

# Herausforderungen und Lösungsansätze aus der Praxis

## Von der LSA bis zur Weiche



Christian Schmidt

Fachbereich Systemtechnik

[christian.schmidt@vgf-ffm.de](mailto:christian.schmidt@vgf-ffm.de)

26.02.2025



# Herausforderungen und ein neues MINDset

## STEIGENDE FAHRGASTZAHLEN

- ÖPNV ist das Rückgrat in den Metropolen
- Bis 2030 im Schnitt 20% mehr Fahrgäste in Frankfurt



## KAPAZITÄTSERHÖHUNG AUF SCHIENE UND BUS

- Grundlage der intelligenten Verkehrsvernetzung



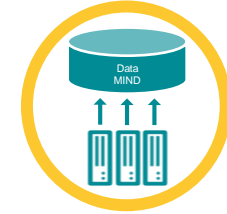
## ENERGIEEFFIZIENZ UND VERFLÜSSIGUNG VERKEHR

- Energieeffizientes Fahren durch Datenanalysen: „Clever fahren, einfach sparen“
- Grundlage für die Teilautomatisierung des Verkehrs



## DATENZENTRALISIERUNG UND –ANALYSE + KI

- Abschaffung von Silostrukturen und Lösung neuer, innovativer Fragestellungen
- Aufbau digitaler, datenbasierte Lösungen



## M ULTIMODAL

Der Bürger steht im Fokus: Eine aktive Integration des Mobilitätsnachfragers und des Angebots für **Multimodalität**

## I NTELLIGENT

**Intelligente** Abstimmung des ÖPNV-Verkehrs und des MIV über C-ITS Dienste und eine kooperative Leitstelle

## N ACHHALTIG

Proaktive, datenbasierte und umweltorientierte Verkehrssteuerung für ein höheres Maß an **Nachhaltigkeit**

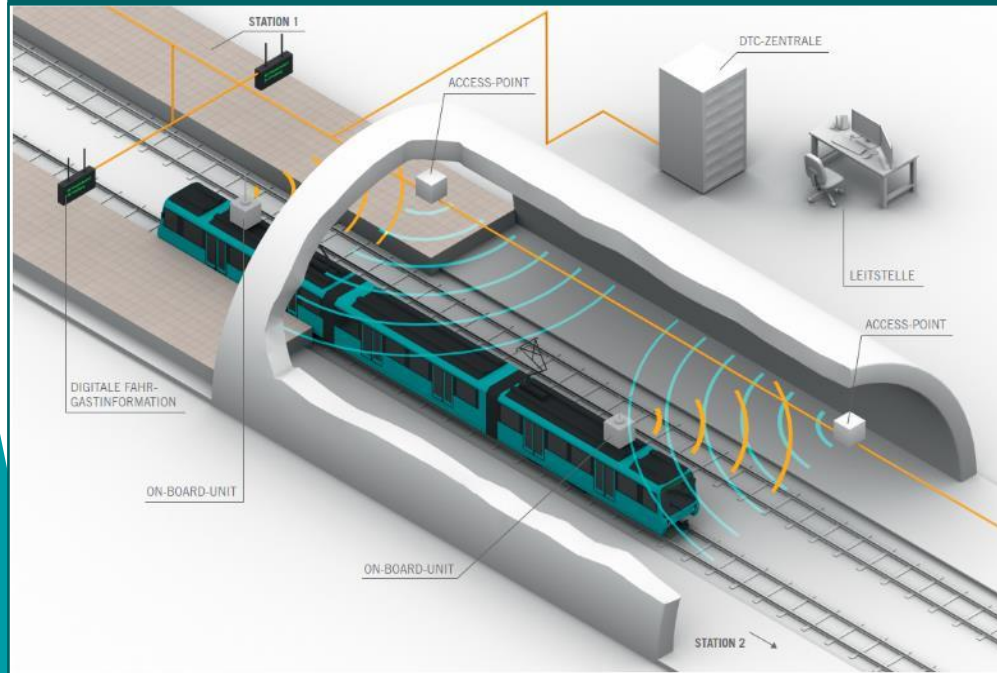
## D IGITAL

**Digitalisierung** durch den Aufbau einer zentralen analytischen Datenplattform zur Entscheidungsunterstützung

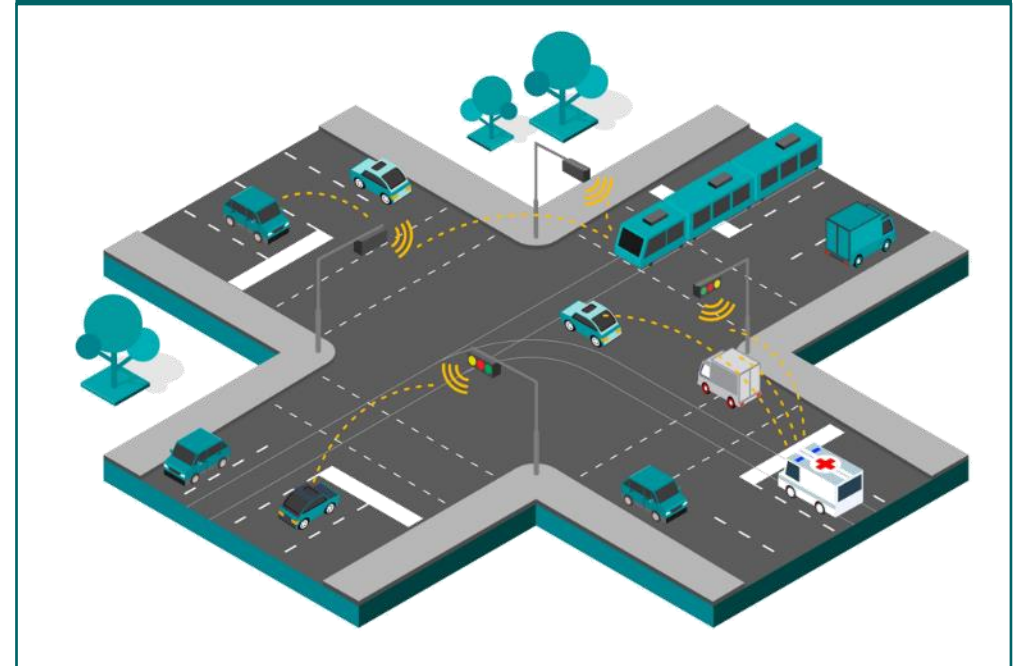
# Hybrid CBTC

Optimale Wirtschaftlichkeit durch bedarfsgerechte Streckenausrüstung

## Trainguard MT mit ATP und ATO Zugsicherungsbereich / Tunnel



## C-ITS (V2X) Sichtfahrbereich / Oberfläche

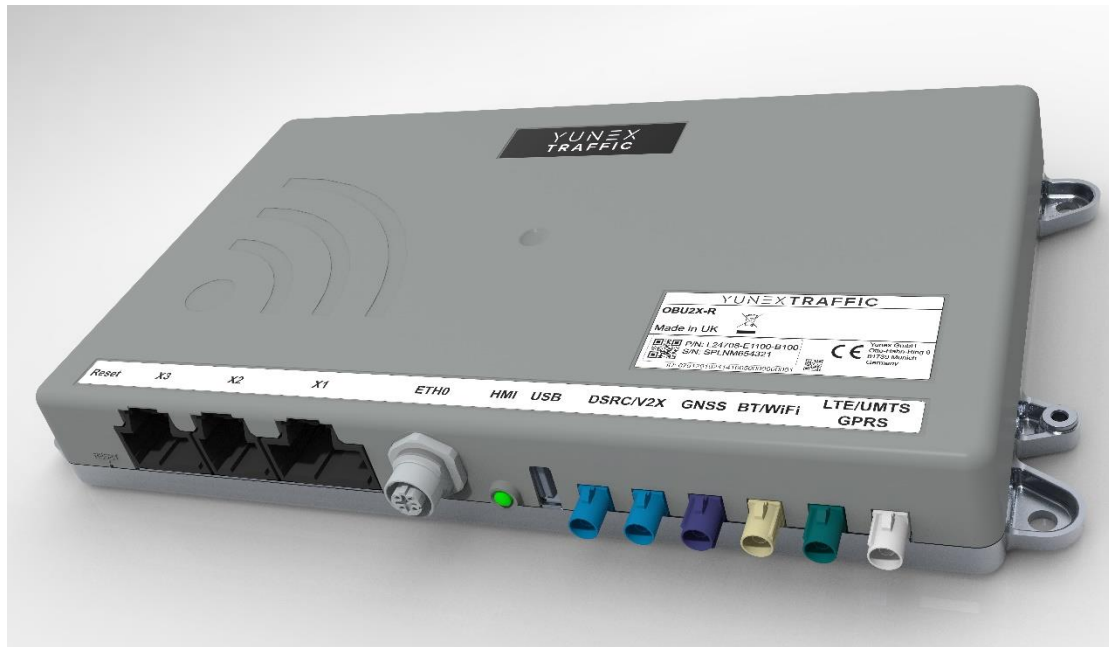


Symbiose von ATP - CBTC (GoA2) im Tunnel- und Assistenzsystem C-ITS (GoA0) im Straßenbereich



# DTC-Projekt: Übersicht Onboard Unit – OBU2X-R

650 Stück



Bahntauglichkeit EN 50155

Rackeinbau im Fahrzeug

Unterstützung von ITS-G5 oder C-V2X

GNSS mit D-GPS für hohe Genauigkeit

Automatische Übernahme von Linie / Route

# DTC- Projekt: Komponenteneinbau in den Prototypen U5 Fahrzeug 613



Einbauort der C-ITS Technik, Onboard Unit – OBU2X

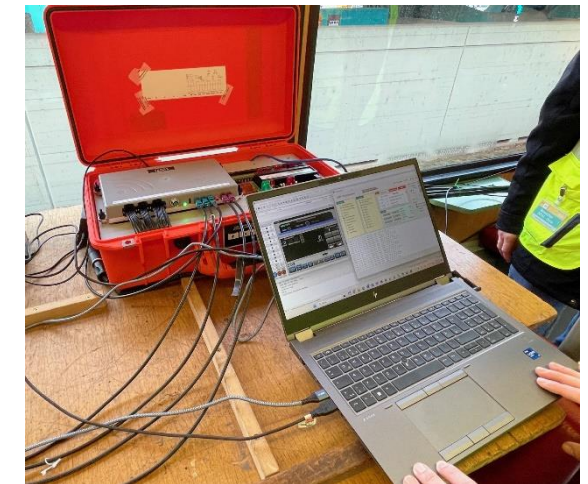
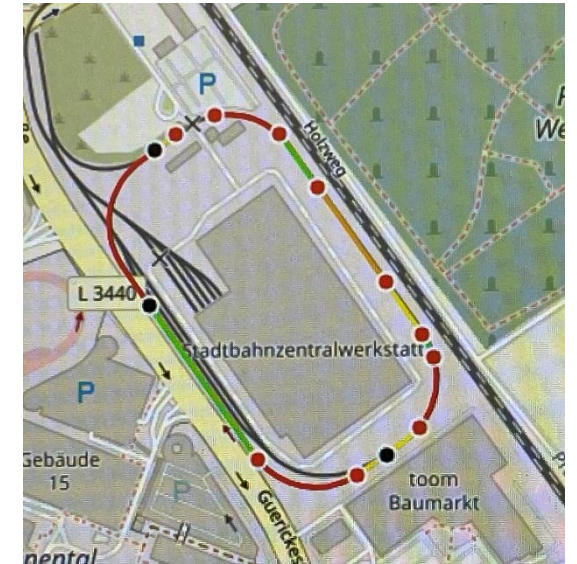
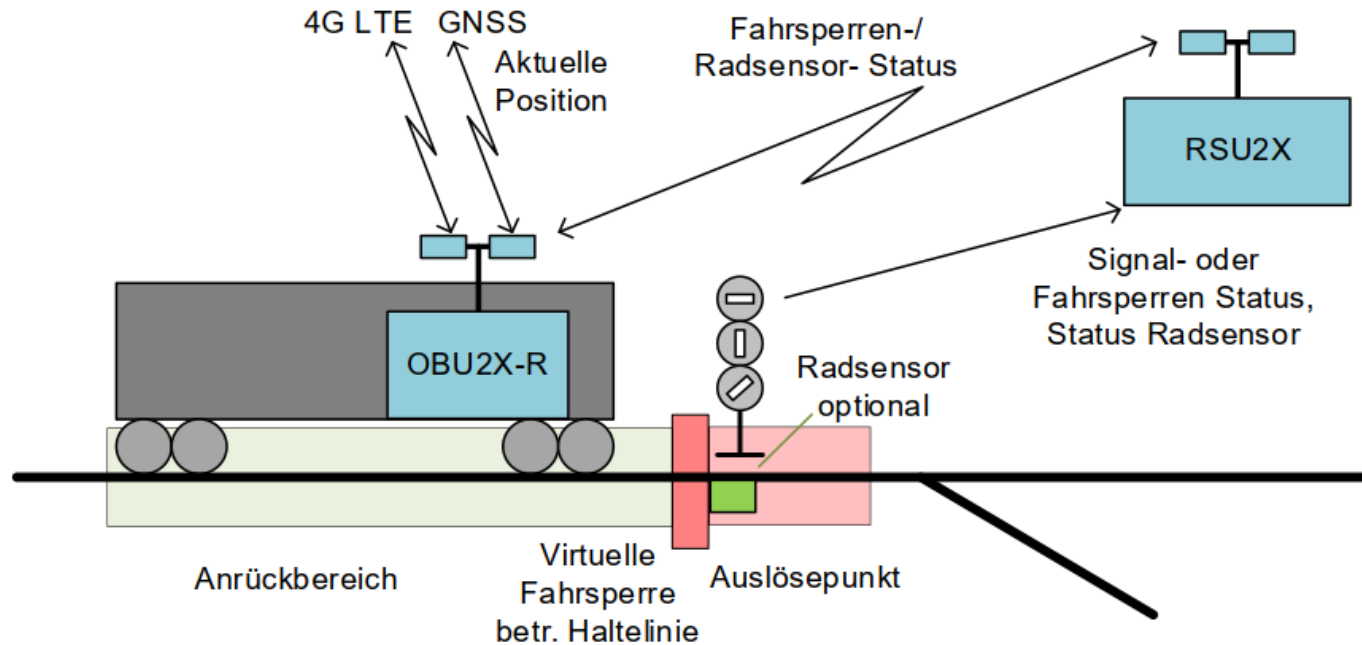


# GOA2 Testfahrten auf unserer Umfahrung in der STZW





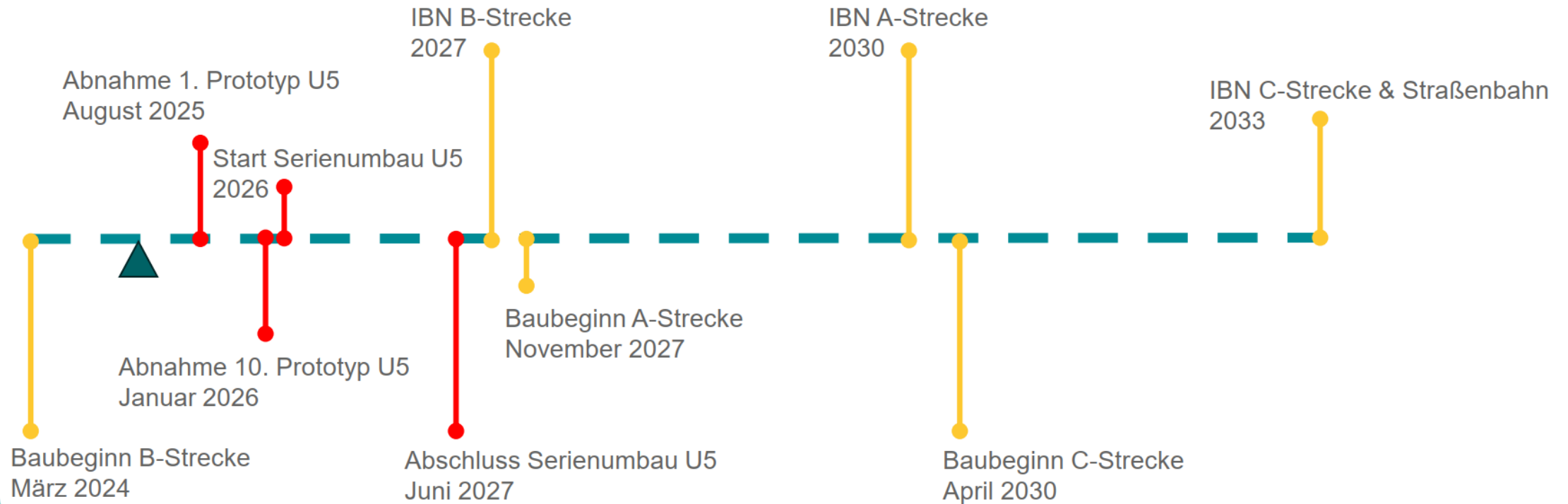
# Virtuellen Fahrsperrre: Umfahrung in der STZW



- RSU kennt den Status des Signals
- OBU2X-R steuert ein Bremsrelais an, wenn im Bereich „Fahren auf Sicht“, ein Halt zeigendes Signal passiert wird
- Zug wird bis zum Stillstand gebremst

# Projekt Digital Train Control System Frankfurt

## Terminübersicht







# Aus Frankfurt-MIND und Frankfurt MIND+ wird Frankfurt MIND(+)



# „Multimodales Reallabor“ Frankfurt

 **Streckenlänge:**  
ca. 5,1km (davon ca. 0,5km Tunnel und 1,2km fahrbahnbündig)

 **Anzahl Haltestellen:**  
11 Haltestellen

 **Anzahl stark frequentierter Kreuzungen:**  
9 Knotenpunkte

 **Anzahl Kreuzungsverkehre Einsatzfahrzeuge:**  
4 Stück



- Ermöglicht die Digitalisierung der verkehrsträgerübergreifenden Kommunikation
- Voraussetzung für eine signifikante Vernetzung und Verflüssigung der Verkehrsflüsse von MIV und ÖPNV



# C-ITS Services im ÖPNV

C-ITS (V2X) im ÖPNV: International standardisierte und europaweite harmonisierte Lösung der C-ITS Services über die C-ROADS Plattform

**Traffic Signal  
Priority**



Aufeinanderfolgende Ampeln werden optimal an den Fahrtverlauf des Fahrzeugs adaptiert.



**Green Light Optimal  
Speed Advisory**

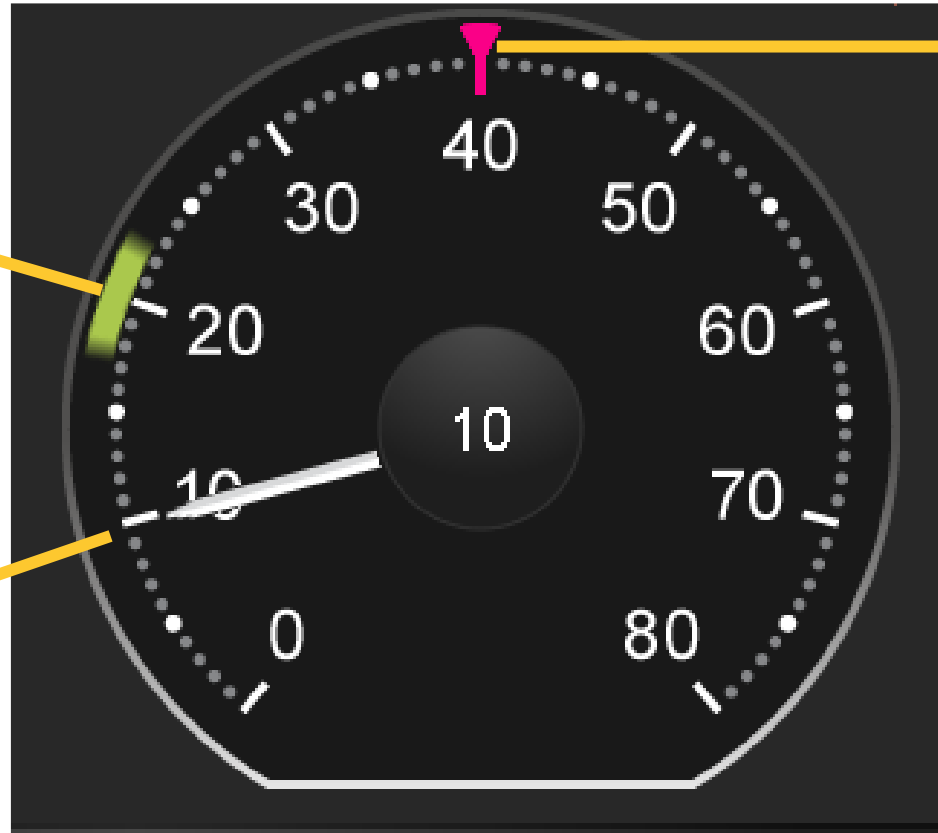
Fahrzeuge passen ihr Fahrverhalten optimal an die Ampeln an

# C-ITS: Einsatzbeispiel auf der Stadtbahn

Geschwindigkeitsassistent mit Geschwindigkeitsempfehlung

Empfohlene  
Geschwindigkeit,  
um Grünphase zu  
erreichen

Aktuelle  
Geschwindigkeit



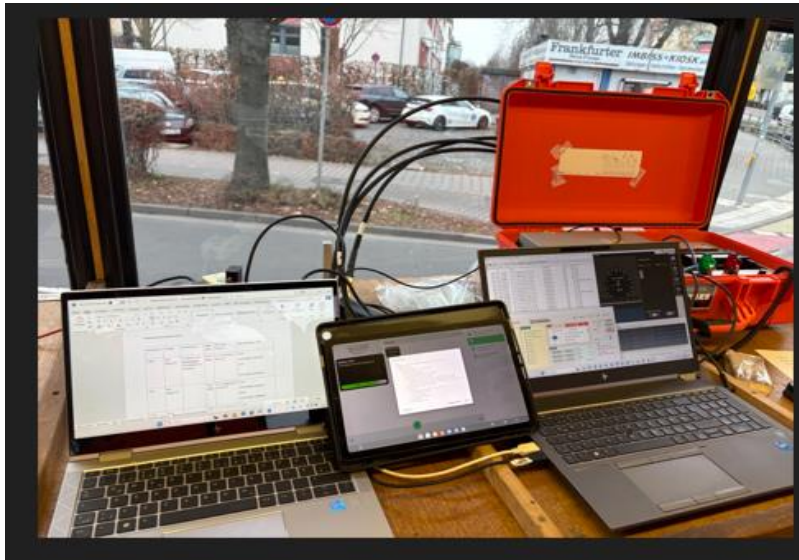
Höchst-  
geschwindigkeit



# U5 – Multimodales Reallabor

Interoperabilitätstest am 12.12.2024 VGF / SVA im Rahmen einer Testfahrt.

Testziel: Die Versendung von R09 Anforderungen über die OBU2X-R.



- Kein abgenommenes U5- Fahrzeug
- OBU2X-R Testkoffer
- Provisorische C-ITS Multifunktionsantenne
- Simulationssoftware für Fahrzeugfunktionen

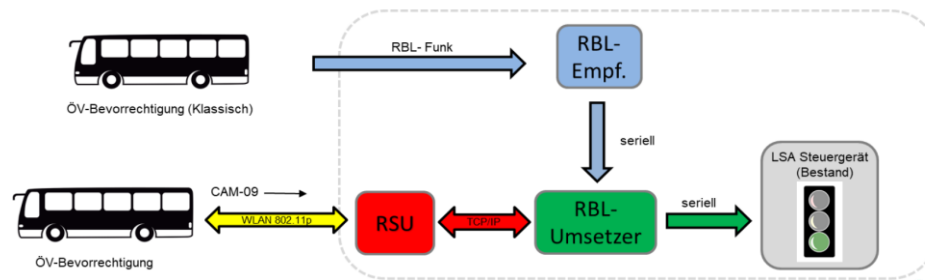
Hausaufgaben:

- Betrachtung der Funkreichweiten (RSU = ok; OBU = ?)
- OBU Mehrfachmeldungen (MP keine Georeferenzierung)
- Funktion TSP + GLOSA

# KRITIS + IT-Sicherheit erfordern ein Migrationskonzept mit RBL-Konverter (SVA)

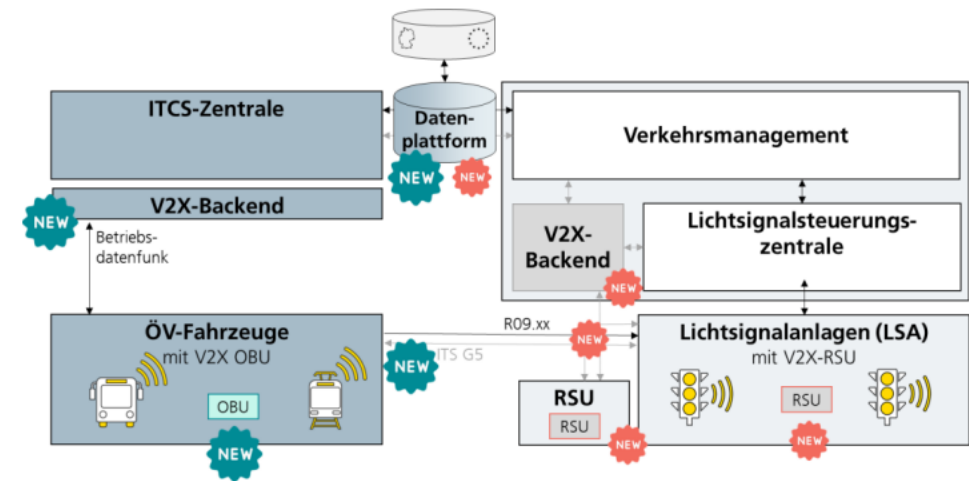
## RBL- Converter-Lösung ist eine Übergangslösung

- Einfacher Austausch der Hardware
- Wechselseitiger Informationsaustausch fehlt
- ÖV-Priorisierung nach altem Standard



## Ziel ist die Systemarchitektur nach der VDV-Mitteilung 4022

- IT-Sicherheitskonzept beim SVA muss aufgebaut sein
- RSU und Steuergerät sind mit LAN-Kabel verbunden





# C-ITS Public Key Infrastructure (PKI)



C-ITS PKI



TSP  
Beschleunigung

GLOSA  
Energieeffizienz



STADT FRANKFURT AM MAIN

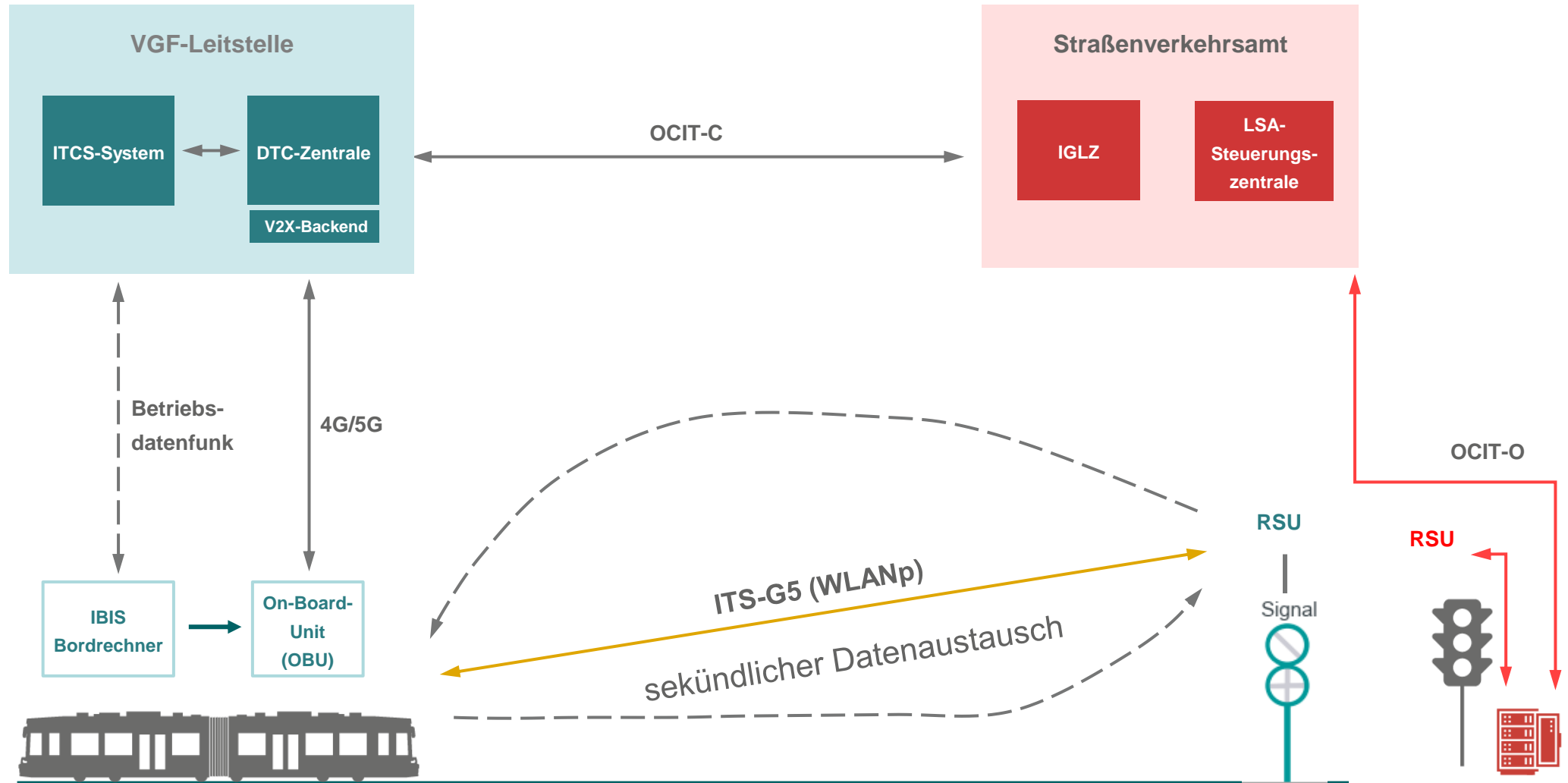


## Nutzung der Hamburger Test PKI

- Für die Pilotprojekte ist die Test PKI kostenneutral
- Erprobung der Funktionalität
- Abschluss einer Nutzungsvereinbarung
- 580 registrierbare RSU und OBU schrittweise bis 2027

# Frankfurt MIND(+) C-ITS Kommunikationswege

## Zweiwegekommunikation, zentral + lokal

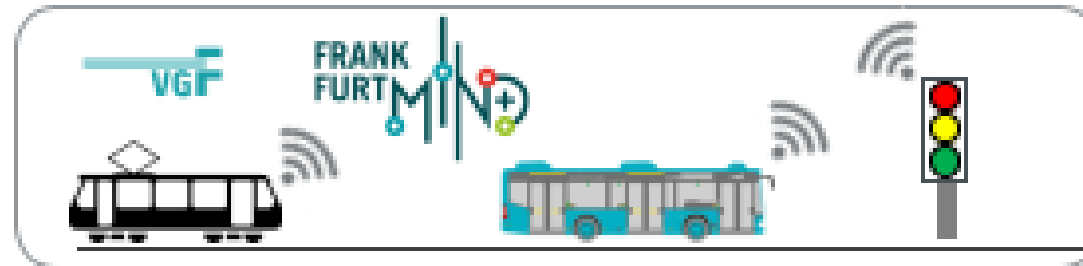


Lokal: Extrem niedrige Latenz für sichere Informationen notwendig

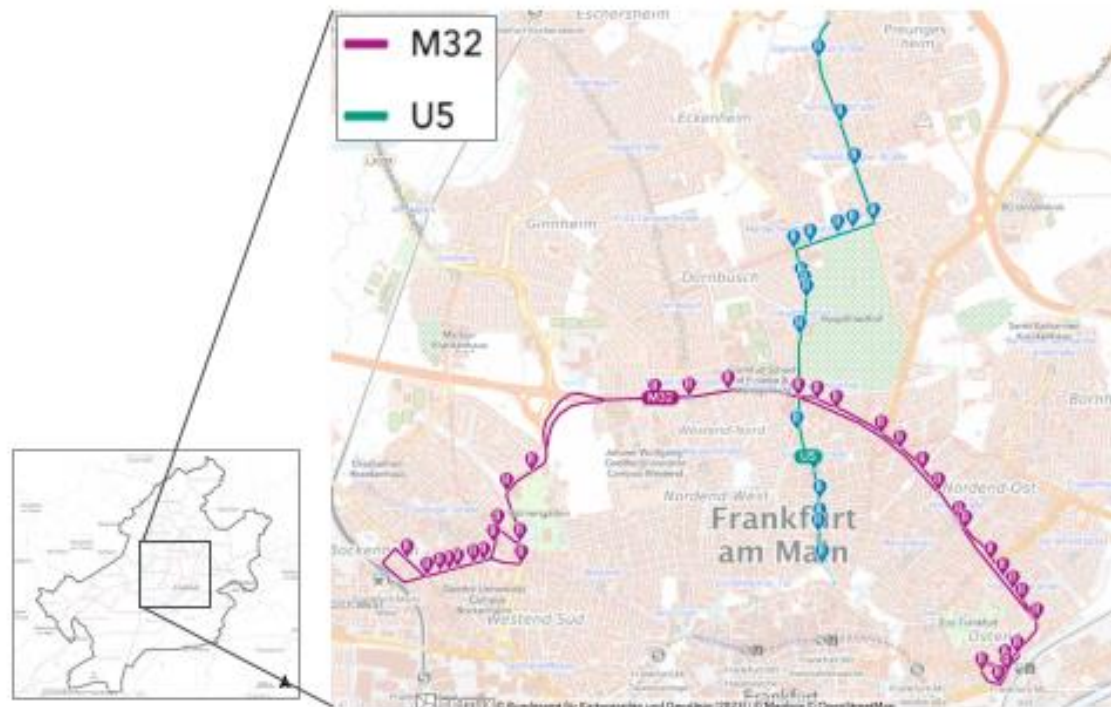


# C-Roads Germany CRG-3 C-ITS Pilot Frankfurt

EU-Projekt zum Ausbau der Fahrzeuge und Anlagen mit C-ITS Technik



# Um die C-ITS Technik nutzen zu können müssen Fahrzeuge und Lichtsignalanlagen gleichermaßen modernisiert werden



## Projektteam



## Projektfokus

Mit der Durchführung der zwei Piloten U5 und M32 soll das Zusammenspiel zwischen Schiene und Bus erfolgen

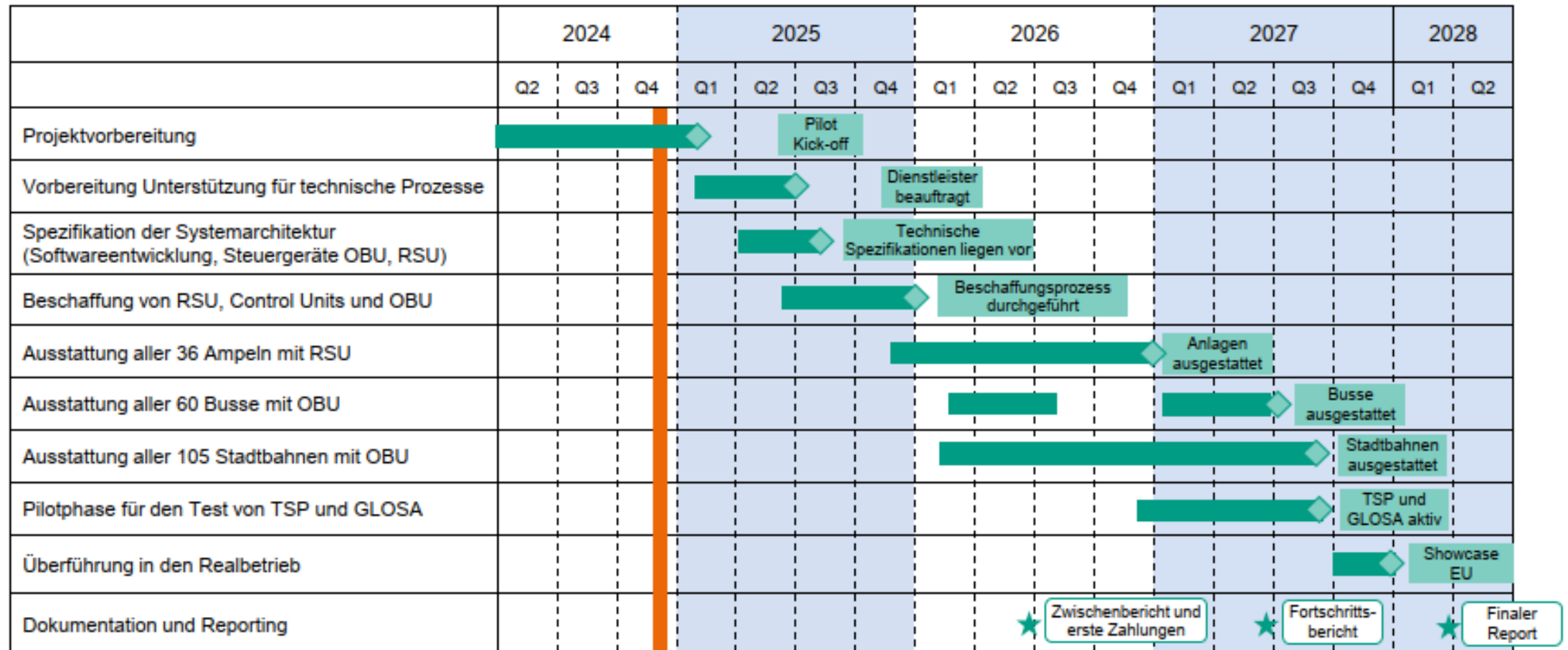
## Projektbestreben

Der Ausbau der Lichtsignalanlagen muss weiter vorangetrieben werden

Die Umsetzung der Technik in den Bussen erfolgt zunächst auf der Linie M32, um auch die Interaktion mit der kreuzenden U5 durchzuführen



# Das C-Roads Projekt „C-ITS für den Busbereich“ soll bis Anfang 2028 abgeschlossen sein





# C-ITS - Anwendungsfälle – Use Cases



Yunex Traffic RSU  
160 Stück



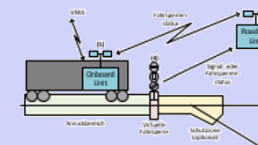
Yunex OBU Rack  
650 Stück

Anmeldungen  
Anlagensysteme

Fahrsignal-  
anlagen



Virtuelle Fahrsperr



Bahn-  
übergänge



Geschwindigkeits-  
Assistent



Einzelweichen-  
steuerung



LSA-  
Priorisierung



Geschwindigkeits-Empfehlung  
Türschließ-Empfehlung

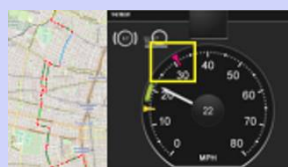


# TRAM SWITCH IQ

Einzelweichen-  
steuerung



Geschwindigkeits-  
Assistent



**Yunex Traffic**  
23.056 Follower:innen  
1 Monat · 🌐

Erfolgreicher Weichentest mit unserer V2X-Technologie im Digital Train Control (DTC)-Projekt Frankfurt 🇩🇪 ... mehr



Erfolgreicher Weichentest mit unserer V2X-Technologie im Digital Train Control-Projekt Frankfurt 🇩🇪

👍👎👏 41    1 Kommentar · 3 direkt geteilte Beiträge

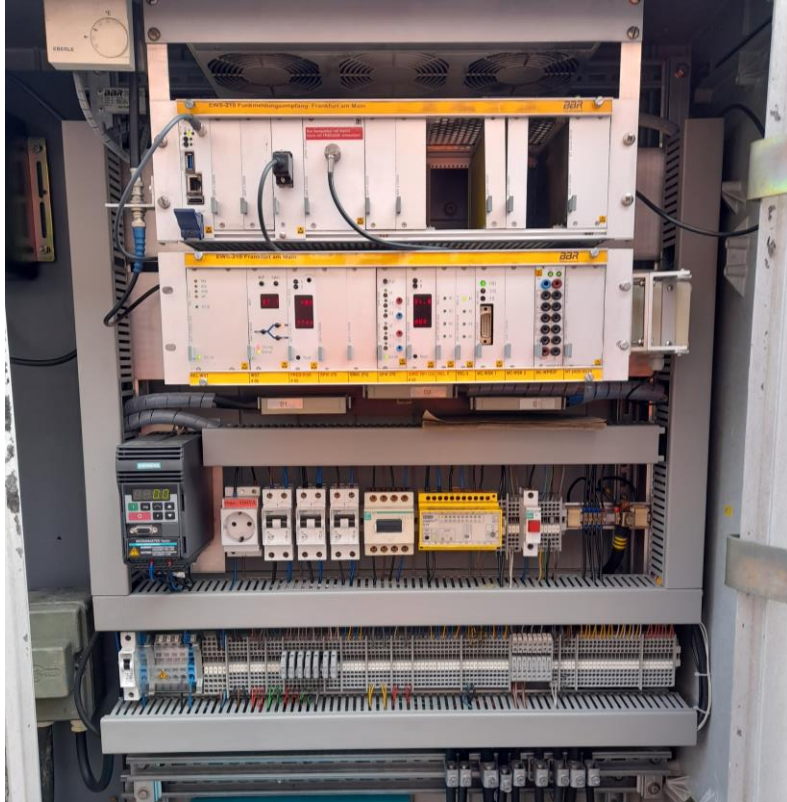
Gefällt mir    Kommentar    Direkt teilen    Senden

Videos für Sie

Start    Video    Ihr Netzwerk    Mitteilungen    Jobs



# Status Quo



Einzelweichensteuerung

- Im Straßenbahn-Streckennetz befinden sich 74 elektrisch überwachte, einzeln umstellbare Weichen
- Die Weichensteuerungen sind seit 25 Jahren in Betrieb und haben somit das Ende ihres Lebenszyklus erreicht
- Einsatz von neuen digitalisierten Steuerungssystemen
- Einsatz von C-ITS Technologie könnte eine zukünftige Innovation sein

# Ziel und Konzeptansatz



Erneuerung der Weichensteuerungen auf der Grundlage einer zukunftsfähigen und digitalisierten Infrastruktur

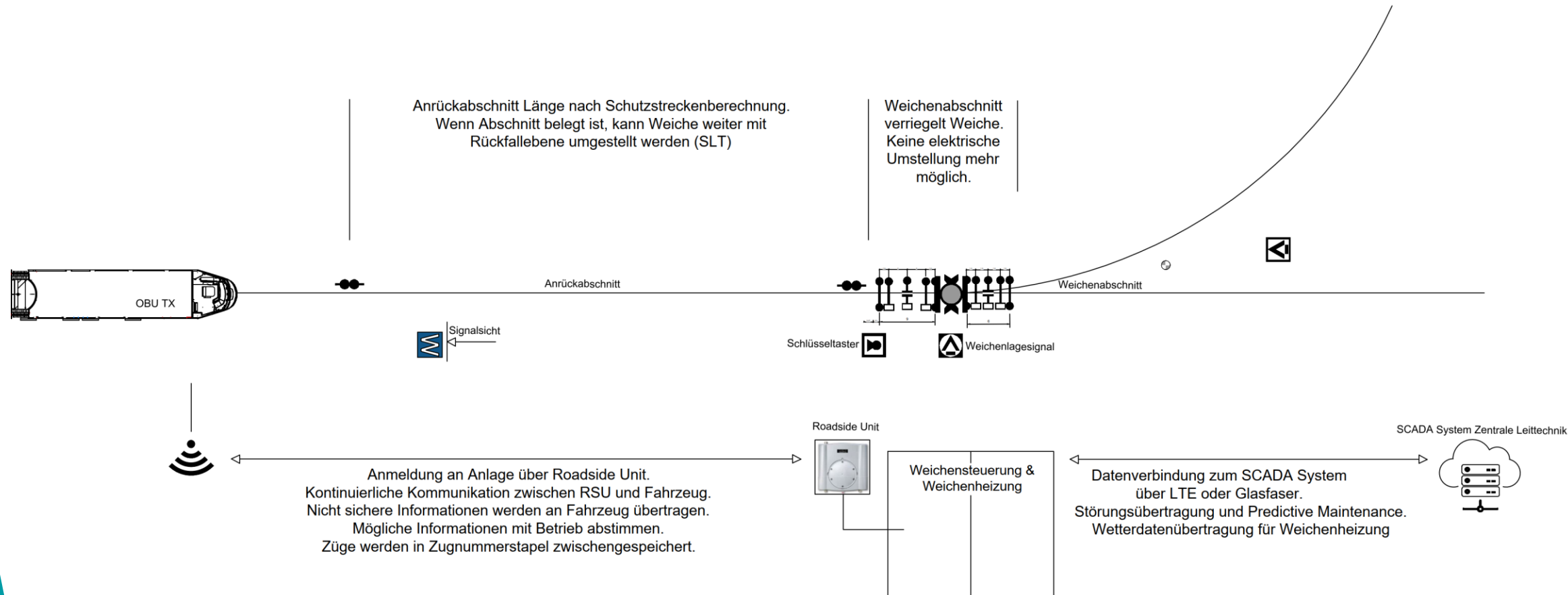
- Erhöhung der Überfahrtgeschwindigkeit zur Stabilisierung des Fahrplans
- Predictive Maintenance zur Erkennung von Störungen vor deren Entstehung
- Bidirektionale Kommunikation zwischen Zügen und Weichensteuerungen mit der C-ITS Technologie
- Flüssigeres Fahrverhalten und reduzierten Energieverbrauch

## Herausforderungen

- Lange Zulassungsprozesse und Genehmigungsverfahren
- Herstellung robuster Rückfallebenen (aktuell gelöst mit Schlüsselschaltern)

# TramSwitch IQ WSK

Version 0.1.4

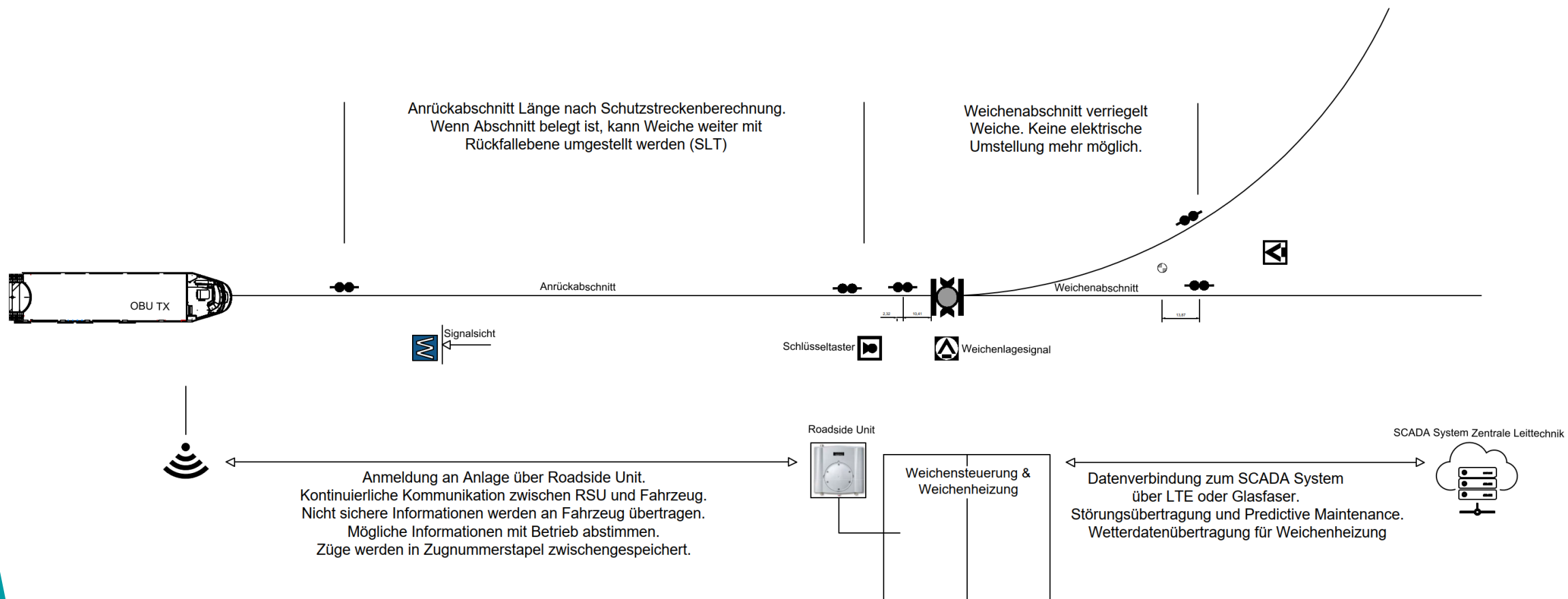




# TramSwitch IQ

Version 0.1.4

Verkehrsgesellschaft  
Frankfurt am Main mbH  
NT32 Systemtechnik  
Kurt-Schumacher-Str. 8  
60311 Frankfurt am Main



# Aktiv mitgestalten, Weichen stellen

## Zusammenfassung

- C-ITS Produkte und Lösungen für Fahrzeuge- und Infrastruktur sind verfügbar
- Erarbeitung von herstellerübergreifenden Architekturmodellen
- Umsetzung von KRITIS und IT-Sicherheitsanforderungen
- Kooperationen mit Straßenverkehrsamt / Tiefbauamt notwendig – Lösungen können nur gemeinsam erarbeitet werden
- Übertragung von zuverlässigen Schaltzeitprognosen
- Echtzeitdaten zur Optimierung von Strecken, Auslastungen und intelligenter Verkehrssteuerung

**ÖPNV bietet eine ideale Plattform für die Implementierung von C-ITS Technologie  
(Infrastruktur, große Fahrzeugflotte, öffentliche Unterstützung, multimodale Mobilität)**

# Mobilitätswende erfahrbar machen...

