

Automatisiertes Fahren im ÖPNV – Herausforderungen und Erfahrungen

5. Automotive-Konferenz zur internationalen Zusammenarbeit am 23. März 2023

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



HIER INVESTIERT EUROPA
IN DIE ZUKUNFT UNSERES LANDES.

www.europa.sachsen-anhalt.de



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

Datum: 23.03.2023

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 Kurzvorstellung der beiden Projekte AS-NaSA und AS-UrbanÖPNV
- 2 Best Practices zum automatisierten Fahren im ÖPNV
- 3 Operation Control Center (OCC) und V2X-Kommunikation
- 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- 5 Nutzerakzeptanz

- 1 Kurzvorstellung der beiden Projekte AS-NaSA und AS-UrbanÖPNV**
- 2 Best Practices zum automatisierten Fahren im ÖPNV**
- 3 Operation Control Center (OCC) und V2X-Kommunikation**
- 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**
- 5 Nutzerakzeptanz**

Vorteile Automatisiertes Fahren

- + Geringerer Kraftstoffverbrauch
- + Geringere Emissionen
- + Geringerer Fahrzeugbestand
- + Geringere Fahrleistung
- + Geringerer Flächenverbrauch
- + Besserer Verkehrsfluss
- + Höhere Sicherheit
- + Weniger Verkehrsunfälle
- + Erhöhung der Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen
- + Fahrzeit kann anders genutzt werden
- + Neue Arbeitsplätze entstehen?
- + Geringere Mobilitätskosten / Lieferkosten



Abbildung: Thyra Floh (Foto: Beckmann)

Nachteile Automatisiertes Fahren

- Hoher Aufwand für den Gesetzgeber
- Fehler im System führen zu Unfällen
- Mögliche Angriffe durch Hacker
- Ethische Fragestellungen sind nicht geklärt
- Große Investitionen in die Infrastruktur werden benötigt
- (Arbeitsplätze fallen weg?)

Automatisierter Shuttlebus

- **Merkmale:** Kleine Gefäßgröße, elektrisch betrieben, gemeinschaftlich genutzt
- **Einsatzgebiete:** Letzte Meile, Zubringer zu Hauptachsen, ländlicher Raum, städtisches Randgebiet, Kleinstädte, Gewerbegebiete, touristische Ziele
→ Verbesserung des Gesamtsystems ÖPNV / „Echte“ Alternative zum PKW schaffen

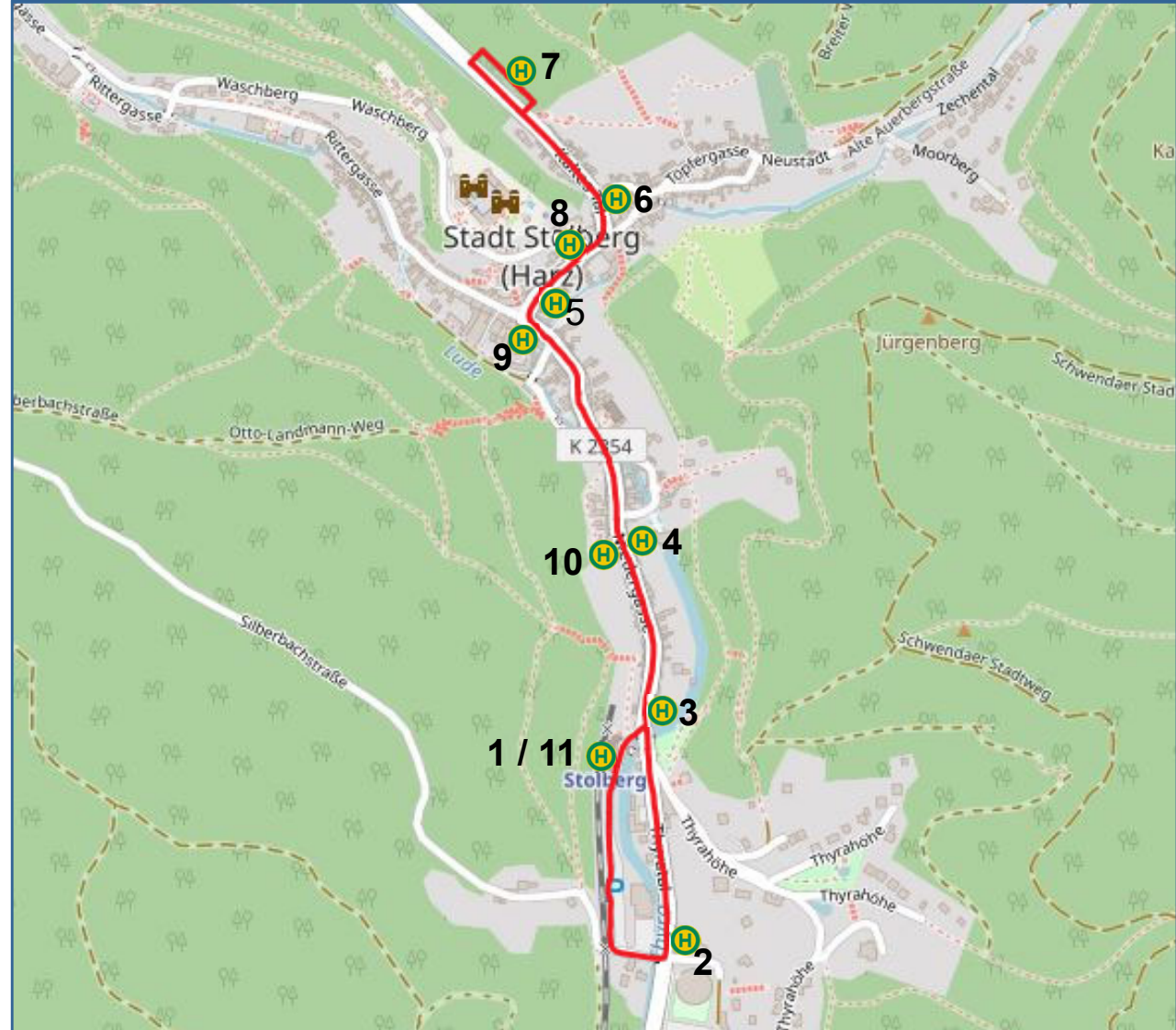
AS-NaSA

- **Ziel:** Einsatz eines automatisierten Shuttlebusses in Stolberg (Mansfeld-Südharz) und Bestimmung des Nutzens von automatisierten Shuttlebussen im ÖPNV in Sachsen-Anhalt
- **Fokus:** Nutzerakzeptanz, Potenzialanalyse, Wirkungsanalyse und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung



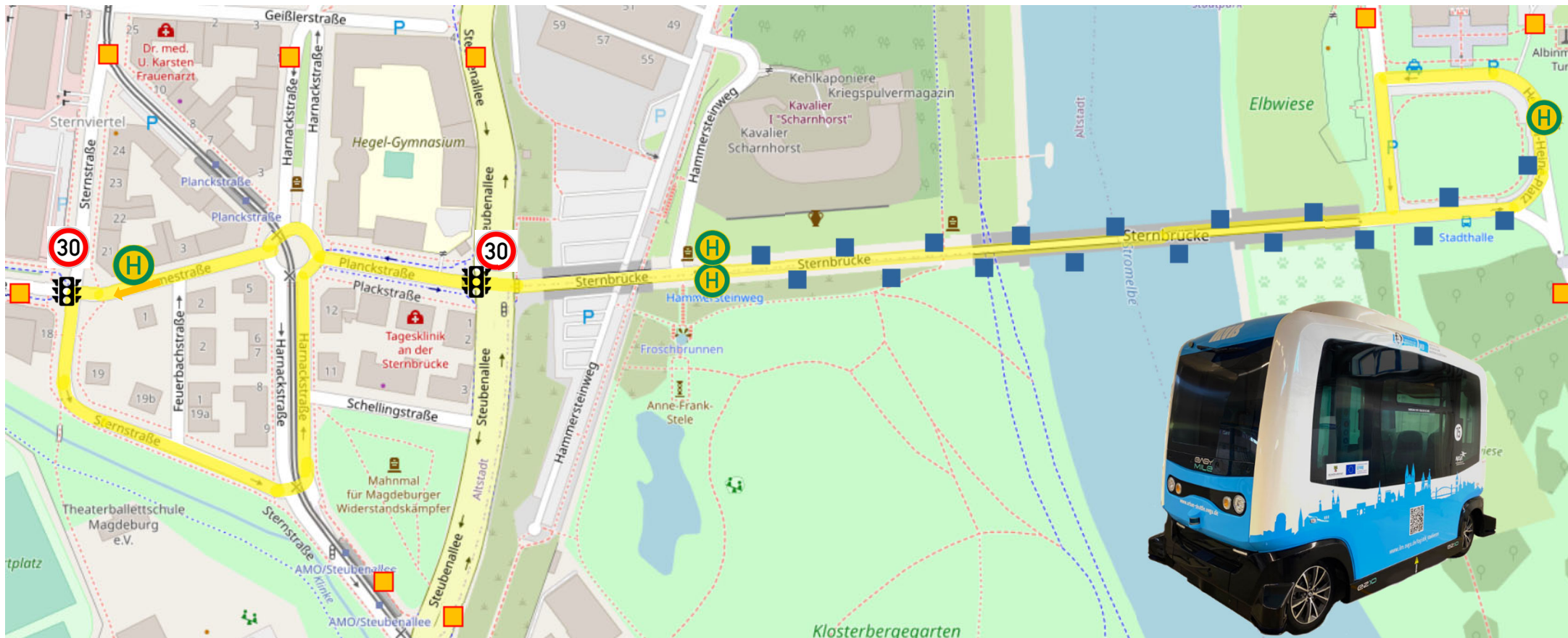
Abbildung: Thyra Floh (Foto: Beckmann)

Bahnhof – Parkplatz Kaltes Tal – Bahnhof (3,2 km)



AS-UrbanÖPNV – Automatisierte Shuttlebusse Urbaner ÖPNV

- **Ziel:** Einsatz eines automatisierten Shuttlebusses in Magdeburg mit Fokus auf die V2X-Kommunikation, Umlaufplanung, Lademanagement, Anbindung an die ÖPNV-Planung und Test einer prototypischen Leitstelle
- **Fokus:** Nutzerakzeptanz, Wirkungsanalyse, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, Realisierung V2X-Kommunikation, Integration in den Kreisverkehr



Pilotstrecke in Magdeburg [Eigene Darstellung]

Informationstafel

Lokalisierungspanel

- ▶ Bei Realisierung eines geschätzten Gesamtbedarfes in Ober- und Mittelzentren sowie Städten mit über 5.000 Einwohnern werden über 2.300 t CO₂/a eingespart.
- ▶ Der Einsatz autonomer Shuttlebusse ist skalierbar und kann bedarfsgerecht erfolgen.

Sachsen-Anhalt	Anzahl	Shuttlebusse je Ort	Bedarf Shuttlebusse	t CO ₂ /a je Shuttlebus	t CO ₂ /a gesamt	t CO ₂ /a ges. kumuliert
Oberzentren	3	10	30	15,9	477,0	477,0
Mittelzentren mit oberzent. Teilfkt.	7	4	28	15,9	445,2	922,2
Mittelzentren	15	2	30	15,9	477,0	1.399,2
Städte ohne Mittel-/Oberzentren	59	1	59	15,9	938,1	2.337,3
Städte (>5.000 Einwohner)	84	von 104 Städten	147	<- Potenzieller Gesamtbedarf Shuttlebusse SA		



Elektro ersetzt Diesel



- 1 Kurzvorstellung der beiden Projekte AS-NaSA und AS-UrbanÖPNV
- 2 Best Practices zum automatisierten Fahren im ÖPNV
- 3 Operation Control Center (OCC) und V2X-Kommunikation
- 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- 5 Nutzerakzeptanz

Entwicklung der Altstadtstromer in Monheim





Unsere Vision für Monheim ist es,
dass alle Busse des öffentlichen Nahverkehrs
autonom fahren.



Autonom bedeutet Fahrerlos!

Das System übernimmt alle Aufgaben in jeder Situation und garantiert die gewohnte Fahrdynamik. Der Betrieb der Busflotte ist durchgehend digitalisiert.

Fahren wir 2100 nur noch autonom?



Hypothese 1

Es gibt keinen MIV mehr – die gesamte Mobilität wird über öffentlichen Verkehr abgewickelt

Hypothese 2

Es gibt keine Ampeln mehr – die Verkehrssteuerung funktioniert nur noch V2V

Hypothese 3

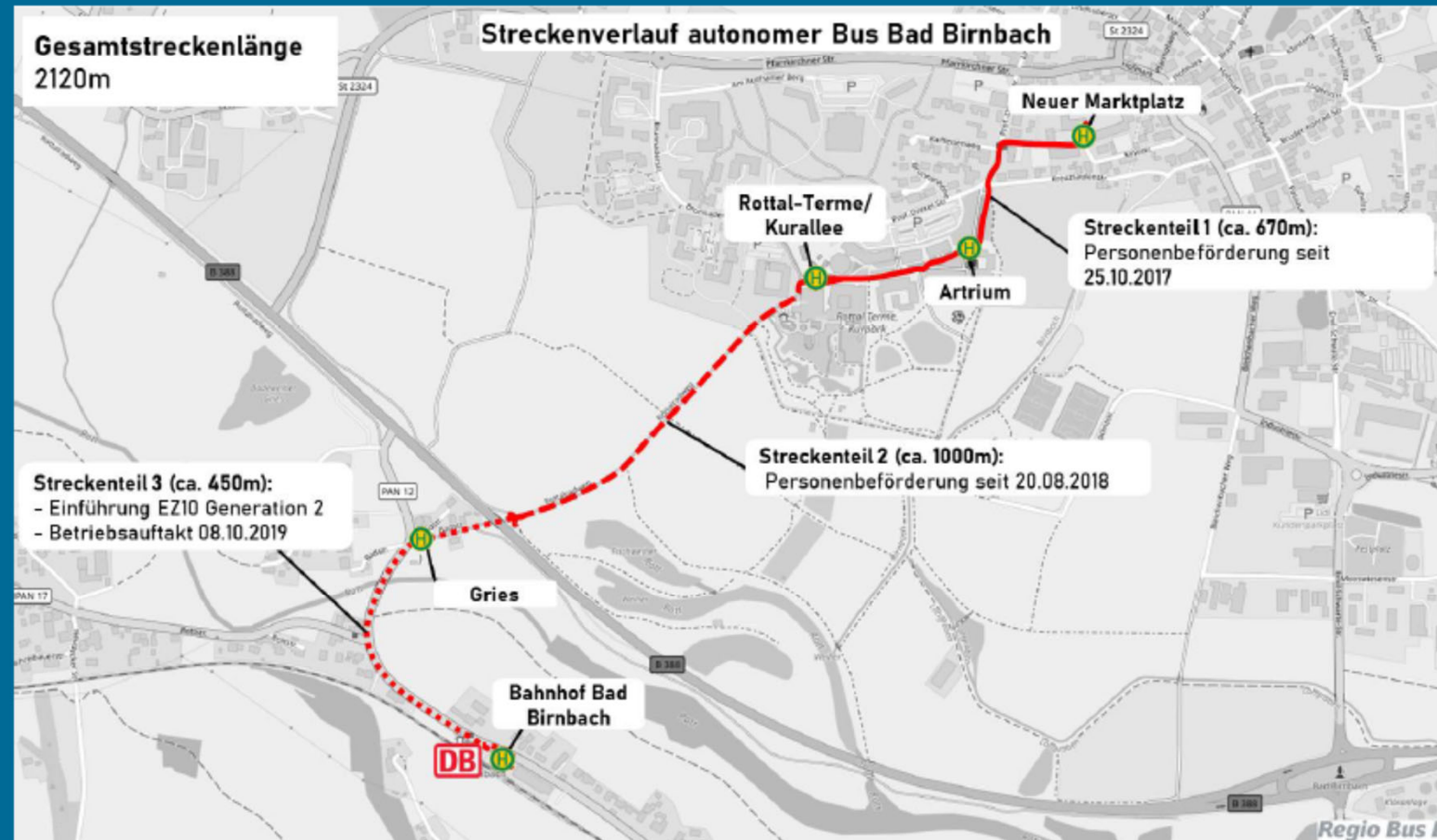
Es gibt eine zentrale Verkehrsüberwachung, die bei den Verkehrsunternehmen angesiedelt ist.



PROJEKTVORHABEN HEAL.

Ausgangssituation

- Betriebsaufnahme im **Oktober 2017**
- **Streckenerweiterung** im Oktober 2019
- Streckenlänge ca. **2.100m**
- Betrieb im **20 Minuten-Takt** zwischen 8 Uhr und 18 Uhr
- **11 Operatoren** im Einsatz
- **61.000 Fahrgäste** autonom transportiert
- **57.000 km** autonom zurückgelegt

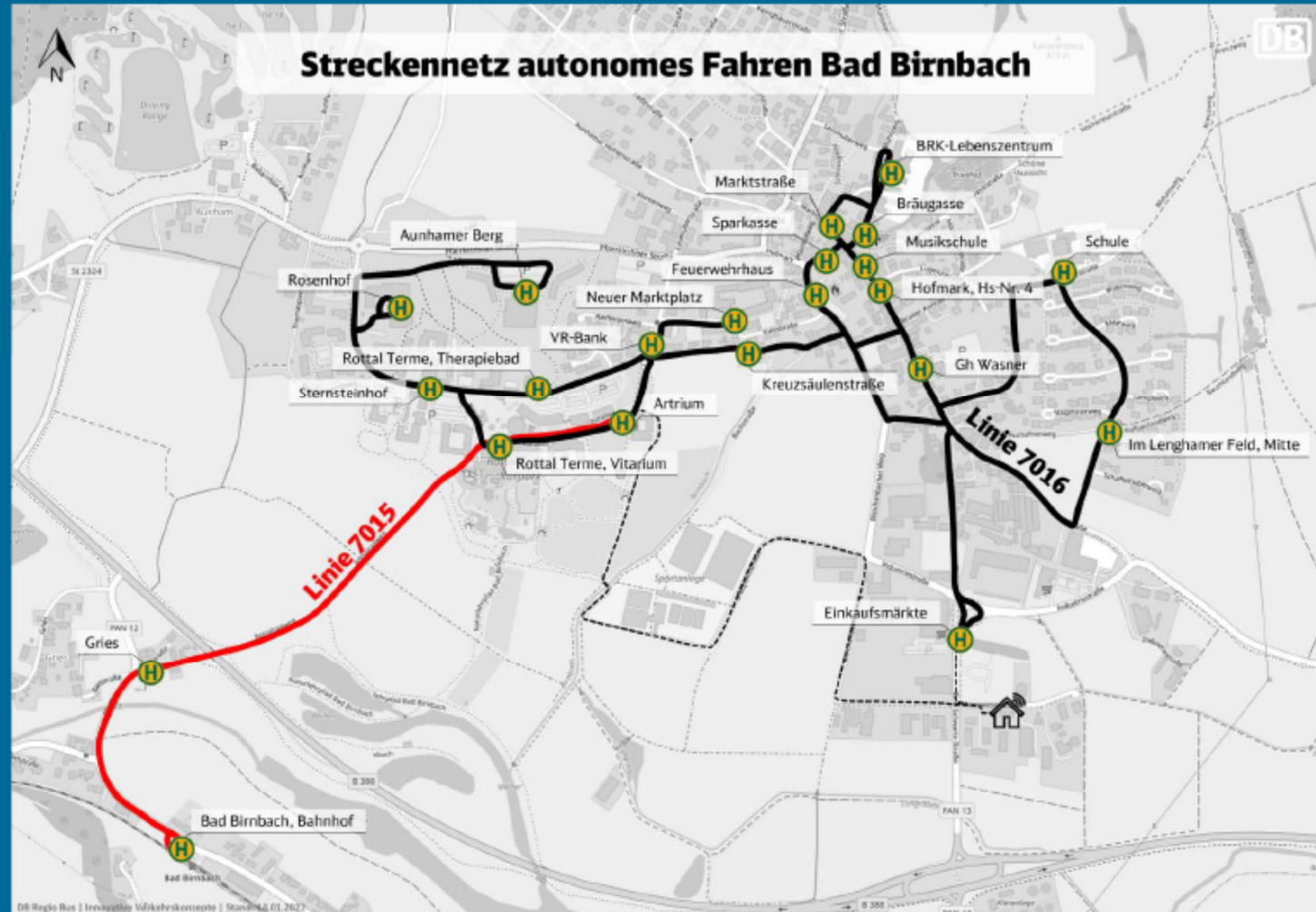


PROJEKTVORHABEN HEAL.



Aktueller Stand

- Abdeckung eines **großen Bereiches** des Markt Bad Birnbach
- Shuttles sind **On-Demand** (nach Bedarf) buchbar
- **20 Haltestellen** (14 virtuell und 6 physisch)
- Zwei zusätzliche Shuttles der **neuesten Generation 3B** von EasyMile
- Betriebsstart: **16. Mai 2022**



Es braucht eine integrierte, autonome Antwort!



Autonomes Fahren ist Booster der Verkehrswende.

Automatische induktive
Ladung

OnDeMo

Entwicklung einer KI-basierten
Lösung zur Planung und Steuerung
eines ÖPNV-Angebots

5G for Vision Zero

Wirtschaftlicher Betrieb
autonomer Shuttlebusse durch
Teleoperation

Planung intermodaler
Mobilitätsangebote

Reallabor für den Automatisierten
Busbetrieb im ÖPNV

Betrieb von bis zu 10 autonomen Fahrzeugen im öffentlichen Raum*

- 1 Kurzvorstellung der beiden Projekte AS-NaSA und AS-UrbanÖPNV
- 2 Best Practices zum automatisierten Fahren im ÖPNV
- 3 Operation Control Center (OCC) und V2X-Kommunikation
- 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- 5 Nutzerakzeptanz

■ Derzeitiger Automatisierungsgrad von Shuttlebussen zwischen "teilautomatisiert" und "vollautomatisiert,,

■ Heute Einsatz nur unter bestimmten Bedingungen:

- Fahrzeug fährt auf virtueller Schiene
- Sensoren witterungsanfällig
- zu wenig Daten zum Anlernen der KI
- Sicherheitsperson im Fahrzeug
- Operator übernimmt Aufgaben, wie umfahren von Hindernissen, Freigabe bei Kreisverkehr

■ Autonomes Fahren frühestens im Jahr 2030

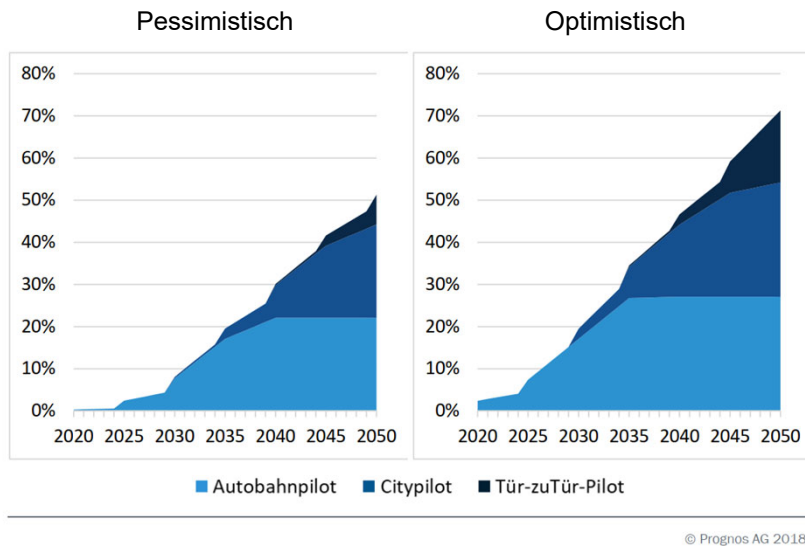


Bild 1: Anteil der Fahrzeuge mit Automatisierungsfunktionen an den Neuzulassungen [1]



Bild 2: Einsatzszenarien autonomer Fahrzeuge [2]

Pflichten der Technischen Aufsicht

„... die **Deaktivierung des Kraftfahrzeugs oder Freigabe von Fahrmanövern** vorzunehmen, soweit dies im Einzelfall, durch fahrzeugseitige Aufforderung, erforderlich ist.“ (BMVI, Gesetz zum autonomen Fahren)

- **Brückentechnologie auf dem Weg zum autonomen Fahren**
- **Teil der erforderlichen Infrastruktur**

Einsatzfelder Teleoperation:

- Innerbetriebliche und
- Außenliegende Industrieumgebung
- Bislang nicht im öffentlichen Verkehr zugelassen (Ausnahme Testversuch der Firma Vay in Hamburg)



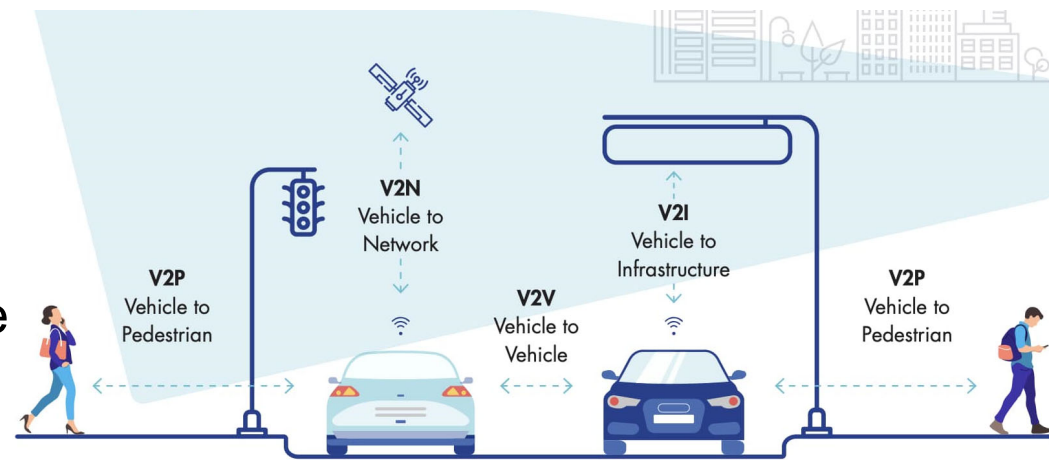
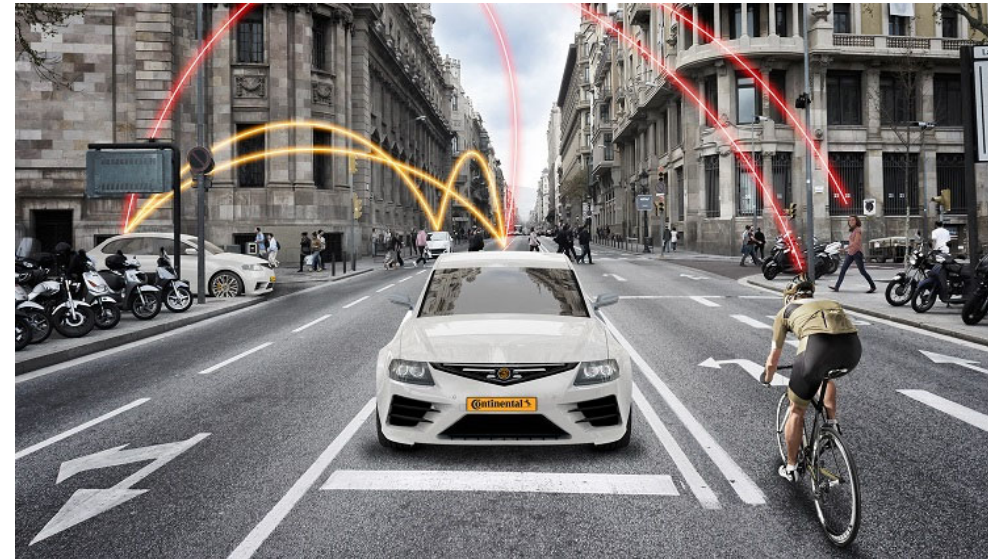
Bild 3: Betriebszentrale Verkehr [4]



Bild 4: Remote Cockpit für Teleoperation [5]

V2X: Kopplung von Fahrzeugen und Infrastruktur

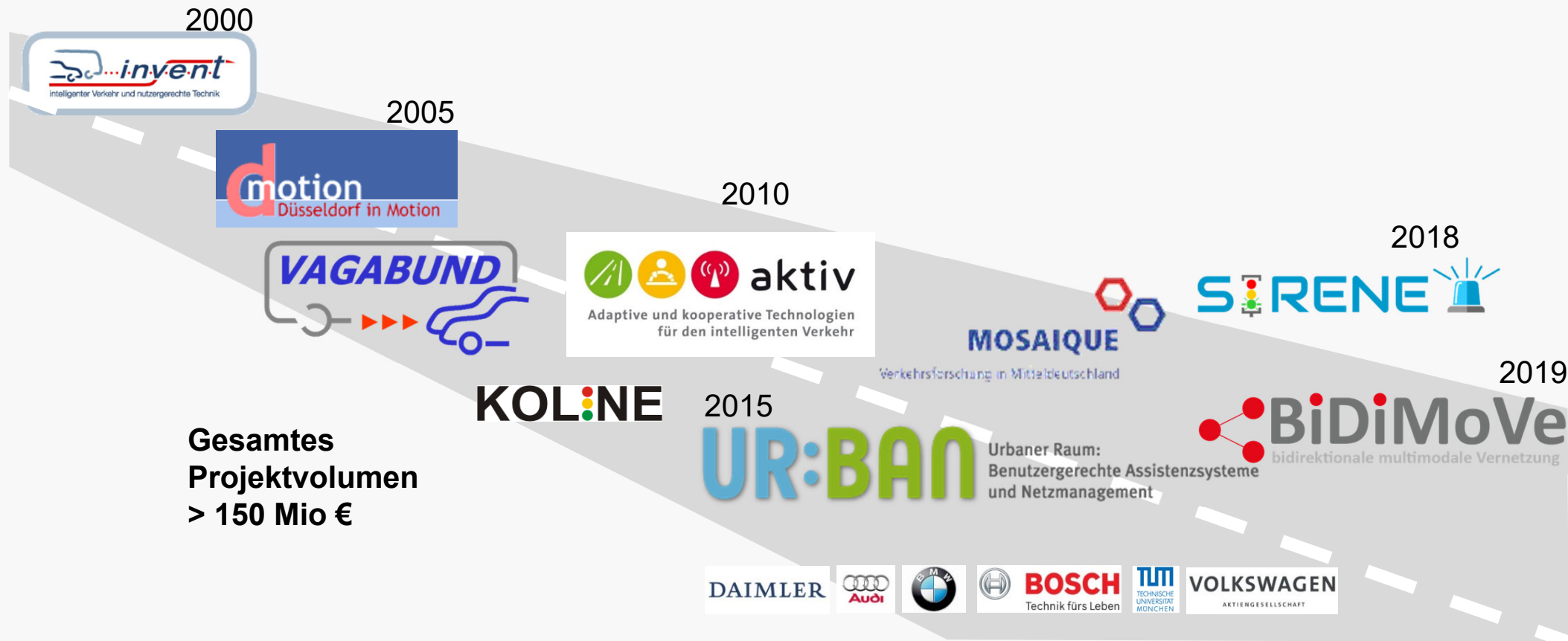
- Vehicle to Everything (V2X) umfasst diverse Kommunikationsmöglichkeiten standardisiert durch das ETSI
- Fahrzeug und Infrastruktur werden zu aktiven Informationsquellen und stellen Daten in Echtzeit bereit
- Dient der Fahrassistenz, Vermeidung von Beeinträchtigungen durch schlechte Straßenverhältnisse 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]

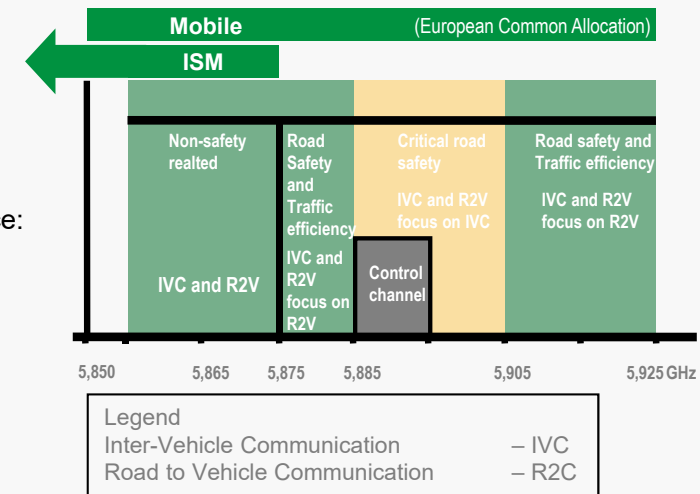
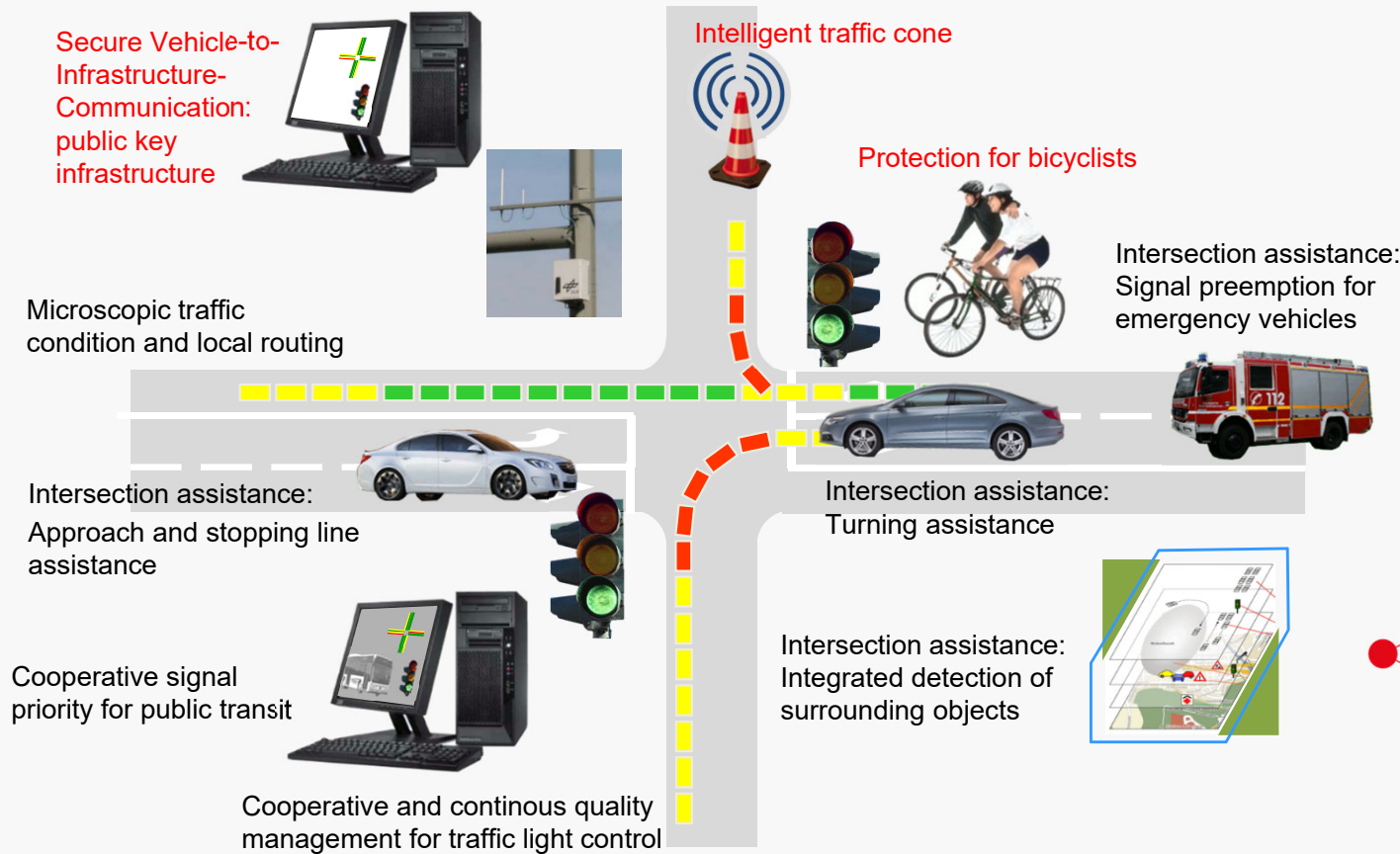
Leitprojekte des ifak zu Intelligenten Verkehrssystemen (IVS)

Beteiligungen des ifak mit Bezug IVS und vernetztem Fahren (V2X)



V2X automated and connected driving

■ Sichere Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur



BiDiMoVe
bidirektionale multimodale Vernetzung

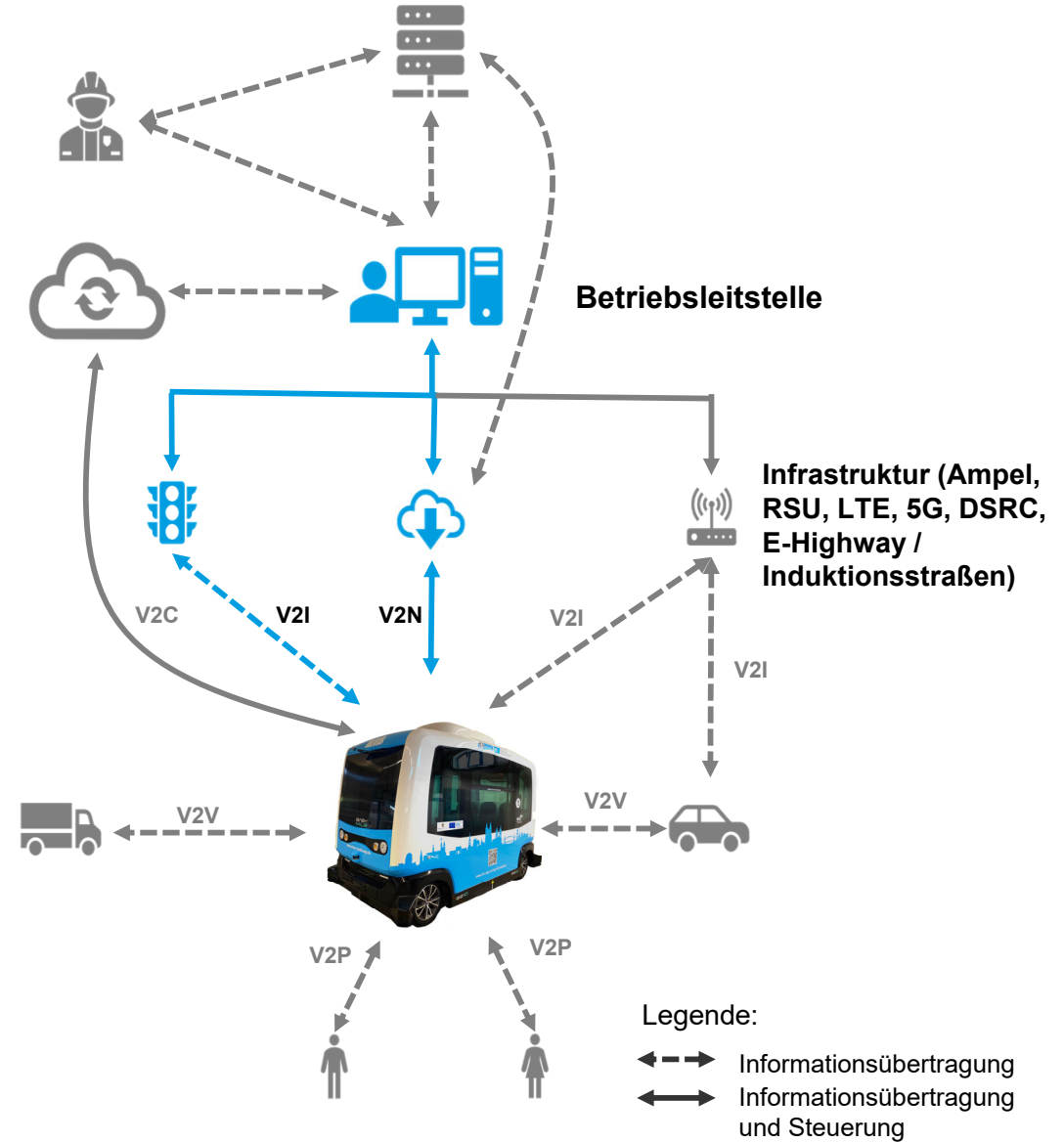
Quelle:
Volkswagen AG

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

UR:BAU

Anbindung des Shuttlebusses an die Betriebsleitstelle und Informationsübertragung zwischen Lichtsignalanlage (LSA) und Leitstelle



Betriebsleitstelle als Teil der erforderlichen Infrastruktur

- 1 Kurzvorstellung der beiden Projekte AS-NaSA und AS-UrbanÖPNV
- 2 Best Practices zum automatisierten Fahren im ÖPNV
- 3 Operation Control Center (OCC) und V2X-Kommunikation
- 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- 5 Nutzerakzeptanz

Fahrzeug



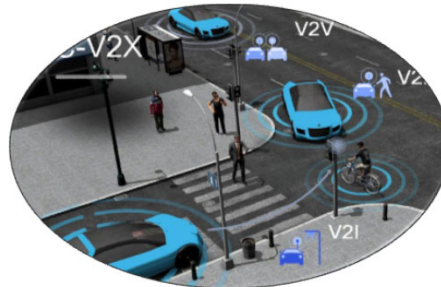
Investitionskosten

- Abschreibung pro Jahr
- Kalkulatorische Zinsen
- Zulassung
- Einmessen der Strecke
- Schulung
- Vorbereitung Pilotbetrieb

Betriebskosten

- Personalkosten
- Fahrzeugnutzung
 - Versicherung
 - Wartung / Instandhaltung
 - Energie
 - Overhead

Infrastruktur



Investitionskosten

- Abschreibung pro Jahr
 - Road-Site-Units
 - Markierungen
 - Beschilderung
 - Lokalisierung
 - Unterstand (Strecke)

Betriebskosten

- Infrastrukturnutzung
 - Wartung / Instandhaltung
 - Energie
 - Versicherung

Betriebsleitstelle



Investitionskosten

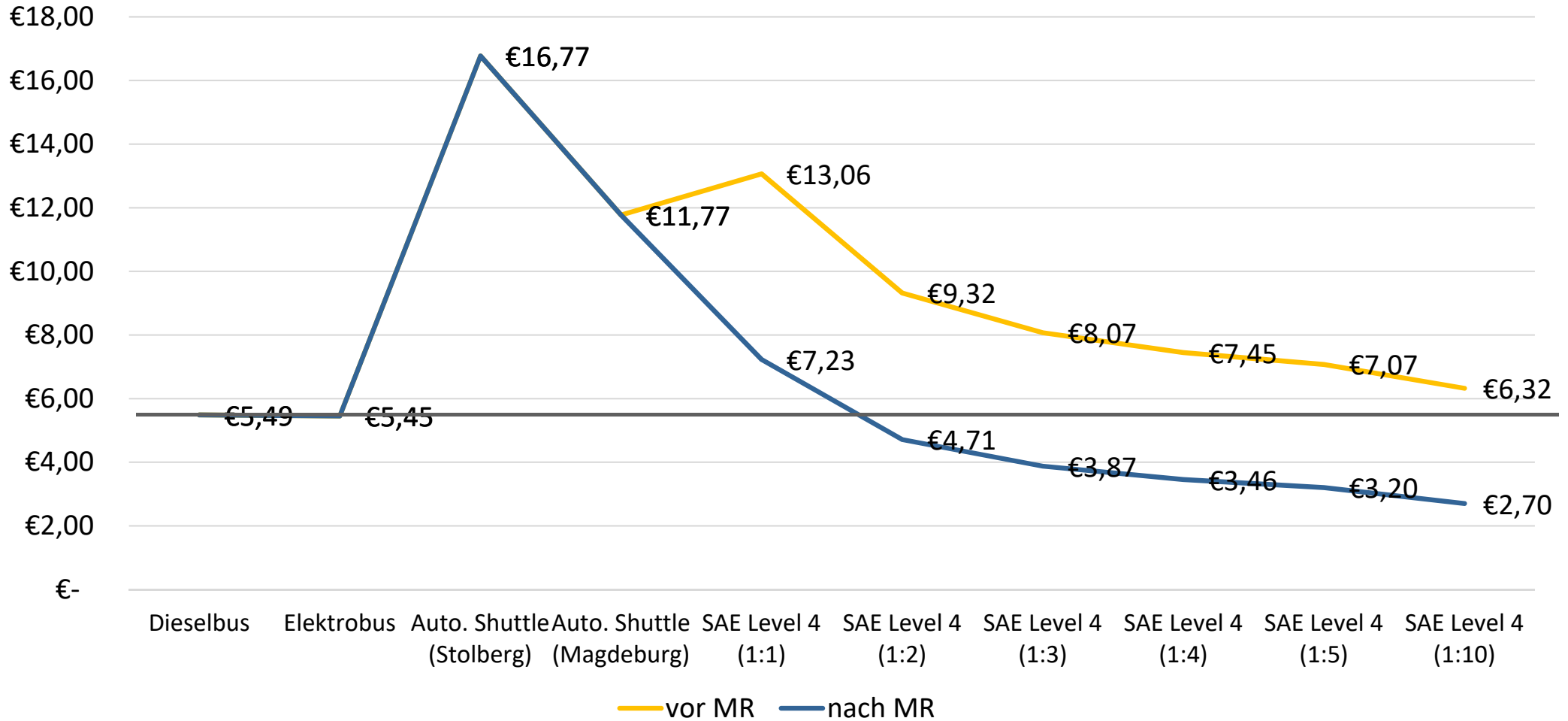
- Arbeitsplatz
- Software
- Mitarbeiterschulung

Betriebskosten

- Personalkosten
- Software-Lizenzgebühren
- Wartung / Instandhaltung
- Versicherung

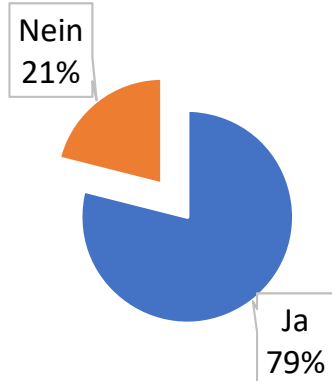
Projektmanagement

Kosten für Fahrzeug/km ohne Infrastruktur

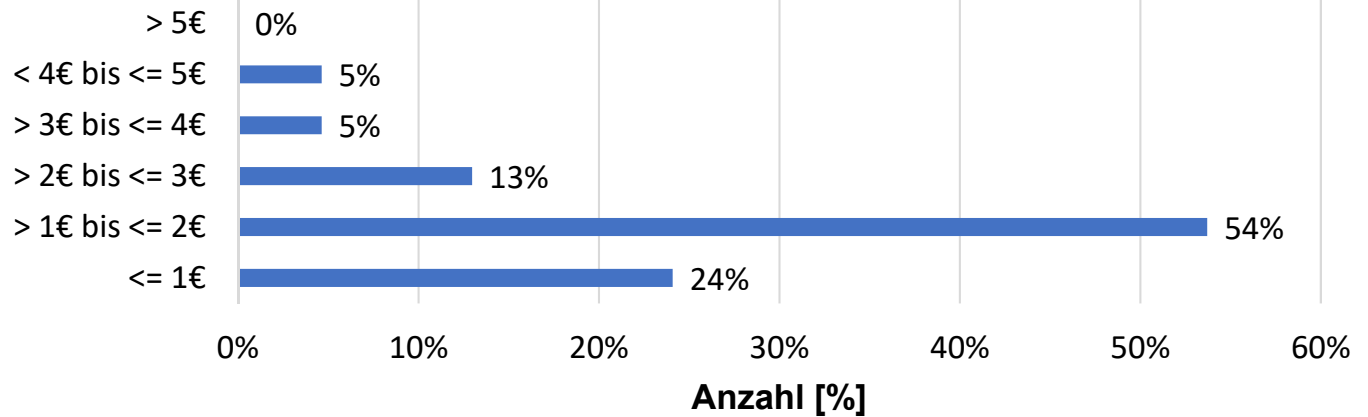


- 1 Kurzvorstellung der beiden Projekte AS-NaSA und AS-UrbanÖPNV
- 2 Best Practices zum automatisierten Fahren im ÖPNV
- 3 Operation Control Center (OCC) und V2X-Kommunikation
- 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- 5 Nutzerakzeptanz

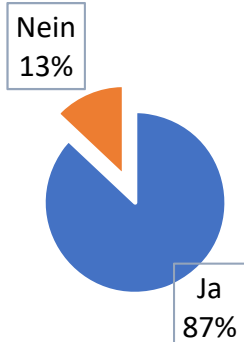
Würden Sie für eine Fahrt in Stolberg im aut. Shuttlebus zukünftig Geld bezahlen?



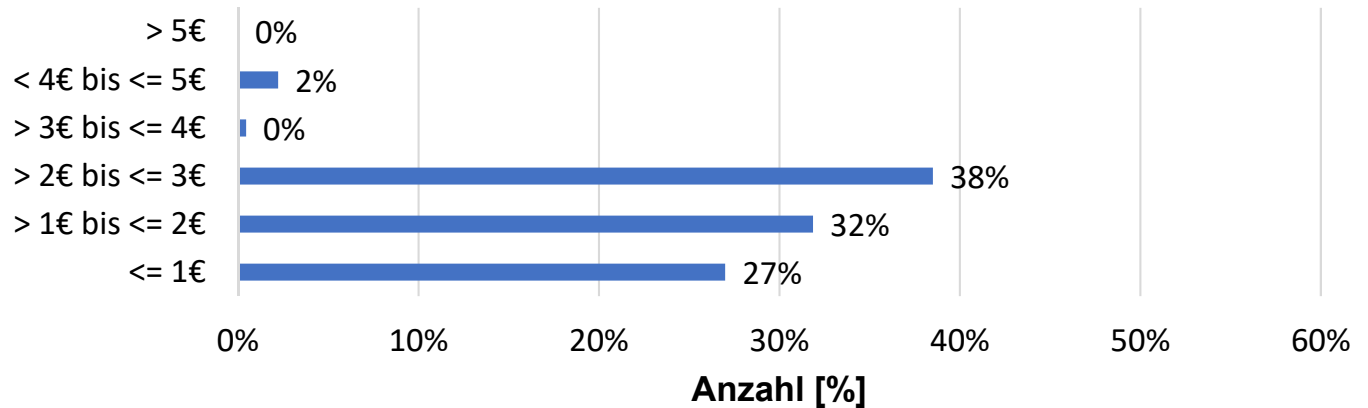
Falls ja, wie viel wären Sie bereit auszugeben?



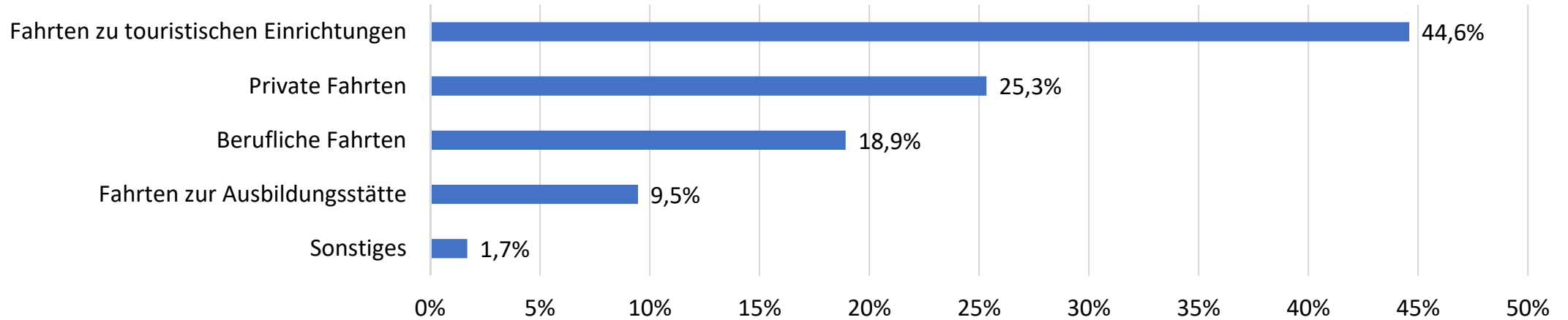
Würden Sie für eine Fahrt in Magdeburg mit dem aut. Shuttlebus zukünftig Geld bezahlen?



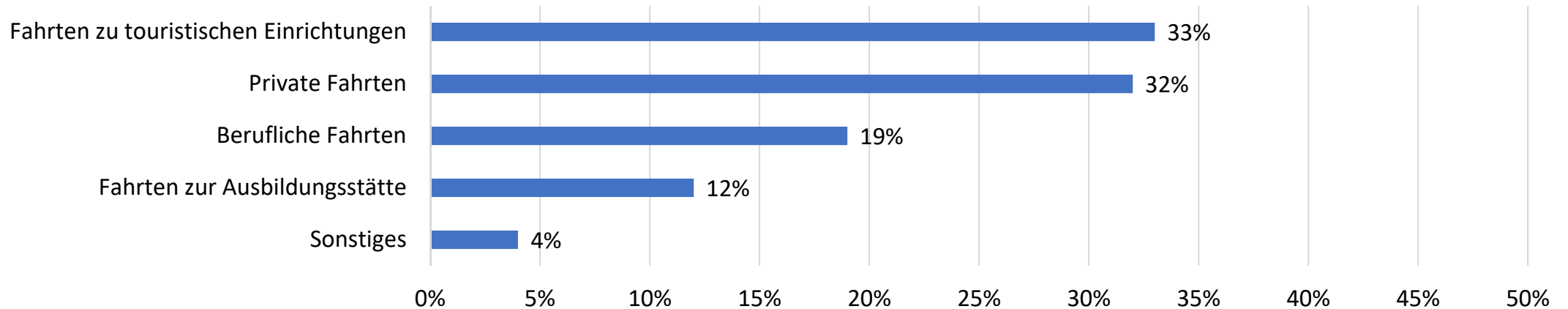
Falls ja, wie viel wären Sie bereit auszugeben?



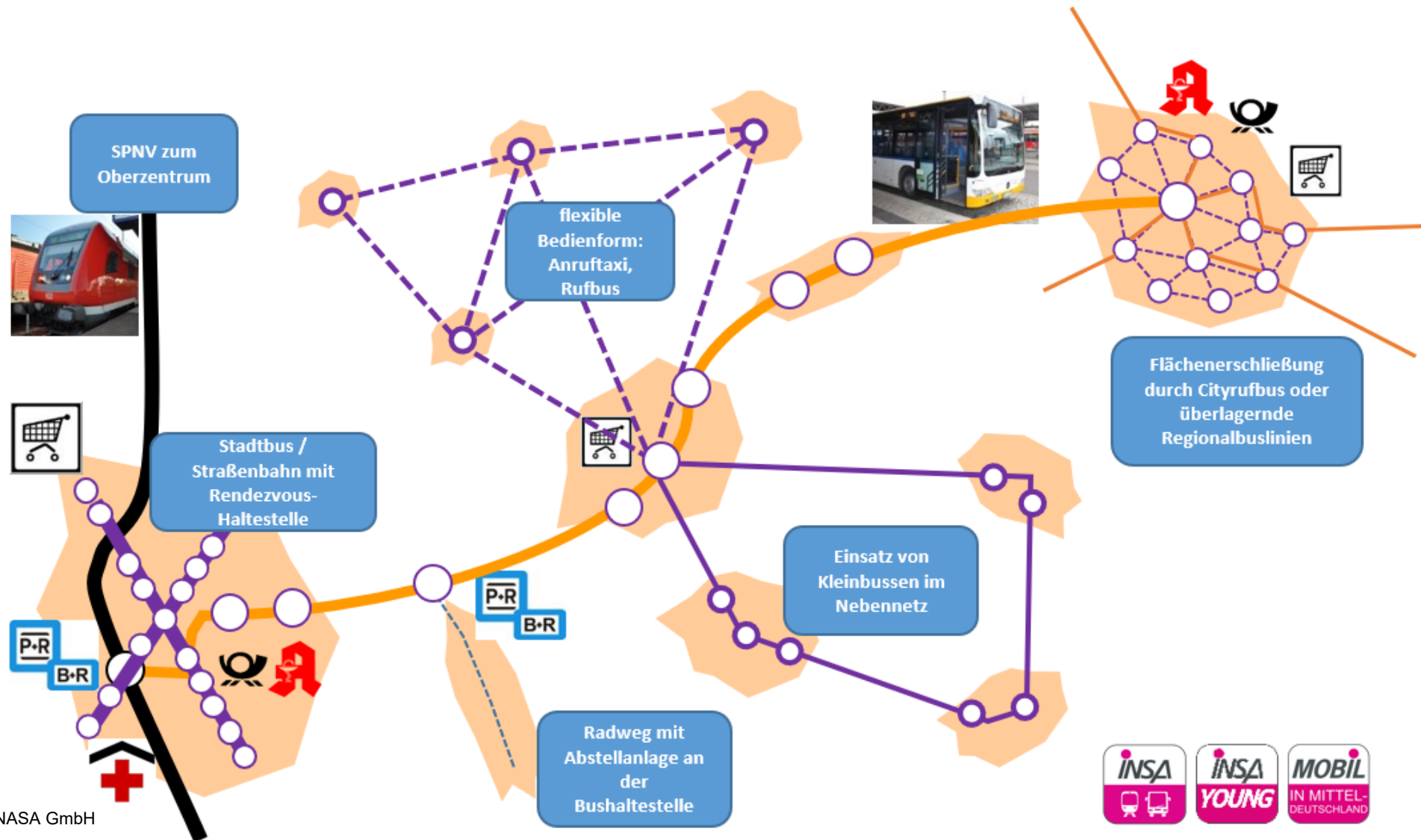
Stolberg: Für welchen Weg würden Sie den automatisierten Shuttlebus in Zukunft nutzen?



Magdeburg: Für welchen Weg würden Sie automatisierte Shuttlebusse in Zukunft nutzen?



- ▶ Das Automatisierte Fahren im ÖPNV bedarf weiterer Entwicklungsschritte.
- ▶ Kleine automatisierte Shuttlebusse werden in Zukunft den ÖPNV gut ergänzen.



Quelle: NASA GmbH

- ▶ Kommunen und Landkreise sind eingeladen, die Entwicklungen zu begleiten.
- ▶ Leitfaden zur Einführung automatisierter Shuttlebusse erschienen.



Sönke Beckmann - Hartmut Zadek

Leitfaden

zur Einführung
automatisierter Shuttlebusse



Studie gefördert durch den
Europäischen Fonds für
Regionale Entwicklung (EFRE)
mit Ergebnissen aus den Projekten:

Automatisierte Shuttlebusse - Nutzenanalyse
Sachsen-Anhalt (AS-NaSA)
und
Automatisierte Shuttlebusse - Urbaner ÖPNV
(AS-UrbanÖPNV)

ZADEK-PUBLIKATIONEN ZUR LOGISTIK

Schlüsselfaktoren für die Akzeptanz

- + Geschwindigkeiten erforderlich, die vergleichbar zu klassischem ÖPNV sind
- + On-Demand-Verkehre/ Ruf-Bus
- + Tür-zu-Tür-Verkehr bzw. Tür-zu-Umsteigepunkt-Verkehr
- + Fahrzeiten für anderes nutzen
- + Geringere Mobilitätskosten
- + ggf. attraktivere Arbeitsplätze?
- + ...



www.wlo.ovgu.de

[logistik_ovgu](https://www.instagram.com/logistik_ovgu)

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

...gestalte die Logistik von Morgen.

