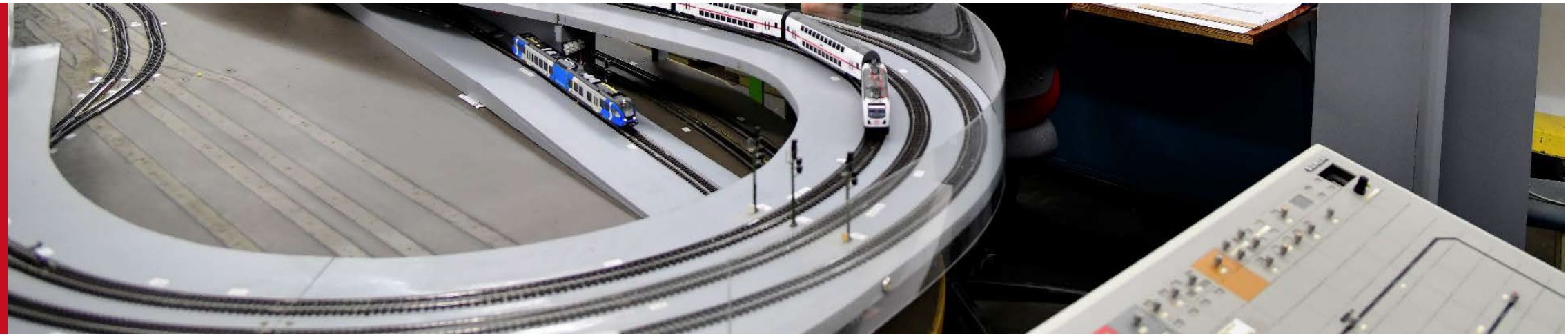
FORSCHUNG trifft PRAXIS NR. 22

Technische Universität Berlin



Eisenbahnwesenseminar WS 2021/2022

Forschung trifft Praxis: Automatisierung

25.10.21 Innovatives Verfahren für Schienenschweißen
Dr. Jörg Keichel | Goldschmidt Holding GmbH

01.11.21 Untersuchung eines optimalen Abstandes zwischen Überleitstellen auf mittel- bis hochbelasteten Bahnstrecken - Ergebnisse einer Bachelorarbeit
Nicolai Neuhauß | TU Berlin

08.11.21 Doppelstöckig und bequem; klimafreundlich unterwegs mit bis zu 320 km/h!
Matthias Handschin | Alstom

15.11.21 Zukunft des Eisenbahnbetriebs der DB Netz AG - Betriebliches Zielbild für den Digitalen Bahnbetrieb
Matthias Kopitzki, Wolfgang Braun, Sebastian Post | DB Netz AG

22.11.21 Wascosa E-Car- Zeroemissiontransport von Gefriergut
Christoph Becker | Wascosa

29.11.21 Anschlusssicherung in Baden-Württemberg: Herausforderungen & Lösungen
Valentin Funk

06.12.21 Alternative Antriebe für Rangierlokomotiven - Ergebnisse einer Potentialstudie für die NOW
Prof. Dr.-Ing. Dirk Bruckmann | Hochschule Rhein-Waal

13.12.21 Erfahrungsbericht erste SPNV-Ausschreibungen in Frankreich
Andreas Wettig | Trans-Missions

bbi Bahnbetrieb & Infrastruktur

03.01.22 Nachladung eines BEMU mit AC 15 kV 50 Hz
Dr.-Ing. Felix Dschung | Furrer + Frey AG

10.01.22 Competitive tendering in public transport in the Netherlands, incl. railway cases and multimodal concessions
Didier van de Velde | TU Delft

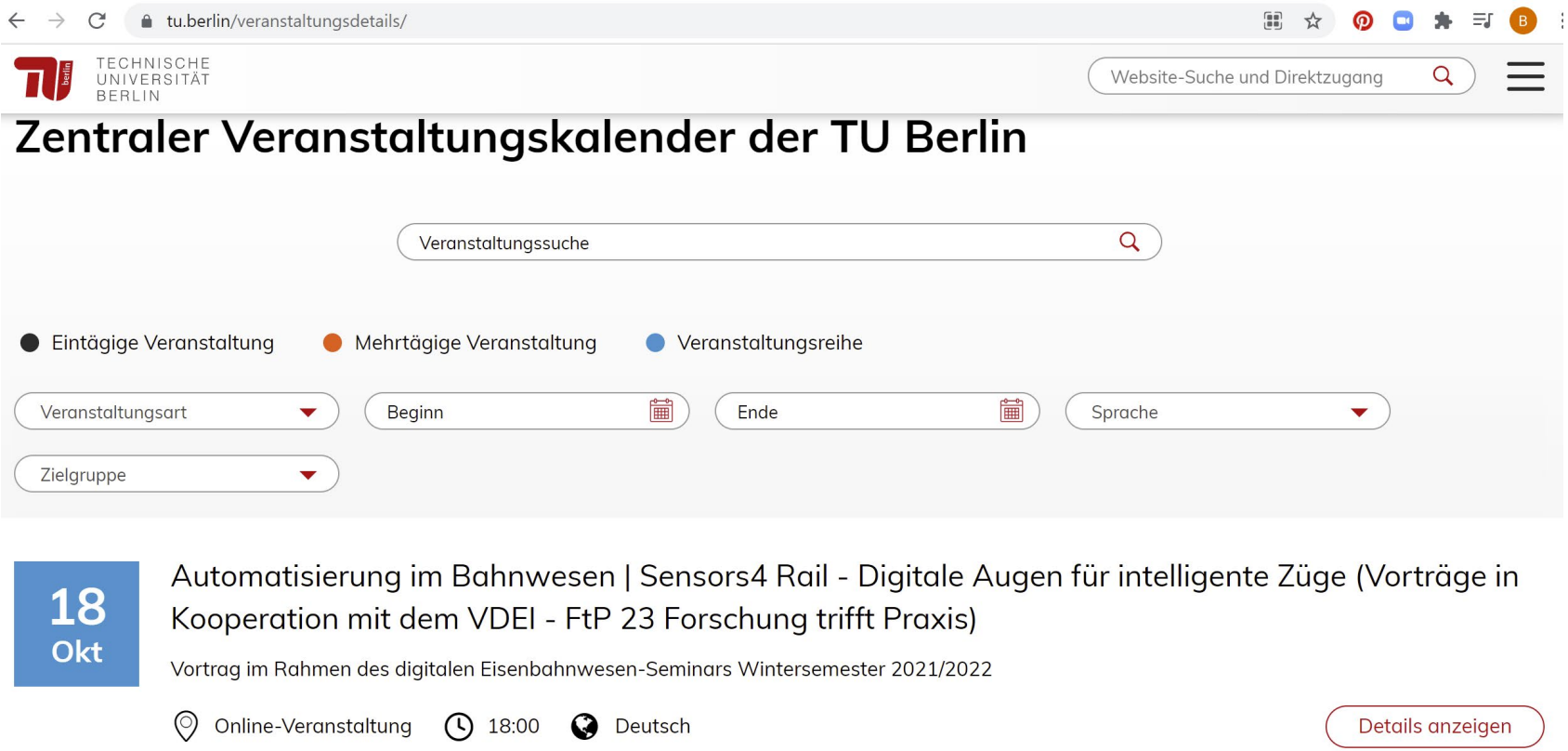
17.01.22 Lokstrategie DB Cargo
Hayo Schelten | DB Cargo AG |

24.01.22 Köpfe für die Digitalisierung der Bahn - das DB Technology Institute: Überblick, Angebote und ausgewählte Projekte
Prof. Dr. Andreas Polze | Hasso-Plattner-Institut & Ingo Schwarzer | DB Systel GmbH

31.01.22 Konzeptüberlegungen zu alternativen Antrieben am Beispiel der Wasserstofflok Hafen Duisburg und NOW
Johannes Pagenkopf | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

07.02.22 Human Factors At Netherlands Railways
Vera Verstappen | Nederlandse Spoorwegen

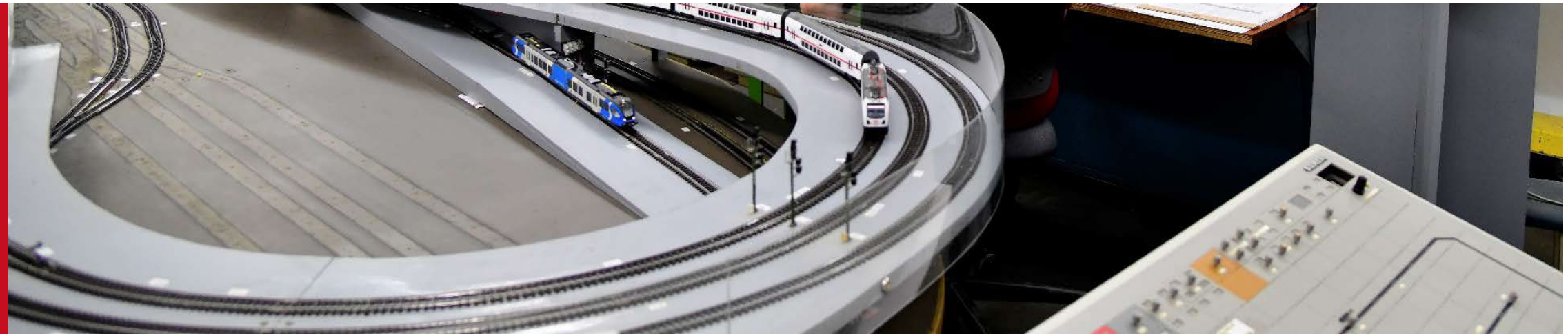
14.02.22 Bahnlärmminderung in Südkorea, wesentliche Schritte der letzten 10 Jahre
Hyo-In Koh | Korea Railroad Research Institute



https://www.tu.berlin/veranstaltungsdetails/

FORSCHUNG trifft PRAXIS NR. 22

Technische Universität Berlin



Automatisierung im Bahnwesen

Aktuelle Forschungsarbeiten am BBI

Frederik Adebahr, Baris Cogan & Birgit Milius

Agenda

- Einleitung
- Hintergrund: ATO und GoA
- BBI ATO-Projekte
  - ATO-Sense
  - ATO-Risk

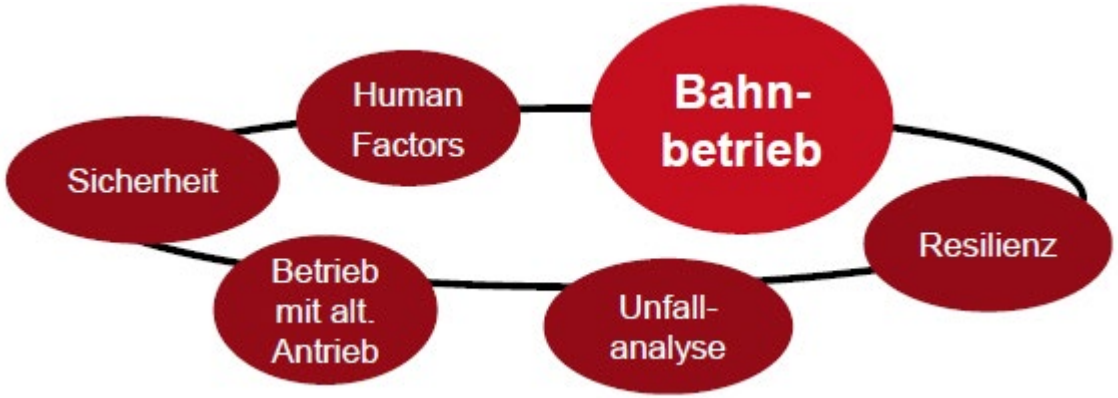
Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur

Fachgebietsleitung:

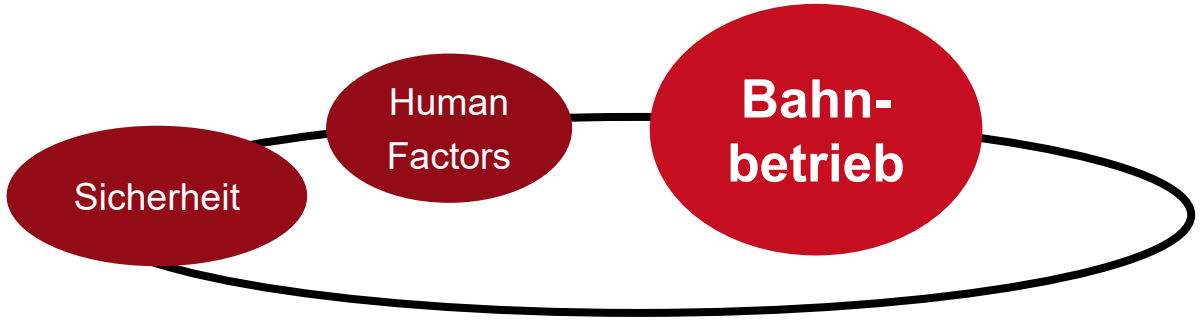
Prof. Dr. Birgit Milius

Ziel in Lehre und Forschung:

Betrachtung des Schienenverkehrs als Gesamtsystem



Bahnautomatisierung verknüpft BBI-Forschungsschwerpunkte



Was bedeutet „Automatisierung GoA3 / GoA4“ ?

[1]

0

„klassische“ Straßenbahn-systeme

[2]

GoA1

Systeme mit Fahrstraßen-sicherung

[3]

GoA2

LZB mit automatischer Fahr- und Bremssteuerung

→ z.B. U-Bahn München

[4]

GoA3

unbeaufsichtigter Regelbetrieb, Personal für Eingriff im Störungsfall

→ z.B. New York City Canarsie Line

[5]

GoA4

vollständig unbeaufsichtigter Betrieb, kein Personal im oder am Zug

→ z.B. U-Bahn Nürnberg

[1] *Wikimedia/Leif Jorgensen*, online unter https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BVG_line_M10_on_Warschauer_Stra%C3%9Fe_(cropped).JPG
[2] *Frankfurter Nahverkehrsforum/Ost-West-Express*, online unter http://www.frankfurter-nahverkehrsforum.de/index.php?page=Thread&threadID=20953
[3] *Wikimedia/FloSch*, online unter https://commons.wikimedia.org/wiki/File:U-Bahn_M%C3%BCnchen_B.jpg
[4] *nycsubwy.org*, online unter https://www.nycsubway.org/wiki/BMT_Canarsie_Line
[5] *Bahnbilder.de/Sebastian Fuchs*, online unter http://www.bahnbilder.de/bild/Deutschland~Stadtbahnen+und+U-Bahnen~U-Bahn+Nurnberg/452838/die-fahrerlose-u3-mit-wagen-763.html

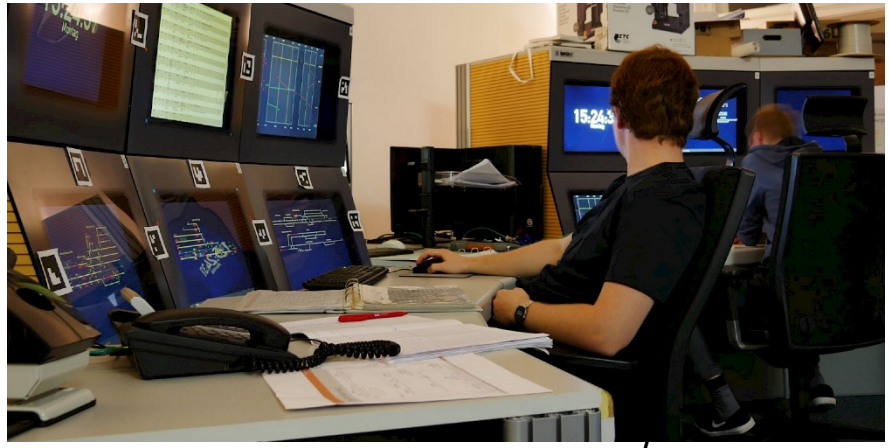
Automatisches (fahrerloses) Fahren – was ist neu?

- Aktuelle Forschungen erarbeiten das Fahren in GoA3 und GoA4 im Vollbahnbereich.

https://www.enr.com/ext/resources/Blogs/Evergreen/Translink1.jpg?1580841521

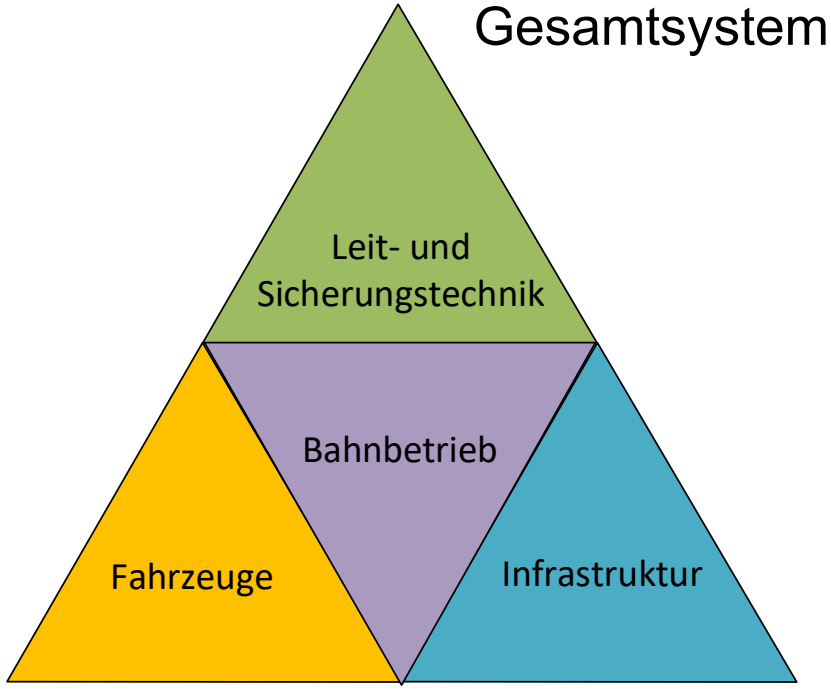
https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:b9d6c88a-c102-4103-8c89-8e261c0985ed/width:1125/crop:0:0,10059:1:0,84287/quality:high/autonome-strassenbahn-von-siemens-mobility.jpg

Automatisches (fahrerloses) Fahren – Herausforderungen (Auswahl…!)



https://www.ebuef.de/das-betriebsfeld/betriebszentrale/

Die Bahn ist ein komplexes System und Veränderungen betreffen IMMER das Gesamtsystem



Fahrerloses Fahren heißt nicht, dass der Mensch nicht berücksichtigt werden muss.

Neue Systeme müssen entwickelt und in Betrieb gebracht werden.

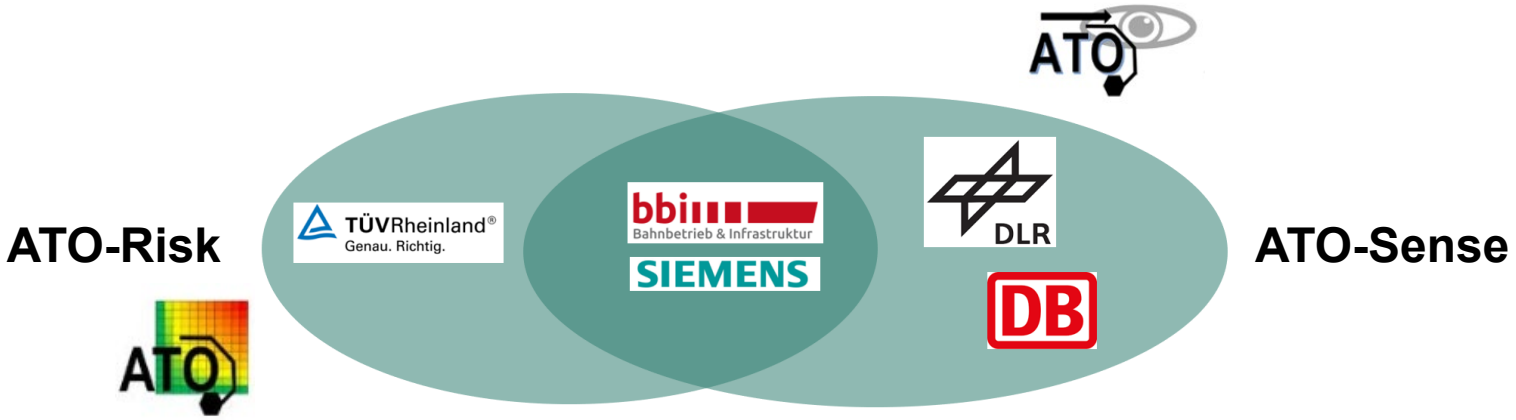
Automatisches (fahrerloses) Fahren – Fragestellungen zum Systemwechsel

- Wie sicher müssen neue Systeme sein?
- Was heißt gleiche Sicherheit?
- Kann man den Menschen bemessen?
- Welche Sinne nutzt der Mensch, um sicher einen Zug steuern zu können?
- Kann Technik Sinne ersetzen?
- Haben wir Regelwerke, die wir zur Abschätzung des zulässigen Risikos heranziehen können?
- Wie muss ein entsprechender Nachweisprozess aussehen?
- ….

DZSF hat Projekte ausgeschrieben, die erste Ergebnisse zu diesen Fragestellungen erarbeiten.
ATO-Sense und ATO-Risk

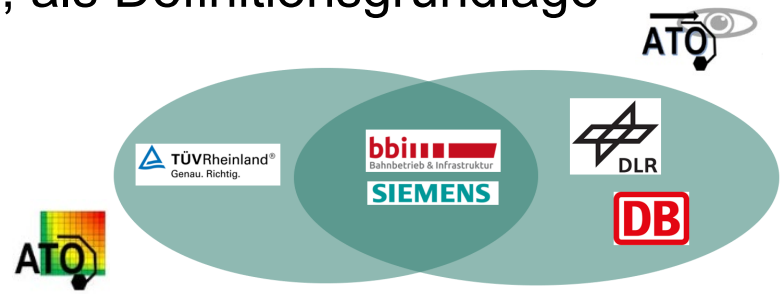
ATO-Projekte am BBI: ATO-Sense und ATO-Risk

- Auftraggeber der Projekte ist das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF)
  - Forschungseinrichtung für alle Themen rund um das Eisenbahnwesen
  - dem Eisenbahnbundsamt (EBA) unterstellt
  - Sitz in Dresden und Bonn
- Projekte waren ausgeschrieben (2020), BBI hat sich zusammen mit Konsortium darauf beworben



ATO-Projekte

- **ATO-Sense (Konsortialführer BBI)**: Ermittlung eines Ansatzes zum Vergleich der menschlichen Leistungsfähigkeit und der zu erwartenden Fehler, als Definitionsgrundlage der Anforderungen an ein technisches ATO-System
  - Wahrnehmungs- und Entscheidungsqualität der Fahrer



- **ATO-Risk (Konsortionalführer Siemens)**: Risikoakzeptanzkriterien für den automatisierten Fahrbetrieb
  - Projekt untersucht die Frage, wie die Sicherheit bei einem Verzicht auf menschliche Fahrer angepasst werden muss

Zusammen sollen beide Projekte einen quantitativen Ansatz liefern, welcher die Ableitung von Risikoakzeptanzkriterien und Lösungsansätzen für automatisierte Systeme erlaubt

ATO-Sense

- In diesem Projekt soll vorrangig definiert werden:
  - welche Sinne des Menschen für den Fahrvorgang genutzt werden,
  - was die Grenzen der Auflösung (Wahrnehmungsgrenze) der Sinne sind,
  - wie schnell der Mensch daraus die richtige Entscheidung ableitet und reagiert,
  - welche Fehleinschätzungen zu erwarten sind und
  - welche Bandbreite in den zu ermittelnden Ergebnissen zu erwarten ist.

- Laufzeit 30 Monate
- Partner
  - DLR, DB Systemtechnik, Siemens Mobility GmbH

ATO-Sense: Exploring Rail Human Factors

- *“Human factors refer to the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among **humans** and other elements of a **system** in order to optimize human **performance and well-being** and overall **system performance**.”* (Human Factors and Ergonomics Society)

- Bahnsystem als soziotechnisches System: technologische, organisatorische und menschliche Dimensionen
- **Verständnis der menschlichen Fähigkeiten, Einschränkungen und anderer menschlicher Eigenschaften, die für die Gestaltung/den Betrieb von Systemen relevant sind**

Funktionale Beschreibung der Aufgaben des Tf

Aufgaben
- Erfassen (DB RiL. 408)

Aufgaben +Sinne
- Filterung der Aufgaben nach relevanten Sinnen

relevante Aufgaben
- Filterung der Aufgaben nach Automatisierbarkeit, Unfallfolgen und Umsetzbarkeit im Simulator

Standardaufgaben
- Zusammenfassen

Standardaufgaben (jeweils im Regel- und Störbetrieb)	Automatisierbarkeit	Umsetzbarkeit	Beteiligte Sinne
- Fahren / V Regeln	Ja	Ja	Sehen, Haptik
- Diagnose	Nein	Nein	
- Kommunikation Reisende	Nein	Nein	
- Kommunikation betrieblich	Nein	Nein	
- Kuppeln	Vielleicht	Nein	
- Instandsetzung	Nein	Nein	
- Evakuierung	Nein	Nein	
- Türschluss	Ja	Nein	
- Monitoring Fahrzeug	Ja	Ja	Sehen
- Monitoring Infrastruktur	Ja	Ja	Sehen

Beschreibung der Sinne des Triebfahrzeugführers

- Literaturrecherche und Beschreibung der grundlegenden Funktion der Sinne

- Für die Aufgaben des Tf wurden die folgenden Sinne als relevant eingestuft;
  - Sehen/Visuelle Wahrnehmung
  - Hören/auditive Wahrnehmung
  - Gleichgewicht
  - Haptische und Taktile Wahrnehmung/ Tastsinn

Grundlegende Parameter für den Menschen

- Ableitung von Messgrößen zur Beschreibung des Einsatzes der Sinne
- Beschreibung der Bandbreite der theoretischen Ausprägung dieser Messgrößen
- Analyse relevanter Dokumente
  - Triebfahrzeugführerscheinverordnung (TfV)
  - EU 2019/773 TSI OPE 4.7 – Health and safety conditions
  - Handbuch 10700 „Tauglichkeit und Eignung feststellen“ (RiL 107)

Einflussfaktoren

- Identifizierung und Auswahl relevanter Einflussfaktoren durch Expertenschätzung (PSF)
  - Personal, Job/System, Organisational, Environmental
- Identifikation der betrieblichen Randbedingungen
  - Geschwindigkeit, Streckenauslegung, Signalgestaltung usw.
- Beschreibung von Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit der Sinne
  - z.B. negativer Einfluss von Umweltbedingungen (Dunkelheit, Nebel…) auf die visuelle Wahrnehmung

Szenarioerstellung

- Ableitung von Szenarien durch Kombination von Standardaufgaben und Parametern
  - Monitoring Infrastruktur Regelbetrieb
- Bemessung eines Sensors – in diesem Falle der Sensor „menschliches Auge“
  - Objekterkennung unter verschiedenen Bedingungen

- Die Sensorleistung wird beeinflusst
  - von externen Aspekten (betriebliche Parameter, z.B. Zugbeeinflussungssystem)
  - internen Aspekten (PSF, z.B. Aufmerksamkeit)
  - von den Eigenschaften des wahrzunehmenden Reizes (z.B. Kontrast, Größe, Form)

Versuchsplanung

- Unabhängige Variablen (UV)
  - PSFs
  - betriebliche Parameter
  - Physikalische Eigenschaften des Reizes (z.B. Größe)
- Abhängige Variable (AV)
  - Reaktionszeit auf eine Reiz
- Erfassung der Endbereiche der Leistung
  - Szenarien, in denen die Wahrnehmung möglichst einfach und möglichst schwierig sind
- TU Berlin Fahrsimulator und DLR RailSET

Abschätzung der Leistungsfähigkeit

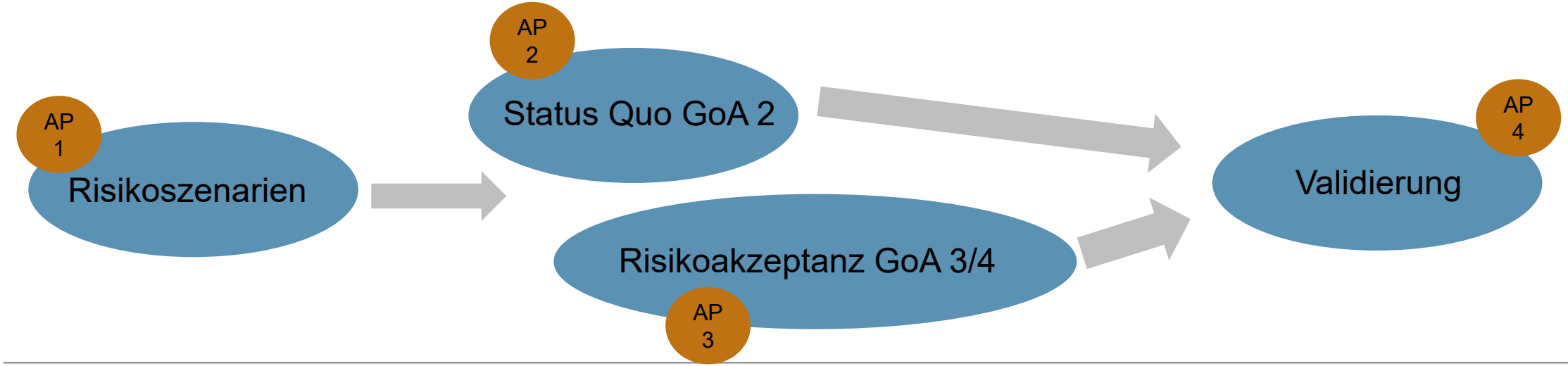
- Reaktionszeit in Abhängigkeit der zur Wahrnehmung eingesetzten Sinne sowie resultierenden Handlungen
- Fehlerwahrscheinlichkeiten und Reaktionszeiten für eine Auswahl von Vergleichsszenarien
- Die zeitliche oder räumliche Verteilung des Anteils der richtigen Entscheidungen
  - Zuverlässigkeit von Entscheidungen
  - Zeitrahmen der Entscheidungen

Erwartete Ergebnisse

- Übergreifende und zusammenfassende Darstellung der Leistungsfähigkeit des Tf
  - Zusammenhang zwischen Aufgaben/Sinnen und Fehlerwahrscheinlichkeiten/Reaktionszeiten
- Entwicklung eines allgemeingültigen Modells zur Anforderungsdefinition
- Das Modell wird anhand von Daten und unter Berücksichtigung der Erfahrungen von DB Systemtechnik und Siemens validiert

ATO-Risk

- Risikoakzeptanzkriterien für den automatisierten Fahrbetrieb
  - Projekt untersucht die Frage, wie die Sicherheit bei einem Verzicht menschlicher Fahrer angepasst werden muss
- Laufzeit 24 Monate
- Partner: Siemens Mobility GmbH, TÜV Rheinland



Basisfunktionen des Fahrbetriebes		Fahren auf Sicht (Sichtfahrbetrieb)	Nicht automatischer Fahrbetrieb	Halbautomatischer Fahrbetrieb	Fahrerloser Fahrbetrieb	Unbegleiteter Fahrbetrieb
		GOA0	GOA1	GOA2	GOA3	GOA4
Sicherstellen sicherer Zug-bewegungen	Sicherstellen einer sicheren Fahrstraße	x (Weichen stellen und überwachen im System)	System	System	System	System
	Sicherstellen der sicheren Abstandhaltung von Zügen	x	System	System	System	System
	Sicherstellen der sicheren Geschwindigkeit	x	x (teilweise überwacht durch System)	System	System	System
Fahren	Steuern und Überwachen von Beschleunigen und Bremsen	x	x	System	System	System
Überwachen des Fahr-weges	Verhindern eines Zusammenstoßes mit Hindernissen	x	x	x	System	System
	Verhindern eines Zusammenstoßes mit Personen im Gleis	x	x	x	System	System
Überwachen des Fahrgast-wechsels	Steuern und Überwachen der Fahrgastraumtüren	x	x	x	x	System
	Verhindern der Verletzung von Personen zwischen Wagen oder Bahnsteig und Zug	x	x	x	x	System
	Sicherstellen der sicheren Anfahrbedingungen	x	x	x	x	System
Betreiben eines Zuges	Einsetzen/Aussetzen	x	x	x	x	System
	Überwachung des Zugstatus	x	x	x	x	System
Sicherstellen des Erken-nens und der Bewältigung von Notfallsituationen	Ausführen der Zugdiagnose, Erkennen von Feuer/Rauch und Entgleisung, Bemerken des Verlustes der Zugintegrität, Behandeln von Notfallsituationen (Ruf/Evakuie-rung/Überwachung)	x	x	x	x	System und/oder Personal in OCC
ANMERKUNG x = Verantwortlichkeit von Betriebspersonal (kann durch UGTMS-System realisiert werden) System = muss durch UGTMS-System realisiert werden						

ATO-Risk - Basisfunktionen

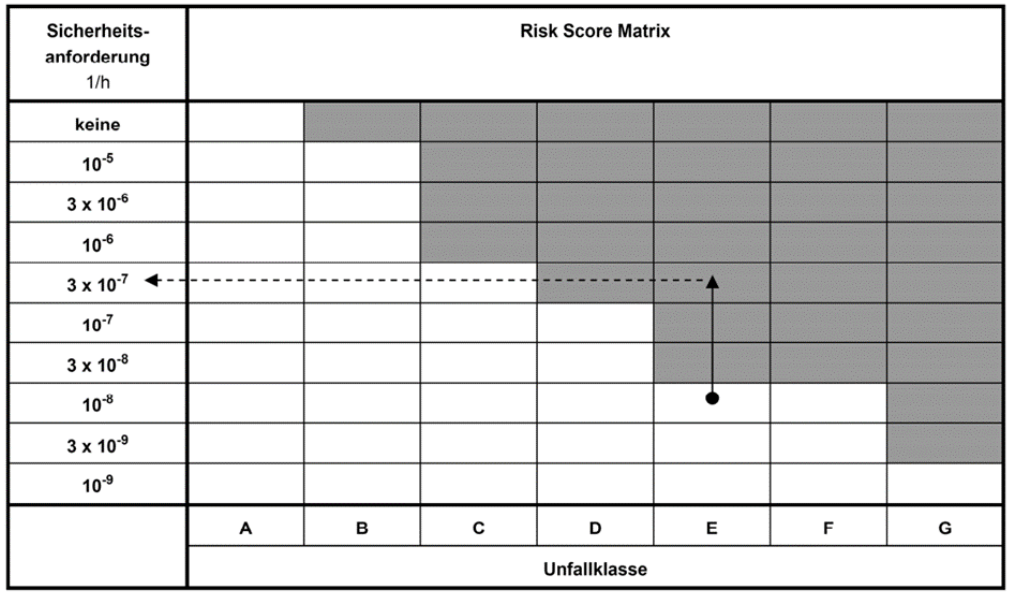
- Abgrenzung zwischen GoA2 und GoA 3/4
- Basisfunktionen nach DIN IEC 62290 aus dem Nahverkehr
- Definition einer abschließenden Funktionsliste

ATO-Risk – Status (1/2)

- Betrachtung der Fehlerwahrscheinlichkeit für menschliche Informationsverarbeitung nach Hinzen
  - Fertigkeitsbasiert/ Regelbasiert / Wissensbasiert
  - Umweltbedingungen
  - Unter- oder Überforderung
- Betrachtung der Fehlerwahrscheinlichkeit für menschliche Fehler nach der Methode „Railway Action Reliability Assessment" (RARA) der Rail Safety and Standards Board
  - 8 Generic Task Types (GTT)
  - 27 Error Producing Factors (EPC)
  - Gewichtung der EPC in 10%-Schritten
- Vergleich der zwei Methoden
- Erstellen eines Bandes der Fehlerwahrscheinlichkeit

ATO-Risk – Status (2/2)

- Systemdefinition
  - Funktionsliste gemäß V0831-101/103, RiL408 und S2R
- Gefährdungsidentifikation
  - Betriebliche Situationen mit Auswirkung auf Risiko
- Risikoanalyse
  - Bei GoA3/4 auf Basis V 0831-103
  - Folgen und Barrieren von Systemgefährdungen
  - Die Barriere Triebfahrzeugführer wird nicht angesetzt
  - Ableitung von Sicherheitsanforderungen für die Funktionen



ATO-Risk - Gesamtablauf

- Vergleich der Sicherheitsanforderungen
- GoA 2 für heutige Systeme
- GoA 3/4 für zukünftige Systeme
- EBO §2: „Grundsatz der mindestens gleichen Sicherheit“ vs. Verbesserung der Sicherheit

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Der autonom fahrende Koffer: Höchstgeschwindigkeit 10 km/h

In drei Größen und Preiskategorien (399, 495 und 595 US-Dollar) und selbstverständlich in den unterschiedlichsten Farben ist das clevere Köfferchen. Die Höchstgeschwindigkeit liegt immerhin bei 10 Stundenkilometern, der Abstand zwischen Besitzer bei etwa einen und 1,5 Metern. Ansonsten leistet der Koffer alles, was man von einem Gepäckstück im 21. Jahrhundert erwarten darf: Man kann Kleidungsstücke reinlegen, Smartphones & Co. aufladen – und zum großen Glück von Geschäftsleuten sieht er auch nach „business“aus.

https://www.tft-mag.com/business/apps-technik/travelmate-robotics-der-autonom-fahrende-koffer/