

ARTE

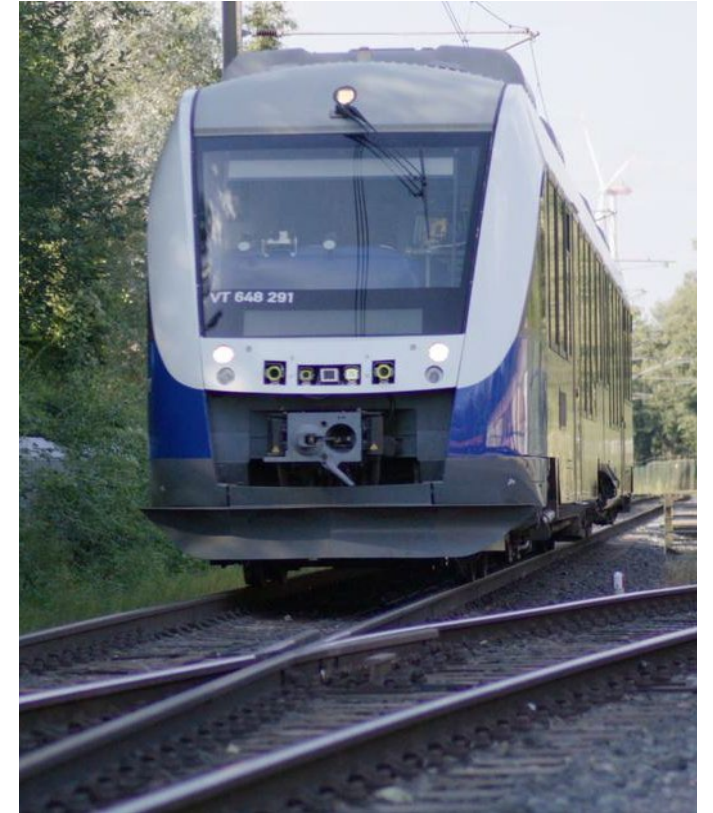
Automatisiert Fahrende Regionalzüge In Niedersachsen

Eisenbahnwesenseminar – TU Berlin – BBI – 02. Dezember 2024

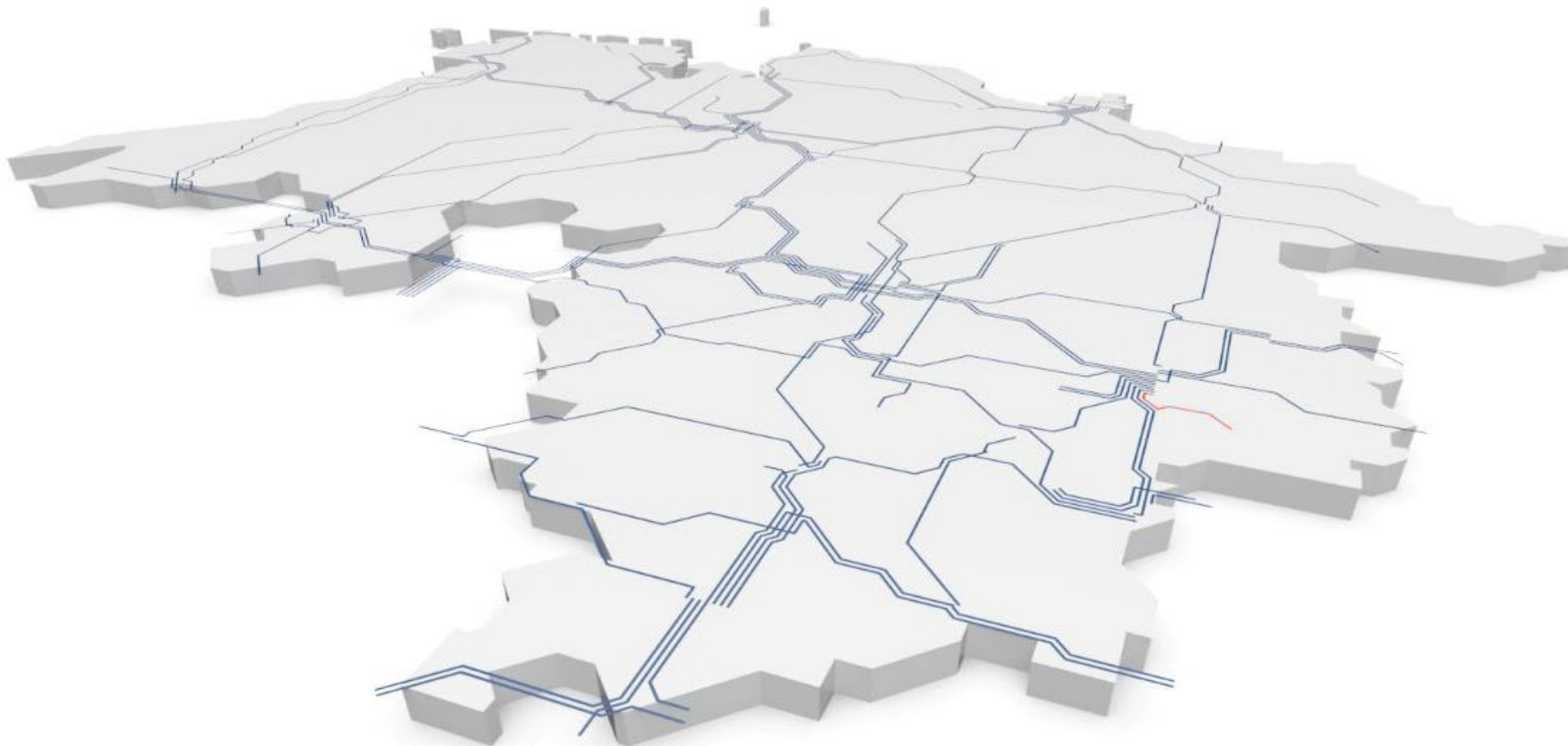
Raphael Hofstädter (Alstom) Anja Naumann (DLR) Justin Adam (TUB)

Was erwartet Sie?

- **Rundumblick zum Forschungsprojekt ARTE**
 - Projekt kurz vor Abschluss
 - Erfolgreiche Präsentation zur innotrans 2024
 - Abschluss aller Versuchsfahrten
- Problemlage / Anlass
- Lösungsideen / Forschungsfragen
- Fahrzeugausrüstung / ATO ohne ETCS / Technische Erprobung
- Betriebliches Zielbild / Neue Rollen für Mitarbeiter in GoA 3/4
- Safetyanalyse / Homologation
- Betriebliche Erprobung / Tabletfernsteuerung für Züge



Alstom SA



Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

01 Warum ARTE?

Eine Einführung

Die weltweite Nachfrage nach Kraftfahrzeugen wird eine Million nicht überschreiten – allein schon aus Mangel an verfügbaren Chauffeuren.

Gottlieb Daimler

Die Automatisierungsstufen im Bahnbetrieb

Stufe GoA	Betrieb	Türschliessung	Abfahren	Fahren und Halt im nächsten Haltebahnhof	Störfall- manager
GoA 1	mit Lokführer PZB/LZB	Lokführer	Lokführer	Lokführer	Lokführer
GoA 2	mit Lokführer PZB/LZB/ETCS	Lokführer	Lokführer	Automatik	Lokführer
			Automatik		
GoA 3	ohne Lokführer PZB/LZB/ETCS (DTO)	Zugbegleiter	Zugbegleiter	Automatik	Zugbegleiter
		Automatik	Automatik		
GoA 4	unbegleitet PZB/LZB/ETCS (UTO)	Automatik	Automatik	Automatik	Troubleshooter

GoA: grade of automation

DTO: driverless operation
UTO: unattended operation

PZB: punktförmige Zugbeeinflussung
LZB: linienförmige Zugbeeinflussung

ETCS: European Train Control System

Autonome Mobilität - Was hat Alstom bis jetzt erreicht?

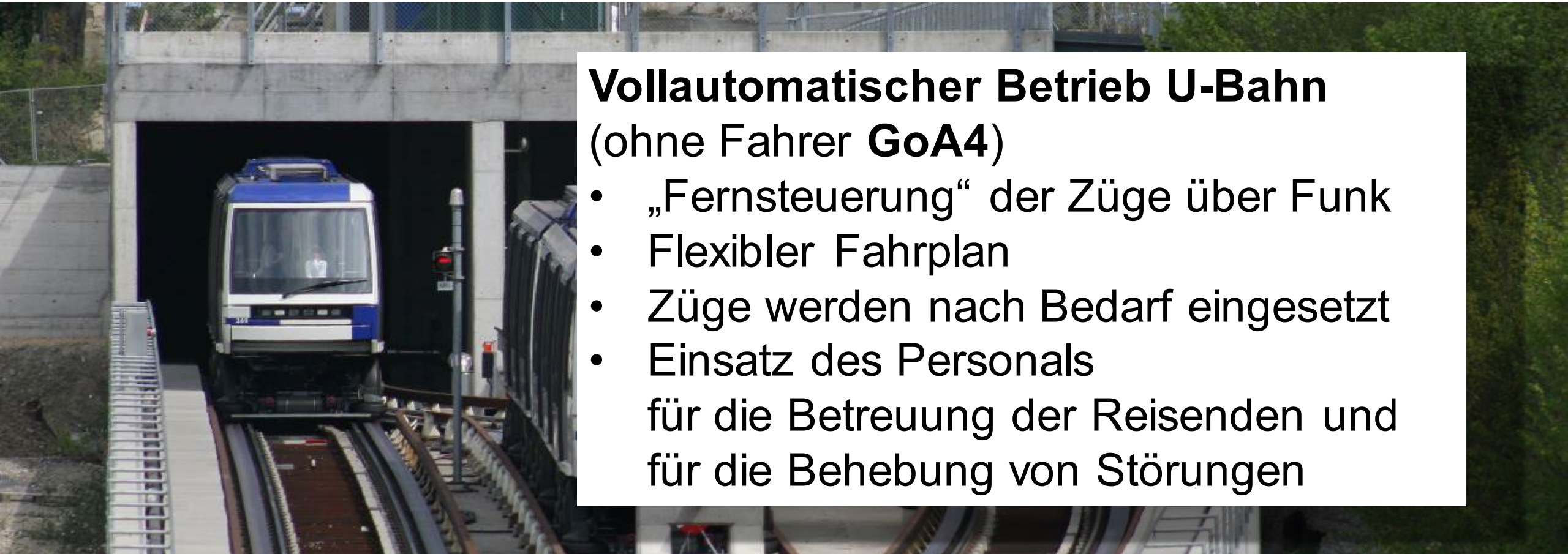


Was kann Automatisierung heute?

Automatischer Fahrbetrieb (mit Fahrer **GoA2**)

- mehr Kapazität
- kürzere Reisezeiten
- Verstetigung des Betriebs
- Energieeinsparung

Was kann Automatisierung heute?



Vollautomatischer Betrieb U-Bahn (ohne Fahrer **GoA4)**

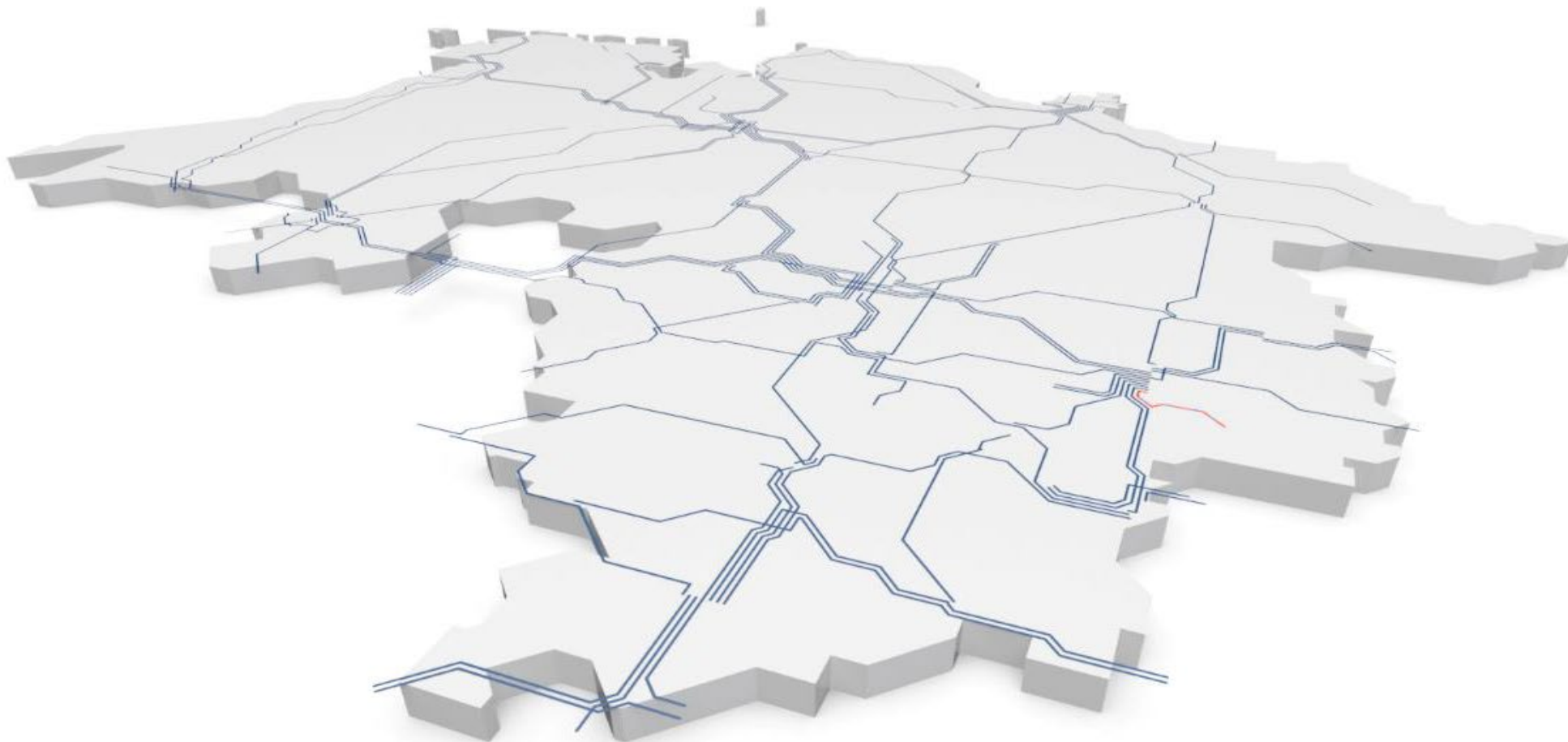
- „Fernsteuerung“ der Züge über Funk
- Flexibler Fahrplan
- Züge werden nach Bedarf eingesetzt
- Einsatz des Personals für die Betreuung der Reisenden und für die Behebung von Störungen

Was kann Automatisierung heute?



Autonomer Rangierbetrieb (ohne Fahrer **GoA4**)

- Fahrzeuge fahren autonom im nicht öffentlichen Raum
- Hindernisse werden erkannt und Kollisionen verhindert



Finanziert von der Europäischen Union
NextGenerationEU

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

02 ARTE – Beitrag Alstom

GoA3 im Linieneinsatz



Bild: LNVG

GoA4 im Rangierbetrieb



Bild: LNVG

© "Automatisierte Regionalzüge in Niedersachsen"; Forschungsprojekt: ALSTOM-DLR-TU Berlin All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authorisation, is strictly prohibited.

Bodenfelde-Northeim

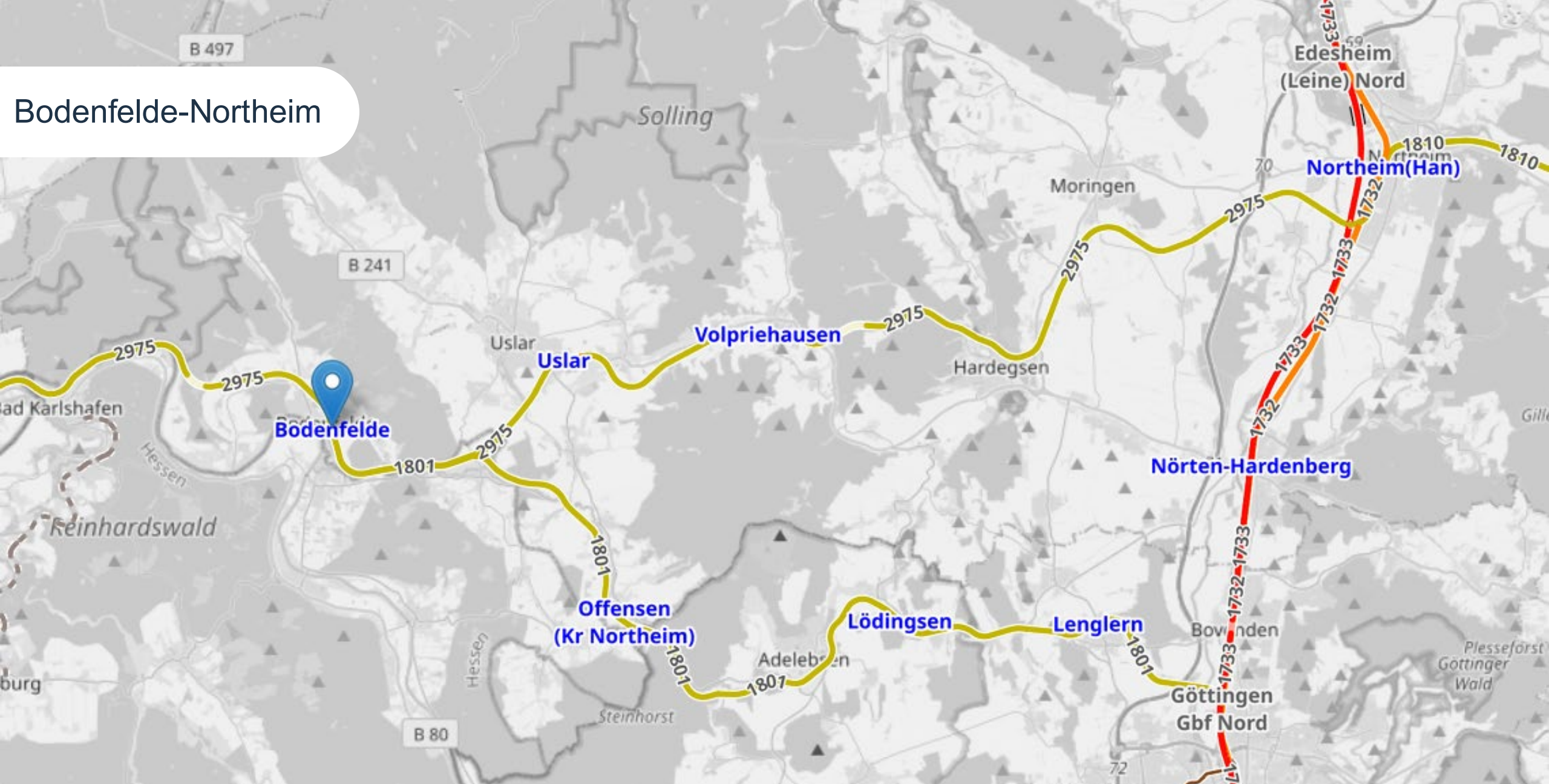
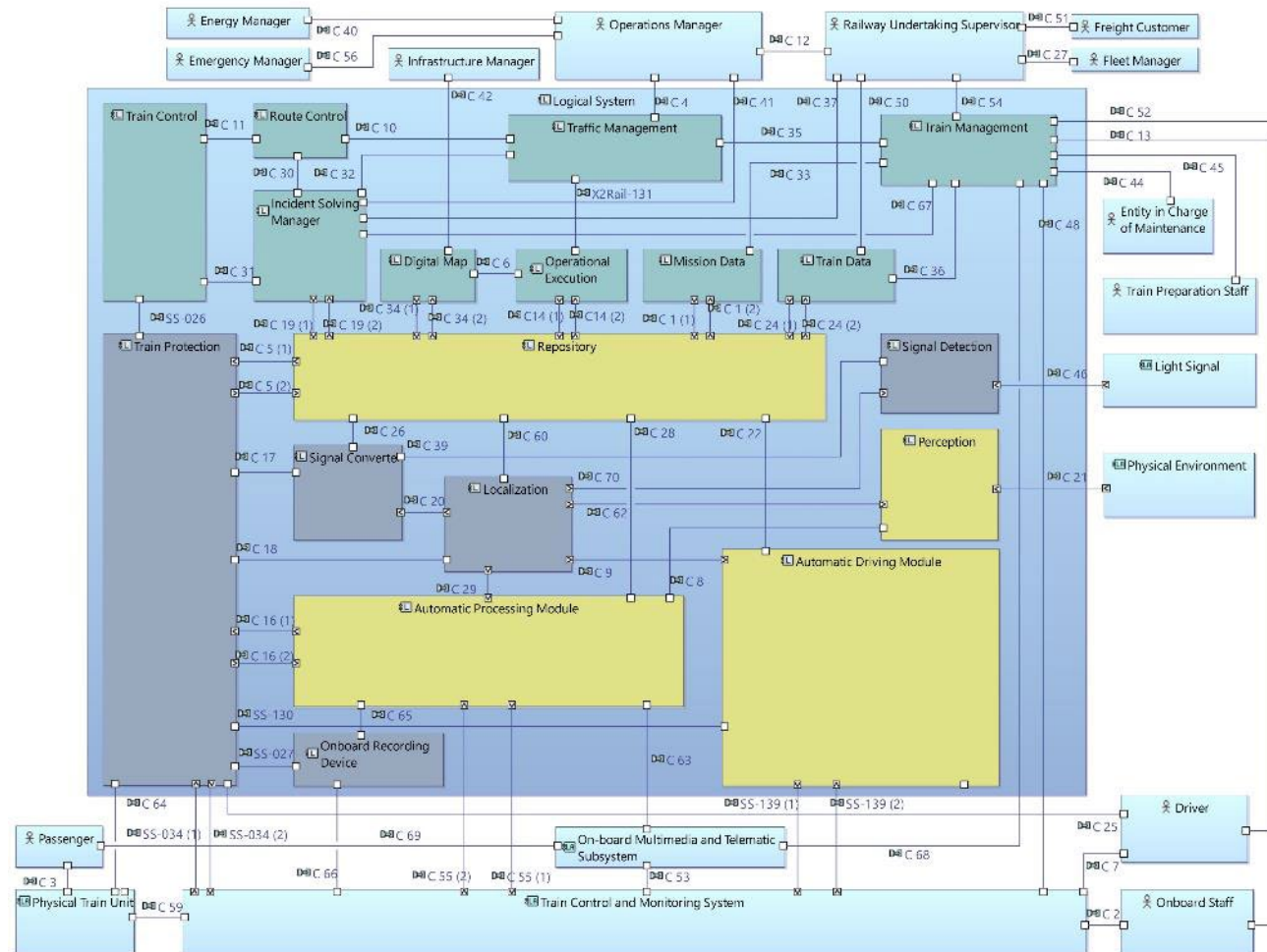


Bild: openrailw aymap.org

Die Arbeitspakete des Projekts ARTE

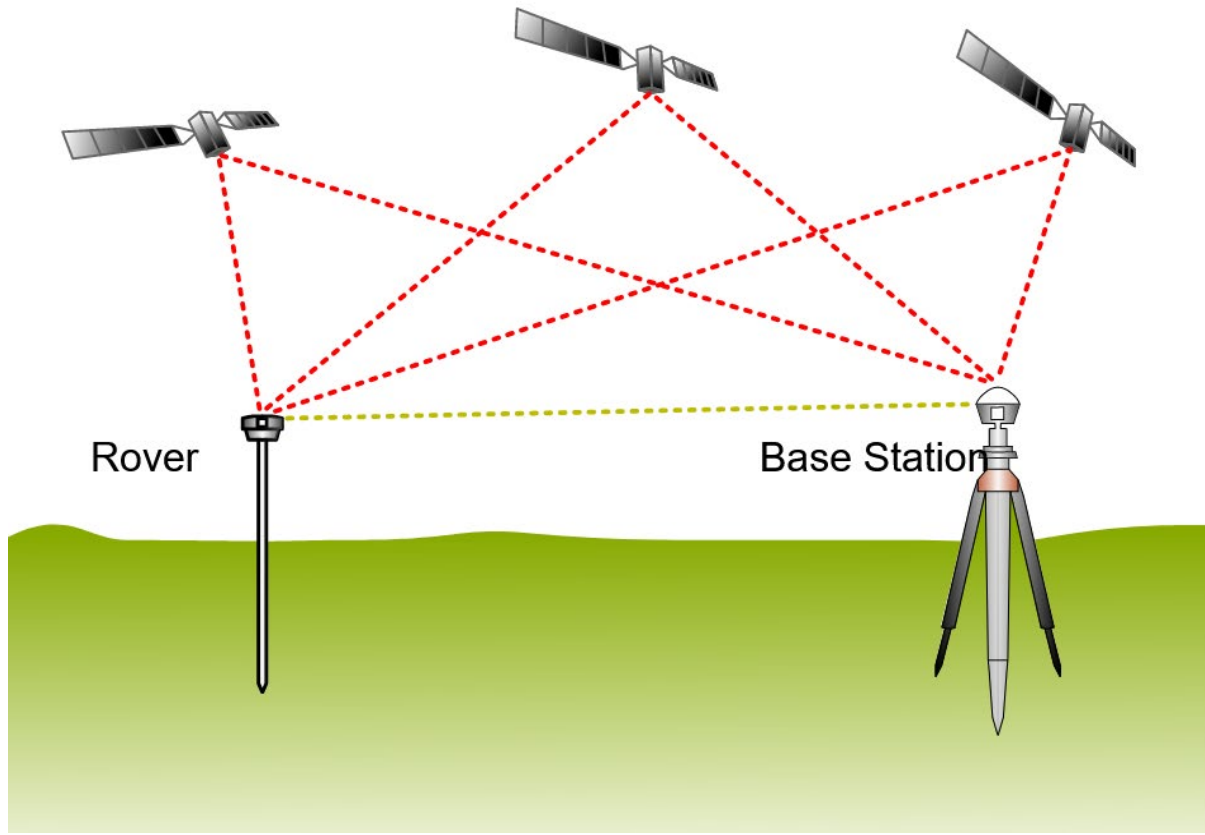


Alstom führt aus technologischer Sicht die Entwicklung und definiert die europäischen Normen für den automatisierten Fahrbetrieb.

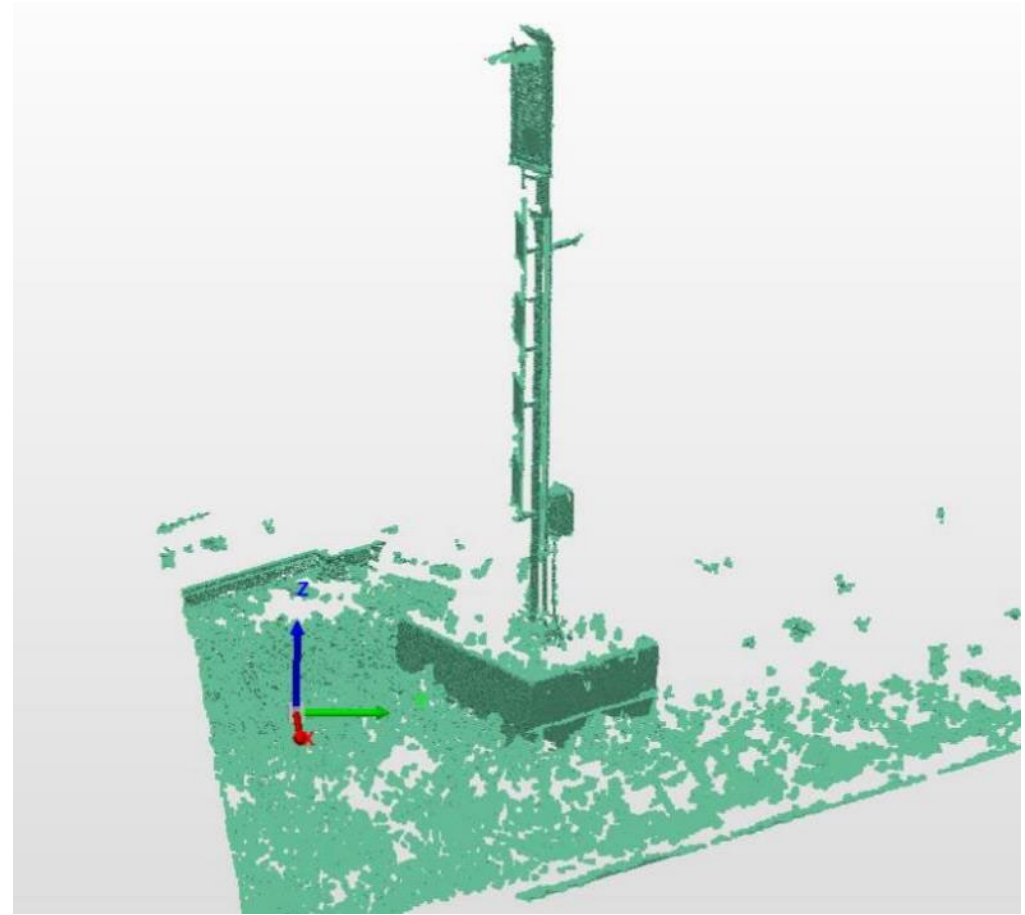


Kartierung

präzise Karte durch GPS mit Echtzeit-Korrektur



Vermessung der Signale durch 3D-Scannen



File:Real time kinematic.svg,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Real_time_kinematic.svg&oldid=693694641 (last visited August 6, 2024).

Signalerkennung

Zu lösende Probleme



Welche Strecke?

Welche Signale?

Welchen Status hat das
Signal?

Hinderniserkennung

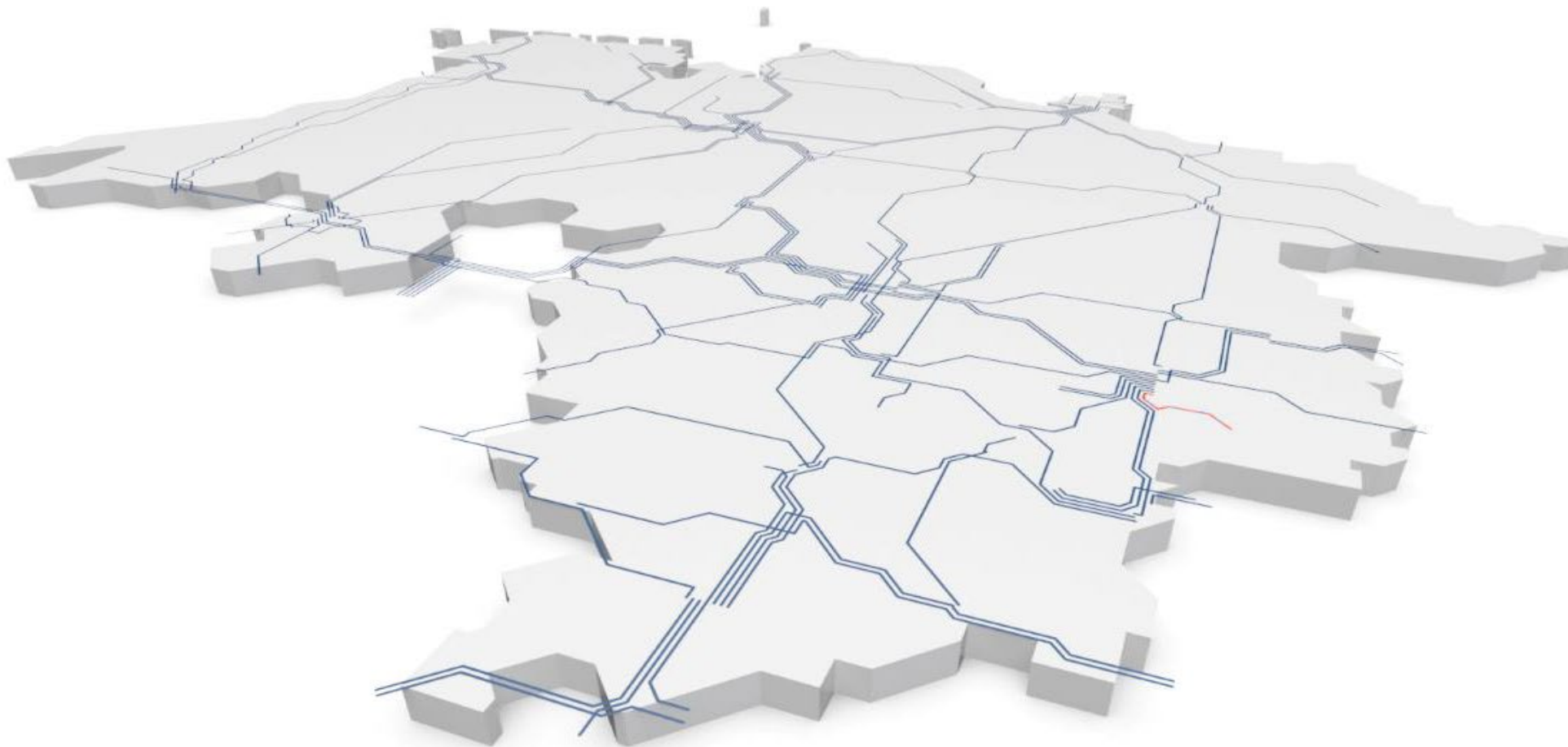
Zu lösende Probleme



Welche Strecke?

Welche Spurweite?

Was für eine Art des Hindernisses wurde erkannt?



Finanziert von der Europäischen Union
NextGenerationEU



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

03 ARTE – Beitrag DLR

Betriebliches Zielbild – „in 20 Jahren“

- Vollständige Automatisierung des Regelbetriebs (mindestens) eines Regionalbahn-Teilnetzes, keine menschlichen Handlungen notwendig
- Im Störfall Eingriff und ggf. Steuerung durch Personal möglich
 - das im Fahrgastbetrieb auch an Bord ist,
 - ansonsten Remote
- Keine Anpassung der heutigen Infrastruktur (Signale, PZB) nötig, auch kein ETCS
- Möglichst Einhaltung etablierter Standards (z. B. aus Shift2Rail)
- Nachrüstung von Bestandsfahrzeugen oder Beschaffung von Neufahrzeugen möglich

- **Publikation:** Schöne, S., Adebahr, F-A, Meirich, C. und Bekehermes, T.: *Betriebliche Differentialanalyse für den automatisierten Regionalbahnbetrieb*. ETR - Eisenbahntechnische Rundschau (10/2023), Seiten 18-22.

Die Arbeitspakete des Projekts ARTE



Anforderungsermittlung durch Differentialanalyse

Ausgangslage

Heutiger Stand der Eisenbahntechnik

Heutige Aufgaben des Tf laut Regelwerken
(Fahrdienstvorschrift, Signalbuch etc.)

ARTE-System für die Probefahrten

Automatisierung der für die Probefahrten nötigen Funktionen

Nicht automatisierte Tätigkeiten
werden von Personal durchgeführt

Zukünftiges Zielsystem

Vollautomatisierung im Regelbetrieb, Funktionen möglichst technisch
erfüllt

Nicht automatisierbare
Tätigkeiten und
Störfallmanagement

Die Arbeitspakete des Projekts ARTE



Human Factors/ Arbeitspsychologische Fragestellungen in ARTE

Zielbild ist, dass sich im **hochautomatisierten Schienenverkehr** langfristig kein Tf mehr im Führerstand befindet. **Aufgaben und Tätigkeiten werden sich ändern.**

Daher ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Welche Aufgaben eines Tf werden in Zukunft von der Automation übernommen und welche verbleiben beim Menschen? **Was ist eine günstige Aufgabenteilung?**

Beispielsweise:

- Fahraufgabe im Regelbetrieb: Automation
- Störungsbehebung/ komplexe Problemlösung: Mensch

Human Factors/ Arbeitspsychologische Fragestellungen in ARTE

- **Wie ändert sich der Beruf des Tf? Welche neuen Rollen von Betriebspersonal entstehen gegebenenfalls?**



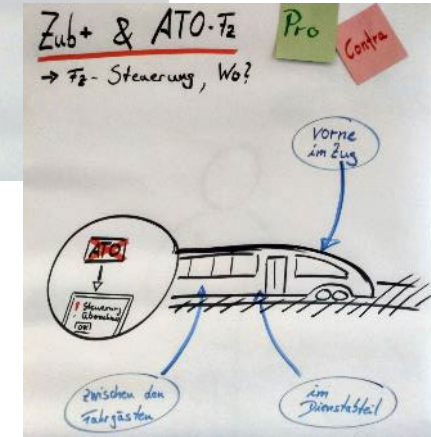
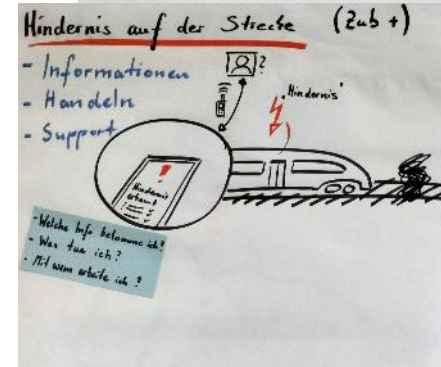
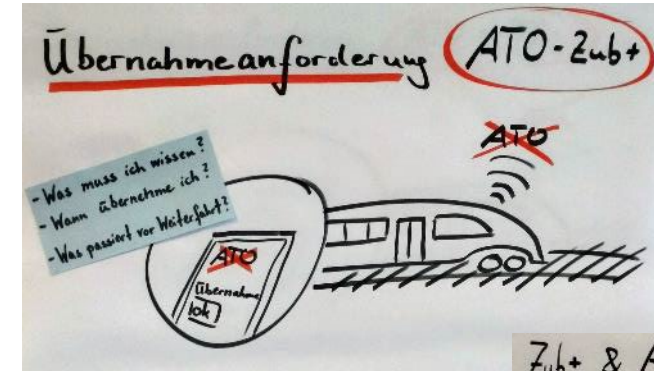
Bildquelle: DB

In ARTE werden folgende potentielle neue Rollen betrachtet:

- **Zugbegleiter-Plus** (Zub+ übernimmt, z.B. im Störfall, einige betriebliche Aufgaben),
- **Remote Operator** (Arbeitsplatz zur Fernsteuerung von Zügen im Störfall, z.B. in einer Leitstelle),
- Beide Rollen können in der Rückfallebene den Zug potentiell mit einem Tablet fernsteuern

RTO und Zub+: Neue Aufgaben und Prozesse

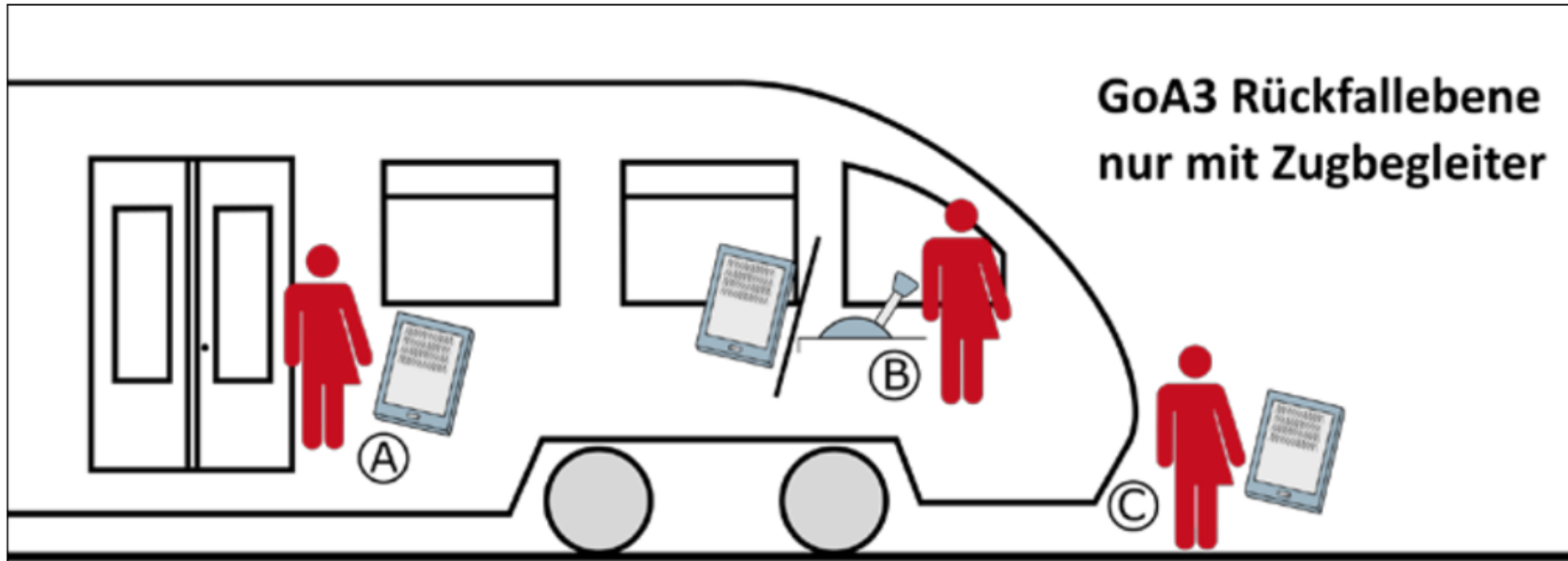
- Workshop mit 11 Mitarbeitenden (Tf und FB) der start GmbH (EVU)
- für die Szenarien:
 - „Übernahmeanforderung“,
 - „Hindernis auf dem Gleis“ und
 - „Türstörung“wurden jeweils identifiziert:
 - Aufgaben,
 - Kommunikationsprozesse,
 - Informationsbedarfe und
 - Wünsche und Voraussetzungen jeweils von RTO und Zub+



ARTE

- für das Szenario „Zusammenarbeit von RTO und Zub+“ wurden die jeweiligen Rollen in der Zusammenarbeit, der Ablauf und die Voraussetzungen für die Zusammenarbeit identifiziert
- Anforderungen an das Tablet zur Bedienung (Fernsteuerung) wurden erhoben
- Publikation: Naumann, A., Adam, J., Fritsch, M. und Hofstädter, R. (2024) ARTE: Neue Aufgaben und Rollen für Betriebspersonal. EI - Der Eisenbahningenieur (08/24), Seiten 42-45.

GoA3: Zugbegleiter Plus (Zub+)



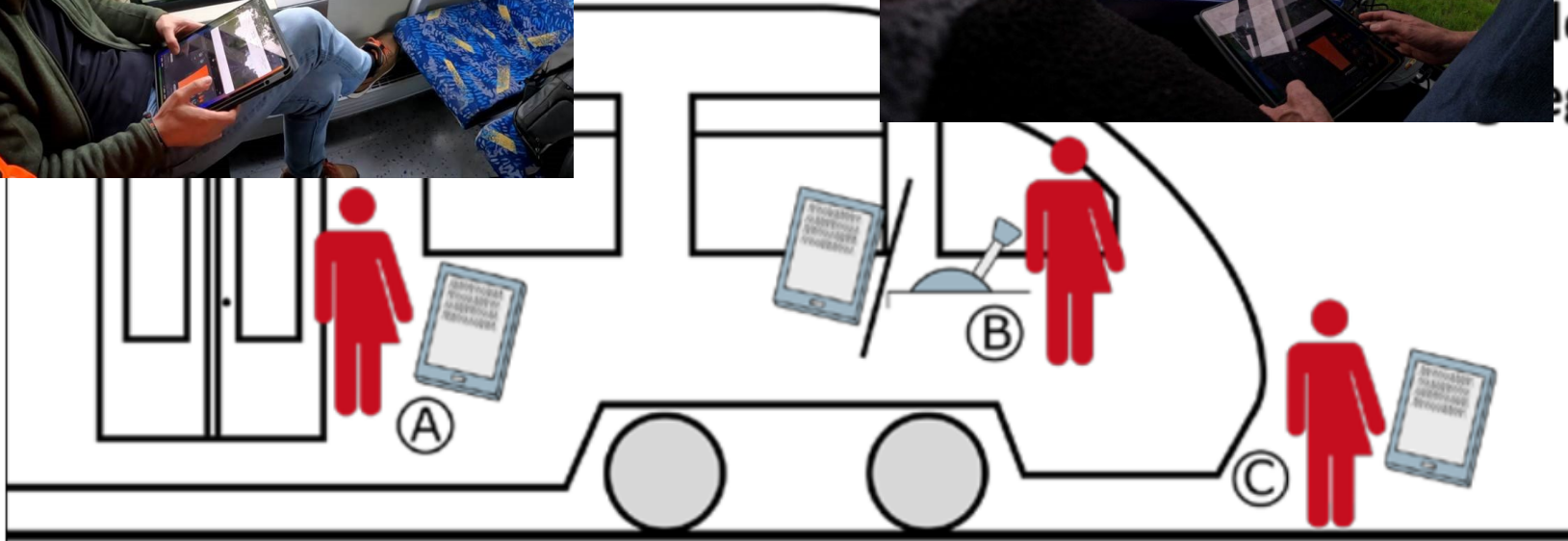
- a) Zub+ im Fahrgastraum
- b) Zub+ im Führerstand
- c) Zub+ außerhalb des Zuges, am Gleis

Quelle: Adebahr, Milius & Naumann (2023)

GoA3: Zugbegleiter Plus (Zub+)



lebene
begleiter

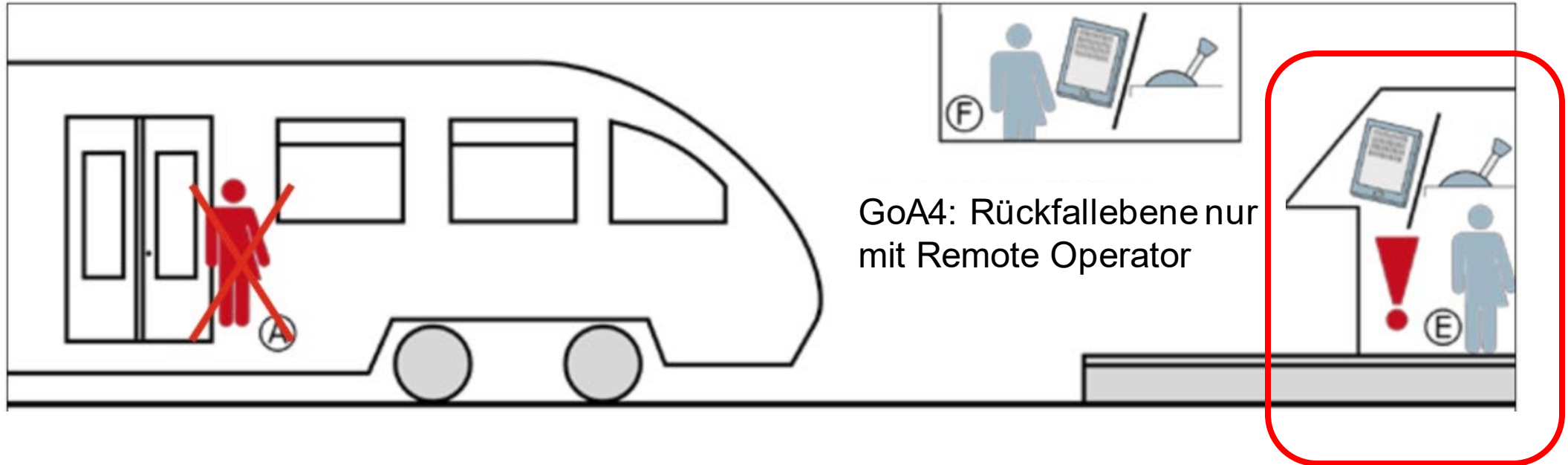


- a) Zub+ im Fahrgastraum
- b) Zub+ im Führerstand
- c) Zub+ außerhalb des Zuges, am Gleis



Quelle:

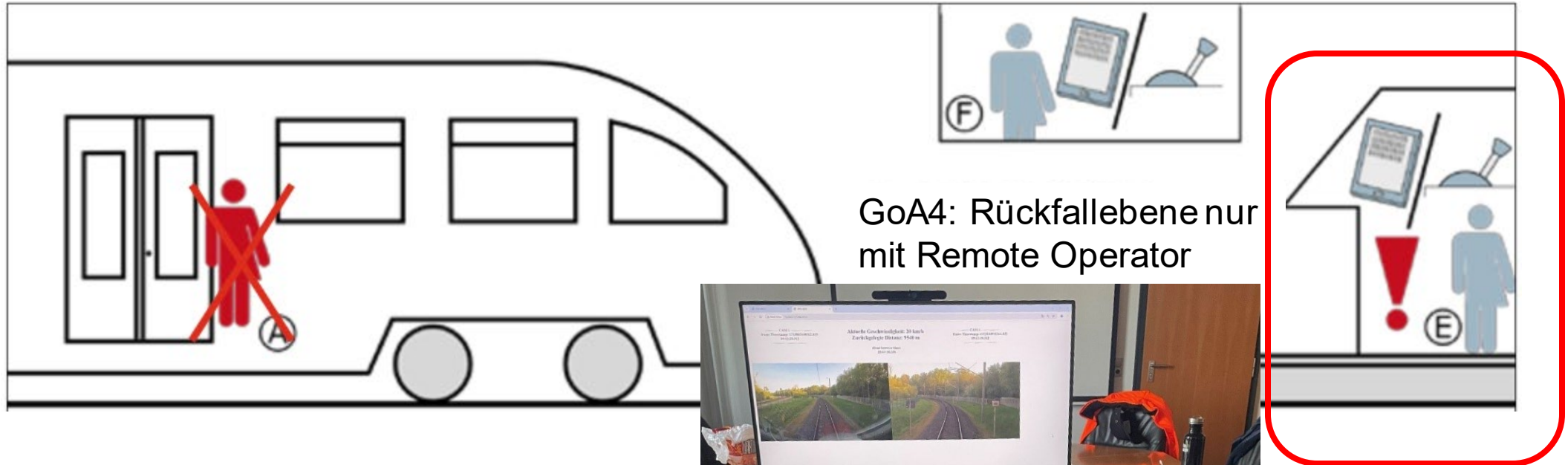
GoA4: Remote Operator



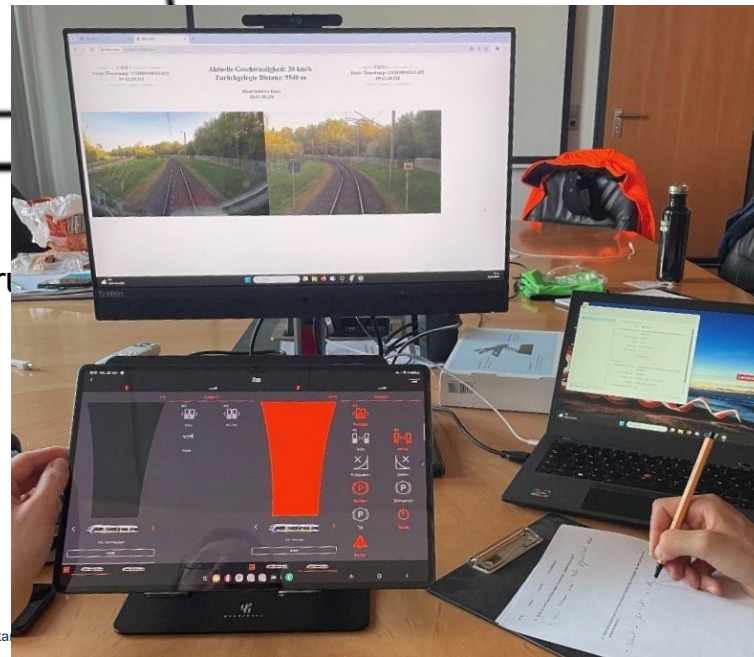
- e) Remote Operator: temporäre Überwachung im Störfall
- f) Remote Operator: kontinuierliche Überwachung

Quelle: Adebahr, Milius & Naumann (2023)

GoA4: Remote Operator

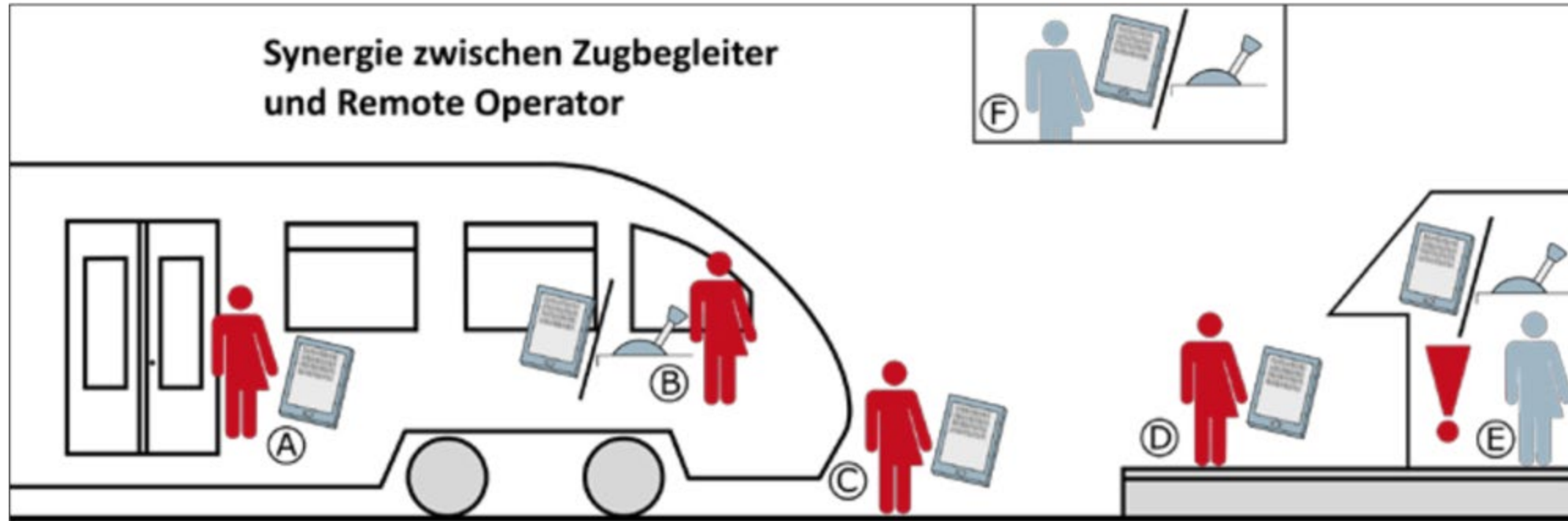


- e) Remote Operator: temporäre Überwachung im Störfall
- f) Remote Operator: kontinuierliche Überwachung



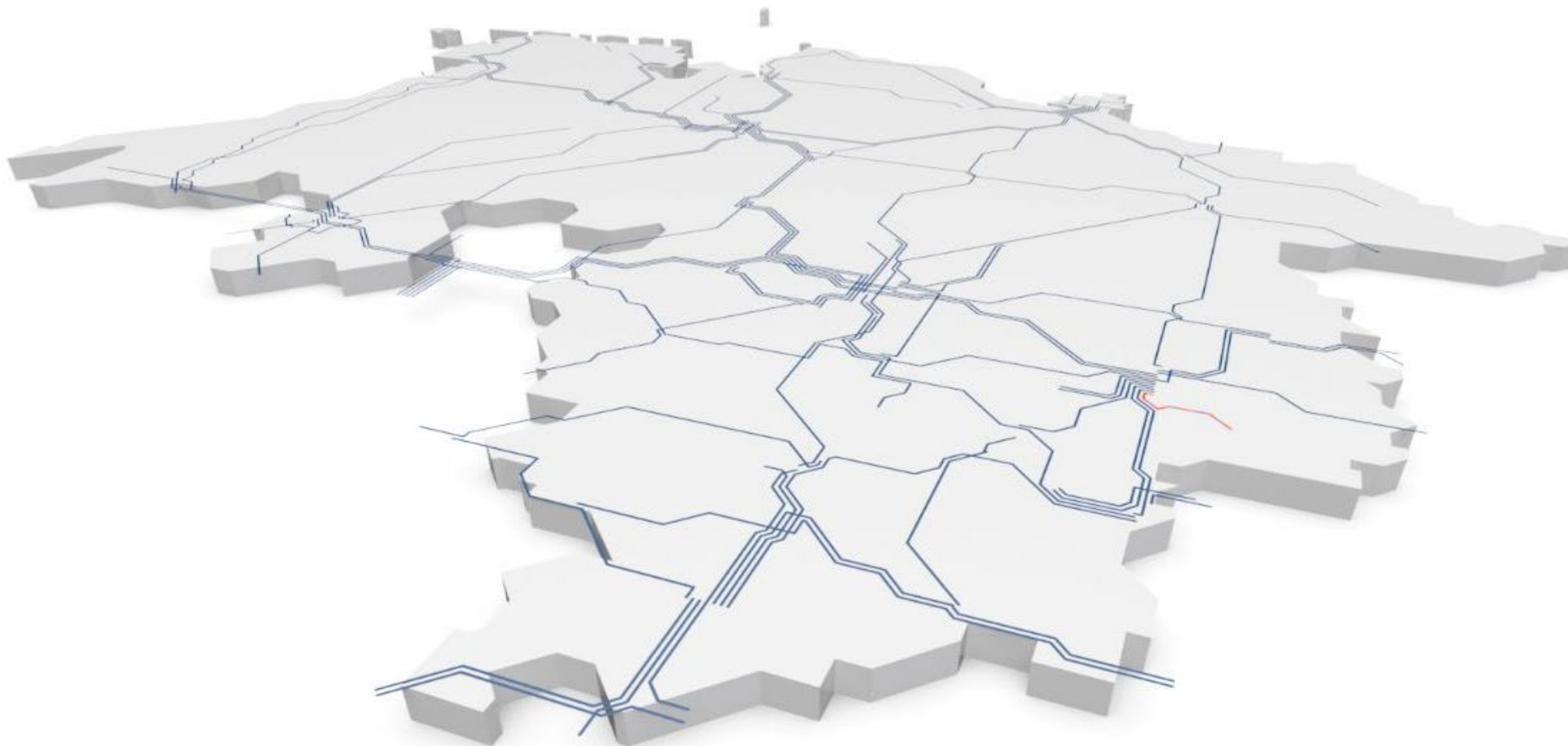
Adebahr, Milius & Naumann (2023)

GoA3 Remote Operator und Zub+



- a) Zub+ im Fahrgastraum
- b) Zub+ im Führerstand
- c) Zub+ außerhalb des Zuges, am Gleis
- d) Zub+ / Remote operator am Bahnsteig
- e) Remote Operator: temporäre Überwachung im Störfall
- f) Remote Operator: kontinuierliche Überwachung

Quelle: Adebahr, Milius & Naumann (2023)



Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU



Gefördert durch:
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

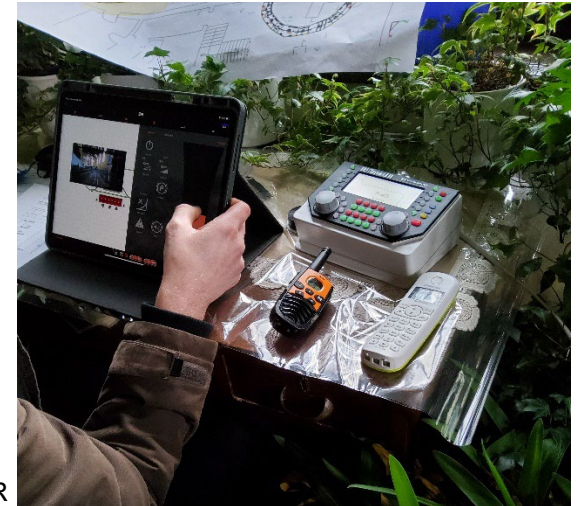
04 ARTE – Beitrag TU Berlin

Die Arbeitspakete des Projekts ARTE

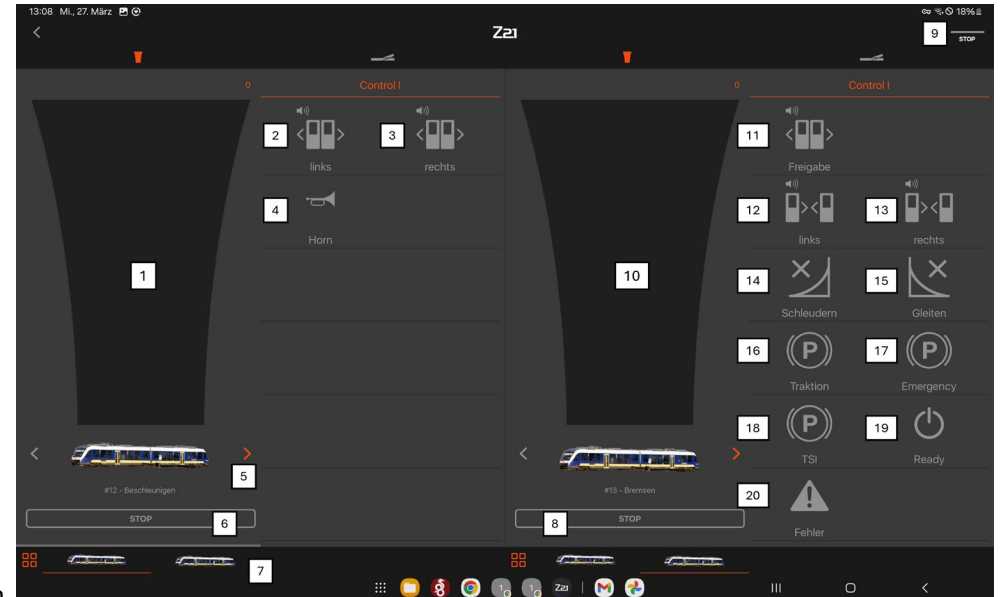


ARTE RTO Steuerung

- Erste Versuche mit App Z21
 - Erprobt, bewährt, einfach, intuitive
- Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Steuerung
 - Konverter
 - RTO Server
 - Mobilfunk oder lokales Netzwerk



DLR



TU Berlin

Testgestaltung in ARTE

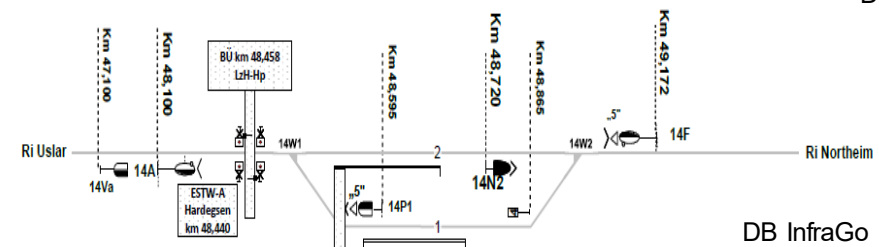
- 1. Versuch im Modellbahnaufbau
 - Relativ einfach umsetzbar
 - Großer Gestaltungsspielraum
 - Nur Leitwartentests möglich
- 2. Versuch auf Testgleis
 - Tests in allen Arbeitspositionen möglich
 - Testgleis durchgängig verfügbar
 - Relativ kurze Strecke ohne Signale
- 3. Versuch auf öffentlicher Infrastruktur
 - Sehr realistisch
 - Lange Fahrtstrecken mit Signalisierung
 - Nur schmale Zeitfenster



DLR



DLR

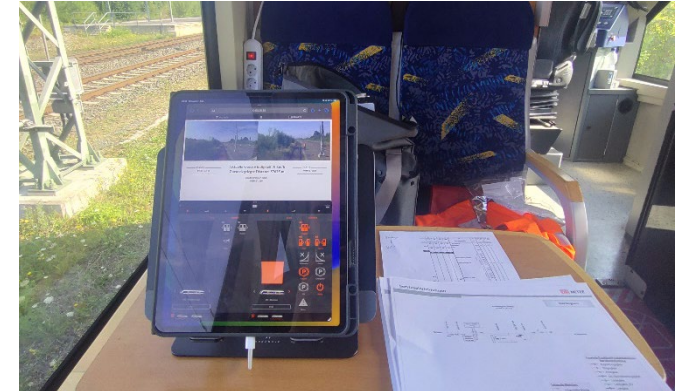


Die Arbeitspakete des Projekts ARTE



RTO Erprobung auf dem Testgleis und der öffentlichen Infrastruktur

- Testgleis:
 - Remote Operator
 - ▶ Führerstand, Fahrgastraum, Strecke, Leitwarte
 - Aufgaben
 - ▶ Halten, Beschleunigen, Bremsen
 - Erkenntnisse:
 - ▶ Gestaltung: Tablet und Videostream
 - ▶ Ergonomie: Tabletgröße und Gewicht
 - ▶ Relevanz guter Funknetzwerke
 - ▶ Relevanz Fahrzeugfeedback
- Öffentliche Infrastruktur
 - Zugbegleiter Plus
 - ▶ Führerstand, Fahrgastraum
 - Aufgaben
 - ▶ Halten, Beschleunigen, Bremsen
 - Erkenntnisse
 - ▶ Nutzung spezifischer Videostreams je Aufgabe
 - ▶ Nutzerverständnis Antriebssteuerung
 - ▶ Aufgabenakzeptanz



TUB

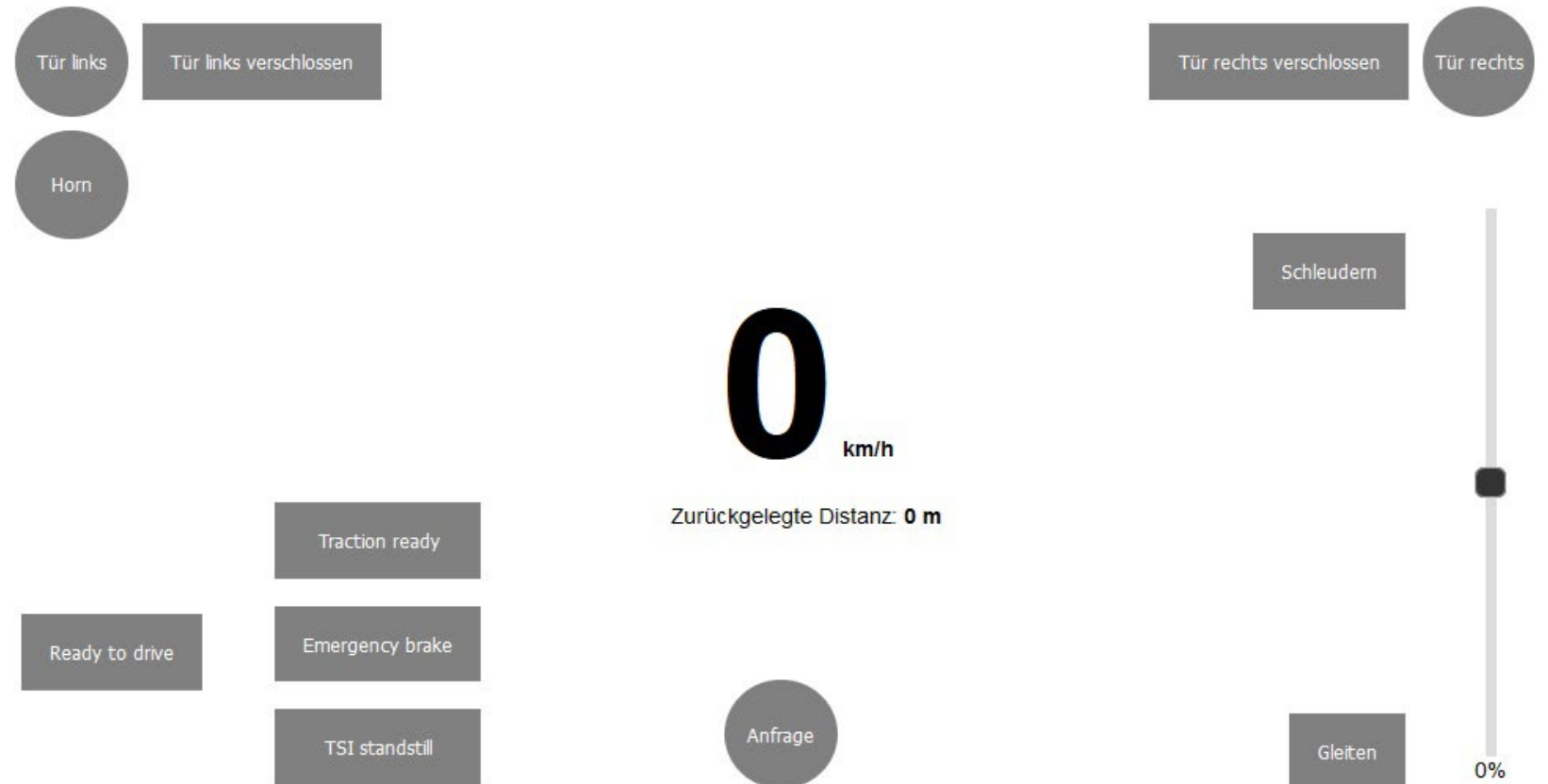


TUB

Zweite Iteration der Tabletsteuerung

HTML basierte Bedienoberfläche

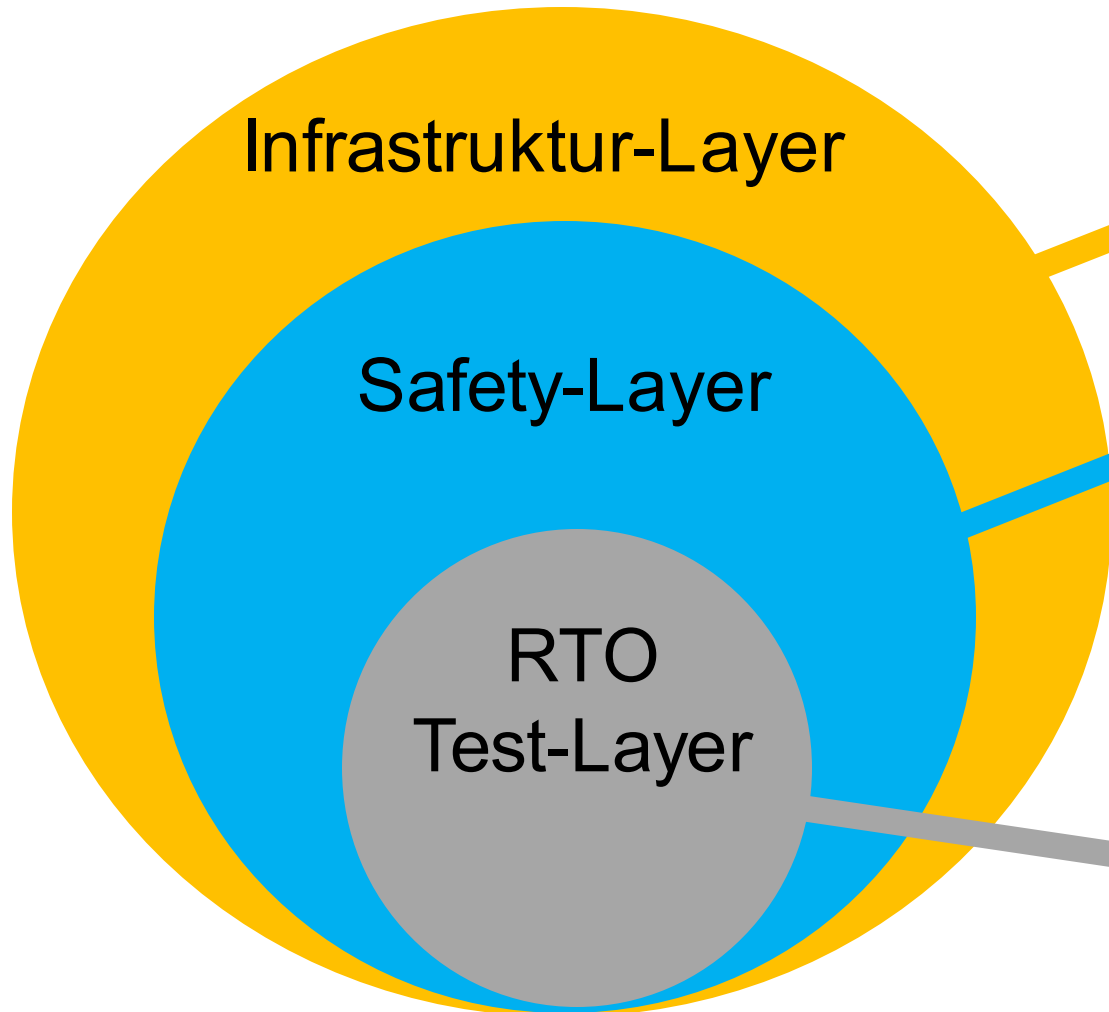
- Tacho mittig
- Knöpfe rund
- Anzeigen eckig
- Integration der zwei Regler in einem
- Räumlich angepasstes Layout
- Videostream:
 - Bilder vergrößert
 - Latenz (>2Sek.) farbig



Die Arbeitspakete des Projekts ARTE



Safety Layer für einen sicheren Versuchsbetrieb



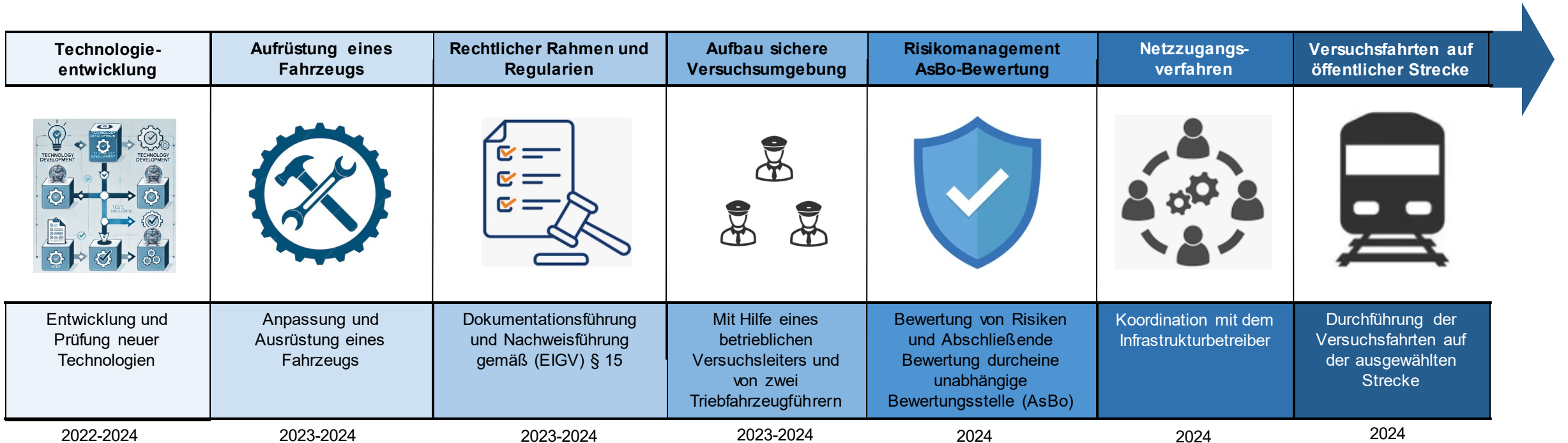
Rollen für betriebliche Sicherheit

- Betrieblich zuständiger Fahrdienstleiter
- Betrieblicher Versuchsleiter
- ARTE Sicherheitslokführer

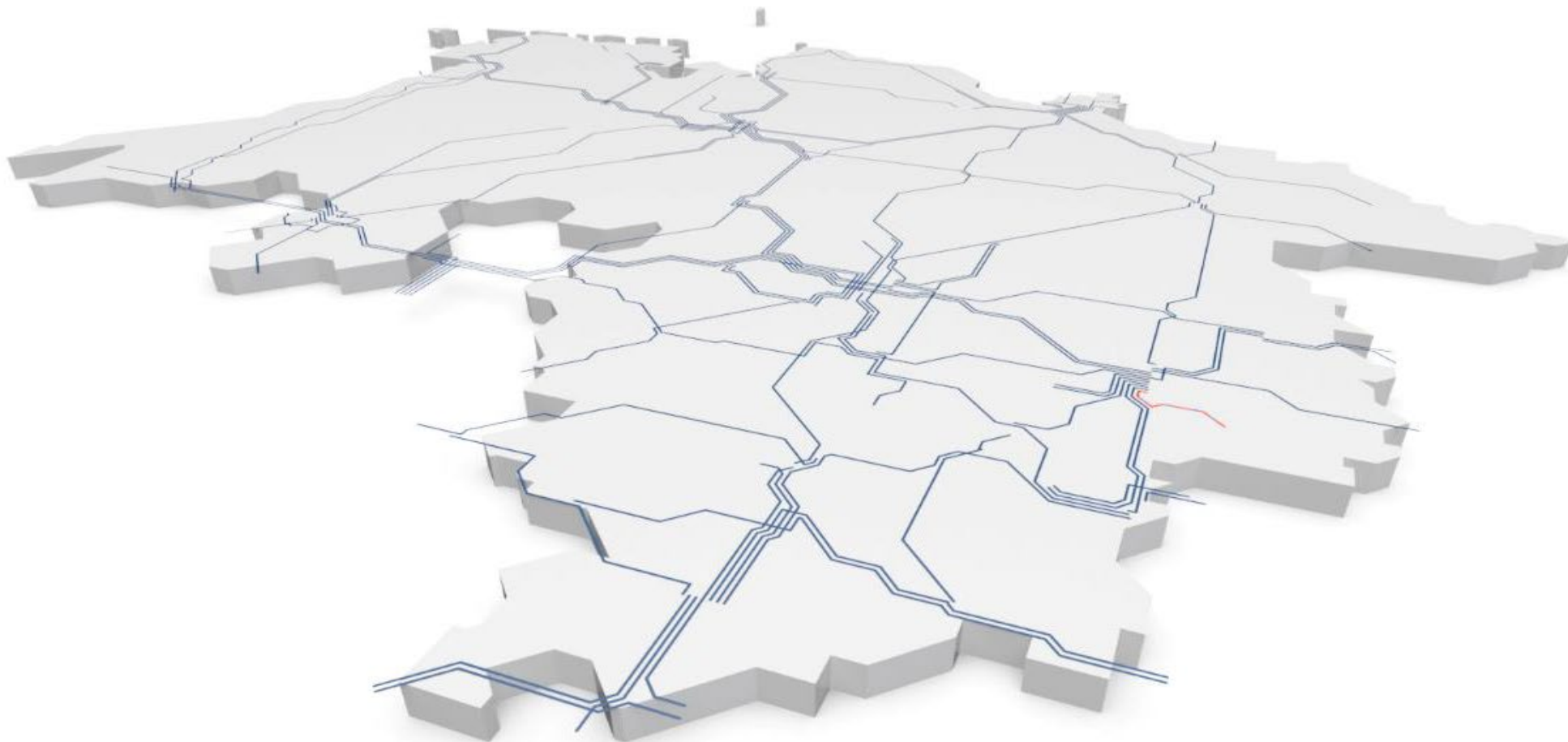
Rollen für RTO-Test

- Zugbegleiter-Plus
- Remote Operator
- (Simulierter Fahrdienstleiter)

Homologation zur Durchführung des Versuchsbetriebs



TUB



Videopräsentation RTO Fahrt

Zugfernsteuerung

[Video auf LinkedIn ansehen](#)





Vielen Dank für Ihre Teilnahme
Wir beantworten gerne Ihre Fragen

www.alstom.com www.dlr.de www.tu-berlin.de
www.niedersachsen.de www.lnvg.de