Safety-Relevant Scenarios for Teleoperated Driving of Highly Automated Vehicles (SAE Level 4) in the Context of Public Transport

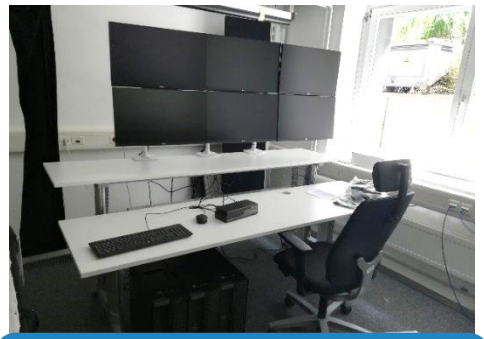
Andreas Schrank, Hüseyin Avsar, Carmen Kettwich, & Michael Oehl

German Aerospace Center (DLR)
Institute of Transportation Systems

ICTCT 2021
Berlin, Germany / virtual
October 28, 2021

Teleoperation: A Technology to Bridge the Gap

- Fully automated vehicles (AVs) at SAE L5 without requiring human support not feasible in the next few years
- **Teleoperation:** promising approach to bridge the gap between current technological shortcomings and the effective use of AVs
- Teleoperation = monitoring and controlling devices including vehicles remotely by “Technical Supervisor“
  - *Advantage:* Vehicle‘s automation does not need to fulfil all ODDs (operational design domains) to become operable
- *Objective:* Human-machine interface (HMI) for the teleoperation of AVs needs to be developed in a user-centered design process → Basis for this process: **deriving and analyzing relevant scenarios**

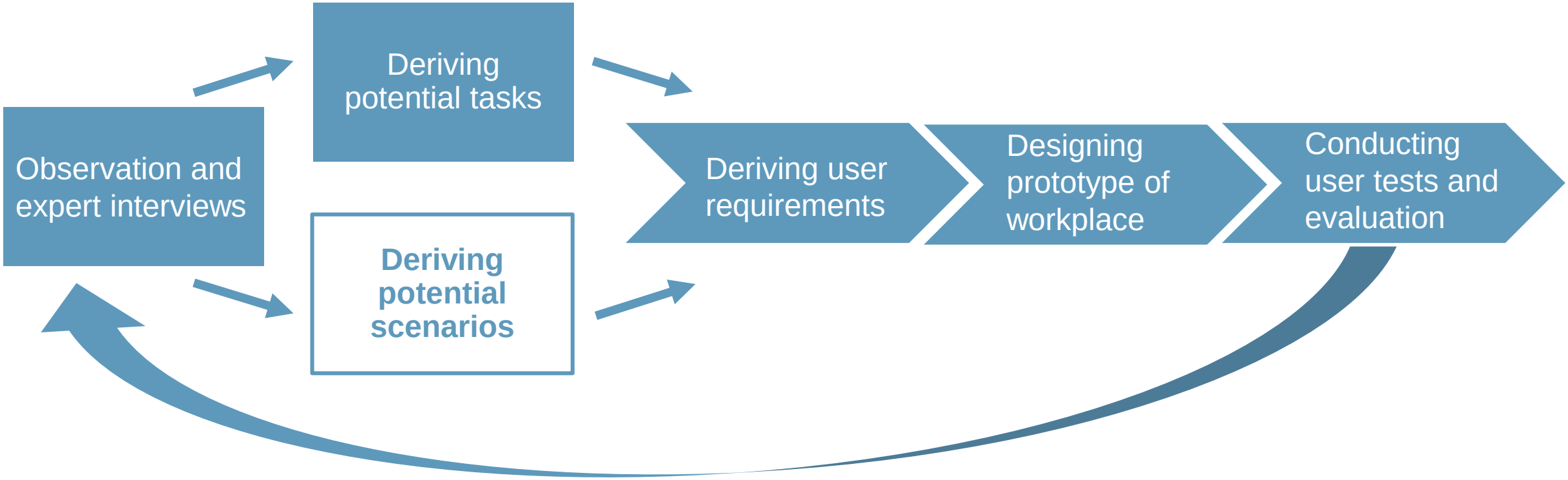


Additional Actors
(e.g., other traffic participants, infrastructure, blue light organisations)

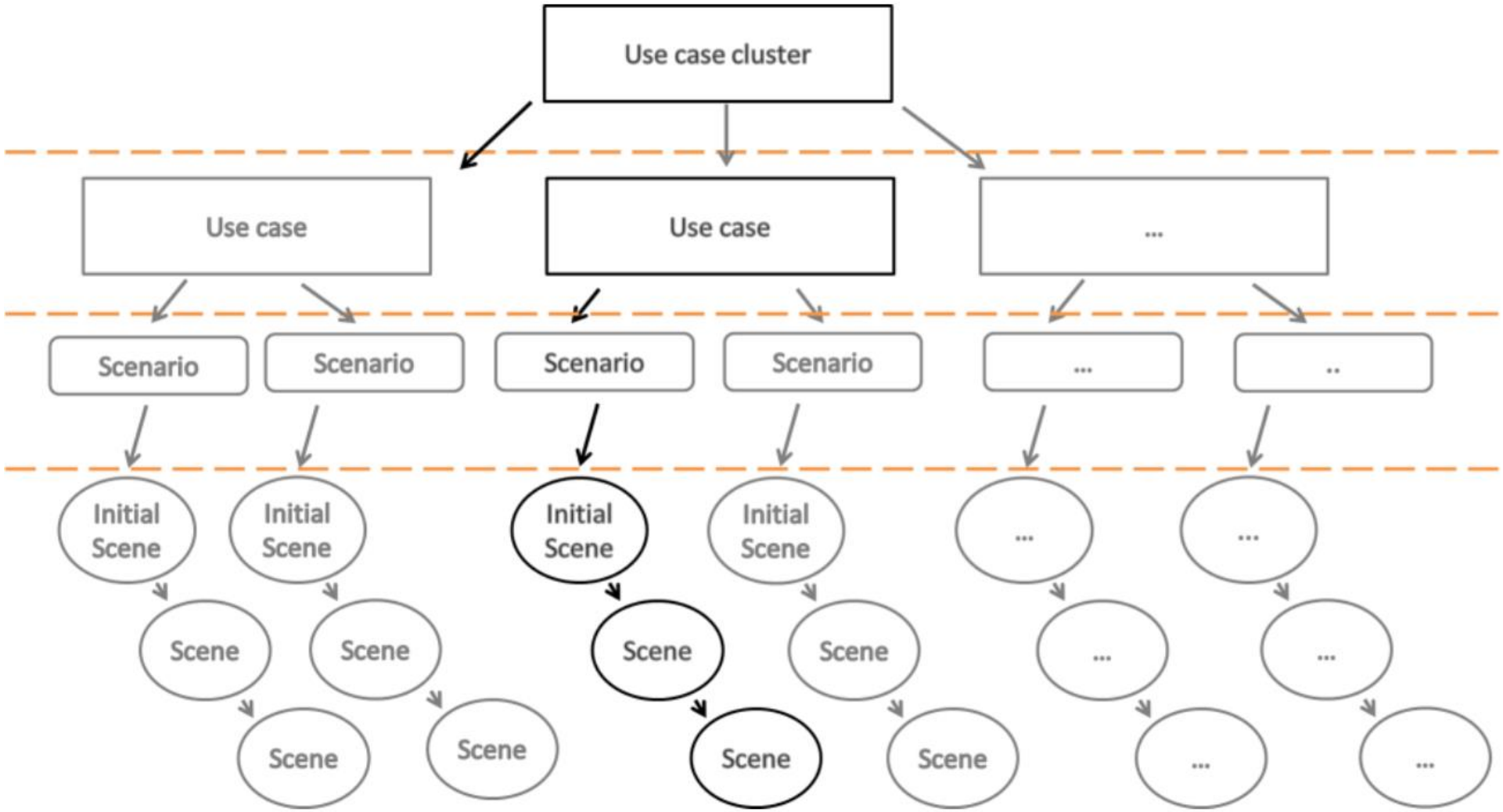
Teleoperator

AV (SAE Level 4)

Design Process

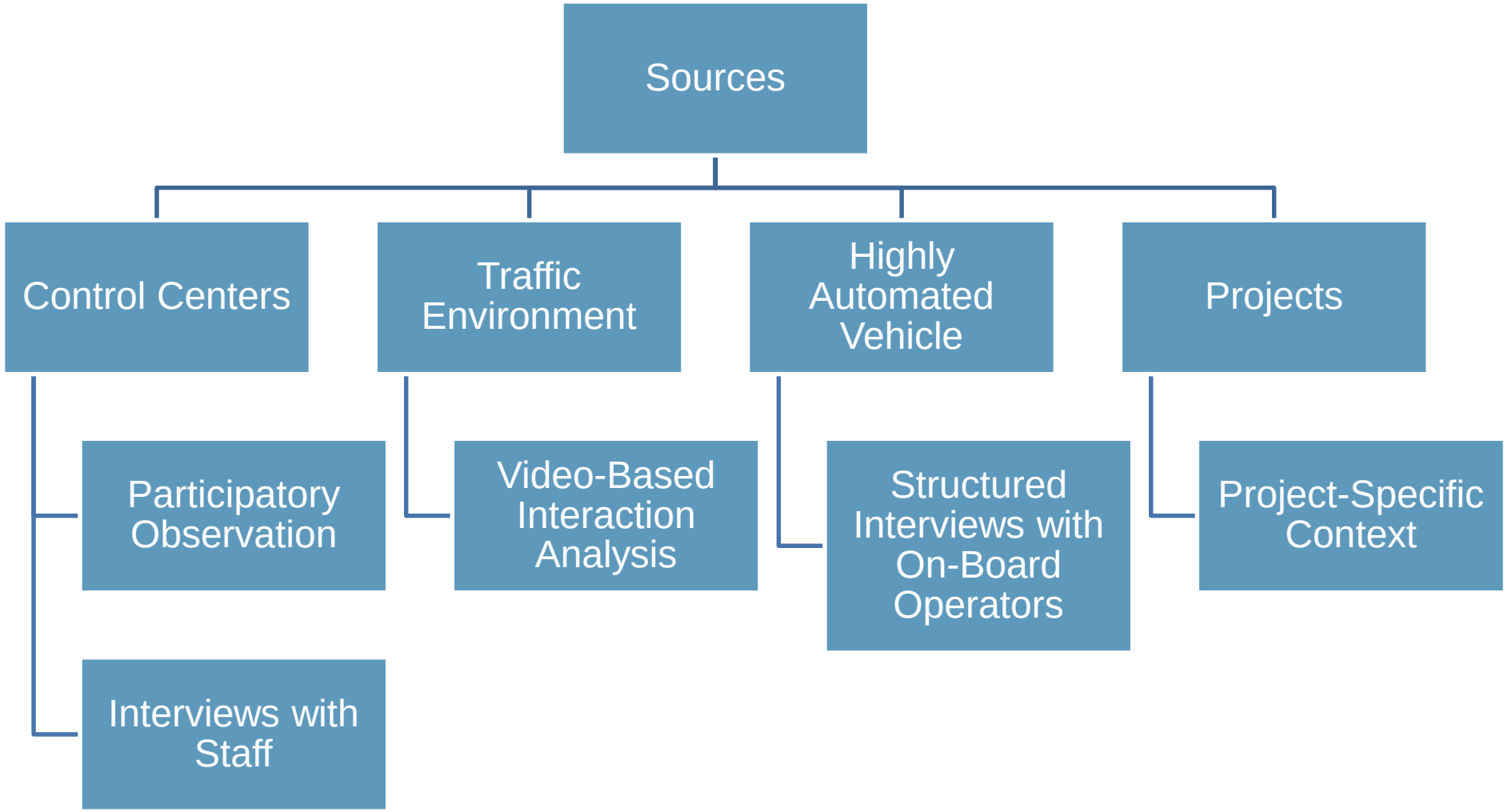


Definition of Scenarios



Relations between *use case cluster* (UCC), *use case* (UC), *scenario*, and *scene* (adapted from Ulbrich et al., 2015; Wilbrink et al., 2018)

Sources of Scenarios



Current Research Projects *(Selection)*

RealLabHH
33 Mio. € - national

On-demand shuttle service integrated in public transport in Hamburg

Design and evaluation of an workstation for teleoperation

U-Shift 33
3.6 Mio. € - national

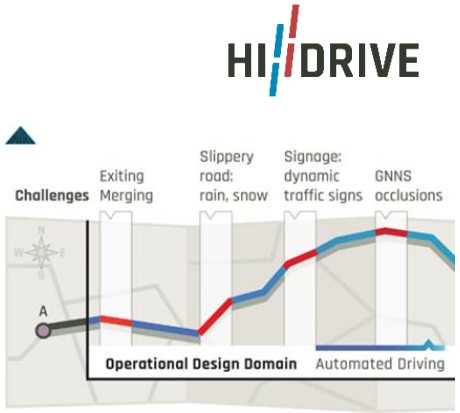
Modular vehicle concept: automated driveboard and capsules

Design of a workstation for teleoperating driveboard + capsules

AHEAD
< 1 Mio. € - with WFP

Transporting aid supplies to crisis regions using automated amphibious vehicles

Design of an HMI for teleoperating the amphibious vehicle



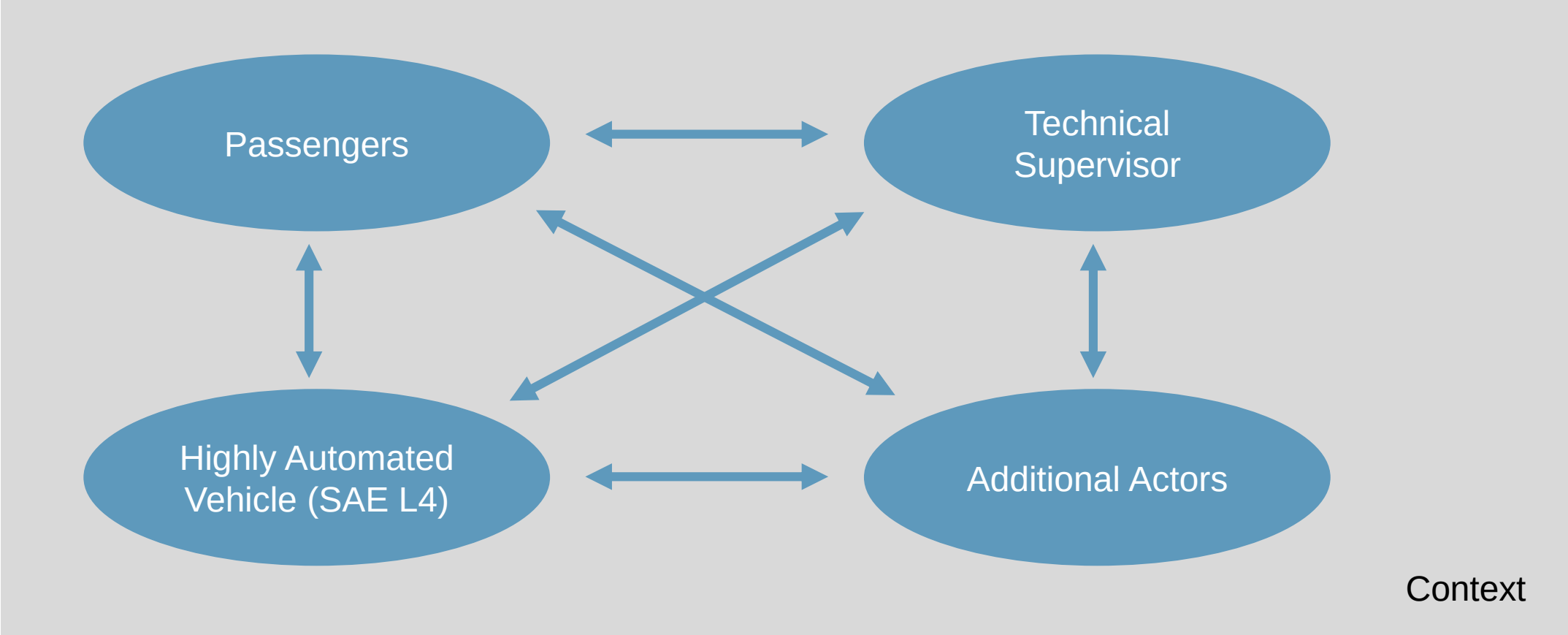
Hi-DRIVE
37 Mio. € - EU H2020

Large-scale trials of connected and automated driving
→ Teleoperation to extend ODDs

Interaction strategies for teleoperation and design of workstations

DLR

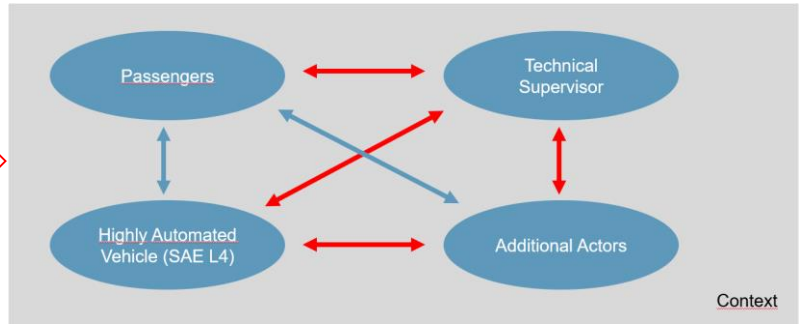
Model of Interaction



Structure of Scenarios

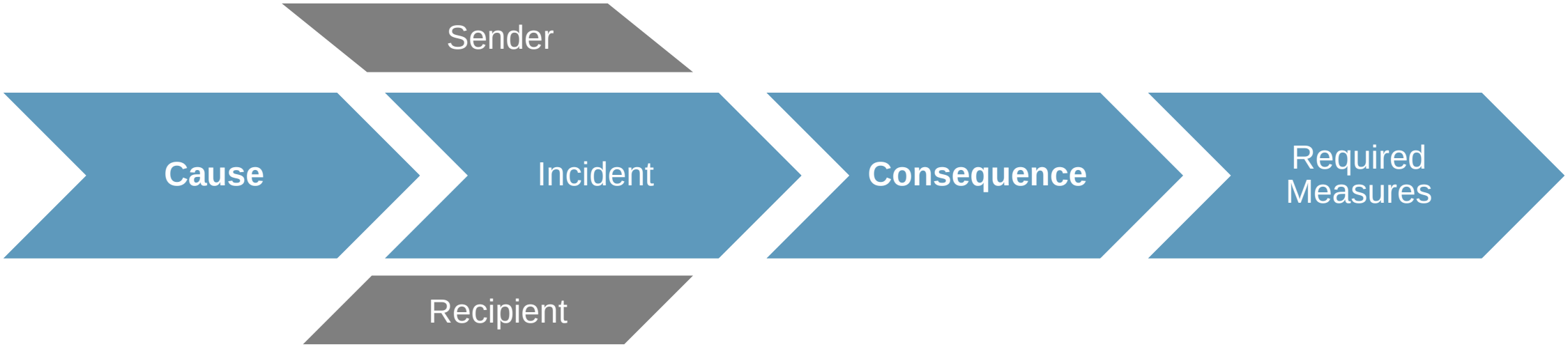
UCC

- Disposition
  - UC
    - Extraord. Demand
    - Maintenance
    - Charging
    - Mending
- Interaction TS – Passengers
  - Conflicts
  - Incidents Requiring TS's Intervent.
  - Incidents **Not** Requiring TS's Intervent.
- Interaction TS – AV
  - Initiated by AV
  - Initiated by TS
  - Unclear Initiator
- Interaction TS - Add. Actors
  - Internal Actors
  - External Actors
  - Infrastructure
- Interaction AV - Add. Actors
  - Car2Infrastucture
  - Car2Car
  - Other Infrastructure
  - Other TPs
- State TS
  - Sickness
  - Distraction
- Contextual Factors
  - Weather
  - Road Condition
- Technical Malfunction
  - Internal Cause
  - External Cause
  - Unknown Cause



TS = Technical Supervisor (teleoperator in the control center); TP = Traffic Participant

Chain of Cause and Consequence (CCC)



Template for Scenario

Generic template:

> **<*Incident*> happens. This is due to <*Cause*> and results in <*Consequence*>. The information about the incident is transmitted from <*Sender*> to <*Recipient*>. Required measures are: <*Required measures*>.**

Example:

> The fire alarm is activated. This happens because there is smoke from cigarettes. This results in the AV not being able to operate further. The information about this is transmitted from the AV to TS. Required measures are: TS makes an announcement through the on-board speaker that smoking is prohibited on the AV; if necessary, they expel the smoking passenger from the AV.

A13

	Usecase-Cluster	Usecase	Sz. #	Szenarien	Anmerkung Szenar	1 - Ursache / Warum passier	2a - (Wirkung) / Ereignis / Z	2b - Detektor / Wodurch re	2c - Send	2d - Empfär	3 - Folgen / Wozu geführt?	4 - notwendige Handlungen /	Szenario in Template eingebunde
13			56	Die AVs fahren elektrisch und müssen nach einem Umlauf wieder geladen werden.		AV einen Umlauf gefahren	Ladezustand nicht genug für eine weitere Umlauf	AV -> TA	AV	TA	AV kann nicht weiter operieren	AV muss geladen werden	Der Ladezustand ist zu gering fü weiteren Umlauf. Dies passiert, Umlauf gefahren ist. Das führt d nicht weiter operieren kann. Die darüber wird von AV zur TA übert Notwendige Maßnahmen sind: A
14			54	Alle Ladeplätze sind belegt, der TA wird darüber informiert und veranlasst entsprechende Maßnahmen.		keine freien Ladeplätze	kein Laden möglich	AV -> TA	AV	TA	AV kann nicht weiter operieren	Warten bis eine Ladeplatz frei wird oder nach einer alternativen Ladeplatz in der nähe Suchen	Es ist kein Laden möglich. Dies keine freien Ladeplätze vorhanc führt dazu, dass AV nicht weiter kann. Die Information darüber v TA übermittelt. Notwendige Ma Warten bis ein Ladeplatz frei wi einem alternativen Ladeplatz in
15			81	Batterieladung reicht nicht mehr aus, um bis zur Ladestation zu fahren.		zu geringer Ladezustand	AV. kann nicht bis Ladestation fahren	AV -> TA	AV	TA	Fahrt kann nicht bis zum Ende fortgesetzt werden	ggf. Ersatzfahrzeug benötigt; Abschleppfahrzeug/ mobile Ladestation nötig/ alternative Ladestation suchen und anfahren	Das AV kann nicht bis zur Ladest Dies passiert, weil der Ladezust ist. Das führt dazu, dass die Fah Ende fortgesetzt werden kann. D darüber wird von AV zur TA übert Notwendige Maßnahmen sind: g Ersatzfahrzeug benötigt; Abschle mobile Ladestation nötig/ alter
16			17	AV kann nicht geladen werden.		Technischer Defekt	kein Laden möglich	NA	AV	TA	AV kann nicht weiter operieren	Reparatur nötig	Es ist kein Laden möglich. Dies aufgrund eines Technischen Def dazu, dass AV nicht weiter operi Information darüber wird von AV übermittelt. Notwendige Maßna
17			29	Batterie des AVs kann nicht vollständig wieder geladen werden.		AV wird dringend benötigt	kein vollständiges Laden möglich	NA	WA	TA	AV muss früher als geplant von der Ladestation abdocken	Disposition muss ggf. Einsatzplan anpassen	Es ist kein vollständiges Laden passiert, weil AV dringend benö führt dazu, dass AV früher als ge Ladestation abdocken muss. Die darüber wird von WA zur TA übe Notwendige Maßnahmen sind: D muss ggf. Einsatzplan anpassen
18		**Reparatur**	53	Die Ladestation für die AVs ist defekt, der TA wird darüber informiert und veranlasst entsprechende Maßnahmen		Ladestation ist defekt	kein Laden möglich	AV -> TA	WA	TA	~~Freie Ladestation aufsuchen~~	alternative Ladestation anfahren	Es ist kein Laden möglich. Dies die Ladestation defekt ist. Die I darüber wird von WA zur TA übe Notwendige Maßnahmen sind: A
19	**Interaktion TA mit FG**	**Konflikte (z.B. hinsichtlich Beförderungsbedingungen)**	78	AV wird innen oder außen mutwillig beschädigt (Vandalismus).		Vandalismus	AV beschädigt (innen u./o. außen)	AV -> TA	AV	TA	AV kann nicht weiter operieren	Ersatzfahrzeug benötigt (wenn Weiterfahrt nicht möglich); Reparatur nötig; Blaulichtorganisation anrufen	AV ist beschädigt (innen u./o. au passiert, durch Vandalismus. Da dass AV nicht weiter operieren k Information darüber wird von AV übermittelt. Notwendige Maßna Ersatzfahrzeug benötigt (wenn W möglich); Reparatur nötig;
20			36b	Es geht ein Notruf aus dem AV in der Leitstelle ein (z.B. Übergriffe).		Streitigkeit zwischen FG	Übergriff	Notruf bei der Leitstelle	FG	TA	AV kann nicht ordnungsgemäß weiter fahren	Klärung der Lage; Blaulichtorganisation müssen alarmiert werden	Es kommt zu einem Übergriff. Di weil es eine Streitigkeit zwische führt dazu, dass AV nicht ordnur weiterfahren kann. Die Informat wird von FG zur TA übermittelt. Maßnahmen sind: Klärung der La Blaulichtorganisation müssen a
			73	FG wenden sich an die Leitstelle ohne ein besonderes Anliegen (nur zum Spaß) und missbrauchen dabei den Sprechfunk.		NA	FG missbrauchen Sprechfunk	Leistelle	FG	TA	Mitarbeiter der Leitstelle wird unnötig abgelenkt	TA warnt die FG	FG missbrauchen den Sprechfun dazu, dass der Mitarbeiter der L unnötig abgelenkt wird. Die Info

Next Steps

- Conducting a **validation study** to evaluate the catalogue of scenarios
  - **Method:** Questionnaire-based interview
  - **Participants:** Group of experts from public transportation facilities and associations and potential users
  - **Dependent variables:**
    (1) Probability for a scenario' s occurrence
    (2) Criticality for safe teleoperation
    → *Priority score* will be calculated from product of probability and criticality
  - **Purpose:** Priority classification will help understand most pressing security-relevant scenarios, among others, and provide a pathway to address them effectively

- Deriving **user requirements** and developing **HMI prototype** for teleoperation workstation
- Using requirements to create a **checklist** for assessing the **quality of a Technical Supervisor's workstation** from a human factors perspective
- Using requirements to compile **guideline** for process of **selecting and training Technical Supervisors**

Thank You for Your Attention!

Andreas Schrank, M. Sc.
German Aerospace Center (DLR)

Human-Machine Interaction (HMI)
Institute of Transportation Systems

Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig
Germany

Phone +49 531 295 1015

E-Mail andreas.schrank@dlr.de
Internet www.DLR.de/ts

https://orcid.org/0000-0001-8352-1052

https://www.researchgate.net/profile/Andreas-Schrank

References

- Carmen Kettwich, Andreas Schrank, and Michael Oehl. 2021. Teleoperation of Highly Automated Vehicles in Public Transport: User-Centered Design of a Human-Machine Interface for Remote-Operation and Its Expert Usability Evaluation. MTI 5, 5, 26. https://doi.org/10.3390/mti5050026
- Carmen Kettwich, Andreas Schrank, Hüseyin Avsar, and Michael Oehl. 2021. What if the Automation Fails? – A Classification of Scenarios in Teleoperated Driving. In AutomotiveUI '21 Adjunct: 13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, https://doi.org/10.1145/3473682.3480271
- Simon Ulbrich, Till Menzel, Andreas Reschka, Fabian Schuldt, and Markus Maurer. 2015. Defining and Substantiating the Terms Scene, Situation and Scenario for Automated Driving. In IEEE International Annual Conference on Intelligent Transportation Systems, 982–988. https://doi.org/10.1109/ITSC.2015.164
- Marc Wilbrink, Anna Schieben, Robert Markowski, Florian Weber, Tina Gehb, Johannes Ruenz, Fabio Tango, Marc Kaup, Jan-Henning Willrodt, Villy Portouli, Natasha Merat, Ruth Madigan, Gustav Markkula, Richard Romano, Charles Fox, Matthias Althoff, Sebastian Söntges, and André Dietrich. 2018. interACT D1.1. Definition of interACT use cases and scenarios. https://www.interact-roadautomation.eu/wp-content/uploads/interACT_WP1_D1.1_UseCases_Scenarios_1.1_approved_UploadWebsite.pdf (retrieved Oct 14, 2021)