www.einride.tech/>
- [5]: <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/intelligente-mobilitaet/pilotversuche/erkenntnisse-aus-pilotversuchen.html>
- [6]: <https://navya.tech/en/everything-you-need-to-know-about-autonom-shuttle-evo/#download>
- [7]: Kolb, J. C.; Wech, L. et al.: Technische Aspekte des automatisierten Fahrens am Projekt des autonomen Shuttlebusses in Bad Birnbach. In: Riener, A.; Appel, A. et al. (Hrsg.): Autonome Shuttlebusse im ÖPNV. Berlin: Springer, 2020, S. 57–94. ISBN 978-3-662-59406-3 (eBook). URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59406-3>
- [8]: EasyMile: EasyMile EZ10 User Manual. EasyMile, Toulouse: o. J.
- [9]: <https://www.tu.berlin/ueber-die-tu-berlin/profil/pressemitteilungen-nachrichten/2021/juli/sonderforschungsbereich-re-figuration-von-raeumen-kontrollzentralen/>
- [9]: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2020): Liste autonome Shuttle-Bus-Projekte. URL: <https://www.vdv.de/liste-autonome-shuttle-bus-projekte.aspx>, (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [10]: I-AT Interreg Automated Transport (2019): I-AT Seminar über autonom fahrende Shuttles auf dem Airport Weeze. URL: <https://www.i-at.eu/iatdeutsch/I-AT-Seminar-uber-autonom-fahrende-Shuttles-auf-dem-Airport-Weeze>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [11]: Ingerl, S. (2017): Fraport und R+V testen am Frankfurter Flughafen autonomes Fahren. Hg. Allgemeine Zeitung. URL: https://www.allgemeine-zeitung.de/wirtschaft/wirtschaft-regional/fraport-und-rv-testen-am-frankfurter-flughafen-autonomes-fahren_18264114; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020)
- [12]: Reuber, V. (2017): MO14 lässt hochautomatisierte Shuttle bei Pharmaserv in Marburg fahren. Hg. RUV-Lab. URL <https://www.ruv-lab.de/2017/mo14-laesst-hochautomatisierte-shuttle-bei-pharmaserv-in-marburg-fahren/>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [13]: Schlieker, K. (2018): Freie Fahrt für autonomen Bus in Wiesbaden. Hg. Wiesbadener Kurier. URL: https://www.wiesbadener-kurier.de/wirtschaft/wirtschaft-regional/freie-fahrt-fur-autonomen-bus-in-wiesbaden_18829184; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [14]: Dannenberg, J. (2019): Autonomer Bus: Nicht ohne einen Operator. Hg. Mittelbayerische. URL: <https://www.mittelbayerische.de/region/kelheim-nachrichten/autonomer-bus-nicht-ohne-einen-operator-21029-art1834946.html>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [15]: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): Regionalstatistische Raumtypologie für die Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Verfügbar als PDF unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/regiostar-raumtypologie.pdf?__blob=publicationFile; S. 4f; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [16]: Neller, M. (2019): Die Stadt der Geisterbusse. Hg. Welt. URL: <https://www.welt.de/wirtschaft/article194634659/Autonomes-Fahren-in-Monheim-am-Rhein-Die-Stadt-der-Geisterbusse.html>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020)

- [17]: Adler, E. (2016): Erster fahrerloser Bus in Deutschland am Centro Oberhausen. Hg. WAZ. URL: <https://www.waz.de/staedte/oberhausen/erster-fahrerloser-bus-in-deutschland-am-centro-oberhausen-id11802500.html>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020)
- [18]: Brandt, J. C. (2018): Fallstudie: Autonomer Bus Bad Birnbach. Hg. Bundesministerium für Wirtschaft und Forschung. PDF verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/autonomer-bus-bad-birnbach.pdf?__blob=publicationFile&v=4; S. 3ff; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020)
- [19]: EasyMile (2020): EZ-10. URL: <https://easymile.com/solutions-easymile/ez10-autonomous-shuttle-easymile/>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [20]: Navya (2020): Autonom Shuttle. URL: <https://navya.tech/en/autonom-shuttle/>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [21]: e.GO MOOVE GmbH (2020): e.GO People Mover. URL: <https://e-go-moove.com/de/modelle/e-go-people-mover/technische-daten/>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [22]: Local Motors (2020): Olli. URL: <https://localmotors.com/meet-olli/>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [23]: Tabula (2020): FAQ. URL: <https://www2.tuhh.de/tabula/faq/>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [24]: See-Meile (2020): Ihre Fragen & unsere Antworten zum Projekt See-Meile. URL: <https://www.see-meile.com/ihre-fragen-unsere-antworten/>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [25]: Riener, A.; Appel, A.; Doner, W.; Huber, T.; Kolb, J. C.; Wagner, H. (Hrsg.): Autonome Shuttlebusse im ÖPNV. 1 Auflage, Berlin: Springer Vieweg, 2020, S. 57.
- [26]: Wienerstädtische (2017): Fünf Stufen des autonomen Fahrens. URL: https://www.wienerstaedtiche.at/fileadmin/user_upload/Dokumentenpool/Unternehmen/Presse/Pressemeldungen/35_Autonomes_Fahren_Fuenf-Stufen-Grafik.jpg; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [27]: Kelheim (2020): Autonomes Fahren in Kelheim. URL: <https://www.kelheim.de/autonomes-fahren/>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [28]: Frost, S. (2019): Als würde man live im Mario-Kart mitfahren. Hg. GDV. URL: <https://www.gdv.de/de/themen/positionen-magazin/als-wuerde-man-live-im-mario-kart-mitfahren-49644>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [29]: Raiffeisen-Gesellschaft (2018): Manuel Andrack und Dr. Rollinger (R+V) probieren einen selbstfahrenden Bus aus. URL: https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=iKguX0sQeSw&feature=emb_title; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [30]: HEAT (2019): Presse-Information zu HEAT. PDF verfügbar unter: https://www.iav.com/app/uploads/2019/07/Faktenblatt_HEAT_Fahrzeugvorstellung-3.pdf; S. 2; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [31]: AutoNV_OPR (2016): Forschungsprojekt zu automatisiertem Nahverkehr in Ostprignitz-Ruppin. PDF verfügbar unter: http://www.autonv.de/wp-content/uploads/2016/12/AutoNV_OPR_Forschungsprojekt-zu-autonomisiertem-Nahverkehr-in-OPR.pdf; S. 1f; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [32]: Steffen, U. (2019): Ostprignitz-Ruppiner Personennahverkehrsgesellschaft mbH, Geschäftsführer, persönliches Interview am 13.12.2019.
- [33]: Nöbauer, A. (2018): Ein Stück Verkehrsgeschichte. Hg. PNP. URL: https://plus.pnp.de/lokales/pocking/3120165_Ein-Stueck-Verkehrsgeschichte.html; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [34]: WDR (2019): E-Bus beschädigt: Autonomes Fahren in Monheim verzögert sich. URL: <https://www1.wdr.de/nachrichten/rheinland/autonomes-fahren-monheim-bus-beschaedigt-100.html>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).

- [35]: DPA (2019): Erster selbstfahrender Bus Brandenburgs in Unfall verwickelt. URL: https://www.t-online.de/nachrichten/panorama/id_86104076/erster-selbstfahrender-bus-brandenburgs-in-unfall-verwickelt.html; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [36]: AutoNV_OPR (2019): Autonomer Kleinbus startet in Wusterhausen / Dosse. PDF verfügbar unter: https://www.orp-busse.de/files/16BE5CB6668/26.06.2019-AutoNV_OPR-Medieninfo-Start.pdf; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [37]: Monheim am Rhein (2019): Autonomer Bus: Start für die Vermessung der Strecke. URL: <https://www.monheim.de/stadtleben-aktuelles/news/nachrichten/autonomer-bus-start-fuer-die-vermessung-der-strecke-7131>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [38]: 3Sat (2019): Fahrerlos unterwegs im ländlichen Raum. URL: <https://www.3sat.de/wissen/nano/191014-bus-nano-102.html>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [39]: Ostbayernbus (2020): Erste autonome Buslinie Deutschlands. URL: https://www.ostbayernbus.de/ostbayernbus/view/angebot/buslinien/autonomer_bus.shtml; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [40]: Südwestdeutsche Landesverkehr-AG (2018): Premiere in Baden-Württemberg: Autonom fahrender Bus rollt in Lahr. URL: https://www.sweg.de/html/aktuell/aktuell_u.html?&m=761&artikel=10840&cataktuell=716&volltextstichwortsuche=autonom; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [41]: Riebssamen, H. (2019): Die Kameras sehen das Gras wachsen. Hg. Frankfurter Allgemeine Zeitung. URL: <https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/frankfurt/autonomes-fahren-test-am-frankfurter-mainkai-16395676.html>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [42]: Monheim am Rhein (2019): Autonomer Bus: Verkehrsregelungen ändern sich. URL: <https://www.monheim.de/stadtleben-aktuelles/news/nachrichten/autonomer-bus-verkehrsregelungen-aendern-sich-7048>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [43]: NAF-Bus (2020): Autonomer Bus "Autonom" in Keitum der Sylter Verkehrsgesellschaft wird positiv angenommen. URL: <https://www.naf-bus.de/news-1/>; (Zuletzt geprüft am: 9. Juni 2020).
- [44]: <https://www.continental-automotive.com/DE/Passenger-Cars/Autonomous-Mobility/Functions/V2X-Communication>
- [45]: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/industries/automotive/use-cases/v2x>
- [46]: Graphic by Unex (<https://www.unex.com.tw/rsu/>)
- [47]: <https://www.2getthere.eu/technology/vehicle-types/grt-vehicle-automated-minibus/>
- [48]: <https://www.2getthere.eu/projects/rivium/>
- [49]: https://press.zf.com/press/de/media/media_21442.html