



Mobility Solutions  
A COMPANY OF ZF



# Autonome Bus-Shuttles für die Stadt Kitzingen

## Machbarkeitsstudie: Erste Ergebnisse

### Stadtrat Kitzingen | 28. Juli 2022



# Vorbemerkung: Wie nähern wir uns dem Thema “autonomes Fahren”?

Was spricht für  
und was gegen  
autonomes  
Fahren?

oder

Wie ist unsere  
zukünftige  
Lebensweise? Ist  
autonomes  
Fahren ein  
Befähiger?



01

Vorstellung der Projektpartner  
DB Regio Bus & ZF

02

Ausgangslage &  
Aufgabenstellung

03

Technologie des  
autonomen Shuttles

04

Streckenauswahl und  
-bewertung

05

Zusammenfassung,  
Diskussion & nächste Schritte

# Vorstellung Projektpartner



**Mobility Solutions**  
A COMPANY OF ZF

**Jochen Benz**

Die **ZF Friedrichshafen AG (ZF)** ist ein weltweit aktiver Technologiekonzern und liefert Systeme für die Mobilität von Pkw, Nutzfahrzeugen und Industrietechnik. Mit einem umfassenden Technologieportfolio bietet ZF ganzheitliche Lösungen für etablierte Automobilhersteller sowie Mobilitätsanbieter und neu entstehende Unternehmen im Bereich Transport und Mobilität. Ein Schwerpunkt der Weiterentwicklung der ZF-Systeme ist die digitale Vernetzung und Automatisierung. ZF lässt Fahrzeuge sehen, denken und handeln.

**ZF Mobility Solutions GmbH**, eine 100 %-Tochter von ZF, bietet Beratung, Projektierung und Umsetzung von automatisierten Mobilitätskonzepten und Mobility-as-a-Service Lösungen. Die autonomen Shuttles können auf baulich getrennten Fahrbahnen, auf eigenen Fahrspuren, aber auch im Mischverkehr eingesetzt werden.



**Stefan Kretzschmar**

**DB Regio Bus**, die Bussparte der DB Regio AG, ist mit rund 420 Millionen Fahrgästen der größte Anbieter im deutschen Busverkehr. Wir betreiben über 9.900 Busse in fast 300 Landkreisen und kreisfreien Städten. Damit sichern wir klimafreundlichen öffentlichen Nahverkehr, stellen den Anschluss an den Schienenverkehr her und bieten ein attraktives Mobilitätsangebot sowohl in Städten als auch auf dem Land.

Über das Kerngeschäft hinaus bietet die DB Regio Bus in Zusammenarbeit mit den lokalen Aufgabenträgern weitere Verkehrssysteme für das passende Mobilitätsangebot vor Ort an. Als Betreiber des ersten hochautomatisierten Busses im öffentlichen Verkehr in Deutschland (Bad Birnbach) kann zudem bereits auf einen breiten Erfahrungsschatz im Einsatz hochautomatisierter Verkehrsmittel zurückgegriffen werden.



**Mobility Solutions**  
A COMPANY OF ZF



# Potenzielle Rollen der Projektpartner bei Projektrealisierung

## Beteiligte (unter anderem)



Stadt Kitzingen (Auftraggeber)



ZF Friedrichshafen AG /  
ZF Mobility Solutions GmbH



DB Regio AG / DB Regio Bus

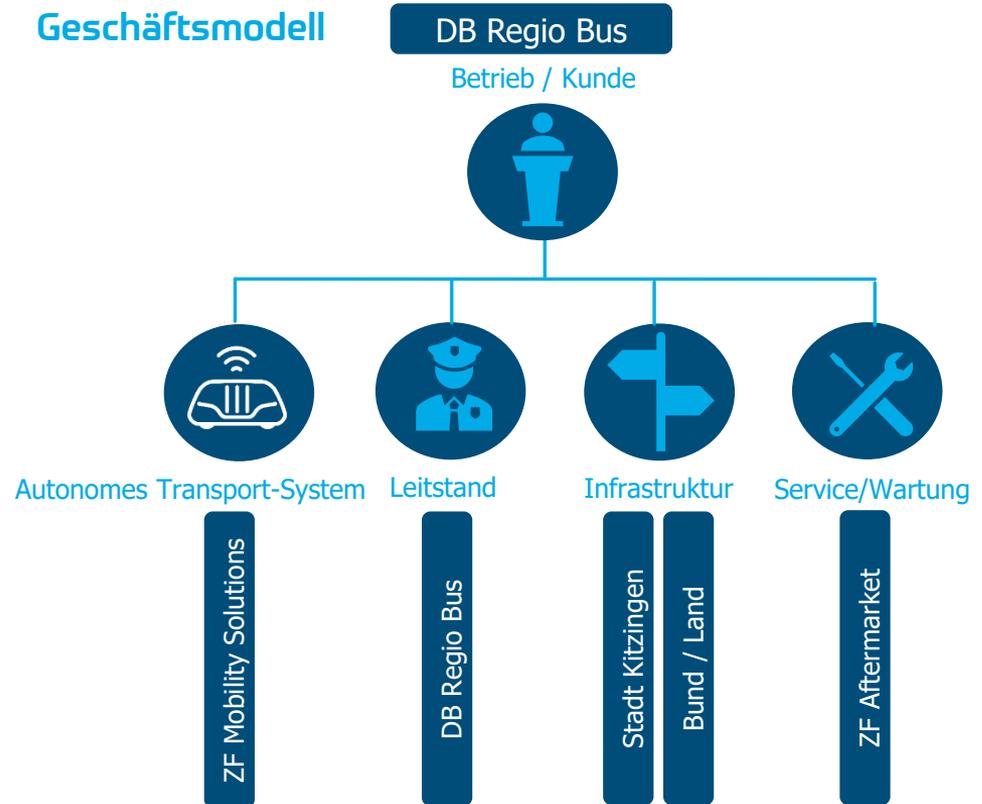


Fördermittelgeber

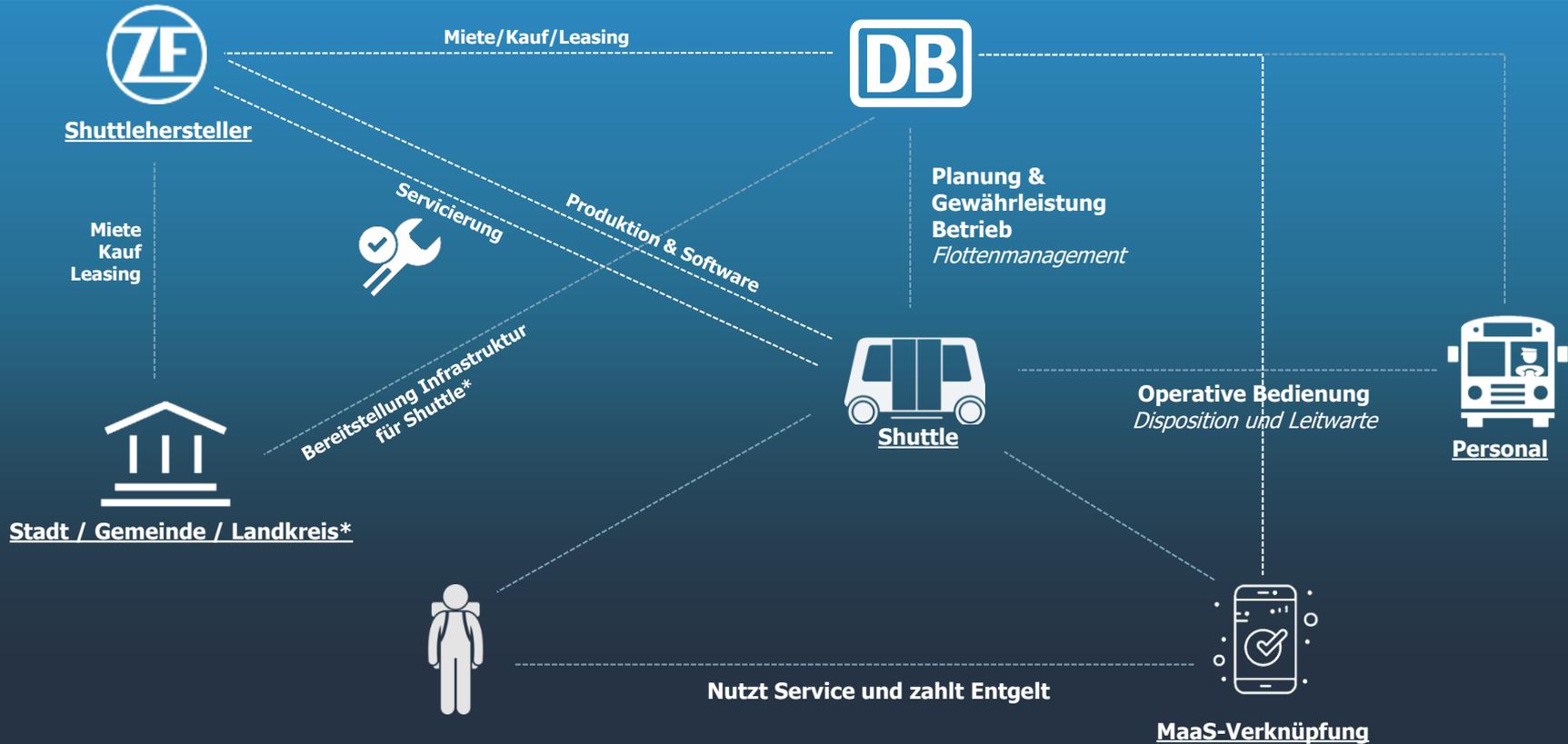


Weitere

## Geschäftsmodell



# Potenzielle Rollen der Projektpartner bei Projektrealisierung



# Gemeinsame Markterschließung



Automating  
Next  
Generation  
Mobility

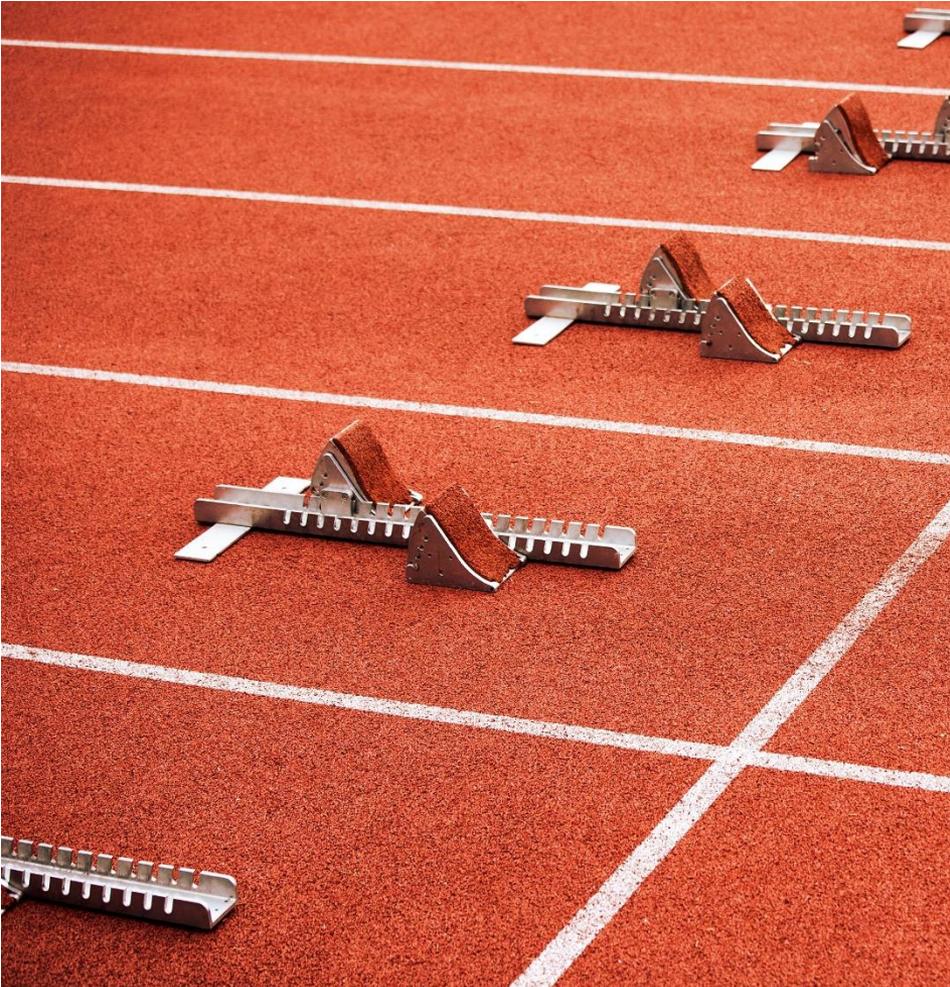


7. Oktober 2021

## ZF und DB Regio vereinbaren strategische Partnerschaft für autonome Transportsysteme

- Partnerschaft soll Realisierung von autonom fahrenden Bus-Shuttles beschleunigen
- Erste Projekte sind identifiziert und können demnächst beginnen
- Bundesweiter Bedarf von über 30.000 autonomen Shuttlebussen bis zum Jahr 2035 erwartet





**01**

Vorstellung der Projektpartner  
DB Regio Bus & ZF

**02**

Ausgangslage &  
Aufgabenstellung

**03**

Technologie des  
autonomen Shuttles

**04**

Streckenauswahl und  
-bewertung

**05**

Zusammenfassung,  
Diskussion & nächste Schritte

# Ausgangslage & Rahmenbedingungen

Zu hohes Aufkommen an Individualverkehr

Umweltverschmutzung

Überfüllte oder leere Busse

Herausforderung: Anbindung ländlicher Raum

Busfahrermangel

# Wie lösen wir die QUANTITATIVEN verkehrlichen Herausforderungen?



Heute



E-Mobility



Robo-Taxis

Antwort:  
Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs durch Ausbau des ÖPNV mit neuen  
Mobilitätsformen wie z. B. autonome Shuttles

# Ausgangslage & Aufgabenstellung

## Ausgangslage

- Hohes Verkehrsaufkommen in Kitzingen und Zubringern mit hohem Anteil Individualverkehr
- **Stau, Umweltbelastung** und **CO<sub>2</sub>-Ausstoß** sollen reduziert werden
- **Neue Verkehrskonzepte** werden seit vielen Jahren kontrovers diskutiert
- **Attraktive Anbindung an Bahnhof**

## Lösungsansätze

- Fahrzeuge mit **umweltgerechten Elektro-Antrieben**
- **Skalierbarkeit im ÖPNV**
- **Entlastung der Verkehrssituation** in Kitzingen und den Zubringern durch u. a. **kleinere Gefäßgrößen mit höherer Taktung**
- Nutzung und Ausbau **vorhandener Verkehrsinfrastruktur**
- **Synergien mit weiteren Projekten zum autonomen Fahren** in der Region ("ATS-Cluster Unterfranken")
- **Kitzingen wird zum Vorreiter in Deutschland** für den realen Einsatz von **Zukunftstechnologien**

## Mehrwert

- **Fahrbetrieb nach Fahrplan (höhere Taktung) und bedarfsgerecht** auf Abruf
- **Neues Verkehrskonzept** mit Effekten zur Reduzierung des Individualverkehrs und verbesserter Umweltsituation
- **Stärkung des Wirtschaftsstandortes Kitzingen**
- Nutzung vorhandener Synergien z.B. im **Service von Fahrzeugen** durch **ZF am Standort Schweinfurt**

Auftrag: Schaffung einer nachhaltigen Lösung für die verkehrlichen Herausforderungen in Kitzingen

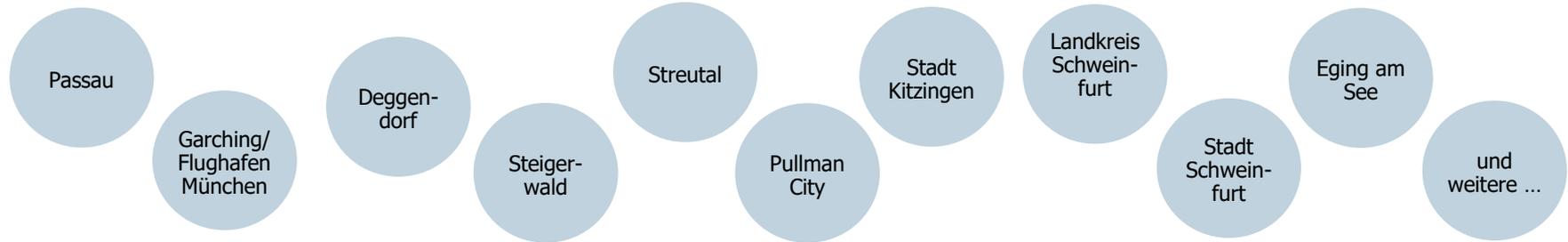
# Vorbereitung Markteintritt Deutschland [VIDEO]

- Strategische Partnerschaft mit DB Regio
- Innovationspartnerschaft mit Hamburger Hochbahn
- Projekt RABus, Baden-Württemberg (Reallabore in Mannheim, Friedrichshafen)
- Projekt PIA, Saarland (ZF-Werksverkehr in Saarbrücken)
- > 50 Projektanfragen aus dem ganzen Bundesgebiet



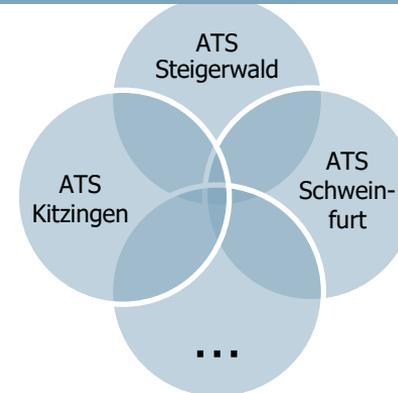
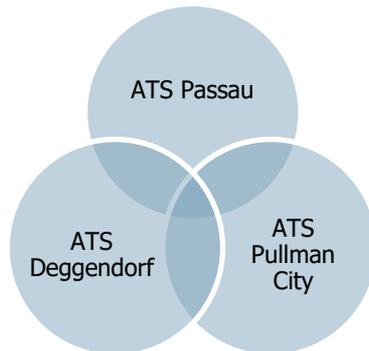
# BAYERN | Ansatz von DB Regio & ZF: Bündelung von Projekten zur Erzielung maximaler technischer und kommerzieller

Vielzahl von individuellen Anfragen aus Bayern



>> Ansatz 1: Bündelung Niederbayern

>> Ansatz 2: Bündelung Franken





## AUTOMOTIVE GRADE

01

Vorstellung der Projektpartner  
DB Regio Bus & ZF

02

Ausgangslage &  
Aufgabenstellung

03

Technologie des  
autonomen Shuttles

04

Streckenauswahl und  
-bewertung

05

Zusammenfassung,  
Diskussion & nächste Schritte

# ZF-Shuttle – Erreichte Ziele bis heute



Einsatz Autonomer  
Fahrzeuge seit

**1997**

**>100** Millionen Kilometer  
zurückgelegt

**>14** Millionen Passagiere  
transportiert

Marktführer im Bereich  
Autonomer Shuttles

Verfügbarkeit  
des Systems **>99,7 %**



## RIVIUM – 2022



Abgetrennte Fahrspur:  
**Segregated  
Lane (SL)**



Kontrollraum/Leitstelle    Ladesystem    Kameras & WIFI    Info-Systeme/"Req. panels"    Flotte im Echtbetrieb



**Weltweit erstes fahrerloses Transitsystem im Mischverkehr** im Betrieb ab Sep. 2022 (SL), MO folgt

- 6 Fahrzeuge von 2getthere
- 3.000 tägliche Fahrgäste
- 2,4 km Streckenlänge



**Weltweit erstes AD-zertifiziertes Transportsystem im Realbetrieb (kein Pilot)**

# Markteintritt Deutschland: Projekt RABus

„Reallabor für den Automatisierten Busbetrieb in der Stadt und auf dem Land“

## Öffentlich gefördertes Projekt

- Fördermittelgeber: Verkehrsministerium BW
- 2 Phasen, Phase 1 bewilligt  
Phase 1: 01.05.2020-31.12.2022  
Phase 2: 01.01.2021-31.12.2024

## 2 Reallabore (Testfelder)

- **Mannheim:** Erschließung eines neuen Wohnquartiers; Fahrerloser Betrieb im Mischverkehr
- **Friedrichshafen:** Innenstadt- und Überlandbetrieb (>40 km/h)

## Konsortium

- 6 Konsortialpartner
- Forschung/Wissenschaft, ÖPNV-Betreiber, Industrie

## Ziel

- Entwicklung von elektrischen Busshuttles hin zum autonomen Level-4 erforschen
- Zukunftsfähiger ÖPNV in Baden-Württemberg



# Das ZF-Shuttle: Anwendungen & aktuelle Spezifikation



## Gesonderte Fahrspur

(SL = Segregated Lane)



## Zugeordnete Fahrspur

(DL = Dedicated Lane)



## Mischverkehr

(MO = Mixed Operations)



85 kW  
Motor



36,8 kWh  
Batteriekapazität



bis 50 km



L 6.000  
B 2.100  
H 2.800  
(mm)



22 Personen  
(bis zu 8 sitzend)



bis 40 km/h  
Geschwindigkeit

# „Segregated Lane“ (separierte Spur) Schnell, effizient – und bereits heute umsetzbar



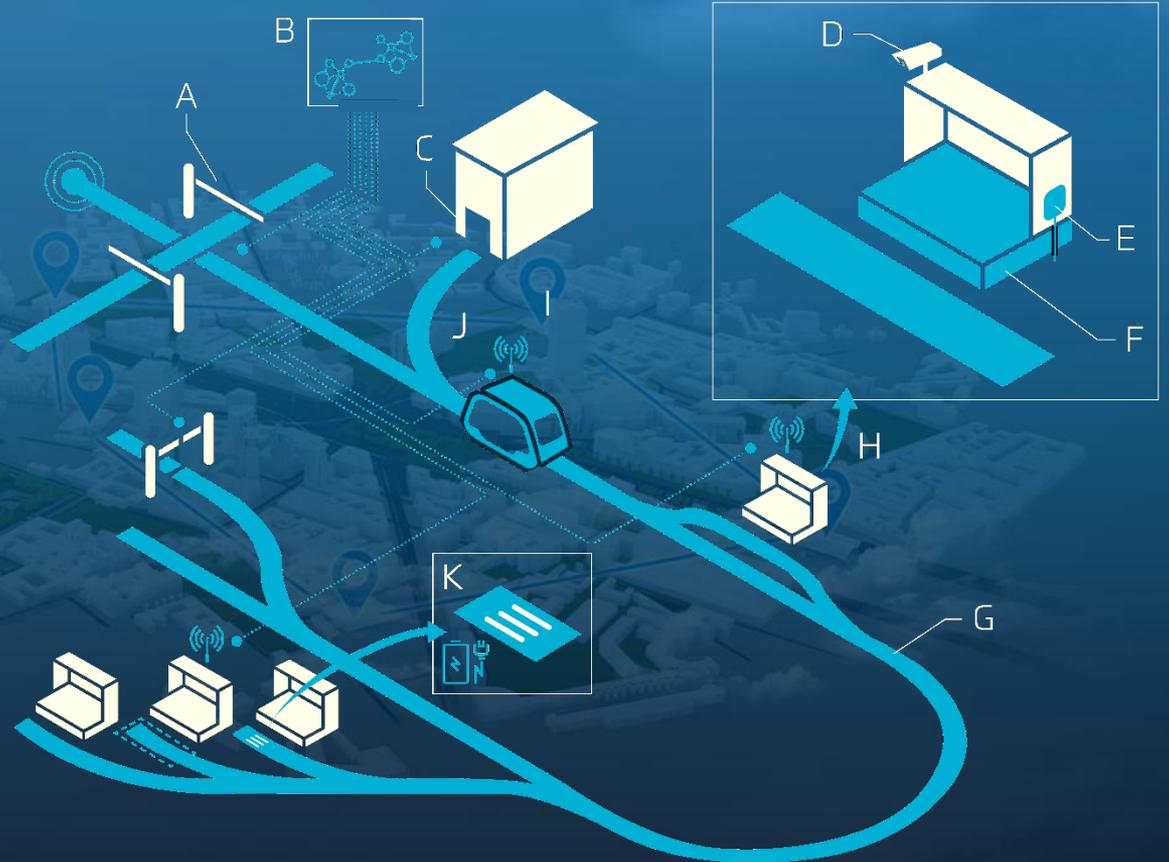
## Öffentlicher Raum

- Anbindung an ÖPNV
- Längere Strecken
- Verbindung ländlicher Raum
- Park & Ride-Zubringer

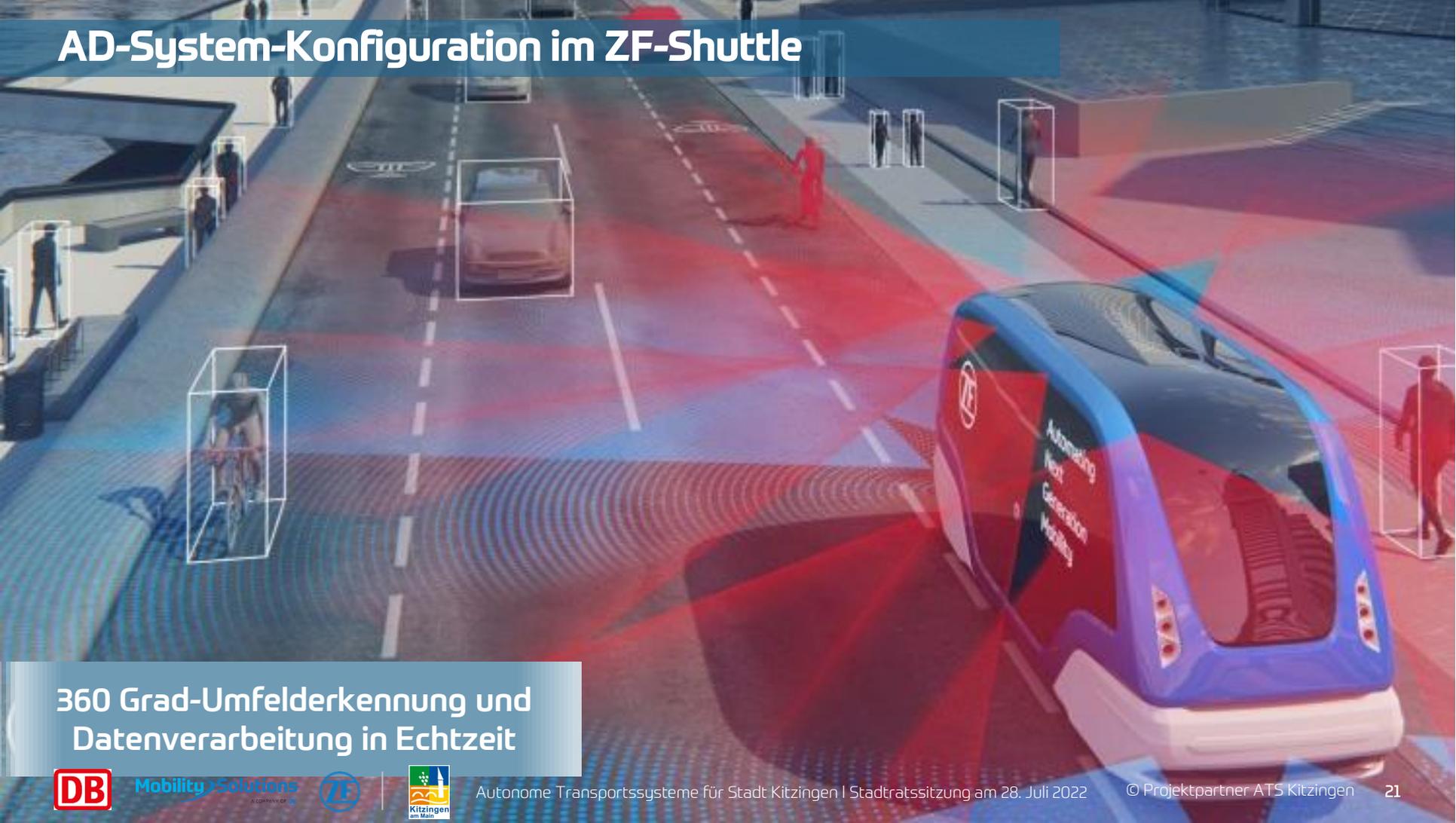


# ZF's ATS-Infrastruktur-Portfolio

- A – Barrieren (für SL Anwendungen)
- B – Flottenmanagement System (TOMS)
- C – O&M Infrastruktur
- D – CCTV (integriert in TOMS)
- E – Informations- und Buchungsterminal
- F – Plattform
- G – Route
- H – Haltestelle
- I – WLAN
- J – Autonomes Shuttle
- K – Schnellladesystem



# AD-System-Konfiguration im ZF-Shuttle



360 Grad-Umfeldererkennung und  
Datenverarbeitung in Echtzeit



Mobility Solutions  
powered by



Autonome Transportssysteme für Stadt Kitzingen | Stadtratssitzung am 28. Juli 2022

© Projektpartner ATS Kitzingen

# Lokalisierung über Magnete | Ladeinfrastruktur

Die zuverlässigste Methode der Lokalisierung, basierend auf in den Boden eingelassenen Magneten



Manueller Lademechanismus  
Ladung über Kabel erfolgt in einer  
Wartungseinrichtung



Automatischer Lademechanismus  
Versenkbarer automatischer  
Lademechanismus





**01**

Vorstellung der Projektpartner  
DB Regio Bus & ZF

**02**

Ausgangslage &  
Aufgabenstellung

**03**

Technologie des  
autonomen Shuttles

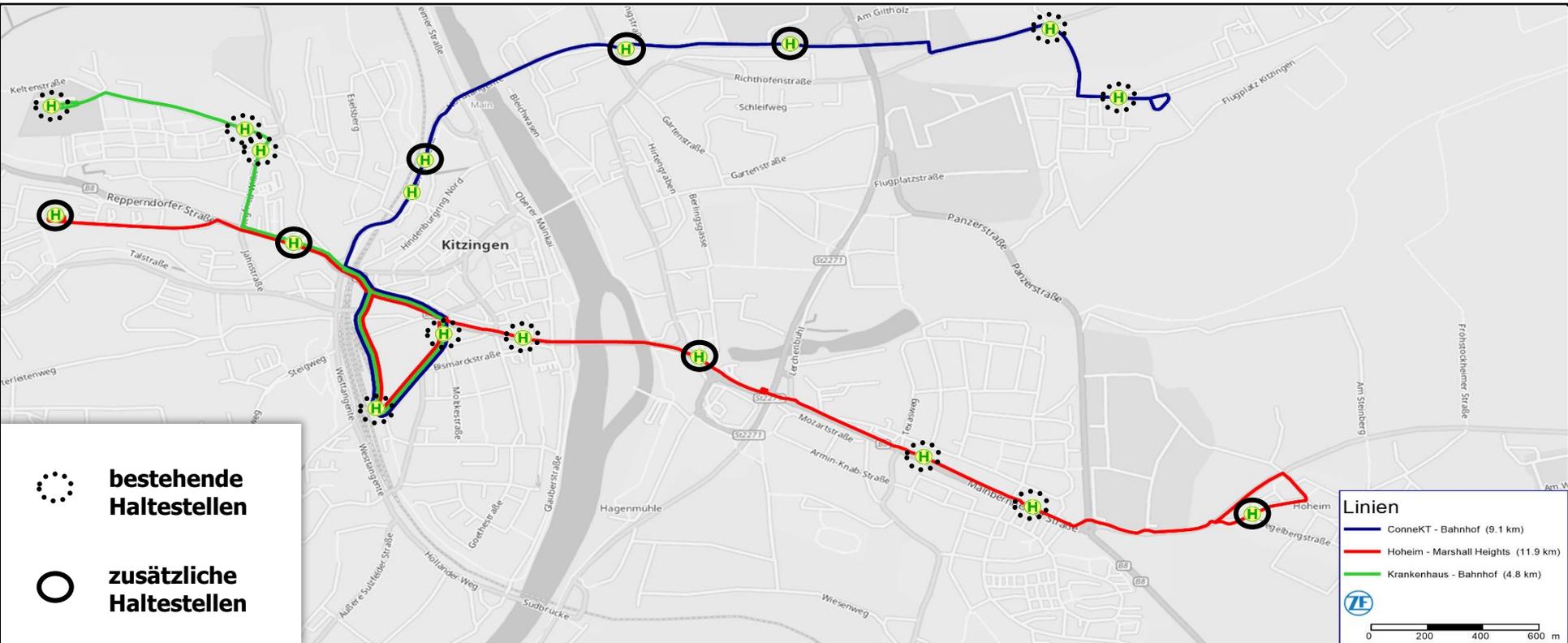
**04**

Streckenauswahl und  
-bewertung

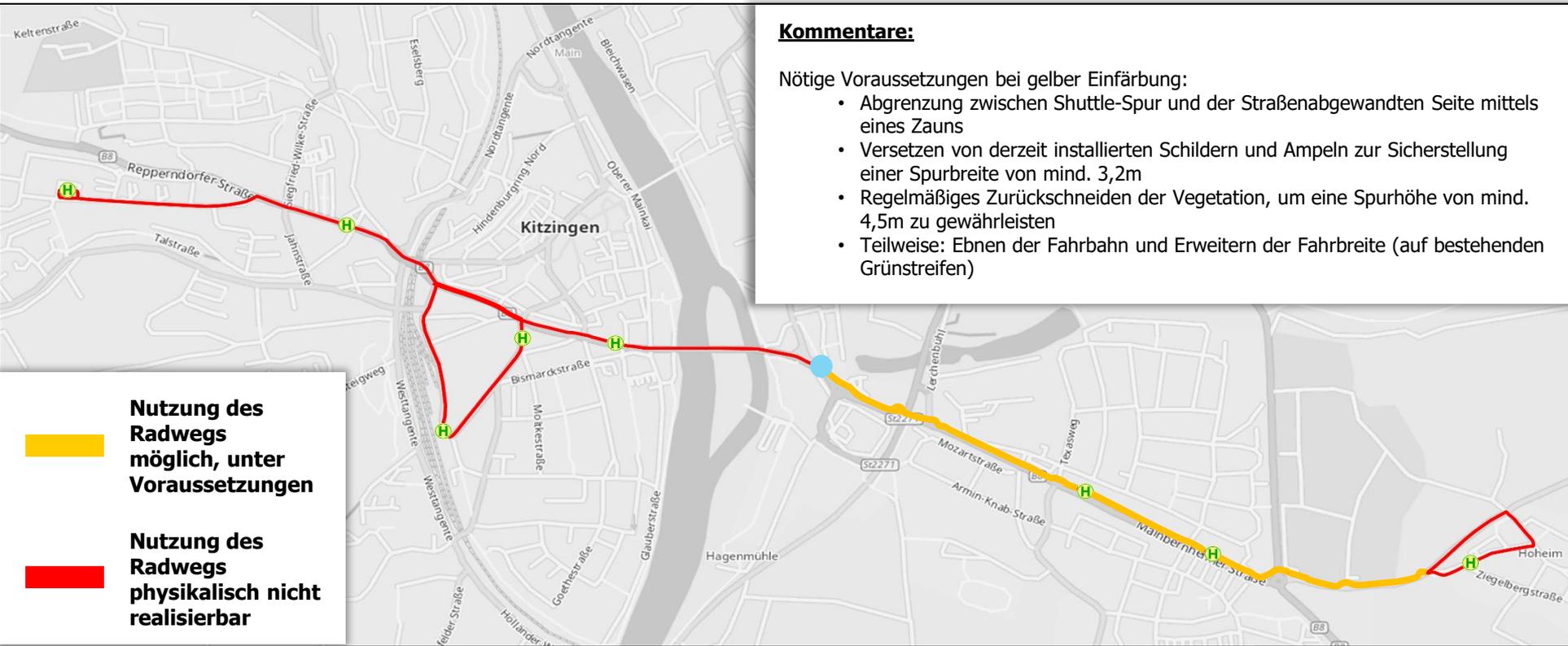
**05**

Zusammenfassung,  
Diskussion & nächste Schritte

# Routenübersicht: 3 Strecken als Untersuchungsgegenstand



# Machbarkeit der Fahrradrouten: Marshall Heights - Hoheim



# Machbarkeit der Fahrradrouten: ConneKT- Bahnhof



## Kommentare:

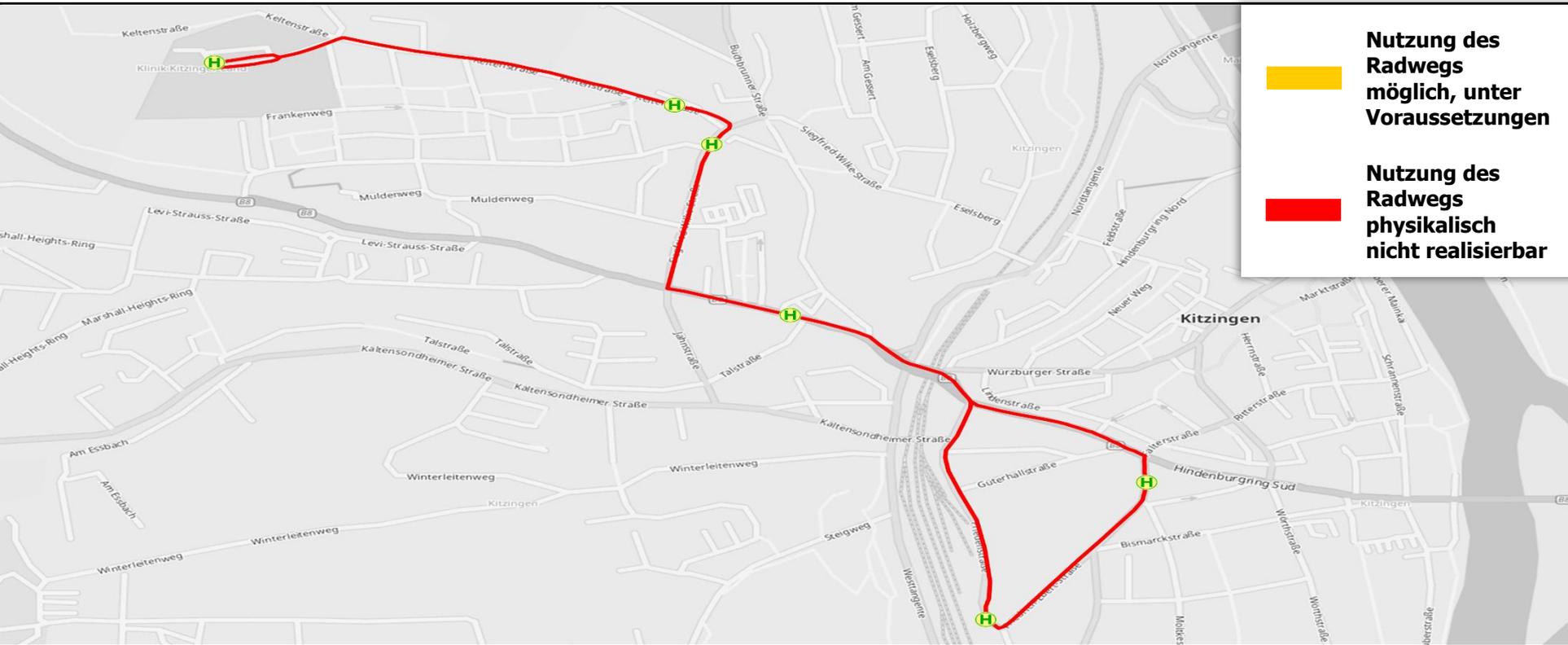
Nötige Voraussetzungen bei gelber Einfärbung:

- Abgrenzung zwischen Shuttle-Spur und der Straßenabgewandten Seite mittels eines Zauns
- Versetzen von derzeit installierten Schildern und Ampeln zur Sicherstellung einer Spurbreite von mind. 3,2 m
- Regelmäßiges Zurückschneiden der Vegetation, um eine Spurbreite von mind. 4,5 m zu gewährleisten
- Teilweise: Ebenen der Fahrbahn und Erweitern der Fahrbreite (auf bestehenden Grünstreifen)

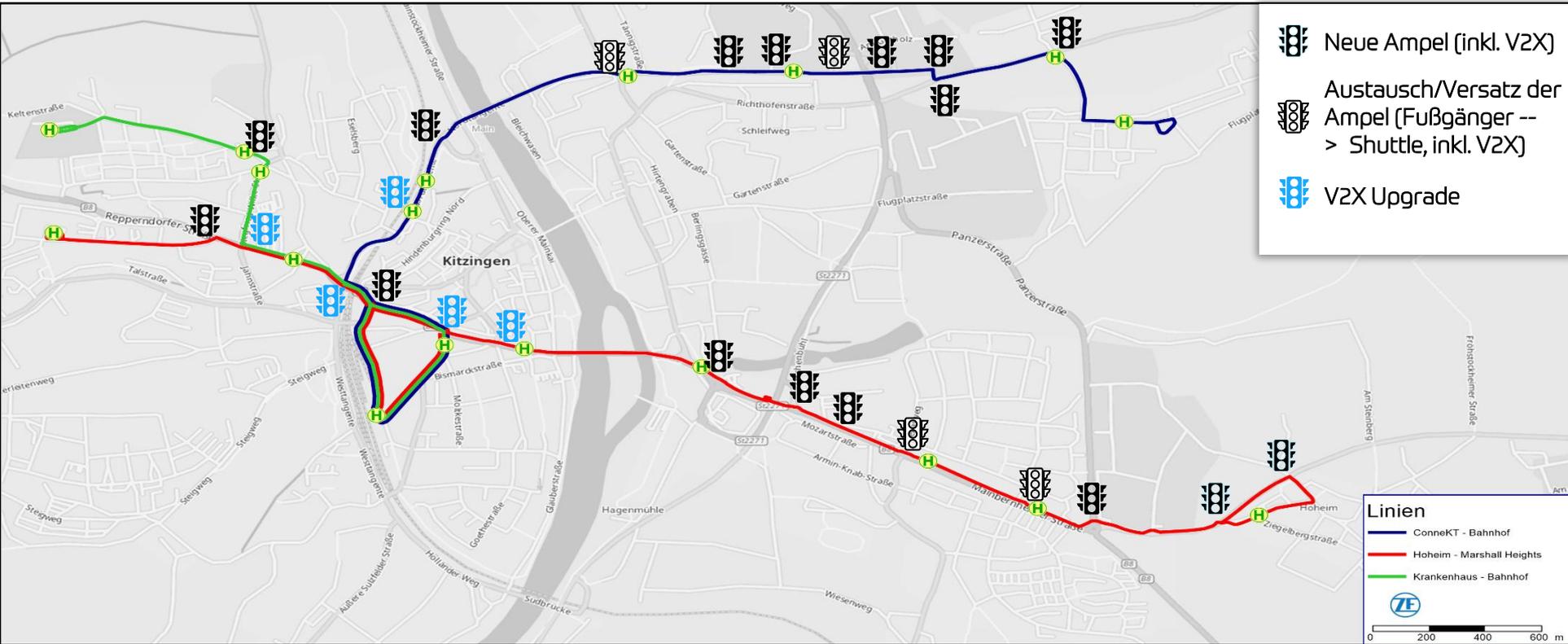
**Nutzung des Radwegs möglich, unter Voraussetzungen**

**Nutzung des Radwegs physikalisch nicht realisierbar**

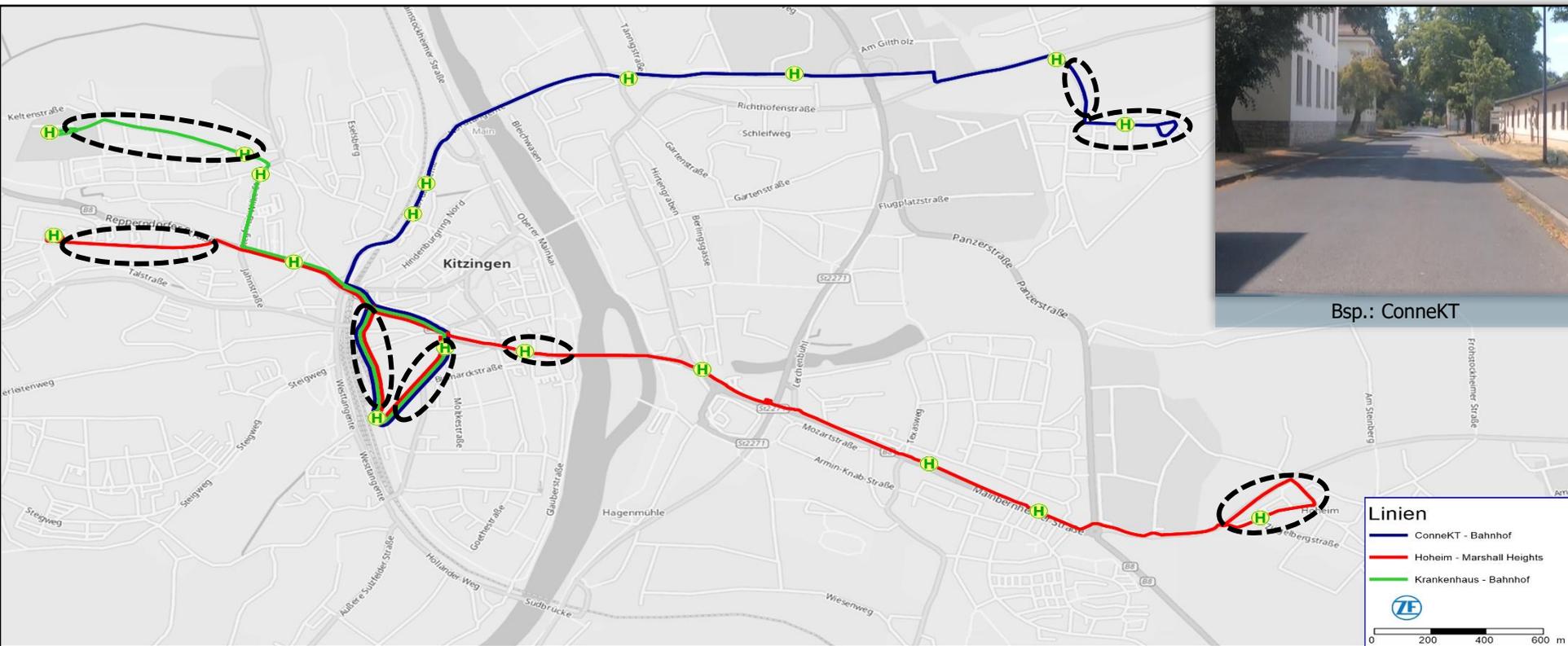
# Machbarkeit der Fahrradroute: Krankenhaus - Bahnhof



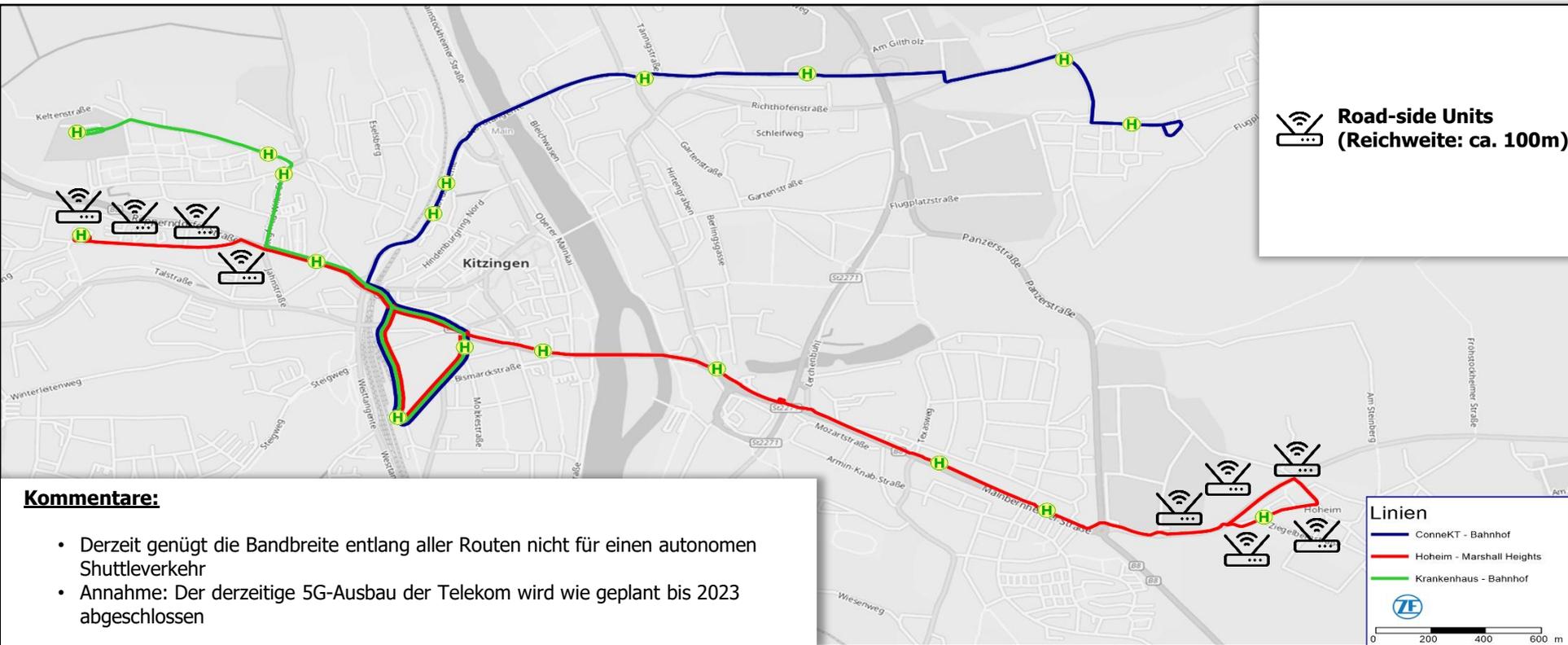
# Infrastrukturmaßnahmen: Bedarf an Ampeln



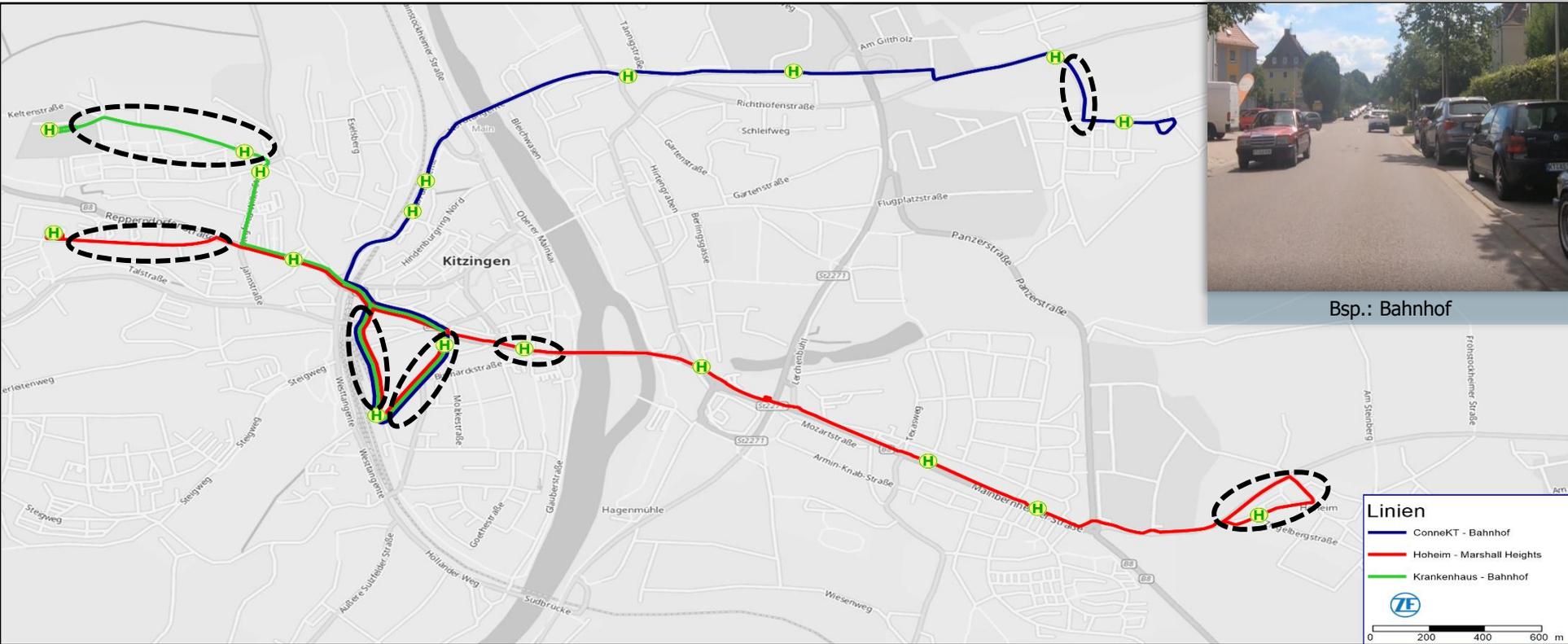
# Infrastrukturmaßnahmen: Anbringen von Fahrbahnmarkierungen



# Infrastrukturmaßnahmen: Road-Side Units



# Problemstellung: Parkende Fahrzeuge & Gegenverkehr



## Randbedingungen

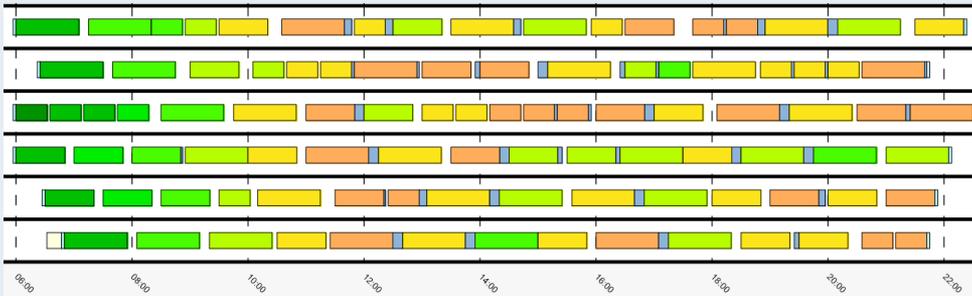
- Maximale Shuttlegeschwindigkeit 50 km/h
- Takt offen, soll mit 30- bzw. 60-Min.-Bahntakt korrelieren
- Haltezeit an Haltestellen 36 s (je 3 s zum Öffnen und Schließen der Türen | 30 s zum Ein-/Aussteigen)
- Betriebsstunden 06:00 Uhr – 21:30 Uhr, Montag bis Samstag
- Infrastruktur Vorgeschlagene Maßnahmen wurden umgesetzt, Halteverbote ausgenommen

## Fahrzeugparameter

- Sitzplatzkonfiguration 15 Sitzplätze + 7 Stehplätze = 22 Fahrgäste pro Fahrzeug
- Beschleunigung 0,8 m/s<sup>2</sup>
- Verzögerung 0,8 m/s<sup>2</sup>
- Reichweite Batterie mehrere Konfigurationen (50 km, 85 km, 100 km), Simulation mit 85 km
- Ladezeiten abhängig von Batteriegröße zwischen 12 und 17,5 min (von 30% auf 65% SoC)
- Ladetechnologie Opportunity charging (Schnellladen) an einer der Endstationen (Vorschlag Bahnhof)

# Systemberechnung: 6 Shuttles

## Umlaufplanung



- Hohe verbleibende Ladung
- Niedrige verbleibende Ladung ( $\geq 30\%$ )
- Aufladen
- Leerfahrt
- Depot

## Ergebnis

- **Takt:** 30 min ConneKT – HBF, 25 min Hoheim – Marshall Heights, 35 min Krankenhaus – HBF
- **Flottengröße:** 6 Shuttles
- **Transportleistung:** 134 Personen pro Stunde pro Richtung (100 % Besetzungsgrad)
- **Gefahrene Strecke pro Tag (Flotte):** 900 km/Tag
- **Minimale verbleibende Reichweite:** 30 %
- **Anzahl Ladesäulen:** 1x Schnelllader am Bahnhof (+ 1x Übernachtladesäule im Depot)

→ **Anmerkung:** Takt kann durch Einführung von Halteverboten und Prioritätsampelschaltung verbessert werden

# Zeitersparnis durch Prioritätsampelschaltung

## Hoheim – Marshall Heights

**Rundenzeit:** 1h 5 min

Zusammensetzung Rundenzeit:

- Haltezeit: 9 min
- Fahrzeit: 56 min 41 s
- Wartezeit an Ampeln: **8 min 6 s**

## Bahnhof – ConneKT

**Rundenzeit:** 50 min 30 s

Zusammensetzung Rundenzeit:

- Haltezeit: 7 min 12 s
- Fahrzeit: 38 min 16 s
- Wartezeit an Ampeln: **12 min 12 s**

## Bahnhof – Krankenhaus

**Rundenzeit:** 32 min 5 s

Zusammensetzung Rundenzeit:

- Haltezeit: 3 min 36 s
- Fahrzeit: 29 min 40 s
- Wartezeit an Ampeln: **2 min 26 s**

# Das Shuttle für Kitzingen (erster Entwurf)





## Fahrerlose, elektrische & flexible Mobilitätsangebote

01

Vorstellung der Projektpartner  
DB Regio Bus & ZF

02

Ausgangslage &  
Aufgabenstellung

03

Technologie des  
autonomen Shuttles

04

Streckenauswahl und  
-bewertung

05

Zusammenfassung,  
Diskussion & nächste Schritte

# Warum Autonome Transportsysteme von ZF?



## Fahren ohne Fahrzeugbegleiter

Robustes & redundantes AD-System + Magnetlokalisierung, um eine Serviceverfügbarkeit über 99,7% ohne Safety Steward anzubieten



## Hohe Geschwindigkeit bis zu 40 km/h (heute; Ausbau auf >60 km/h geplant für 2025ff)

Keine Behinderung des Verkehrsflusses, Hohe Passagierfrequenz durch höhere Taktung möglich (Ideal für „Segregated Lane“ (separarte Spur)-Anwendungen)



## Automotive Grade

Einhaltung höchster Safety & Security-Standards für ein robustes und sicheres Autonomes Transportsystem



## Nähe zum Kunden

Aufgrund weltweiter ZF-Standorte und breitem Service-Netzwerk immer einen Ansprechpartner in der Nähe & schnelle Reaktionsfähigkeit

1

**ÖPNV & Individualverkehr** stehen vor **tiefgreifenden Veränderungen**  
**Neue Lösungen sind dringend nötig**, durch mehr E-Mobilität und eine  
Änderungen im Mobilitätsverhalten

2

**Zentrale Frage** ist nicht: Pro/Contra autonomes Fahren?  
Sondern: **Wie wollen wir leben? Helfen uns autonome Shuttles?**

3

**Autonome Transportsysteme sind mögliche Ergänzung** des ÖPNV zur  
Entlastung des Verkehrs & Reduzierung von CO<sub>2</sub> **mit ZF-Komponenten aus**  
**Schweinfurt**

4

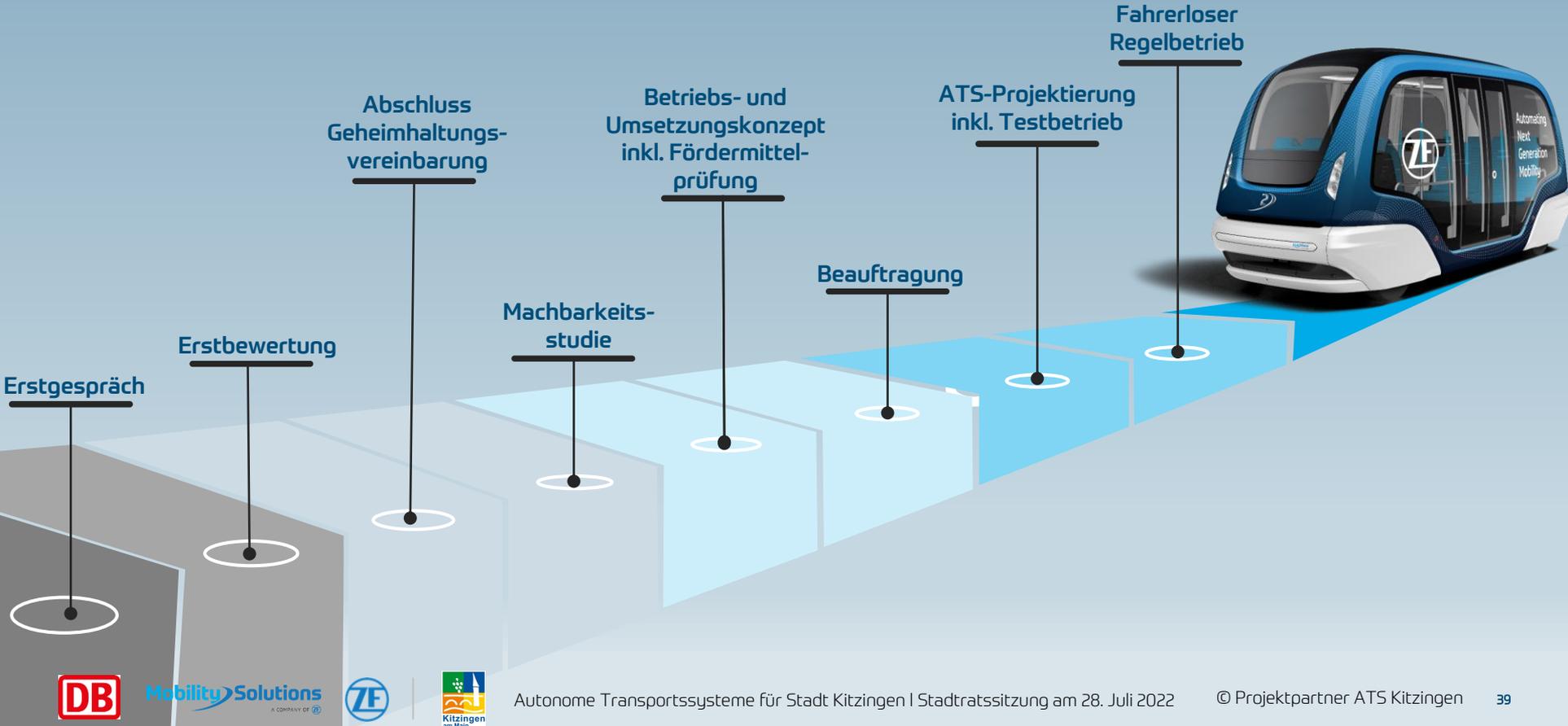
**Autonomes Fahren nimmt Fahrt auf:** Schon heute Testfelder, erste Lösungen  
bereits im Realbetrieb... **ZF fokussiert auf Anwendungen im Dauerbetrieb**

5

„Zukunft ist jetzt“ heißt: **Chancen mutig angehen.**  
**Unterfranken als Modellregion für Deutschland!**



# Fahrplan zur Projektrealisierung



# Zeitplan zu einem möglichen Dauerbetrieb in Kitzingen



Tätigkeit	2022		2023				2024				2025				
	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
Abschluss MA-Studie und Stadtratsbeschluss	■ ▲ 20.10.2022														
Fördermittelprüfung und -bewilligung		■													
Beauftragung				▲											
Infrastrukturmaßnahmen und Applikation				■											
Testbetrieb											■				
Konzessionierter Linienbetrieb														■ →	

# Wir freuen uns, mit Ihnen die Zukunft der Mobilität zu gestalten!

