

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**FONA**  
Sozial-ökologische  
Forschung  
BMBF

## **RAFT-WN**

# **Reallabor für Automatisiertes Fahren am Technologie- und Zukunftspark Hess in Waiblingen**

## **- Schlussbericht -**



Förderkennzeichen: 01UV2019

Waiblingen, Esslingen am Neckar, 30. September 2021

Dieser Bericht ist das Ergebnis des Projektes – Reallabor für Automatisiertes Fahren am Technologie- und Zukunftspark Hess in Waiblingen (RAFT-WN) – welches im Rahmen der MobilitätsWerkStadt 2025 gefördert wurde.

**Projektlaufzeit:** 01.01.2020 bis 31.03.2021

**Projektkoordination:** **Stadt Waiblingen**

Kurze Straße 33  
71332 Waiblingen



**Projektpartner:** **Hochschule Esslingen (HSE)**

Flandernstraße 101  
73732 Esslingen



**Autor(innen):** Tristan Seiwert (Stadt Waiblingen)

Daniela Schneider (HSE)

Inna Morozova (HSE)

Maria-Despina Makri (HSE)

*Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das Projekt RAFT-WN im Rahmen der Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit“ (FONA) [www.fona.de](http://www.fona.de) im Förderschwerpunkt Sozial-ökologische Forschung unter dem Förderkennzeichen 01UV2019. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/beim Autor.*

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis .....	III
Abkürzungs- und Einheitenverzeichnis .....	IV
1 Kurzdarstellung .....	1
1.1 Aufgabenstellung.....	1
1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens sowie Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	2
1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	4
1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	7
2 Eingehende Darstellung .....	9
2.1 Erzielte Ergebnisse .....	9
2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises .....	25
2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	25
2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	26
2.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	27
2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse .....	28
3 Literatur .....	30
4 Anhang.....	32

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Die fünf Stufen des automatisierten Fahrens.....	4
Abb. 2: Autonome Shuttlebus-Projekte in Deutschland.....	7
Abb. 3: Genehmigungsverfahren für die Fahrzeugzulassung .....	10
Abb. 4: Relevanz der Vorteile durch autonomes Fahren im ÖPNV .....	15
Abb. 5: Relevanz der Herausforderungen beim autonomen Fahren im ÖPNV ....	16
Abb. 6: Grundsätzliche Einschätzung zum autonomen Fahren im ÖPNV .....	17
Abb. 7: Relevanz von Faktoren bei der Nutzungen automatisierter Busse .....	18
Abb. 8: Streckenverlauf der autonomen Buslinie, Stand 02/2021 .....	20
Abb. 9: Poster mit Aufruf zur Teilnahme an der Online-Befragung .....	32
Abb. 10: Postkarte mit Aufruf zur Teilnahme an der Online-Befragung .....	33

## **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1 Zeitrahmenplan.....	3
Tab. 2: Beteiligte Fachbereiche im Projekt „Autonomes Fahren“ .....	11
Tab. 3: Antworten auf die Frage nach Assoziationen mit autonomen Bussen ....	15
Tab. 4: Umlaufzeiten des automatisiert fahrenden Busses .....	22

## Abkürzungs- und Einheitenverzeichnis

Abb.	Abbildung
AP	Arbeitspaket
BBW	Berufsbildungswerk
BEV	Battery Electric Vehicle
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Car2X	Car-to-everything
DSGVO	Datenschutzgrundverordnung
FZV	Fahrzeugzulassungsverordnung
Gbit/s	Gigabyte pro Sekunde
HSE	Hochschule Esslingen
KfSachvG	Kraftfahrtsachverständigengesetz
km	Kilometer
km/h	Kilometer die Stunde
KraftStG	Kraftfahrsteuergesetz
kWh	Kilowattstunden
LK	Landkreis
Lkw	Lastkraftwagen
m	Meter
max.	maximum
min	Minuten
min.	minimum
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
PfIVG	Pflichtversicherungsgesetz
Pkw	Personenkraftwagen
Q	Quartal
RP	Regierungspräsidium
Tab.	Tabelle
StVO	Straßenverkehrsordnung
StVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
SUMO	Simulation of Urban Mobility
TaBuLa	Testzentrum für autonome Busse im Kreis Herzogtum Lauenburg
V2X	Vehicle-to-Everything
VAF	Vollautomatisiertes Fahrzeug

# 1 Kurzdarstellung

## 1.1 Aufgabenstellung

Der erhöhte Mobilitätsbedarf in urbanen Räumen erfordert hocheffiziente Personenbeförderungskonzepte, um die derzeitige Überlastung der Verkehrsräume und Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Ein leistungsfähiges, innovatives und kosteneffizientes öffentliches Verkehrssystem hat zur Bewältigung dieser Aufgabe eine tragende Rolle inne. Vor diesem Hintergrund bedarf es Lösungen, welche über den heutigen Stand der Technik und Organisationsformen hinausgehen. Der Betrieb autonom bzw. automatisiert fahrender Fahrzeuge als Bestandteil der ÖPNV-Netze stellt hierzu einen Ansatz dar.

In der Stadt Waiblingen wird ein Reallabor für die Erforschung automatisierter Fahrzeuge und deren Integration in den öffentlichen Personennahverkehr errichtet werden. Als vorbereitender Schritt zur Installation der Infrastruktur und Inbetriebnahme der Fahrzeuge wurden in diesem Projekt folgende Forschungsfragen behandelt:

- Welche behördlichen Fragestellungen sind bei der Errichtung einer automatisierten Buslinie zu berücksichtigen (einzubeziehende Abteilungen der Verwaltungen, Genehmigungsprozesse)?
- Welche Möglichkeiten zur Bürgerbeteiligung sind unter eingeschränkten Kontaktbedingungen geeignet?
- Welche Erwartungen, Hemmnisse oder Anregungen der Waiblinger Bürgerinnen und Bürger sind in die Planung aufzunehmen?
- Welche technologischen Details müssen zum Aufbau und der Inbetriebnahme eines automatisiert fahrenden Fahrzeuges beachtet werden?
- Welche Strukturen, Prozesse und Technologien sind für die Daten-Plattform der automatisierten Buslinie relevant?

Als übergeordnetes Ziel wird eine Plattform in Form eines Reallabors angestrebt, auf der gesellschaftliche, wissenschaftliche, kommunale und wirtschaftliche Bedarfe, Anforderungen und Potenziale des automatisierten Fahrens gemäß den Bedürfnissen der heutigen sowie der künftigen Generationen praxisnah erforscht werden.

Am Ende des Projektes RAFT-WN sollte sich die Stadt in einem aktiven Dialogprozess mit den Bürgerinnen und Bürgern befinden. Angestrebt waren Inputs in Form von Erwartungen, Anregungen und Fragestellungen, die in das weitere Forschungsvorhaben zum automatisierten Linienbetrieb integriert werden. Darüber hinaus sollen die groben organisatorischen und technischen Reallaborstrukturen feststehen, sodass mit der Konkretisierung für die Umsetzungsphase begonnen werden kann.

## **1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens sowie Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Der Schwerpunkt im Projekt RAFT-WN liegt bei der Festlegung der Reallaborstrukturen, dem Aufbau von Organisations- und Verwaltungsstrukturen, dem Aufbau zugehöriger Öffentlichkeitsarbeit für das Thema „automatisiertes Fahren“ sowie der Einbeziehung der Bürgerinnen und Bürger.

Angesichts der pandemiebedingten Kontaktbeschränkungen, die seit Frühjahr 2020 gelten, wurden alternative Beteiligungsformate erarbeitet. Die vorgesehenen Veranstaltungen vor Ort konnten aufgrund der geltenden Kontaktbeschränkungen nicht durchgeführt werden. Kern der Beteiligung war ein Informations- und Beteiligungsportal auf der Website der Stadt mit Hintergrundinformationen, einer Online-Befragung und Videobeiträgen. Damit sollten die Reaktion bzw. die Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber neuen Mobilitätslösungen, sowie erforderliche Anforderungen hinsichtlich Aufstellung, Betrieb und Erforschung erfasst und analysiert werden.

Die Hochschule Esslingen hat als Forschungspartnerin im Unterauftrag die technische Machbarkeit untersucht. Dazu gehören:

- die Vorbereitung zu technischen Details sowie diesbezüglichen Entscheidungen
- die Untersuchung der Kosten des automatisierten Fahrzeuges und der Infrastruktur, und
- die Festlegung von Strukturen, Prozessen und Technologien für die Datenplattform.

Der letzte der drei Punkte wurde in das Folgeprojekt Ameise verlagert, in welchem er von zwei Partnern aus der Privatwirtschaft untersucht wird. Im vom Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg geförderten Projekt Ameise werden die Hoch-



schule Esslingen und die Stadt Waiblingen mit verschiedenen Partnern aus Industrie und Forschung an vertiefenden Fragestellungen bezüglich Implementierung, Betrieb und Weiterentwicklung einer autonomen Buslinie arbeiten.

Die geplante Projektlaufzeit beträgt 12 Monate mit Beginn ab Januar 2020 (Tab. 1). Aufgrund der Covid-19-Pandemie hatten alle Kommunen in der Fördermaßnahme MobilitätsWerkStadt 2025 die Möglichkeit, ihre Projekte um drei Monate zu verlängern, sodass die Laufzeit im Ergebnis 15 Monate beträgt.

#	AP-Titel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Projektkoordination und Berichtserstattung															
2	Entwicklung und Festlegung der Reallabor Strukturen															
3	Bürger- und Stakeholderbeteiligungsprozesse															
4	Entwicklung und Festlegung des Technologieökosystems einschl. Infrastruktur für den autonom fahrenden Technologieträger															
5	Festlegung der Struktur, Prozesse und Technologien zur Daten-Plattform bzw. Bereitstellung															
6	Öffentlichkeitsarbeit															

**Tab. 1 Zeitrahmenplan**

Quelle: Eigene Darstellung

Arbeitspaket (AP) 1 befasst sich mit der Schaffung der notwendigen operativen Projektkoordination und dem Projektmanagement. Die wesentlichen Aufgaben sind die Detailplanung, die Koordination, die Überwachung, die Steuerung und das Berichtswesen des geplanten Projektablaufs.

Die Ziele des AP 2 sind die Entwicklung einer Organisationsstruktur, die als nachhaltige Plattform für Mobilitätsinnovationen dienen soll, und der Erfahrungsaustausch mit den anderen Reallaboren und Experten.

AP 3 ist die Dialogphase, die nach entsprechender Vorlaufzeit während des gesamten Projektes aktiv ist

Im AP 4 werden die technologischen Details zum Aufbau und zur Inbetriebnahme eines emissionsfreien und automatisiert fahrenden Fahrzeuges geprüft. Dabei werden die Integrationsfähigkeit des Konzeptes in das öffentliche Verkehrssystem sowie die Kosten geprüft und bewertet.

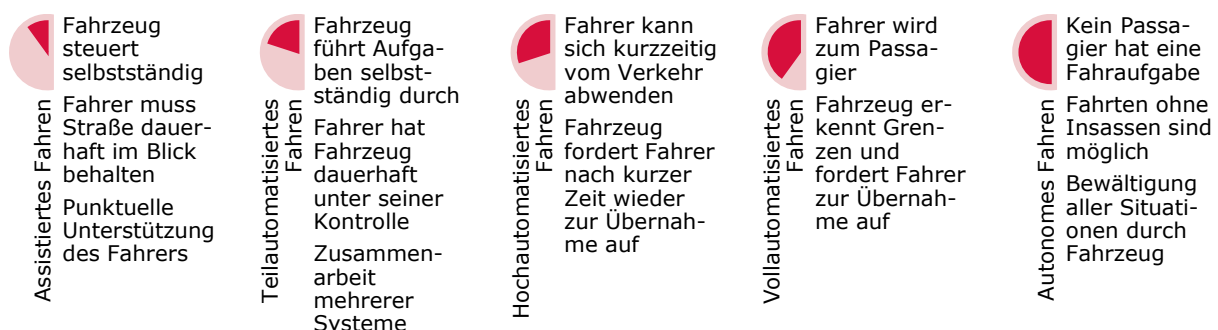
AP 5 wird, wie eingangs bereits angedeutet, in das Projekt Ameise verlagert. In diesem AP sollte eine Plattform für die Speicherung und gemeinsame Nutzung von Daten eingerichtet werden, die durch den Betrieb der geplanten Buslinie entstehen.

AP 6 befasst sich mit der Vorbereitung der Veröffentlichungen in der Presse sowie der Präsentation der Ergebnisse.

### 1.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Beim automatisierten Fahren werden fünf Level unterschieden. Hinzu kommt noch ein weiteres Level, welches das Fahren ohne Unterstützung abbildet (Driver Only). Dabei übernimmt das Fahrzeug mit zunehmenden Level mehr Aufgaben vom Fahrer. Im Gewerbegebiet Ameisenbühl ist angedacht, mit einem Fahrzeug auf Level 0 zu starten und dieses mit einem Fahrzeug auf Level 4 zu ergänzen.

In Abb. 1 sind die fünf Automatisierungsgrade dargestellt. Level 0 wird darin nicht aufgezeigt, da das Fahrzeug in diesem noch keine Aufgabe übernimmt und der Fahrer dauerhaft für die Längs- und Querführung seines Fahrzeugs verantwortlich ist. Das Fahrzeug gibt nur Warnungen aus, z. B. durch ein akustisches, optisches oder haptisches Signal.



**Abb. 1 Die fünf Stufen des automatisierten Fahrens**

Quelle: [1]

Die Welt des autonomen/automatisierten Fahrens ist von verschiedenen Faktoren geprägt. Diese stellen den Ausgangspunkt der Forschungsfragen des Projektes RAFT-WN in deren Kernessenz dar. Dazu gehören:

- derweil noch nicht standardisierte rechtliche Regelungen rund um das autonome/automatisierte Fahren,
- unterschiedliche Technologie-Wahrnehmung und das Vertrauen in diese durch Bürgerinnen und Bürger weltweit sowie
- noch ungelöste Probleme in Bezug auf technische Fragestellungen, wie der Notwendigkeit der infrastrukturellen Aufrüstung zur Gewährleistung eines sicheren Fahrbetriebes im kooperativen Mischverkehr und der dazu benötigten Datenübertragungsplattform.

Dabei gilt das autonome Fahren, neben weiteren Mobilitätskonzepten wie Park and Ride [2] oder auch Car Sharing [3] als eine Mobilitätslösung der Zukunft und birgt das Potential autonomer, individueller Mobilität on Demand. So wird autonomes Fahren mit diversen Vorteilen, wie der Verringerung des (urbanen) Parkbedarfs und damit der (urbanen) Parkflächen, der Reduzierung des zunehmenden Verkehrs- und Stauaufkommens in urbanen Räumen, der Einbindung emissionsfreier Antriebskonzepte in den Straßenverkehr und damit einhergehend der Reduzierung der Umweltbelastung sowie die Reduzierung von Verkehrsunfällen und einer höheren Wirtschaftlichkeit für Mobilitätsdienstleister, in Verbindung gebracht.

Diese Effekte treten dabei insbesondere dann auf, wenn autonome Fahrkonzepte als Alternative zum privaten Personenkraftwagen (Pkw) in den öffentlichen Personennahverkehr eingegliedert werden und durch flexible Mobilitätsangebote die Notwendigkeit des Privatfahrzeugs verringern, welches sich durchschnittlich 95 % der Zeit in einem parkenden Zustand befindet [4]. Die öffentliche Mobilität kann auf diesem Weg unter sinnvoller Ergänzung des ÖPNV-Angebotes bedarfsorientierter und nutzerfreundlicher gestaltet werden. Zudem besteht damit die Möglichkeit, weitläufige Gebiete (unabhängig von ihrem Baugebietsstatus) verkehrlich anzubinden.

Derweil lassen sich bundesweit über 40 Projekte verzeichnen, welche die Eingliederung und den Einsatz von autonomen Shuttlebussen im kooperativen Mischverkehr untersuchen. Aufgrund der aktuellen Gesetzgebung jedoch lediglich unter der Voraussetzung, dass ein Fahrzeugführer jederzeit eingreifen und die automatisierte/autonome Fahrfunktion abschalten kann. [5]

Im Rahmen des Projekts RAFT-WN soll die Einrichtung und die Eingliederung einer automatisierten Buslinie im kooperativen Waiblinger Mischverkehr untersucht werden. Die derzeitige Einschätzung geht davon aus, dass das autonome/automatisierte Fahren in einem hoch dynamischen Umfeld, wie es bei einem urbanen Mischverkehr der Fall ist, nur mit Hilfe der Infrastruktur umsetzbar ist. [6]

Die aktuelle Aufgabe, der auf den menschlichen Fahrer ausgelegten urbanen Infrastruktur, ist die Verkehrsregeldarstellung sowie die Bereitstellung von Fahrtinformation. [7] Dabei zielen die Bemühungen der Automobilindustrie derzeit darauf ab, das Fahrzeug an die menschliche Wahrnehmung anzupassen. Dabei kann es von Vorteil sein, die bestehenden Mechanismen zu überdenken und maschinenoptimierte Beschilderung (ergänzend) anzubringen, sodass von den neuen Möglichkeiten, welche sich im Zuge der Digitalisierung eröffnen, profitiert werden kann. Diese Möglichkeiten umfassen zum Beispiel eine smarte Infrastruktur oder eine Vehicle-to-X (V2X) Kommunikation, anhand welcher die Umgebung einbezogen, die Umweltwahrnehmung erweitert und die Sicherheit somit erhöht bzw. die menschliche Wahrnehmung möglicherweise sogar übertroffen werden kann. Das Projekt Ko-Per (Cooperative Perception) [8] hat dabei feststellen können, dass sowohl die Verlässlichkeit von Fahrerassistenzfunktionen als auch die Sicherheit im Verkehr, durch die Integration der Infrastruktur, deutlich erhöht werden kann. Daraus kann allgemein formuliert werden, dass sich die Infrastruktur technologisch auf einem älteren Stand als die Automobilindustrie bewegt und so ein großes Potential bietet, da das automatisierte/autonome Fahren eine weiterentwickelte Infrastruktur benötigt. [9]

### **Bisherige autonome Buskonzepte in Deutschland**

In einigen deutschen Städten und Landkreisen werden bereits seit Jahren Pilotprojekte zum autonomen und automatisierten Fahren im öffentlichen Verkehr durchgeführt (vgl. Abb. 2). Einige der Projekte sind inzwischen abgeschlossen, da es sich nur um kurze Pilotprojekte handelte, andere befinden sich immer noch in Betrieb. Die kleinen Busse fahren dabei auf Level 4, also vollautomatisiert. Ein Operator gewährleistet den reibungslosen Ablauf und greift in spezifischen Situationen ein.

Im Linienverkehr verkehren die automatisierten Busse in Bad Birnbach (Bayern) und Monheim (Nordrhein-Westfalen). Damit der Betrieb in beiden Städten ablaufen kann, gibt es eine Ausnahmegenehmigung, welche die rechtliche Grundlage für den Einsatz der Busse schafft. Weitere Projekte in Deutschland befassen sich mit

dem Betrieb in verschiedenen Zonen (z. B. am Flughafen oder in Industriegebieten). Wichtig ist dabei auch die Reaktion der Fahrgäste auf das neue Angebot. [1]



**Abb. 2: Autonome Shuttlebus-Projekte in Deutschland**

Quelle: [10]

## 1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Projekt RAFT-WN sollten Strukturen aufgebaut werden, um langfristig eine Innovationsplattform in Form eines Reallabors für die Erforschung einer automatisierten Buslinie zu errichten. Hierzu haben die Hochschule Esslingen und die Stadt Waiblingen mit einer Vielzahl von Akteuren zusammengearbeitet.

Die Buslinie soll einen Anschluss des Berufsbildungswerks Waiblingen an den Waiblinger Bahnhof herstellen. Neben Abstimmungen zu den Bedienzeiten am Berufsbildungswerk und dem benachbarten Schulzentrum erfolgte auch eine gemeinsame Identifizierung und Gestattung einer Position für die Errichtung einer Bushaltestelle auf dem Gelände der Einrichtung.

Im späteren Verlauf des Vorhabens soll im Rahmen der Nutzerakzeptanzanalyse die Nutzung durch Personengruppen mit besonderen Bedürfnissen und kognitiven Einschränkungen besonders berücksichtigt werden. Auch in diesem Zusammenhang erfolgte die Zusammenarbeit mit dem Berufsbildungswerk, in welchem junge Menschen mit besonderem Förderbedarf in über 30 Berufen ausgebildet werden.

Gemeinsam mit dem Landratsamt des Rems-Murr-Kreises und der Busbetriebsfirma Omnibusverkehr Ruoff GmbH/Transdev Gruppe wurden die Möglichkeiten zur

späteren Akteurskonstellation im Linienbetrieb erörtert. Für Fragen zur Zulassung und Liniengenehmigung wurde das Regierungspräsidium Stuttgart hinzugezogen.

Für spätere Maßnahmen zur Verkehrsraumumgestaltung fanden Abstimmungen mit der Volkmann Straßen- und Verkehrstechnik GmbH statt.

Die Vorplanungen für den Aufbau eines mobilen Datenkommunikationsnetzes zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur entstanden in Zusammenarbeit mit der Globalmatix AG und der Softing Engineering & Solutions GmbH.

Ein Teil des zukünftigen Reallabors befindet sich nicht auf städtischen Liegenschaften, sondern im Privatbesitz. Die Planung der Linienführung sowie damit verbundene Maßnahmen zur Verkehrsraumumgestaltung erforderten während des gesamten Projektablaufs eine enge Abstimmung mit dem Grundstückseigentümer.

Auch innerhalb der Stadtverwaltung wurden verschiedene Fachabteilungen einbezogen, die langfristig je nach Fragestellung weiterhin beteiligt sein werden. Die einzelnen Aufgaben werden in Kapitel 2.1 dargestellt. Beispielhaft seien die Abteilungen Verkehrsmanagement und nachhaltige Mobilität, Straßen und Brücken, Ordnungswesen, Umwelt, Öffentlichkeitsarbeit sowie die städtischen Gesellschaften Stadtwerke, Parkierungsgesellschaft und Wirtschafts-, Marketing und Tourismus GmbH genannt.

## 2 Eingehende Darstellung

### 2.1 Erzielte Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Arbeiten in Bezug auf die zu Beginn des Projektes gestellten Forschungsfragen dargestellt.

**Frage 1:** *Welche behördlichen Fragestellungen sind bei der Errichtung einer automatisierten Buslinie zu berücksichtigen?*

Unter den behördlichen Fragestellungen wurden zwei Ansätze untersucht: Das Hinzuziehen von externen Behörden hinsichtlich genehmigungsrechtlicher Fragestellungen sowie die verwaltungsinterne Verankerung der Mobilitätsform des autonomen Fahrens unter Einbezug relevanter Fachabteilungen.

Das Genehmigungsverfahren für den Betrieb einer automatisierten Buslinie setzt sich im behandelten Fall nach aktuellem Stand aus zwei Bausteinen zusammen:

- Betriebserlaubnis bzw. Straßenverkehrszulassung der Fahrzeuge gemäß Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)
- Liniengenehmigung gemäß Personenbeförderungsgesetz (PBefG)

Gegenstand ist eine Buslinie, die von einem Fahrzeug der Automatisierungsstufe 0 und einem Fahrzeug der Stufe 4 betrieben wird.

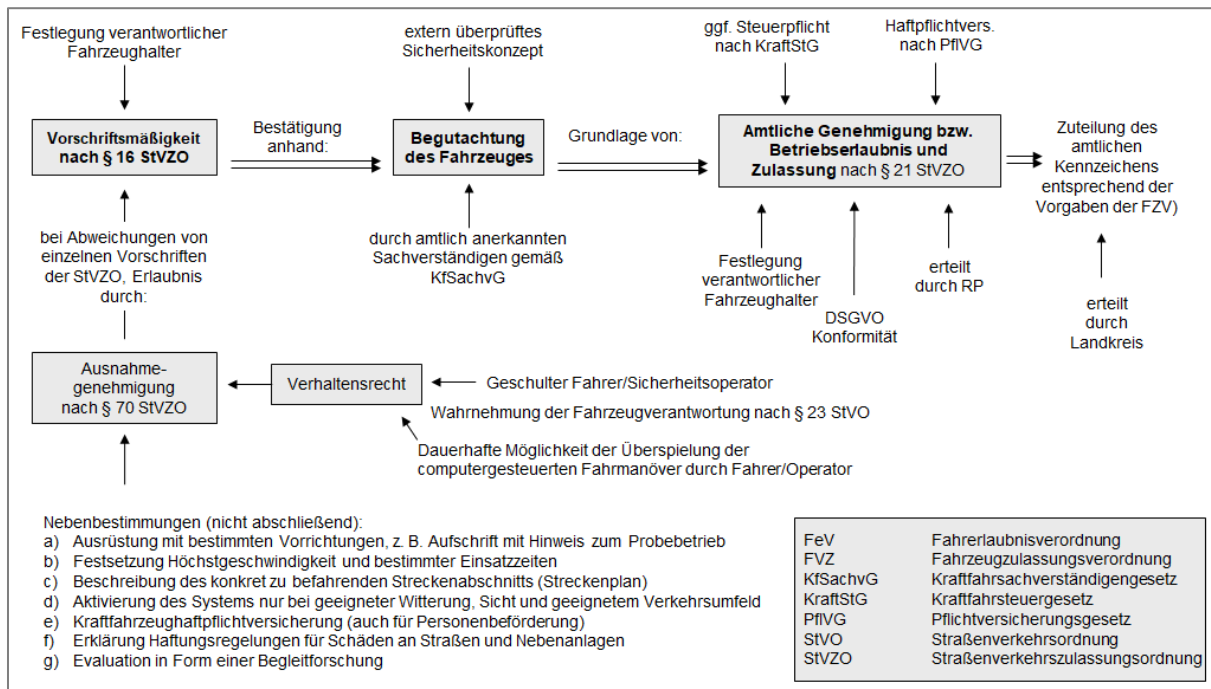
Abb. 3 stellt das Gefüge aus verschiedenen Bedingungen, Arbeitsschritten und jeweiligen Ansprechpartnern für die Zulassung der Shuttlebusse dar. Es basiert auf Hinweisen des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg sowie Abstimmungen mit dem Regierungspräsidium Stuttgart.

Zusammenfassend beinhaltet die Fahrzeugzulassung folgende wesentlichen Arbeitsschritte: Die Grundsätzliche Voraussetzung für die Zulassung eines Fahrzeuges ist die Vorschriftsmäßigkeit nach § 16 Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO). Diese wird wiederum durch einen amtlich anerkannten Sachverständigen gemäß Kraftfahrersachverständigengesetz (KfSachvG) bestätigt. Bestandteil hierfür ist unter anderem ein Sicherheitskonzept, welches auf Basis einer Risikoanalyse des Verkehrsumfeldes seitens des Fahrzeugherstellers erstellt wird.

Bei Abweichungen von einzelnen Vorschriften (i. d. R. zutreffend bei automatisierten Fahrzeugen) ist die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung nach § 70 StVZO möglich. Die Ausnahmegenehmigung ist an mehrere Nebenbestimmungen gebunden wie etwa die ausschließliche Aktivierung des Systems bei geeigneter Witterung oder die Aufrüstung mit bestimmten Vorrichtungen, die auf einen Probebetrieb

hinweisen. Nach Auskunft des Regierungspräsidiums Stuttgart (RPS) werden einige Nebenbestimmungen standardmäßig vom zuständigen RP, andere wiederum durch den prüfenden Sachverständigen vorgegeben.

Auf Basis des Gutachtens sowie bei Erfüllung weiterer Einzelvoraussetzungen, die im Detail in Abb. 3 aufgeführt sind, erteilt das zuständige RP eine Betriebserlaubnis bzw. Zulassung nach § 21 StVZO. Die Zuteilung eines amtlichen Kennzeichens erfolgt abschließend durch den zuständigen Landkreis.



**Abb. 3: Genehmigungsverfahren für die Fahrzeugzulassung**

Quelle: Eigene Darstellung nach [11]

Das Genehmigungsverfahren des Linienverkehrs beinhaltet in der Regel dieselben Prozesse eines konventionellen Linienverkehrs.

Da die Buslinie aufgrund ihres Forschungs- und Experimentiercharakters nicht alle Kriterien einer Linienkonzession erfüllen kann und zugleich bei einem öffentlichen Dienstleistungsauftrag an gewisse Verpflichtungen gebunden ist, sollen im Folgeprojekt verschiedene Möglichkeiten zusammen mit dem künftigen Linienbetreiber im Detail geprüft werden.

Im Raum steht beispielsweise die Möglichkeit einer einstweiligen Erlaubnis statt einer klassischen Linienkonzession, die üblicherweise für ein Jahr gültig ist und verhältnismäßig flexibel mit der Laufzeit zukünftiger Forschungsprojekte abgestimmt werden kann. Ein anderer kritischer Punkt ist die Betriebs- und Beförderungspflicht, die bei den im Mischverkehr noch zu erprobenden Fahrzeugsystemen höchstwahrscheinlich nicht gewährleistet werden kann.



Innerhalb der Stadtverwaltung Waiblingen wurden folgende Abteilungen identifiziert, die zu jeweiligen fachbezogenen Fragestellungen beteiligt wurden oder im weiteren Verlauf des Vorhabens einbezogen werden:

<b>Fachbereich Stadtplanung, Abt. Verkehrsmanagement u. nachhaltige Mobilität</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektkoordination</li> <li>- Abstimmung mit dem Forschungspartner</li> <li>- Schnittstelle zum Projektträger, externen Projektpartnern, lokalen Akteuren, Bürgerinnen und Bürgern</li> <li>- Aufbereitung Inhalte für Öffentlichkeitsarbeit</li> <li>- Durchführung des Bürgerdialogs</li> </ul>
<b>FB Städtische Infrastruktur, Abt. Straßen und Brücken</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begleitung Bau der Infrastruktur (Bushaltestellen)</li> <li>- Begleitung Verkehrsraumumgestaltung</li> </ul>
<b>FB Bürgerdienste, Abt. Ordnungswesen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordnungsrechtliche Prüfung bzw. Anordnung der Verkehrsraumumgestaltung</li> </ul>
<b>FB Bauen und Umwelt, Abt. Umwelt</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunikation zum Thema Mobilfunk und Austausch mit lokalen Stakeholdern</li> </ul>
<b>FB Büro Oberbürgermeister</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abstimmung und Teilnahme an der Projektkommunikation (z. B. Videodreh, Öffentliche Aufrufe zur Teilnahme an der Online-Befragung)</li> </ul>
<b>FB Büro Oberbürgermeister, Abt. Öffentlichkeitsarbeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schnittstelle zu Presse, Amtsblatt "Staufer-Kurier", Unterstützung bei Aufbau Projekt-Homepage</li> </ul>
<b>FB Büro Oberbürgermeister, Digitalisierungsbeauftragter</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterstützung bei technischer Umsetzung digitaler Bürgerbeteiligungsformate wie Online-Befragung und Projekt-Homepage</li> </ul>
<b>Geschäftsstelle Parkierungsgesellschaft</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prüfung möglicher Umwidmung von Parkplätzen auf der Teststrecke</li> </ul>
<b>Stadtwerke Waiblingen, Abt. Management Netze</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versorgung der Infrastruktur mit Strom</li> <li>- Versorgung der Infrastruktur mit Internetverbindung</li> </ul>
<b>Wirtschaft, Tourismus- und Marketing GmbH</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterstützung bei Einbeziehung lokaler Akteure und Projektkommunikation</li> </ul>

**Tab. 2: Beteiligte Fachbereiche im Projekt „Autonomes Fahren“**  
Quelle: Eigene Darstellung

**Frage 2:** *Welche Möglichkeiten zur Bürgerbeteiligung sind unter eingeschränkten Kontaktbedingungen geeignet?*

Ursprünglich war eine öffentliche Auftaktveranstaltung vorgesehen. Geplant waren zwei Impulsvorträge zum autonomen Fahren und dem bevorstehenden Projekt in Waiblingen sowie eine Fragerunde, bei der interessierte Bürgerinnen und Bürger mit den eingeladenen Experten und der hättten Stadt in Dialog treten können.

Die Covid-19-Pandemie und die damit verbundenen Kontaktbeschränkungen stellten das Projektteam vor die Herausforderung, die Bürgerschaft über alternative Wege über das Projekt zu informieren und die Möglichkeit zum Austausch zu gewährleisten.

Als Kernplattform des angepassten Bürgerdialoges wurde auf der Homepage der Stadt eine eigene Rubrik zum automatisierten Fahren [12] eingerichtet. Auf der Website haben Interessierte die Möglichkeit, sich allgemein über autonomes und automatisiertes Fahren sowie über das Projekt in Waiblingen zu informieren. Die Rubrik besteht aus sechs Elementen: Autonomes Fahren allgemein, Reallabor in Waiblingen, Online-Befragung, Presseartikel, Weiterführende Informationen sowie Ansprechpartner.

Ein Problem der Online-Beteiligung gegenüber einer Informationsveranstaltung im Bürgerzentrum ist, dass der Dialog nicht durch eine Moderation gesteuert werden kann. Daher sollte vermieden werden, die Eingaben aus der Bürgerschaft in Echtzeit zu veröffentlichen. Statt eines offenen und womöglich nicht steuerbaren Onlineforums, wurde eine Befragung durchgeführt, bei der die Teilnehmenden auf Fragen antworten und eigene Fragen stellen sowie Anregungen einbringen konnten. Das Format bot die Möglichkeit, Fragestellungen im Vorfeld zu strukturieren. Antworten konnten ebenso strukturiert gesammelt und im Anschluss zusammengefasst veröffentlicht und beantwortet werden.

Mit der Identifikation von Sorgen oder Skepsis war es möglich, Ansatzpunkte zu bestimmen, die bei Fortführung des Vorhabens durch gezielte Thematisierung abgebaut oder als zu beachtende Aspekte in die spätere Umsetzung eingebunden werden können.

Die Homepage und die Befragung wurden über verschiedene Kanäle beworben. Neben mehreren Pressemeldungen im Waiblinger Amtsblatt, einem Zeitungsartikel des regionalen Zeitungsverlages und Hinweisen in den sozialen Netzwerken wurden auch Poster und Postkarten entworfen, die in öffentlichen Einrichtungen und

Bussen aufgehängt bzw. ausgelegt wurden. Auch die im näheren Umfeld der Teststrecke ansässige Bevölkerung wurde über die Verteilung von Postkarten unmittelbar kontaktiert (vgl. Anhang Abb. 9 und Abb. 10).

Ein weiteres Kernelement der Öffentlichkeitsarbeit für das Projekt und die Befragung war die Produktion einer Videoreihe. Diese sollte ergänzend zur umfangreichen Zusammenstellung aus Texten und Abbildungen auf der Homepage einen Einstieg in die Thematik zum autonomen Fahren geben, relevante Fragestellungen ansprechen und darüber hinaus Interesse daran wecken, an der Umfrage teilzunehmen und sich weiter auf der Homepage mit dem Projekt auseinanderzusetzen.

Direkt auf der Startseite der neu angelegten Rubrik zum autonomen Fahren wurden fünf Videos mit Kurzvorträgen platziert. Die Kurzvorträge behandeln die technologischen Hintergründe und Möglichkeiten (Prof. Dr. Ralf Wörner, Hochschule Esslingen), die Chancen und Herausforderungen des autonomen Fahrens für die Mobilität der Zukunft (Dr. Matthias Schmaus, Universität Stuttgart) sowie die Bedeutung autonomen Fahrens für Verkehrsunternehmen (Dr. Till Ackermann, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen). Ein weiteres Video der Hochschule Esslingen gibt Einblicke in die Simulationen und stellt die geplante Teststrecke im zukünftigen Reallabor vor.

Zum Ende des Befragungszeitraums, in dem die Videos aktiv beworben wurden, verzeichnete die Videoreihe insgesamt 352 Aufrufe. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Schlussberichts werden insgesamt 875 Aufrufe gezählt.

Ein weiteres angedachtes Format für den Dialog mit der Bürgerschaft war eine gemeinsame Begehung der zukünftigen Teststrecke, um an beispielhaften Stellen die Funktionsweise der zukünftigen Infrastruktur zu veranschaulichen. Aufgrund der anhaltenden Kontaktbeschränkungen wurde dieser Ansatz jedoch vorerst zurückgestellt.

In Abhängigkeit vom weiteren Verlauf der Pandemie wurde während des Projektes die Option offengehalten, eine Abschlussveranstaltung durchzuführen, bei der in Anwesenheit von Bürgerinnen und Bürgern die Befragungsergebnisse vorgestellt und diskutiert werden. Stattdessen ist nun geplant, ein weiteres Video zu produzieren, da sich dieses Format angesichts der Kontaktbeschränkungen bewährt hat.

Im bevorstehenden Video sollen die graphisch aufbereiteten Befragungsergebnisse auszugsweise vorgestellt werden. Außerdem werden Oberbürgermeister Andreas Hesky und Prof. Dr. Ralf Wörner von der Hochschule Esslingen die interessantesten Fragen beantworten, die die Teilnehmenden gestellt haben sowie auf Anregungen aus den Befragungsergebnissen eingehen.

**Frage 3:** *Welche Erwartungen, Hemmnisse oder Anregungen der Waiblinger Bürgerinnen und Bürger sind in das Forschungsvorhaben aufzunehmen?*

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage war ein Kontakt mit der Bevölkerung notwendig. Der Dialog fand im Rahmen einer Online-Befragung statt, bei der gezielt Fragen zur Einstellung zum automatisierten Fahren und dem Projekt in Waiblingen sowie mögliche Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten durch autonomes Fahren gestellt wurden. Außerdem hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, Fragen an das Projektteam oder eigene Anregungen zu formulieren.

Die Befragung wurde im Zeitraum von 15. Oktober bis 15. November 2020 durchgeführt. Insgesamt haben rund 150 Personen daran teilgenommen.

Die wesentlichen Aussagen aus der Befragung werden im Folgenden beschrieben, die vollständigen Ergebnisse werden zusammen mit dem dazugehörigen Video auf der Homepage der Stadt Waiblingen einsehbar sein, sobald die Produktion abgeschlossen ist.

Unter den Teilnehmenden handelt es sich bei ca. 20% um Bewohnerinnen und Bewohner aus dem näheren Umfeld des geplanten Reallabors, bei ca. 55% um sonstige Bürgerinnen und Bürger Waiblingens und bei ca. 25% um Personen mit Wohnort außerhalb der Stadt Waiblingen.

Zur besseren Einordnung von Antworten wurde mit Bezug auf zwei Fotos von autonomen Shuttlebussen die Frage gestellt, ob die Befragten solche Fahrzeuge schon einmal gesehen haben. Etwa zwei Drittel kannte autonome Kleinbusse aus Medien (Zeitung, Fernsehen, Internet etc.). 15% hatten solche Busse bereits auf der Straße oder einem Testgelände gesehen, ca. 10% waren bereits damit gefahren. Bisher nicht bekannt waren die Fahrzeuge etwa 21% der Befragten.

Tab. 3 zeigt die Antworten auf die Frage, welche Assoziationen mit autonomen Bussen am ehesten verbunden werden. Am häufigsten wurden die Ausdrücke „Technologischer Fortschritt“ und „Mobilität der Zukunft“ ausgewählt. Die beiden Ausdrücke „Skepsis“ und „Angst“ wurden von je 16% und 5% angegeben, was insgesamt 26 verschiedenen Personen entspricht.

Neun der 22 Personen, die „Skepsis“ ausgewählt haben, hatten zuvor angegeben, autonome Busse weder aus dem Betrieb noch aus den Medien zu kennen. Gleichzeitig hat keine der Personen, die bereits autonome Busse auf einer Strecke gesehen haben oder damit gefahren sind, bei dieser Frage „Skepsis“ oder „Angst“ ausgewählt. Die Ableitung inhaltlicher Kausalzusammenhänge ist aufgrund der gerin-

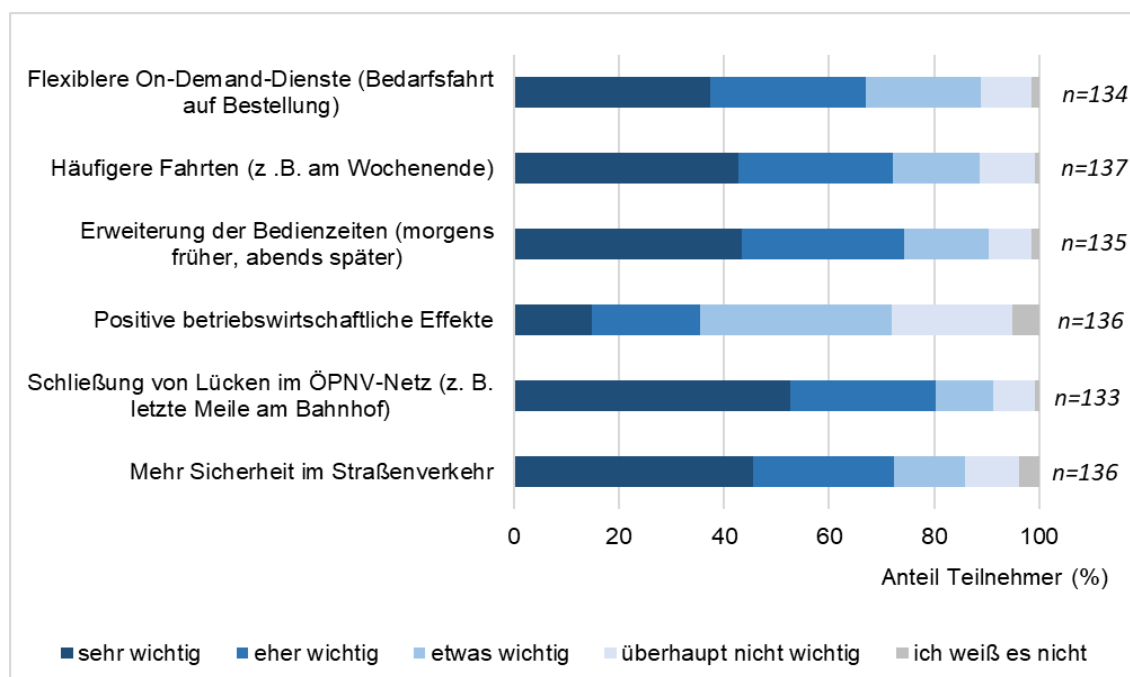
gen Fallzahl nur bedingt möglich. Allerdings lässt sich hier ein Hinweis darauf interpretieren, dass bestehende Skepsis gegenüber autonomen Buskonzepten abgebaut werden kann, sobald die Fahrzeuge in Aktion erlebt werden.

Assoziationen mit autonomen Bussen	Anzahl	Anteil [%]
Technologischer Fortschritt	93	68,4
Mobilität der Zukunft	91	66,9
Neugierde	78	57,4
Sicherheit	31	22,8
Skepsis	22	16,2
Angst	7	5,1
Fahrspaß	6	4,4
Sonstiges	8	5,9
<b>Antworten gesamt (Mehrfachnennungen möglich)</b>	<b>336</b>	<b>247,1</b>
<b>Personen gesamt</b>	<b>136</b>	<b>100,0</b>

**Tab. 3: Antworten auf die Frage nach Assoziationen mit autonomen Bussen**

Quelle: Eigene Darstellung

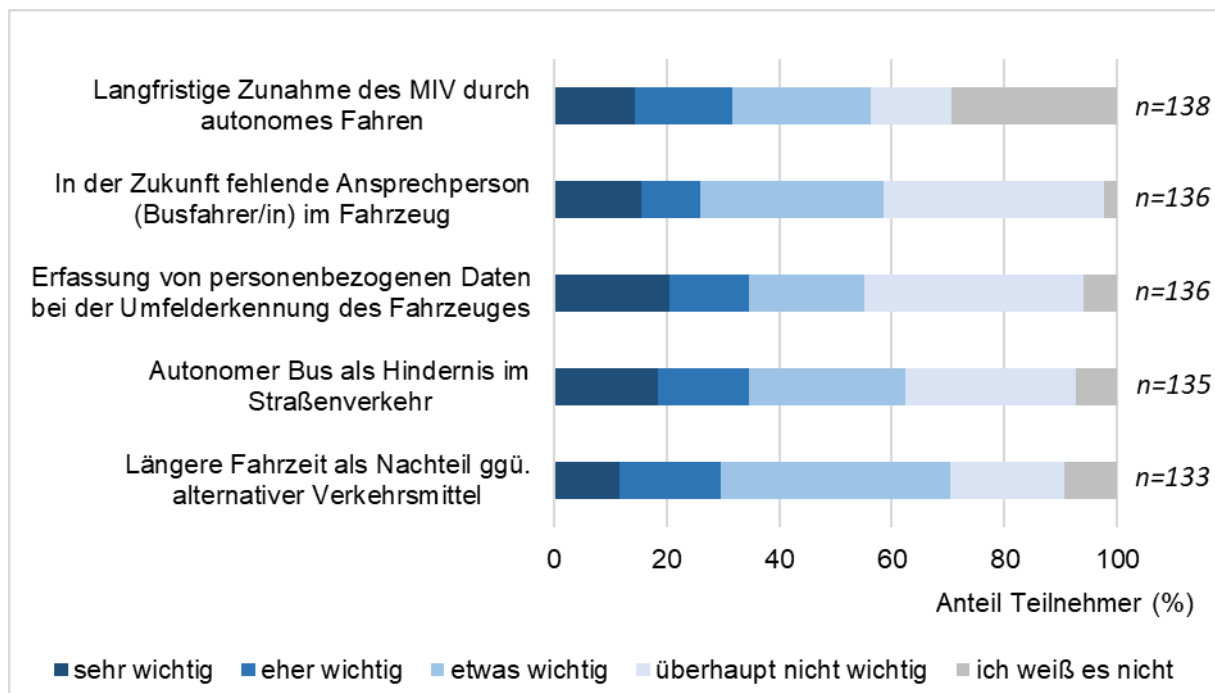
Unter den möglichen Vorteilen durch autonomes Fahren im ÖPNV ist den Befragten mit einem leichten Vorsprung die Schließung von Lücken im ÖPNV (z. B. „letzte Meile“ am Bahnhof) am wichtigsten. „Positive betriebswirtschaftliche Effekte“ werden am wenigsten relevant gesehen (vgl. Abb. 4). Eine mögliche Schlussfolgerung wäre, in der weiteren Kommunikationsstrategie den direkten Bezug zwischen Kostenersparnis und den damit einhergehenden Möglichkeiten zur Angebotssteigerung deutlicher zu vermitteln.



**Abb. 4: Relevanz der Vorteile durch autonomes Fahren im ÖPNV**

Quelle: Eigene Darstellung

Bei der Bewertung der möglichen Herausforderungen durch autonomes Fahren im ÖPNV fällt zunächst auf, dass diesen grundsätzlich eine deutlich geringere Relevanz als den möglichen Vorteilen zugeschrieben wird (vgl. Abb. 5). Sowohl Vorteile als auch Herausforderungen wurden auf einer vierstufigen Skala von „sehr wichtig“ bis „überhaupt nicht wichtig“ bewertet. Während die Vorteile im Durchschnitt zu 39% als „sehr wichtig“ eingestuft wurden, gilt dies für die Herausforderungen nur zu durchschnittlich 18%. Erfassung von personenbezogenen Daten und der autonome Bus als Hindernis im Straßenverkehr werden als relevanteste Herausforderungen angesehen. Der Aspekt einer fehlenden Ansprechperson (Busfahrer/in) im Fahrzeug ist einem Großteil der Befragten zwar mindestens „etwas wichtig“ – unter den mindestens „eher wichtigen“ ist dieser Punkt jedoch der am wenigsten relevante.



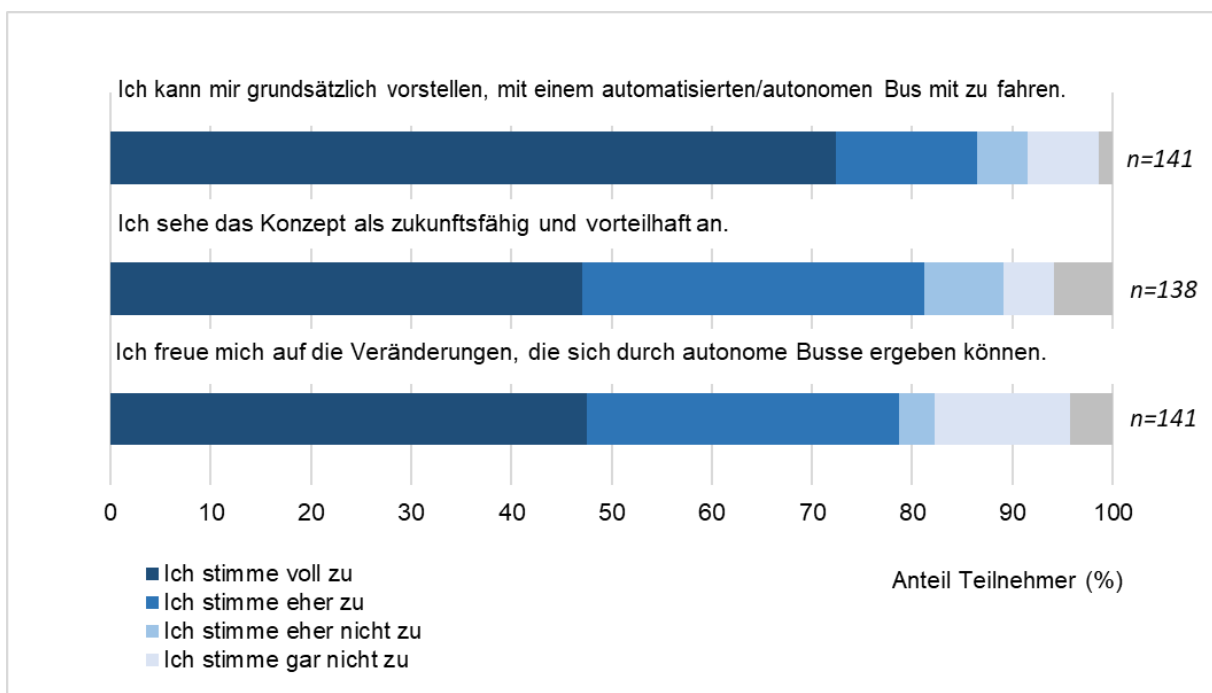
**Abb. 5: Relevanz der Herausforderungen beim autonomen Fahren im ÖPNV**

Quelle: Eigene Darstellung

Auf einer vierstufigen Skala stimmen ca. 72% voll zu, sich grundsätzlich vorstellen zu können, mit einem automatisierten oder autonomen Bus mit zu fahren. Einschließlich der „eher“ zustimmenden Befragten beträgt der positive Anteil 87% (vgl. Abb. 6).

Der Aussage, dass das Konzept des autonomen Fahrens im ÖPNV als zukunftsfähig und vorteilhaft angesehen wird, wurde insgesamt zu ca. 81% „voll“ oder „eher“ zugestimmt, wobei eine volle Zustimmung hier von lediglich ca. 47% angegeben

wurde. Die Beantwortung anderer Fragen deutet darauf hin, dass die Vorteile autonomen Fahrens im ÖPNV bereits von einem Großteil der Teilnehmenden erkannt wurden. Möglicherweise liegt der Grund gegen eine volle Zustimmung hier bei Zweifeln an der Zukunftsfähigkeit bzw. der Umsetzbarkeit, die tatsächlich noch mit mehreren entscheidenden Fragestellungen einhergeht wie etwa den technisch und rechtlich möglichen Fahrgeschwindigkeiten. Denkbar ist auch, dass der Zukunftsfähigkeit autonomer ÖPNV-Konzepte zunehmend dann vollständig zugestimmt wird, sobald mehr autonome Buslinien im realen Umfeld wahrgenommen werden. Daher ist geplant, diese Frage im späteren Projektverlauf erneut aufzugreifen.

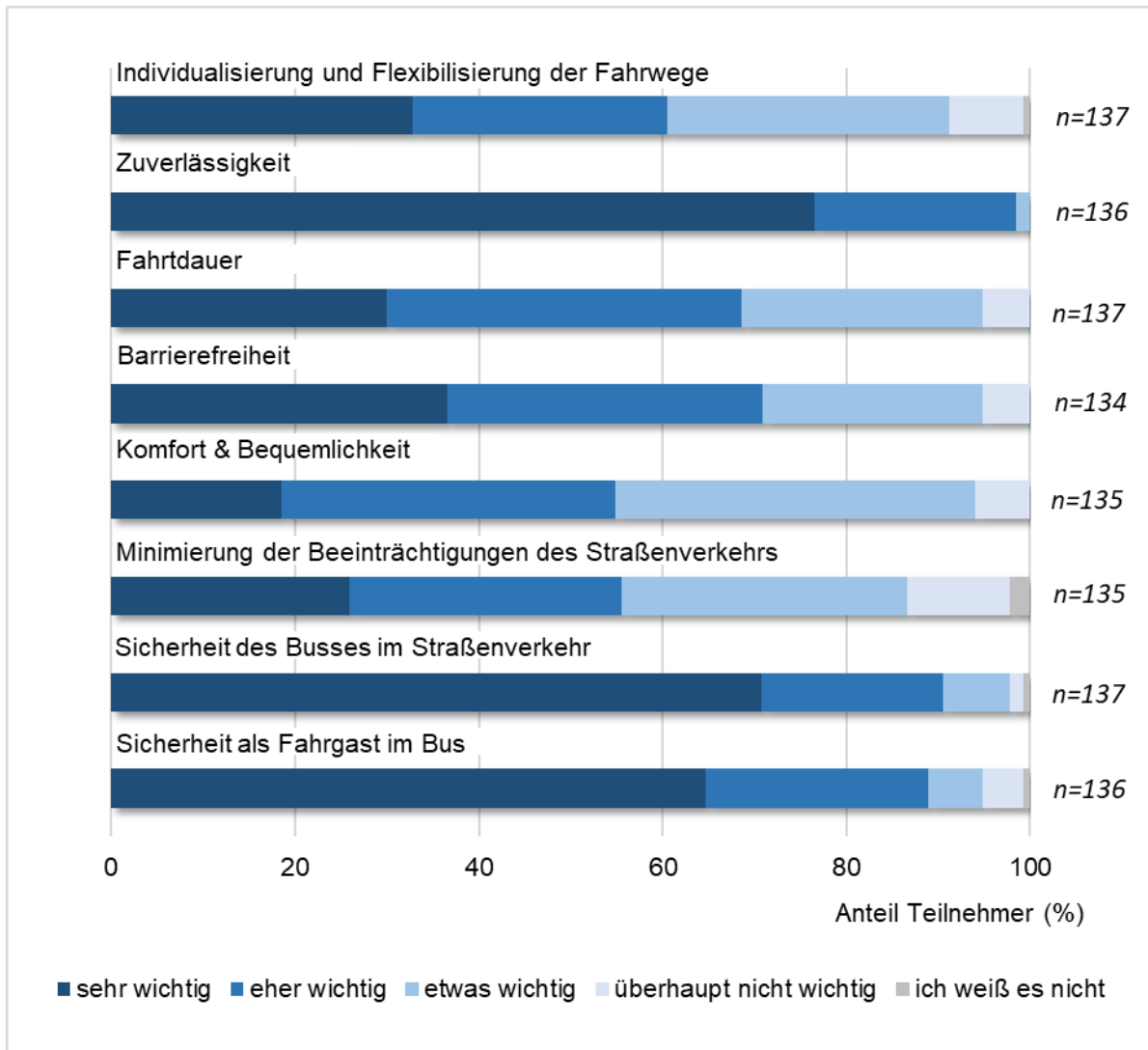


**Abb. 6: Grundsätzliche Einschätzung zum autonomen Fahren im ÖPNV**

Quelle: Eigene Darstellung

Als wichtigste Bedingung für eine vermehrte Nutzung des ÖPNV werden konkurrenzfähige Fahrzeiten zum Auto angegeben, einschließlich Umwege, Umstiege und Wartezeiten. Auf einer vierstufigen Skala geben 74% der Befragten hierzu „eher wichtig“ oder „sehr wichtig“ an. Eines der langfristigen Projektziele der Ergänzung bestehender ÖV-Netze durch autonome und kürzere Linien mit direkteren Wegen könnte dazu beitragen, die Dauer von Wegeketten im ÖPNV nachhaltig zu senken.

Die für die Teilnehmer wichtigsten Faktoren bei der Nutzung speziell von automatisierten Buslinien sind Zuverlässigkeit, Sicherheit des Busses im Straßenverkehr und Sicherheit als Fahrgast im Bus (vgl. Abb. 7).



**Abb. 7: Relevanz von Faktoren bei der Nutzung automatisierter Busse**  
 Quelle: Eigene Darstellung



**Frage 4:** *Welche technologischen Details müssen zum Aufbau und der Inbetriebnahme eines automatisiert fahrenden Fahrzeuges beachtet werden?*

Es gibt eine große Anzahl an technologischen Details, welche vor dem Aufbau und der Inbetriebnahme berücksichtigt werden müssen. Darunter unter anderem, ob die Strecke prinzipiell für eine automatisierte Linie geeignet ist. Durch Simulationen auf der geplanten Strecke wurde mit realen Daten die Strecke getestet.

Zur Untersuchung der Strecke und der Ermittlung der Umlaufzeiten wurde die Verkehrssimulationssoftware SUMO (Simulation of Urban Mobility) verwendet. SUMO ist eine Open-Source-Software für mikroskopische und langdauernde Verkehrssimulationen, welche für große Netzwerke entwickelt wurde [13]. Anhand SUMO lässt sich die Strecke unter Berücksichtigung aller Verkehrsteilnehmer, wie z. B. Fußgängern, die ein Hindernis im Straßennetz abbilden könnten, analysieren. Zudem kann deren Einfluss auf die Umlaufzeit des Busses auf diesem Weg beurteilt werden.

Die Betriebszeiten des Busses belaufen sich auf die folgenden Zeitfenster. Sie sind an die Schulzeiten des Berufsbildungswerks Waiblingen angepasst:

1. 7:00 – 9:00 Uhr
2. 11:00 – 13:30 Uhr
3. 15:30 – 19:30 Uhr

Im späteren Verlauf des Gesamtvorhabens (etwa 2022) ist geplant, zwei Kleinbusse der Fahrzeugklasse M2 einzusetzen, welche die Strecke 17-mal unter der Einhaltung eines halbstündigen Taktes während der Betriebszeiten umlaufen.

Die Strecke des Projekts RAFT-WN soll, wie in Abb. 8 dargestellt, dabei am vorübergehend eingerichteten Park and Ride Parkplatz in der Nähe des Bahnhofs Waiblingen starten. Von dort kommend führt die Straße durch den Pferdehof Joyride. Anschließend setzt der Bus seine Fahrt Richtung Dieselstraße bis zur Kreuzung mit der Max-Eyth-Straße fort, an welcher er geradeaus weiterfährt. Der Bus folgt der Straße weiter, bis er auf Höhe des Berufsbildungswerks Waiblingen rechts in die Steinbeisstraße abbiegen kann. Dort fährt er wenige Meter weiter, bis er links in einen definierten Parkplatz des BBW Waiblingen einbiegt, um an dieser Stelle für die Rückfahrt zu wenden. Auf dem Rückweg über die Dieselstraße biegt der Bus in der Max-Eyth-Straße nach rechts ab und fährt über die Maybachstraße, am Daimler-Werk vorbei, um zum Bahnhof Waiblingen zurück zu gelangen.



**Abb. 8: Streckenverlauf der autonomen Buslinie, Stand 02/2021**  
 Quelle: Eigene Darstellung

Während einer Begehung der Route und Untersuchungen im Nachgang wurden Stellen identifiziert, welche sich störend auf die automatisierte Fahrt der Busse auswirken können:

### **Störfaktoren Höhe Pferdehof**

Die schwerwiegendsten Störfaktoren befinden sich auf Höhe des ansässigen Pferdehofs. Dieser Streckenabschnitt weist mehrere parkende Fahrzeuge, inklusive landwirtschaftlicher Maschinen sowie Absperrpfosten und eine Schranke auf. Des Weiteren weist der Streckenabschnitt nicht durchgehend Fahrbahnmarkierung auf. Der Bereich am Pferdehof ist zudem grundsätzlich eng und hat eingeschränkte Sichtverhältnisse. Ein fehlender Fußgängerweg führt darüber hinaus dazu, dass die Passanten die Fahrbahn nutzen, um sich auf dem Pferdehof fortzubewegen.

Laut einer Straßenmessung, welche durch eine Studentengruppe der Hochschule Esslingen durchgeführt wurde, beläuft sich die Nettobreite der Fahrbahn zwischen 3,7 m (min.) bis 4,2 m (max.). Da die Breite des Busses circa 2 m beträgt, könnte ein möglicher Gegenverkehr demnach zu einer Störung im Verkehrsfluss führen.

Zudem sind Passanten zu berücksichtigen, die sich auf dem Streckenabschnitt fortbewegen und den Verkehrsfluss auf diesem Weg beeinflussen können. Als Beispiel können insbesondere die Besucher des Pferdehofs oder die Schüler des BBW genannt werden, welche den Streckenabschnitt in den Morgen- und Nachmittagsstunden nutzen, um vom Bahnhof zum BBW und umgekehrt zu gelangen.

### **Störfaktoren Gewerbegebiet**

Auch in den Streckenabschnitten im Gewerbegebiet (Dieselstraße, Max-Eyth-Straße und Maybachstraße) hat die Hochschule Esslingen mögliche Störfaktoren kategorisiert. Da einige Firmen und Betriebe innerhalb dieses Streckenabschnittes ansässig sind, befinden sich hier mehrere Ein- und Ausfahrten für Pkw und Lkw.

Darüber hinaus können beidseitig abgestellte Fahrzeuge am Straßenrand, in zweiter Reihe parkende Lkw und zu nahe an der Fahrbahn stehende Mülltonnen oder Straßenbeschilderung ein Hindernis für die empfindliche Fahrzeugsensorik darstellen.

An den Kurven parkende Fahrzeuge behindern teils die Sicht zu der Endhaltestelle und damit auch zur Wendestelle, welche sich planmäßig auf einem der Parkplätze des BBW befindet. Als weiteres Störpotenzial wurden die an der Einfahrt parkenden Fahrzeuge sowie die Passanten dieses Abschnittes festgestellt.

Ferner bergen die zu passierenden Kreuzungen und Kurven das Risiko eines Störfaktors, da der Bus die Vorfahrt an diesen Stellen gewähren muss. Durch zusätzliche Beschilderung zur Regelung der Vorfahrt könnten Verzögerungen an diesen Stellen minimiert werden.

### Untersuchung Umlaufzeit

Um die Umlaufzeit zu ermitteln, wurden zwei Geschwindigkeitsszenarien untersucht, welche sich in der maximal erreichbaren Geschwindigkeit unterscheiden. Es handelt sich um die folgenden Szenarien:

- Szenario 1: maximale Geschwindigkeit liegt bei 12 km/h
- Szenario 2: maximale Geschwindigkeit liegt bei 20 km/h

Im Juni 2020 wurden, im Rahmen eines studentischen Projektes der Hochschule Esslingen, Verkehrszählungen an den vier Kreuzungen und Einmündungen der angedachten Route durchgeführt. Die Zählungen erfolgten dabei an einem Dienstag während eines Zeitfensters von 8:00 bis 18:00 Uhr. Auf Basis der Verkehrszählungen wurden mehrere Simulationen in SUMO durchgeführt, sodass sich, unter Berücksichtigung der Störfaktoren und Verkehrsstärke, die Umlaufzeiten des Busses ermitteln ließen. Die Simulationsergebnisse sind in der Tab. 4 aufgeführt.

Anhand der Ergebnisse in Tab. 4 lässt sich schlussfolgern, dass sich die maximale Umlaufzeiten um 34,3 % im Geschwindigkeitsszenario 1 und 37,4 % im Geschwindigkeitsszenario 2 von der durchschnittlichen Umlaufzeiten unterscheiden. Diese Verzögerung lässt sich hauptsächlich durch die auf der Straße laufenden Passanten (Schüler) begründen und weniger durch eine erhöhte Verkehrsstärke während der Spitzenzeiten.

	<b>Geschwindigkeit 12 km/h</b>	<b>Geschwindigkeit 20 km/h</b>
<b>Ø Umlaufzeit [min]</b>	26,5	25,5
<b>Max. Umlaufzeit [min]</b>	42,3	38,8

**Tab. 4: Umlaufzeiten des automatisiert fahrenden Busses**

Quelle: Eigene Darstellung

Zur Sicherstellung eines reibungslosen Busbetriebs und der Realisierung einer minimalen Umlaufzeit, werden infrastrukturelle Maßnahmen vorgeschlagen. So empfiehlt die Hochschule Esslingen, die Fahrbahn- und Parkplatzmarkierungen der gesamten Strecke in einem ersten Schritt zu erneuern bzw. dort anzubringen, wo bisher keine vorhanden ist. Der Vorschlag verfolgt das Ziel, dass sich bisher am Fahrbahnrand parkende Fahrzeuge an einer Markierung orientieren können und damit den für Parkstände vorgesehenen Bereich der Straße nicht überschreiten.

Dies erleichtert wiederum die Durchfahrt des Busses auf der Fahrbahn, welche auf der digitalen Karte des Fahrzeugs hinterlegt ist.

Weiterhin sollen Maßnahmen zur Vorbeugung von widerrechtlich im Kreuzungsbe- reich parkenden Fahrzeugen ergriffen werden, um eine uneingeschränkte Sicht der Fahrzeugsensorik auf Fahrzeuge und Fußgänger zu gewährleisten. Zuzüglich muss die Fahrbahn entlang der ganzen Route grundsätzlich möglichst frei und sauber sowie die Fahrbahnbeschaffenheit in einem guten Zustand gehalten werden.

Die geplante Linie des Reallabors verläuft durch ein in der Erschließung bzw. Wei- terentwicklung befindliches Gewerbegebiet. Vor allem im Bereich des Pferdehofs an der Dieselstraße wird es im kommenden Jahr zu verschiedenen Baumaßnahmen kommen. Aufgrund der festgestellten Störfaktoren und der wahrscheinlichen Bau- maßnahmen in diesem Abschnitt wurde eine Anpassung des Linienverlaufs be- schlossen. Nach ersten Analysen und Abstimmungen wird die Buslinie von ihrer Starthaltestelle in Bahnhofsnähe aus statt über die Dieselstraße zunächst nach Westen in Richtung Maybachstraße fahren. Auf der Maybachstraße verläuft der Weg nach Norden, auf Höhe der Max-Eyth-Straße nach Osten und anschließend auf den nördlichen Teil der Dieselstraße in Richtung Berufsbildungswerk. Mit je einer Wendemöglichkeit am Berufsbildungswerk und in Bahnhofsnähe wird die Buslinie diese Route in Hin- und Rückrichtung befahren. Die Aktualisierung der Fahrzeitsimulationen und Kostenberechnungen werden nach finalem Beschluss zum angepassten Linienverlauf durch die Hochschule Esslingen durchgeführt und auf Anfrage erhältlich sein.

**Frage 5:** *Welche Strukturen, Prozesse und Technologie sind für die Daten-Plattform der automatisierten Buslinie relevant?*

Diese Frage soll im Folgeprojekt Ameise von zwei Industriepartnern (Globalmatix AG und Softing Engineering & Solutions GmbH) erläutert werden. Diese werden sich mit der Datenerfassung, -übertragung, -ablage sowie Diagnostik der Messsignale auseinandersetzen. Im Rahmen des Projektes RAFT-WN konnten in einem ersten Schritt die Kosten für die Errichtung eines dedizierten, also nur von Fahrzeug und Infrastruktur zu nutzenden, 5G-Netzes ermittelt werden.

Das autonome/automatisierte Fahren hängt sehr stark von der direkten Kommunikation zwischen allen Verkehrsteilnehmern ab. Ein 5G-Mobilfunkstandard stellt dabei eine Option dar um eine entsprechende Kommunikation zu ermöglichen.

Die Kommunikationstechnologie einer intelligenten Vernetzung heißt Vehicle-to-X (V2X) beziehungsweise Car-to-X (Car2x).

Mit einer V2X-Kommunikation und einem 5G-Netz ist es möglich, eine nahezu blitzschnelle Kommunikation zwischen Fahrzeugen zu ermöglichen und sicherzustellen. [14] Der Ausbau eines 5G-Netzes ist jedoch mit enormen Kosten verbunden. So wurde eine Machbarkeitsanalyse durch die Sicom GmbH und die Globalmatix AG durchgeführt, anhand welcher die Kosten für die Einrichtung eines 5G-Netzes für die automatisierte Buslinie ermittelt wurden. Laut dieser Analyse betragen die Kosten für die Netzabdeckung der Strecke Ameisenbühl geschätzt etwa 460.000 €. Dieser Betrag gilt für die Fläche von 0,2 km<sup>2</sup>, über die sich die notwendige Netzabdeckung im Reallabor erstrecken wird. Die Aufschlüsselung für ein dediziertes 5G Netzwerk beläuft sich dabei auf drei Kernkomponenten:

- **Core-Netzwerk** (Server, der die Datenverbindungen managed) [~30 % der Ausbaurkosten]
- **Macro Standorte** (Anbindungen an das öffentliche Glasfasernetz als eigene Access Points für Funkzellen) [~50 % der Kosten]
- **Antennen** als Übertragungsmedium auf der untersten Kommunikationsebene (Modulation) – Erzeugt Funkzellen [~20 % der Kosten, inkl. Montage]

Eine Skalierung, kann zum jetzigen Zeitpunkt lediglich interpoliert werden, da die Core Komponenten nicht linear skalieren und so die Ausleuchtfläche zu untersuchen ist.

Die Alternative zu einem kostenintensiven 5G-Netz bildet ein satellitenbasiertes Konzept. Die Satelliten sind imstande eine hohe und gleichzeitig günstige Internetverbindung zu liefern. Mit einer Höchstgeschwindigkeit der Datenübertragung

von über 1 Gbit/s liegt diese auf demselben Niveau wie es bei einem 5G-Netz der Fall ist. [15] Daher entsteht die Notwendigkeit einer nachfolgenden und weiterführenden Untersuchung der Vernetzung aller Verkehrsteilnehmer.

## **2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

Das Projekt wurde mit ca. 100.000 € vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Etwa 65% wurden für Personalmittel in der Projektleitung durch die Stadt Waiblingen verwendet. Mit dem für Unteraufträge kalkulierten Posten von etwa 30% wurde ein Unterauftrag an die Hochschule Esslingen vergeben. Etwa 5% der Fördersumme wurde in der Projektkommunikation verausgabt. Dazu gehörten die Erstellung eines Flyers, eines Projektlogos und die Produktion der Videoreihe.

Die Produktion des Interviews zu den Befragungsergebnissen wird außerhalb des Förderbudgets seitens der Kommune finanziert werden.

## **2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Der erhöhte Mobilitätsbedarf in urbanen Räumen erfordert hocheffiziente Personenbeförderungskonzepte, um die derzeitige Überlastung der Verkehrsräume und Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Der aktuelle Modal-Split im Großraum Stuttgart und Rems-Murr-Kreis weist in Bezug auf ÖPNV mit lediglich ca. 20% ein enormes Steigerungspotential auf.

Der Verband deutscher Verkehrsunternehmen schätzt, dass bis 2030 aufgrund der anhaltenden Alterung der deutschen Bevölkerung (demographischer Wandel) ca. 50 Prozent der aktuell im Öffentlichen Personennahverkehr Beschäftigten altersbedingt ausscheiden werden. Gleichzeitig sollen bis 2030 ein Drittel mehr Busse und Bahnen als heute unterwegs sein. Dafür brauchen die Verkehrsunternehmen vor allem im Fahrdienst mehr Personal. Bereits heute sind über die Hälfte der im ÖPNV Beschäftigten im Fahrdienst tätig. [16]

Vor diesem Hintergrund bedarf es an Lösungen, welche über den heutigen Stand der Technik und bestehender Organisationsformen hinausgehen. Autonomes und automatisiertes Fahren bieten die Chance, unsere Mobilität nutzerorientierter, effizienter und vielfältiger zu gestalten.

Im Projekt RAFT-WN wurde ein innovativer Ansatz einer technologisch, infrastrukturell und gesellschaftlich anspruchsvollen Mobilitätsform verfolgt, die eine Vielzahl

offener Fragen zur Machbarkeit und Umsetzung mit sich bringt. Da nur in geringem Maße Musterlösungen vorliegen, war die Arbeit im Rahmen des Projektes RAFT-WN umso aufwändiger und zugleich umso notwendiger, sodass mit den gewonnenen Erkenntnissen womöglich ein Beitrag geleistet werden kann, von dem sich allgemeingültige Lösungsansätze ableiten lassen.

Dies betrifft sowohl die enormen Abstimmungs- und Koordinierungsaufwände mit Akteuren aus beispielsweise Verkehrsinfrastruktur, Fahrzeugtechnik und Datenkommunikation als auch die außergewöhnlichen Formate zum Einbezug der Bürgerinnen und Bürger angesichts der Covid-19-Pandemie.

## **2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Mit dem Gesamtvorhaben streben die Stadt Waiblingen und die Hochschule Esslingen an, einen Beitrag zur Gestaltung eines neuen Mobilitätssystems zu leisten, in dem die urbane Mobilität grundlegend verändert wird. Mit dem Projekt RAFT-WN soll ein Beitrag zur Erforschung autonomen Busverkehrs geleistet werden, welcher wiederum das Potenzial hat, den ÖPNV als einer der Träger der Mobilitätswende voranzubringen.

Mittelfristiges Ziel ist die Schaffung einer Plattform, auf der gesellschaftliche, wissenschaftliche, kommunale und wirtschaftliche Bedarfe, Anforderungen und Potenziale dieser Mobilitätsinnovationen praxisnah erforscht werden.

Diese Ziele können erst mit der tatsächlichen Umsetzung einer automatisierten Buslinie vollständig erreicht werden. Im Rahmen der ersten Phase des Projektes RAFT-WN wurden allerdings erste Erkenntnisse geliefert, die in späteren Projektphasen oder Folgeprojekten einen Beitrag zur Realisierung und Gestaltung autonomen Busverkehrs leisten können.

So wurden beispielsweise die grundlegenden Schritte für das Zulassungsverfahren einer automatisierten Buslinie zusammengestellt, an denen sich Kommunen und Mobilitätsdienstleister orientieren können. Weiterhin geben die Ergebnisse einen Einblick in die vielfältigen Aufgaben und einzubeziehenden Fachabteilungen einer Kommune, die ein Projekt zum autonomen Linienverkehr betreut oder begleitet.

Zudem steht Interessierten mit den vorliegenden Ergebnissen eine Dokumentation der Erfahrungen digitaler Formate zum Dialog mit Bürgerinnen und Bürgern zur Verfügung.



Die aufbereiteten Inhalte zur Thematik und dem Projekt auf der städtischen Homepage können in ähnlicher Form auch Interessierten an anderen Orten einen Einblick in die Chancen, Herausforderungen und die Funktionsweise autonomen Fahrens im ÖPNV geben.

Neben den möglichen Bausteinen und Formaten als Input für Bürgerdialoge können auch die Ergebnisse aus der Online-Befragung sowie die Anregungen der Teilnehmenden als Hinweise zu den Bedürfnissen und Ansprüchen potenzieller Nutzer autonomer Buslinien aufgegriffen und bei umsetzungsorientierten Projekten berücksichtigt werden.

Aus technischen Blickwinkeln betrachtet, geben die Arbeiten der Hochschule Esslingen einen Einblick in zu berücksichtigenden Faktoren wie etwa Störpotenziale im Verkehrsraum.

Auch wurde es dem Projektteam durch die Vorstudie im Projekt RAFT-WN zur 5G-Infrastruktur ermöglicht, eine Konstellation aus Akteuren aus Funkplanung, Netzaufbau und Datenübertragung zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur aufzubauen, die sich im Folgeprojekt AMEISE mit der Umsetzung des Mobilfunknetzes beschäftigen wird.

Darüber hinaus konnten die im Projekt gewonnenen Daten in den Lehrveranstaltungen der Hochschule Esslingen aufgegriffen werden. Im Rahmen von Projektarbeiten konnte auf die in RAFT-WN gewonnenen Erkenntnisse aufgebaut werden, um Analyse- und Simulationsmethoden zu erlernen oder zu vertiefen (z. B. alternative Streckenführungen, Erstellung von Use-Cases, Risikoanalysen, Szenarientests hinsichtlich äußerer Rahmenbedingungen wie Verkehrsnachfrage nach unterschiedlichen Angeboten, Fahrgastzahlen, Bedienzeiten).

## **2.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Seit 2017 wurden ca. 40 Projekte gestartet, welche sich mit der Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von hochautomatisierten Bussen im öffentlichen Verkehr befassen. Da die meisten Projekte noch nicht abgeschlossen sind, gibt es nur wenige Ergebnisberichte. Manche Projekte wurden entweder nicht wissenschaftlich begleitet, wie zum Beispiel das Projekt Monheim am Rhein, oder die Projektergebnisse sind nicht öffentlich zugänglich.

Einer der Ergebnisberichte zum Projekt in Bad Birnbach beschreibt, dass automatisierte Shuttlebusse einen Weg darstellen können, das Erste/Letzte-Meile-Problem im ländlichen Raum zu lösen. Das erste Jahr des Pilotbetriebs wirkte sich positiv auf die Erreichbarkeit des gesamten Ortes aus. Aufgrund widriger Wetterbedingungen wie Schneefall, Regen und Nebel ist ein Massenbetrieb im öffentlichen Personennahverkehr jedoch noch nicht realistisch. Für die Bewältigung aller serienbetrieblichen Herausforderungen ist eine wesentlich umfangreichere bzw. besser abgestimmte Sensorik notwendig. Im potenziellen Serienbetrieb ist eine höhere Betriebsgeschwindigkeit empfehlenswert, um das bestehende Gesamtsystem des ÖPNV ergänzen zu können, damit die Beeinträchtigung im Verkehr vermieden wird. [17]

Im Zeitraum von Juli 2017 bis Juni 2020 wurde das Projekt „NAF-Bus“ durchgeführt. Ziel des Projekts NAF-Bus war die Erforschung und Entwicklung eines neuen Mobilitätskonzepts „ÖPNV-on-demand“ basierend auf autonomen Elektro-Kleinbussen und deren Anbindung an Busse und Bahn. Das Untersuchungsgebiet lag im ländlichen Raum zwischen den Dörfern Lunden und Lehe im Kreis Dithmarschen. Die Erfahrungen aus dem Projekt zeigen, dass der Einsatz auf der letzten Meile denkbar ist, allerdings noch eine Vielzahl an Aspekten noch weiter untersucht werden muss, um eine praktische Anwendbarkeit zu erreichen. [18]

Neben den hohen Betriebskosten und dem noch nicht ausreichend entwickelten Stand der Technik (niedrige Geschwindigkeit, Umfahren von Hindernissen usw.) wurde eine weitere Erkenntnis zum Fahren im ländlichen Bereich gewonnen. Durch die fehlenden infrastrukturellen unveränderlichen Objekte wie Gebäude kann die Lokalisierung durch den Bus erschwert werden. Wachstum von Bäumen und Sträuchern sowie Jahreszeitwechsel (z. B. Blätterfall im Herbst oder stärkere Abschattung im Sommer) verändert die Umgebung, was zu Ungenauigkeiten der durch das Bussystem erstellten Karte führen kann. [18]

## **2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse**

Wie bereits in Kapitel 2.1, Forschungsfrage 3, beschrieben, wurde auf der Homepage der Stadt Waiblingen eine Rubrik angelegt, die über das Projekt und später auch Projektergebnisse berichten wird:

[www.waiblingen.de/automatisertes-fahren](http://www.waiblingen.de/automatisertes-fahren)

Die produzierte Kurzvideoreihe ist auf der Startseite der Rubrik positioniert. Ebenso wird das geplante Videointerview, in dessen die Befragungsergebnisse vorgestellt und diskutiert werden, auf der Homepage veröffentlicht werden.

Weiterhin hat die Hochschule Esslingen auf Ihrer Website Rubriken angelegt, welche sich mit den Ergebnissen aus dem Projekt RAft-WN beschäftigen:

[www.hs-esslingen.de/wirtschaft-und-technik/forschung/institute/institut-fuer-automobilmanagement-iam/news/](http://www.hs-esslingen.de/wirtschaft-und-technik/forschung/institute/institut-fuer-automobilmanagement-iam/news/)

### 3 Literatur

- [1] M. Braun, C. Gudd, M. Rohs, J. Seyfferth und G. Teichmann, „Autonome Busse im ÖPNV: Innovativ, nachhaltig - aber auch finanzierbar?“, 2020.
- [2] Y. Zhou, Y. Li, M. Hao und T. Yamamoto, „A System of Shared Autonomous Vehicles Combined with Park-And-Ride in Residential Areas“, *Sustainability*, Jg. 11, Nr. 11, S. 3113, 2019, doi: 10.3390/su11113113.
- [3] B. Lenz und E. Fraedrich, „New Mobility Concepts and Autonomous Driving: The Potential for Change“ in *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*, M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz und H. Winner, Hg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016, S. 173–191.
- [4] S. Bratzel und J. Thömmes, *Alternative Antriebe, Autonomes Fahren, Mobilitätsdienstleistungen: Neue Infrastrukturen für die Verkehrswende im Automobilsektor*. Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung, 2018.
- [5] Die Bundesregierung, *Rechtssicherheit für automatisiertes Fahren*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/rechtssicherheit-fuer-automatisiertes-fahren-349048> (Zugriff am: 4. Februar 2021).
- [6] F. Dierkes *et al.*, „Infrastrukturbedarf automatisierten Fahrens – Grundlagenprojekt“, Bergisch Gladbach, 2019.
- [7] R. J. Harrington, C. Senatore, J. M. Scanlon und R. M. Yee, „The Role of Infrastructure in an Automated Vehicle Future“, *The Bridge*, Nr. 40, S. 48–55, 2018.
- [8] R. Wertheimer *et al.*, „Fahrerassistenz und präventive Sicherheit mittels kooperativer Perzeption: Partnerübergreifender Schlussbericht“, 2014.
- [9] C. Völzow, P. Pflieger und B. Rüchardt, „Automatisiertes Fahren – Infrastruktur“, 2018.
- [10] VDV, *Innovationslandkarte "Autonomes Fahren im ÖPNV"*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vdv.de/innovationslandkarte.aspx> (Zugriff am: 9. November 2020).
- [11] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, „Hinweise zum Genehmigungsverfahren automatisierter Shuttle-Busse für potenzielle Antragsteller“, 2019.
- [12] Stadt Waiblingen, *Automatisiertes Fahren. Reallabor in Waiblingen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.waiblingen.de/automatisiertes-fahren> (Zugriff am: 29. September 2021).
- [13] *Simulation of Urban MObility (SUMO)*. [Online]. Verfügbar unter: <https://sumo.dlr.de/docs/index.html> (Zugriff am: 5. Februar 2021).
- [14] Vodafone GmbH, *Car2X, V2X und 5G: Das Auto der Zukunft*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vodafone.de/business/featured/digitaler-ausblick/autonomes-fahren-mit-5g-v2x/#keyfact-anchor-1> (Zugriff am: 29. September 2021).
- [15] K. Niederwieser, *Alternative zu 5G? Die „Starlink“- Satelliten von SpaceX*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mobile-zeitgeist.com/alternative-zu-5g-die-starlink-satelliten-von-spacex/> (Zugriff am: 29. September 2021).
- [16] VDV, *Personal- und Fachkräftebedarf im ÖPNV*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vdv.de/personal-und-fachkraeftebedarf-im-oepnv.aspx> (Zugriff am: 30. März 2021).
- [17] A. Riener, A. Appel, W. Dorner, T. Huber, J. C. Kolb und H. Wagner, Hg., *Autonome Shuttlebusse im ÖPNV: Analysen und Bewertungen zum Fallbeispiel Bad Birnbach aus technischer, gesellschaftlicher und planerischer Sicht*, 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer Vieweg, 2020.

- [18] Projektkonsortium, „Abschlussbericht. Verbundprojekt: Entwicklung und Evaluierung eines ÖPNV-on-demand-Angebots mit autonomen Fahrzeugen im öffentlichen Personennahverkehr in ländlichen Regionen (NAF Bus)“, 2021.

## 4 Anhang

Ihre Meinung zählt: [www.waiblingen.de/automatisiertes-fahren](http://www.waiblingen.de/automatisiertes-fahren)



### Reallabor für automatisiertes Fahren in Waiblingen

In enger Zusammenarbeit mit der Hochschule Esslingen und weiteren Akteuren aus Industrie und Forschung soll im Bereich des Gewerbegebietes Ameisenbühl ein Reallabor errichtet werden. In diesem sollen automatisierte, emissionsfrei angetriebene Fahrzeuge und deren Integration in den öffentlichen Personennahverkehr erforscht werden.

Um eine Plattform zum Dialog mit unseren Bürgerinnen und Bürgern sowie weiteren lokalen Akteuren zu schaffen, hat die Stadt Waiblingen eine Online-Rubrik eingerichtet. Neben Hintergrundinformationen und einer Kurzvideo-Reihe zum autonomen Fahren gibt es auch eine Online-Befragung.

[www.waiblingen.de/automatisiertes-fahren](http://www.waiblingen.de/automatisiertes-fahren)

Machen Sie mit und beteiligen Sie sich bis zum 15. November an unserer Online-Umfrage!  
Herzlichen Dank



Abb. 9: Poster mit Aufruf zur Teilnahme an der Online-Befragung



# Automatisiertes Fahren in Waiblingen



Ihre Meinung zählt: [www.waiblingen.de/automatisiertes-fahren](http://www.waiblingen.de/automatisiertes-fahren)



GEFÖRDERT VOM



## Sehr geehrte Bürgerinnen und Bürger,

autonomes Fahren bietet die Chance, unsere Mobilität nutzerorientierter, effizienter und vielfältiger zu gestalten. In enger Zusammenarbeit mit der Hochschule Esslingen und weiteren Akteuren aus Industrie und Forschung soll im Bereich des Gewerbegebietes Ameisenbühl ein Reallabor errichtet werden. In diesem sollen automatisierte, emissionsfrei angetriebene Fahrzeuge und deren Integration in den öffentlichen Personennahverkehr erforscht werden.

Um eine Plattform zum Dialog mit unseren Bürgerinnen und Bürgern sowie weiteren lokalen Akteuren zu schaffen, hat die Stadt Waiblingen eine Online-Rubrik eingerichtet. Neben Hintergrundinformationen und einer Kurzvideo-Reihe zum autonomen Fahren gibt es auch eine Online-Befragung.

Sie sind herzlich dazu eingeladen, sich bei der Umfrage **bis zum 15. November** einzubringen und uns Ihre Hinweise, Fragen und Anregungen zum Projekt mitzuteilen!

Ich wünsche Ihnen einen interessanten Aufenthalt auf unserer Homepage:  
[www.waiblingen.de/automatisiertes-fahren](http://www.waiblingen.de/automatisiertes-fahren)

Mit freundlichen Grüßen,

Andreas Hesky  
Oberbürgermeister

GEFÖRDERT VOM



Abb. 10: Postkarte mit Aufruf zur Teilnahme an der Online-Befragung

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel RAFT-WN: Reallabor für Automatisiertes Fahren am Technolo-gie- und Zukunftspark Hess in Waiblingen		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Seiwerth, Tristan Schneider, Daniela Morozova, Inna Makri, Maria-Despina	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.03.2021	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation Elektronisch	
	8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Stadt Waiblingen Kurze Straße 33 71332 Waiblingen  Hochschule Esslingen Flandernstraße 101 73732 Esslingen	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
10. Förderkennzeichen 01UV2019		
11. Seitenzahl 35		
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 18	
	14. Tabellen 4	
	15. Abbildungen 10	
16. Zusätzliche Angaben		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) DLR Projektträger, Bonn, 30.09.2021		
18. Kurzfassung  Das Zusammenspiel aus dem zunehmenden Mobilitätsbedarf der Gesellschaft, der angestrebten Reduktion der Verkehrsbelastungen sowie drohenden personellen Defiziten im ÖPNV als Träger der Mobilitätswende stellt Kommunen und Mobilitätsdienstleister vor vielfältige Herausforderungen. Autonom betriebene Angebote im ÖPNV könnten einen Lösungsansatz in der Mobilität der Zukunft darstellen. In der Stadt Waiblingen wird ein Reallabor für die Erforschung automatisierter Fahrzeuge und deren Integration in den öffentlichen Personennahverkehr errichtet werden. Als vorbereitender Schritt zur Installation der Infrastruktur und Inbetriebnahme der Fahrzeuge werden in diesem Projekt Fragestellungen bearbeitet, die die grundlegenden behördlichen, personellen, infrastrukturellen und kommunikativen Strukturen behandeln.  Die Stadt Waiblingen trat über verschiedene digitale Formate wie die Erstellung einer Homepage, die Produktion einer Videoreihe und die Durchführung einer Online-Befragung mit den Bürgerinnen und Bürgern in Kontakt. Die Forschungspartnerin Hochschule Esslingen erforschte vorbereitend für den Einsatz einer automatisierten Buslinie die Nutzbarkeit einer Strecke im Zusammenspiel mit autonomen Fahrzeugen im kooperativen Mischverkehr mittels Begehungen, Messaufnahmen des Verkehrs und Simulationsprogrammen wie SUMO und LGSVL-Simulator. Die Arbeiten wurden zudem von einem engen Austausch mit behördlichen Institutionen, einem lokal ansässigen Mobilitätsdienstleister sowie Akteuren aus der Verkehrsraumumgestaltung und Mobilfunktechnik begleitet.		



Die Ergebnisse beleuchten die ersten Schritte zur Einrichtung einer automatisierten Buslinie aus verschiedenen Blickwinkeln. Für kommunale Akteure wurden Übersichten über die Aufgabenverteilung innerhalb einer Verwaltung sowie Arbeitsschritte und externe Behörden für den Fahrzeugzulassungsprozess angelegt. Zudem wurde im Bürgerdialog ein Einblick in die Einstellung und die Bedürfnisse potenzieller Nutzer gewonnen. Die Ergebnisse der Online-Befragung deuten auf eine wachsende Akzeptanz gegenüber autonomer Buslinien mit zunehmenden Kontakt zum Thema hin. Die Schließung von Lücken im ÖPNV-Netz wird von den Befragten als relevantester Vorteil gesehen. Eine datenschutzkonforme Erfassung von Daten im Verkehrsraum und die Vermeidung des Busses als Hindernis im Straßenverkehr stellen die wichtigsten Herausforderungen unter den Teilnehmenden dar. An der von der Hochschule Esslingen untersuchten Strecke werden verschiedene Maßnahmen wie etwa Straßenmarkierungen für parkende Pkw und die Freihaltung der Fahrbahn empfohlen, um bestehende Störfaktoren in der Funktionsweise der Buslinie minimieren zu minimieren.

#### 19. Schlagwörter

Automatisiertes Fahren, autonomes Fahren, ÖPNV, Verkehrswesen, Waiblingen, RAFT-WN , Reallabor, Ameisenbühl

#### 20. Verlag

#### 21. Preis