

Automatisiertes Fahren im ÖPNV – Fahren wir morgen schon autonom?



Liss Böckler

Interlink GmbH | Projektmanagerin AVF

WVV/DVWG-Online-Vortrag

24.11.2020

Unternehmensperspektive

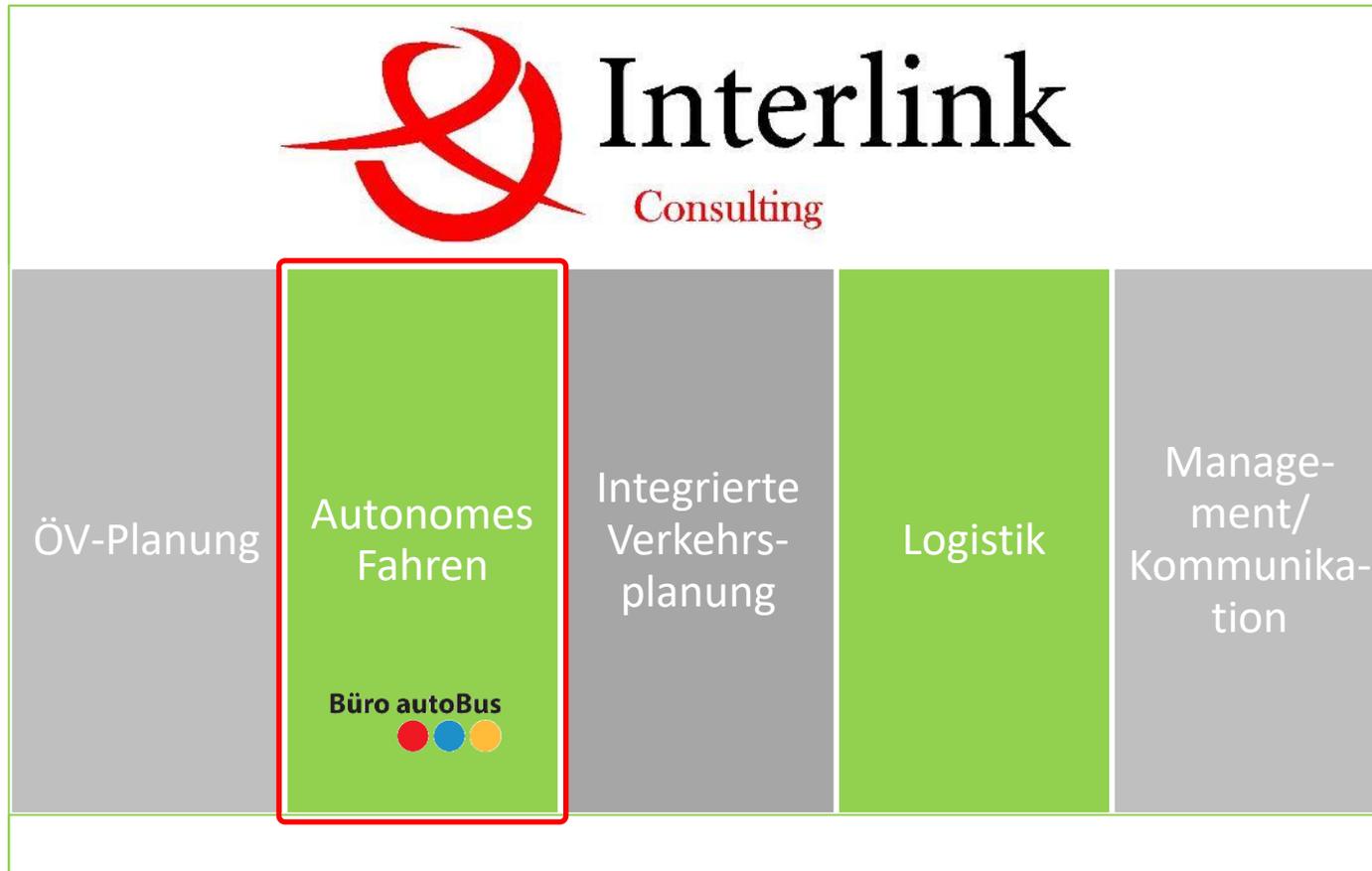


Foto: Interlink GmbH

Unternehmensperspektive



Fahrplangesellschaft



Büro autoBus



Foto: Büro autoBus

Referenzen

Machbarkeitsstudien und Betriebskonzepte

Mehr als 20 Anwendungsfälle
in Bayern, Berlin,
Brandenburg, Hamburg,
Hessen, Nordrhein-
Westfalen, Sachsen,
Schleswig-Holstein und
Thüringen

Umsetzungsplanung und -begleitung

Projekte u. a. in Schleswig-
Holstein, Hamburg, Berlin,
Brandenburg und Hessen





Karte: Google MyMaps, eigene Bearbeitung

Laufende Betriebe

- NAF-BUS: Enge-Sande
- HEAT: Hamburg
- TaBuLa: Lauenburg/Elbe
- STIMULATE: Berlin
- Bad Birnbach
- SAM: Lennestadt
- ...

Betriebe in Vorbereitung

- NAF-BUS: Dithmarschen
- Shuttles & Co.: Berlin
- ABSOLUT: Leipzig
- RoboShuttle: Mannheim
- AS-NaSA: Stolberg/Harz
- Hambach-Shuttle: Neustadt/Weinstraße
- ...

Abgeschlossene Betriebe

- Emily: Berlin, EUREF-Campus
- Airport Weeze
- HUBCHAIN: ICO Osnabrück
- ...

Marktüberblick: Fahrzeugmodelle



EasyMile: EZ 10 (Gen. 3)



NAVYA: Autonom Shuttle (Gen. 2)



nur in HH

IAV (Prototyp für HEAT)



ab 2021

HFM: Motionboard



Bisher nicht in DE

Lohr: i-Cristal



ab 2021

e.GO MOOVE: e.GO Mover



ab 2021

Local Motors: Olli

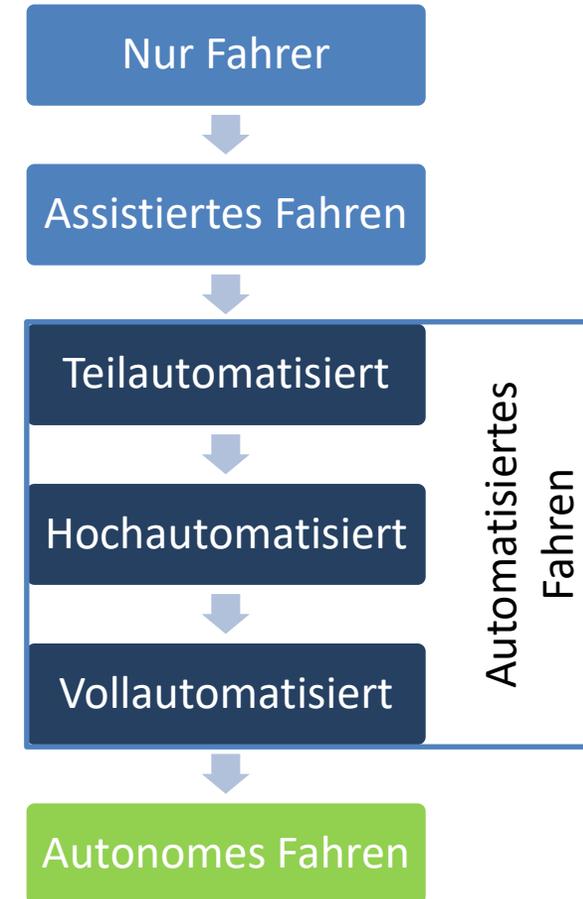


Bisher nicht in DE

2gether (ZF): GRT

Stand der Technik

- Derzeit verfügbare Fahrzeuge (meist für 6 bis 11 Fahrgäste) fahren **automatisiert**, nicht autonom
- Ausstattung **ADS-DV**, teilweise mit **Fahrersitz und Lenkrad**
- **Referenzpfad/Fahrschlauch**: Fahrweg und markante Punkte der Umgebung werden aufgenommen, Fahrbefehle programmiert
- **Orientierung** der Fahrzeuge u. a. anhand von Lidar, Odometrie und GPS-Signal
- Reaktion auf **Umgebungsänderungen** entsprechend Programmierung und auf Basis von Lidar, Radar und Kameras
- Manuelle Eingriffe durch **Sicherheitsfahrer/in** bzw. rechtlich Fahrzeugführer/in, z. B. bei Abweichungen vom Sollzustand/Hindernissen
- **Sicherheitsorientierter** langsamer Betrieb mit je nach örtlicher Situation derzeit max. 12 bis 25 km/h
- Anpassen der **Umgebungsinfrastruktur** an die Möglichkeiten der Fahrzeuge meist erforderlich



Stand der Technik



Funktionen

- Definierter Anwendungsfall entlang eines Referenzpfades/-schlauches
- Längs- und Querführung durch Fahrzeugsystem
- Strecke wird kartographiert und Fahrfunktionen einprogrammiert
- Automatisierte Geschwindigkeitsreduktion bei Hindernissen, Abbiegen, Haltestellenbedienung, Kommunikation mit Signalanlagen (Ampeln, Poller)
- Fahrzeuge ohne Lenkrad und Fahrersitz (ADS-DV)
- Sicherheitsorientierte Geschwindigkeiten 5 - 20 km/h
- Neigungen bis 16 %



Grenzen

- Anwendungsfall \neq Campus oder Innenstadt im Allgemeinen \rightarrow spezielle Strecke und Witterungsbedingungen
- Kein Überholen mit Ausweichen auf die Gegenfahrspur
- Anwesender Fahrzeugführer*in im Fahrzeug Pflicht
 - Manuelle Steuerung über Joystick oder Controller
 - An bestimmten Punkten Bestätigung der Weiterfahrt
- Straßen mit Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h
- Abhängigkeit vom Wetter, Straßenzustand, Lokalisierung und Satellitenempfang
- Anpassen der Infrastruktur meist erforderlich
 - Signalanlagen über On-Board- und Road-Side-Units
 - Fahrspurbreite von mind. 2,70 m
 - Referenzpunkte für Lidar-Sensoren
 - Markierung von Parkplätzen
 - Nächtliche Ladung nur über ca. 5° C
- Bisher kein On-Demand-Verkehr in einem Gebiet

Stand der Technik

- Aktuell möglich: Linienverkehr bei guten Witterungsbedingungen auf vorbereiteter Strecke mit nicht zu hoher Komplexität für Fahrzeugsystem \neq autonom/SAE-Level 5

→ SAE-Level 3 (hochautomatisiert):

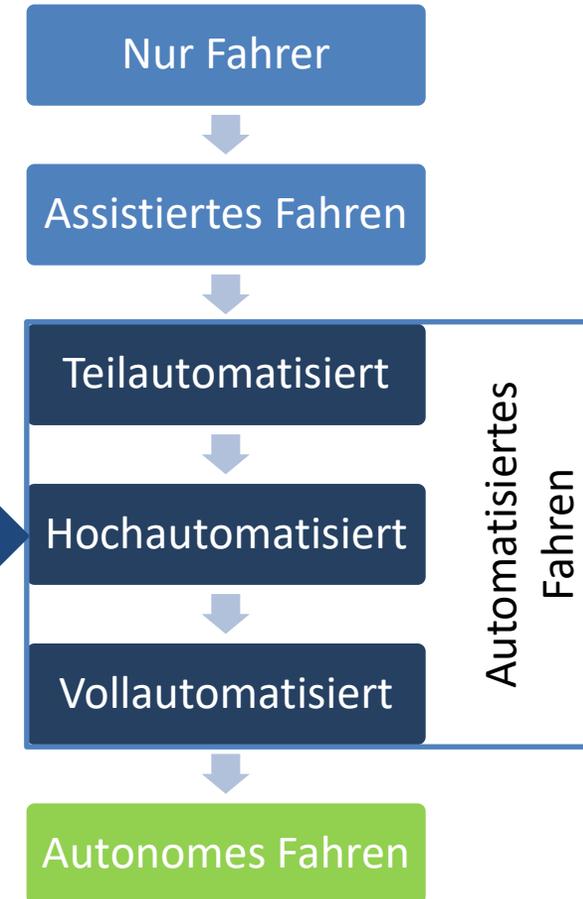
- System übernimmt Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall, erkennt Grenzen und fordert mit Zeitreserve zur Übernahme auf.
- Fahrzeug führt selbstständig Funktionen wie Auslösen des Blinkers, Spurwechsel und Spurhalten durch
- Fahrer*in muss das System nicht dauernd überwachen

→ SAE-Level 4 (vollautomatisiert):

- System kann im spezifischen Anwendungsfall ~~alle Situationen~~ automatisch bewältigen.
- Bei Grenzen selbstständig risikominimaler Systemzustand

→ SAE-Level 5 (autonom):

- Fahrerloser Betrieb von Start bis Ziel
- außer dem Festlegen des Ziels und dem Starten des Systems kein menschliches Eingreifen erforderlich



Rechtsrahmen

Fahrzeugführer*in

- Bestimmungsgemäße Nutzung von Fahrzeugen mit hoch- und vollautomatisierten Fahrfunktionen gem. §§ 1a und 1b StVG)
- U. a. Fahrzeugführer mit Überwachungs- und Übernahmeverpflichtungen gem. § 1a StVG

Nutzung auf öffentlichen Straßen

- Technisches Gutachten über Fahrzeug und Einsatzstrecke
- Einzelbetriebs-erlaubnis und Ausnahme-genehmigung nach § 21 StVZO i. V. m. § 70 StVZO
- Bindung örtlicher Geltungsbereich
- Fahrzeugzulassung

Personenbeförderung mit Kraftfahrzeugen

- Genehmigungserfordernis nach PBefG
- Linienverkehr § 42 PBefG und/oder Experimentierklausel § 2 Abs. 7 PBefG
- Anhörung nach § 14 Abs. 1 Nr. 1 PBefG

Fahrerlaubnisrecht

- Abhängigkeit von Gesamtmasse und Fahrgastkapazität
- Evtl. Ausnahme-genehmigung zum Führen eines Erprobungs-fahrzeugs bei Nichtbesitz Fahrerlaubnis Klasse D1

Infrastrukturelle Maßnahmen

- Genehmigung/Anordnung von baulichen oder verkehrlichen Maßnahmen

Unsere Umsetzungsprojekte



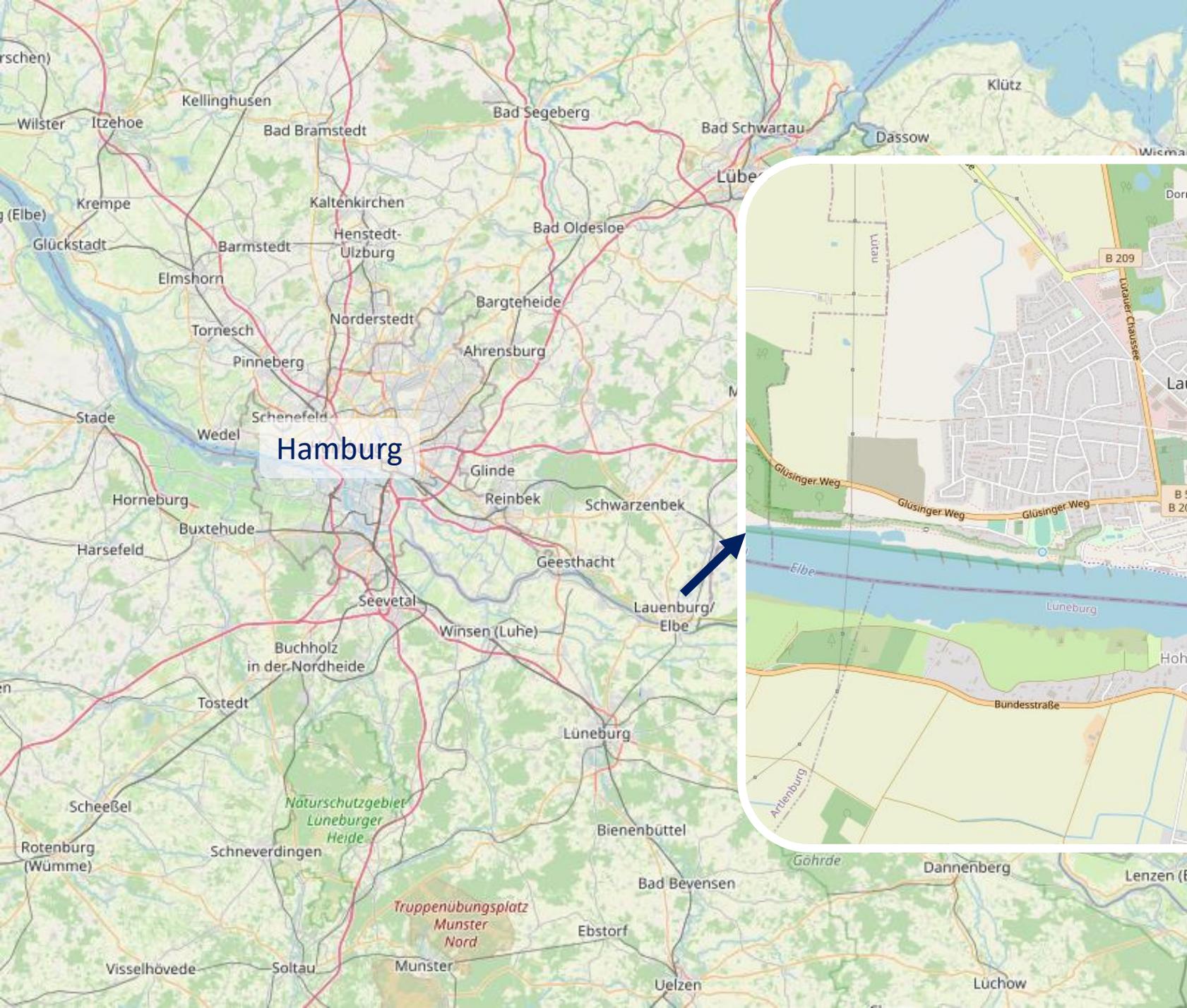
Bisher 8 Fahrzeuge im öffentlichen Raum und auf Privatgeländen im Einsatz:

- STIMULATE in Berlin (Charité)
- NAF-Bus in Enge-Sande, Keitum/Sylt
- TaBuLa in Lauenburg/Elbe
- AutoNV_OPR in Wusterhausen/Dosse



TaBuLa

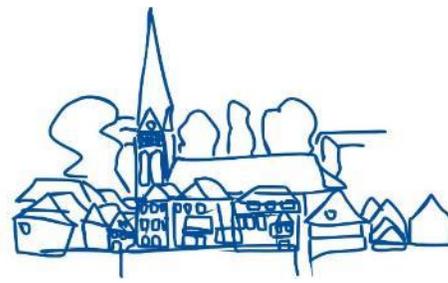
Testzentrum für
automatisiert
verkehrende Busse im
Kreis Herzogtum
Lauenburg



Karten: OpenStreetMap-Mitwirkende



TESTZENTRUM
AUTONOME BUSSE
LAUENBURG / ELBE



Gefördert durch:



Mehr Informationen:

 [Erklär-Video](#)

 Twitter: @TaBuLaShuttle

Website: <https://tabulashuttle.de/>

Projektpartner:



Assoziierte Partner:



Laufzeit:

- 01/2018 - 12/2020 (Anschlussprojekt TaBuLa-LOG bis 12/2021)

Forschungsziele:

- Teststrecke für autonome Busverkehre unter realen Bedingungen
- Potenziale und Hemmnisse des Einsatzes automatisierter und vernetzter Fahrzeuge im ÖPNV
- Betrieb mit Fahrgästen auf realen Straßen im Mischverkehr zur Untersuchung der Nutzer/innen-Akzeptanz
- Hohe Anforderungen: Kopfsteinpflaster, starke Neigungen, eng angebautes Umfeld (Altstadt), Bundesstraße, Ampel- und Poller-Anlagen

Büro autoBus





TESTZENTRUM
AUTONOME BUSSE
LAUENBURG / ELBE



Haltestellen

- 1 ZOB
- 2 Kleiner Sandberg
- 3 Lösch- und Ladeplatz
- 4 Heinrich-Osterwold-Halle
- 5 Fährtreppe
- 6 Kirchplatz
- 7 Friedrichsbrücke (Schloss)
- 8 Markt
- 9 Amtsplatz

Accessibility icons: wheelchair, stroller, person, and a red circle with a slash over a bicycle. A speed limit sign for 18 km/h.

- Hersteller: NAVYA (Frankreich) 
- Fahrzeugmodell: Autonom Shuttle 4WD
- Maße (L x B x H): 4,75 m x 2,11 m x 2,65 m
- Sitzplätze: 10 für Fahrgäste
- Rechtliche Vorschrift: Fahrzeugbegleiter*in
- Zugelassene Geschwindigkeit: 18 km/h
- Ausstattung: Sensorkit, Elektroantrieb (Batterie 33 kWh), Rampe, Klimaanlage, ...
- Automatisierungslevel: fahrerlos-konzipiertes Fahrzeugmodell (ADS-DV) → SAE-Level 3:
 - spezieller Anwendungsfall
 - keine dauerhafte Überwachung
 - Fahrereingriff bei Systemgrenzen
- Betriebszeiten:

10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00

Montag	kein Fahrgastbetrieb								
Dienstag bis Freitag	Fahrgastbetrieb								
Samstag	Fahrgastbetrieb								
Sonntag	kein Fahrgastbetrieb								

Das TaBuLa-Shuttle



Foto: Interlink GmbH

Neigungen



Foto: Dorothee Meyer

Fahrbahnbelag



Fotos: Interlink GmbH

Blätterdach



Unterführung





Lichtsignalanlagen



Polleranlagen



Markierungen



Beschilderung



Landmarker

Betriebserlaubnis



Genehmigungsurkunde Versuchsbetrieb "TaBuLa" – Linie 838

Dem/Der/Den

Genehmigungsinhaber, Wohnsitz, Betriebsitz

Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein GmbH
Curslacker Neuer Deich 37
21029 Hamburg

wird aufgrund des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 1990 (BGBl. S. 1690) in der jeweils geltenden Fassung die Genehmigung zur

Erprobung eines neuen Verkehrsmittels nach § 2 Abs. 7 PBefG

von	Stufe 1 Lauenburg, ZOB	Stufe 2 Lauenburg, ZOB	Stufe 3 Lauenburg, ZOB
nach	Lauenburg, ZOB	Lauenburg, ZOB	Lauenburg, ZOB
über	Lauenburg, Markt Lauenburg, Amtsplatz	Lauenburg, Krügerstraße Lauenburg, Amtsplatz	Lauenburg, Kleiner Sandberg Lauenburg, Lösch- und Ladeplatz Lauenburg, Heinrich-Osterwold-Hof Lauenburg, Fahrtreppe Lauenburg, Kirchplatz Lauenburg, Im Graben (Mitte) Lauenburg, Friedrichsbrücke (Sch)

ab dem 11.10.2019

befristet bis zum 30.06.2020

unter den umseitigen Bedingungen und Auflagen erteilt. Die Hinweise sowie die amtlichen Berichtigungen auf der Rückseite sind Bestandteil dieser Urkunde.

Es darf nur folgendes Verkehrsmittel eingesetzt werden:

RZ – RZ-800

Ort, Datum
Ratzeburg, 19.09.2019

Bezeichnung, Unterschrift und Siegel der ausstellenden Behörde
Johann

Der Landrat
Fachbereich Regionalentwicklung, Umwelt und Bauen
Fachdienst Regionalentwicklung und Verkehrsinfrastruktur
Johann
23909 Ratzeburg



Fotos: TUHH

Akzeptanzforschung

Haushaltsbefragung Lauenburg/Elbe, 2019

Ich finde es gut, dass es das Projekt TaBuLa gibt.



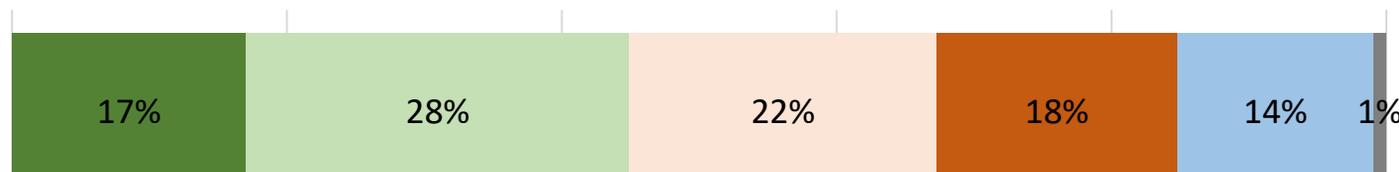
Ich werde den Kleinbus ausprobieren, wenn er in Lauenburg fährt.



Ich bin der Meinung, dass selbstfahrende Busse die Zukunft des Nahverkehrs sind.



Bei dem Gedanken, mit einem Bus ohne Fahrer zu fahren, fühle ich mich wohl.



Akzeptanzforschung

Haushaltsbefragung Lauenburg, 2019

Hoffnungen (N = 434)

Verbesserung des ÖPNV (26 %)

Verbesserung der Mobilität (13 %)

Verbindung der Ober- und
Unterstadt (8 %)

Befürchtungen (N = 464)

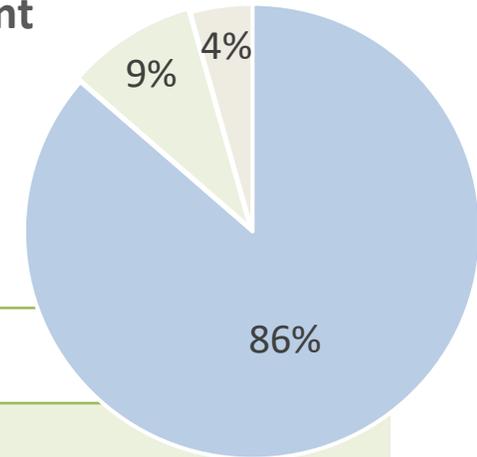
Sicherheitsbedenken (18 %)

Straßenverkehrsbehinderungen (12 %)

Probleme durch die Abwesenheit des
Busfahrers (10 %)

Projekt bekannt

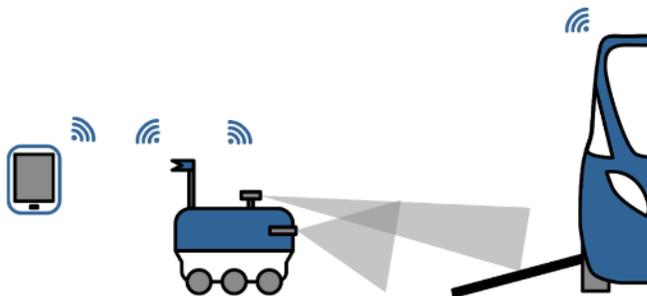
- ja
- nein
- keine Antwort



Quelle: TUHH

Fazit Projekt TaBuLa

- Hoher Erkenntnisgewinn zum autonomen Fahren im ÖPNV
- Gute Lösung für die Feinerschließung, Anbindung an starke Knoten
- Weiterentwicklung der Automatisierungstechnologie und des Rechtsrahmens erforderlich
- Lauenburg: Anschlussprojekt TaBuLa-LOG (kombinierter Personen- und Waren-Transport) bis 12/2021



Fahren wir morgen schon autonom?

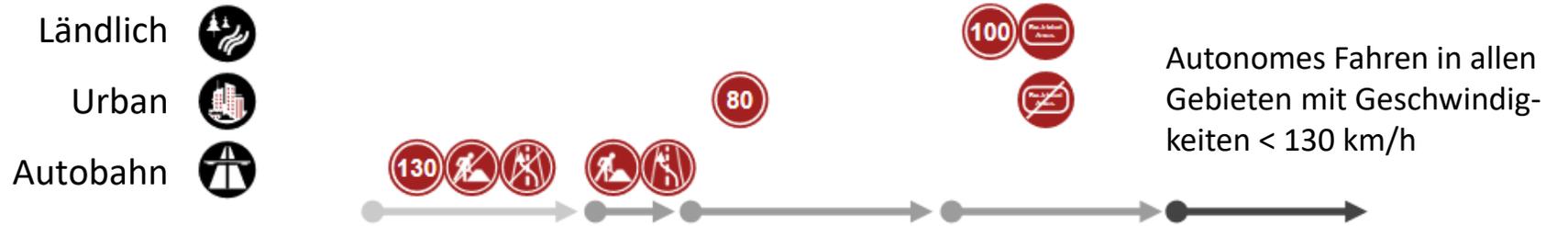
People-Mover 7 - 12 Sitze



Robo-Taxi 2 - 6 Sitze



Privatfahrzeuge 2 - 5 Sitze

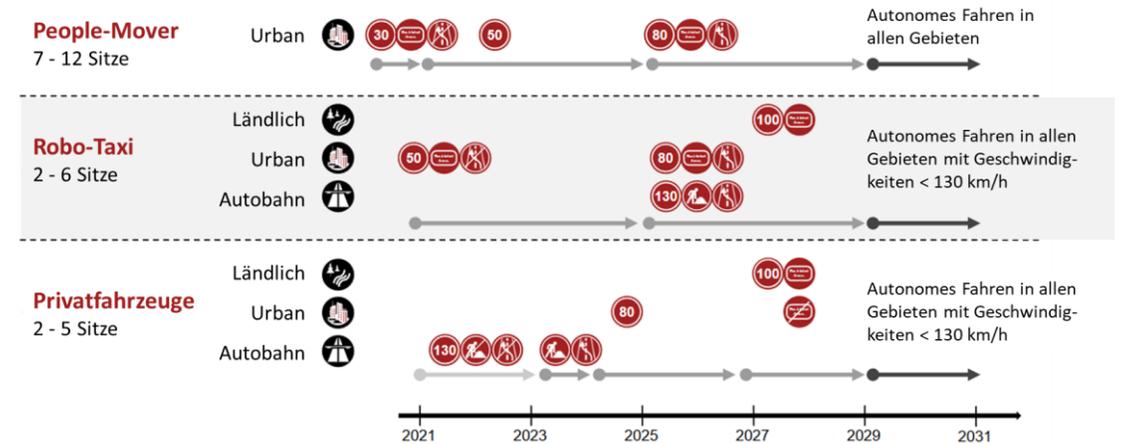


Legende:

-  Level 3  Max. Geschwindigkeit
-  Level 4  Nur bestimmte Gebiete
-  Level 5  Baustellen-fähig
-  Automatisierter Spurwechsel

Fahren wir morgen schon autonom?

- Antwort: nein → Technologie noch in Entwicklung
- höhere Kosten bei Entwicklung und Implementierung von ADAS-Software (*Advanced Driver Assistance Systems*) als ursprünglich angenommen
- Zeitpunkt der Marktreife für höher automatisierte Fahrfunktionen immer wieder verschoben
- Hohe Kosten von Sensoren → noch keine Skaleneffekte aufgrund der geringen Stückzahlen
- Noch offen: Einfahren Gegenfahrbahn, Vernetzung mit anderen Fahrzeugen, lückenlose Ortung, Geschwindigkeiten > 50 km/h, Rechtsrahmen, Bedarfssteuerung, Lademanagement, Wetterereignisse, KI, maximale Fahrgastkapazität, Mensch-Maschine-Interaktion, Leistelleneinbindung, ...



Quelle: [The 2019 Strategy & Digital Auto Report](#) | PwC

- **Flächendeckende Umsetzung des autonomen Fahrens nicht vor 2030 zu erwarten**
- **Level 4 in 2021 für People-Mover < 50 km/h (Studie 2019)**

Fahren wir morgen schon autonom?

ABER: automatisiertes Fahren wird kommen

- Große Fortschritte bei Entwicklern außen kaum sichtbar
- Weitere Hersteller aus Automobilbereich in 2021
- Weitere Testanwendungen zum Ausprobieren, Erfahrungsgewinn und Mitgestalten
- Teil einer Vermarktungs- und Mobilitäts-/Verkehrsstrategie
- Akzeptanzforschung weiterführen und Angebote zum Mitfahren für Bürger*innen
- Vernünftigen Einsatzfall als Test auswählen



Foto: Büro autoBus

Ausblick Neuerungen Straßenverkehrsrecht:

- Level 4 ÖV: Kraftfahrzeug, das die Fahraufgabe fahrerlos in festgelegtem Betriebsbereich erfüllen kann
- Wegfall Fahrzeugführer*in, neu Betriebsführer*in (natürliche Person außerhalb des Fahrzeuges), keine ständige Überwachung sondern mehrere Fahrzeuge zugleich über Leitstelle
- Zentraler, standardisierter Genehmigungsprozess über KBA (Fahrzeug) und Landesbehörde (Strecke)

Kontakt

Interlink GmbH

Liss Böckler
Projektmanagerin AVF

Wallstraße 58
10179 Berlin

Festnetz +49 30 280 351 411
Mobil +49 152 33 699 318
Mail lb@buero-autobus.de

Websites: www.interlink-verkehr.de und
www.buero-autobus.de

Für Ihre Fragen
stehe ich gern zur
Verfügung.

