

# **SIMULATIONSBASIERTE ABSICHERUNG UND BETRIEBBSBEREICHSGENEHMIGUNG VON AUTOMATISIERTEN FAHRZEUGEN ANHAND EINES PRAKTISCHEN BEISPIELS AUS DEM KOMBINIERTEN WAREN- / PERSONENTRANSPORT**

**Fachtagung Homologation, Fürstenfeldbruck, 17.-18.11.2025**

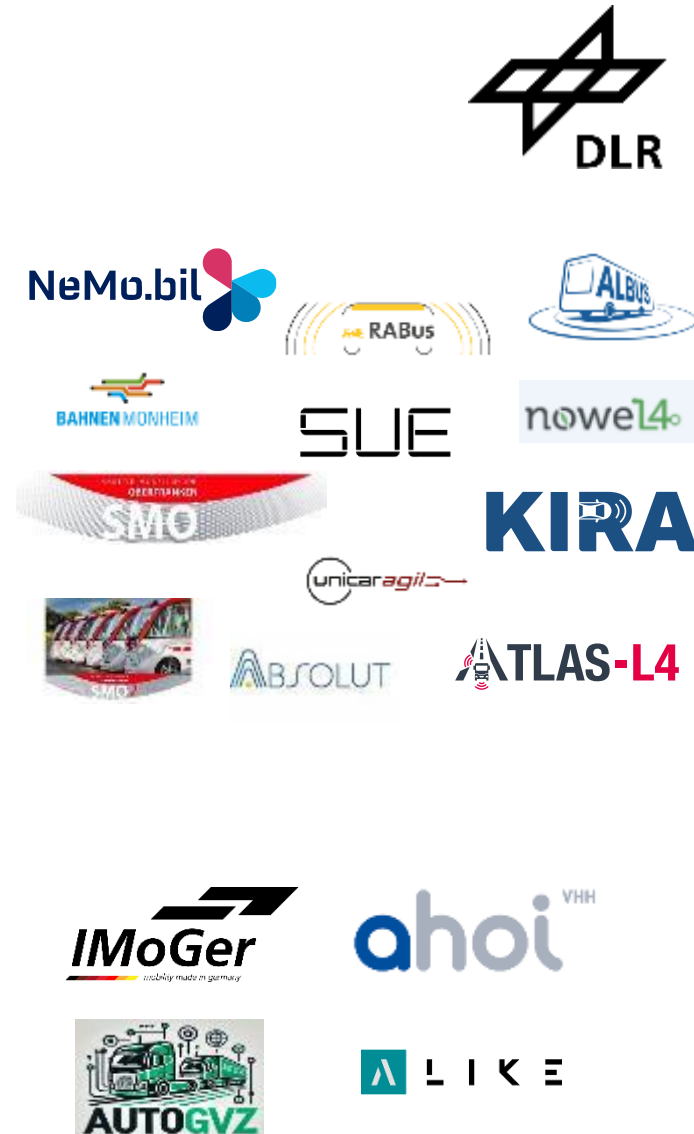
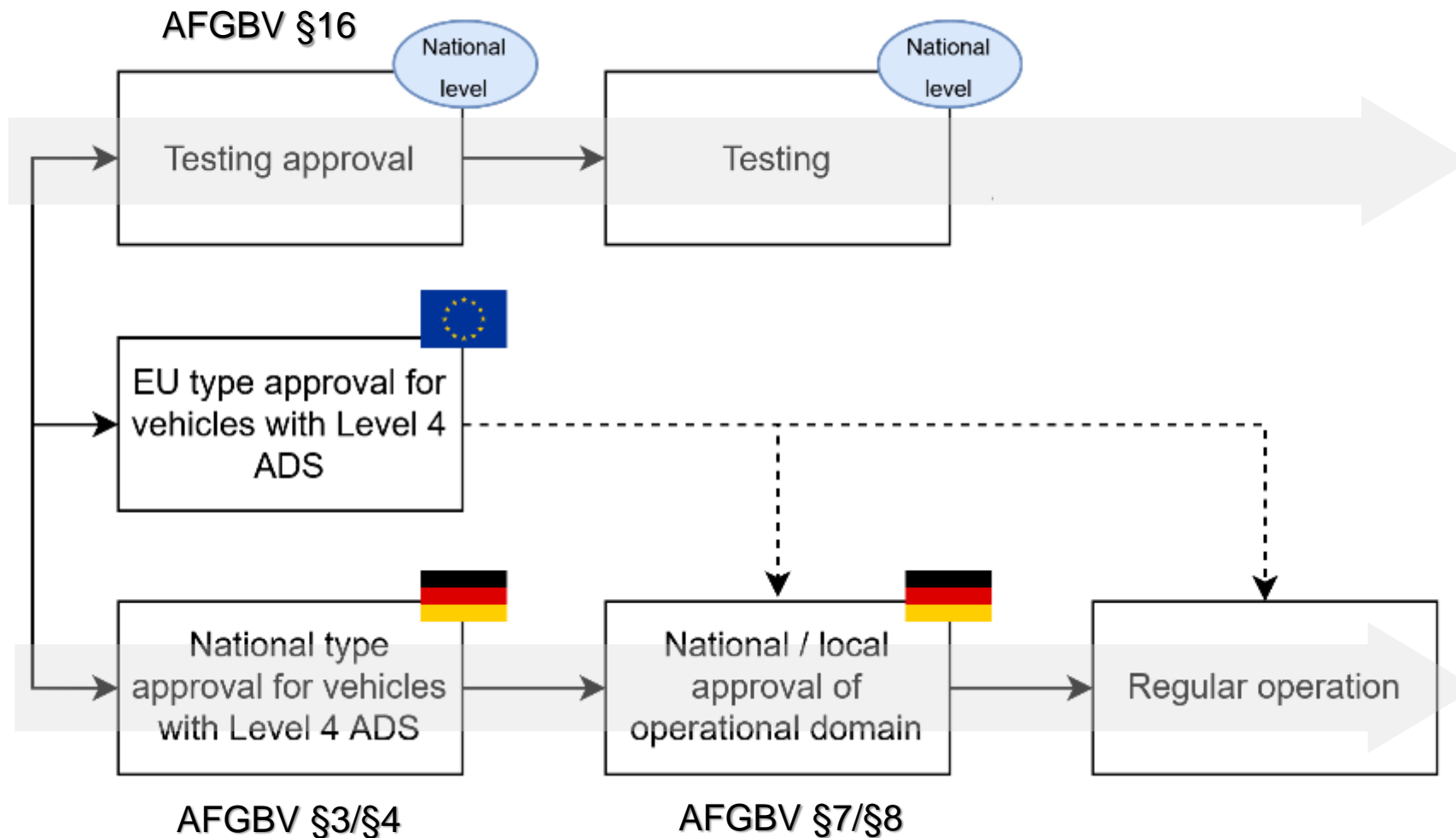
**Martin Fischer, Katharina Hartmann, Björn Bahn**



**Core challenge:** Prove of reliability & robustness of Automated Driving Systems (ADS)

- **Commercial L4 deployment** progressing in the **USA & China** (e.g., Waymo, Baidu), where **Europe is still largely in testing phase**
- **EU and national regulations** define the specific approval of automated vehicles
  - Not fully applied yet
- **Real-road testing** is costly & time-intensive
  - **Shift to simulation-based testing** is inevitable!

# Approval process and state-of-the art



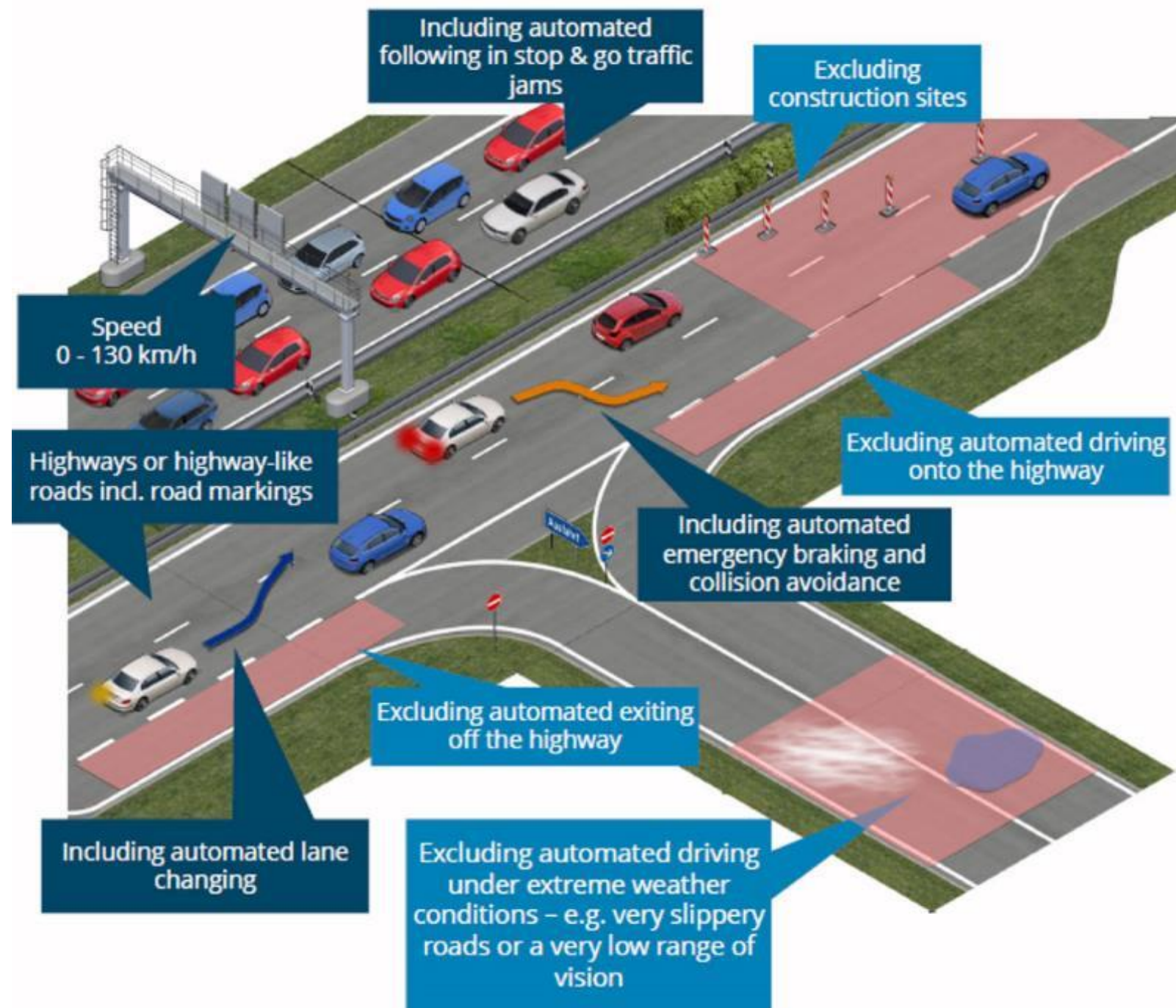


# ODD



- **Definition.** *The Operational Design Domain (ODD) is defined as the **set of all "operating conditions for which a given system under test** (driving automation system) **is designed**, including all restrictions regarding environmental, geography and time of day and/or the required presence or absence of certain traffic or road features". The ODD is the design area of a system under test with regard to its operation*

Example: Highway Chauffeur



[1] Pegasus homepage, [www.pegasusprojekt.de](http://www.pegasusprojekt.de)

[2] Glossar Pegasus, SET Level, VVMethoden, VIVALDI, GAIA-X 4 PLC-AAD, <https://zenodo.org/records/11503217>

# ODD-OD comparison

## Artificial example



ODD

n. a.

Sunny weather &  
rain up to 0,5 mm

Interaction with  
trucks and cars

no building sites

up to 95 km/h

Highways,  
no tunnels, no exits

Layer 6

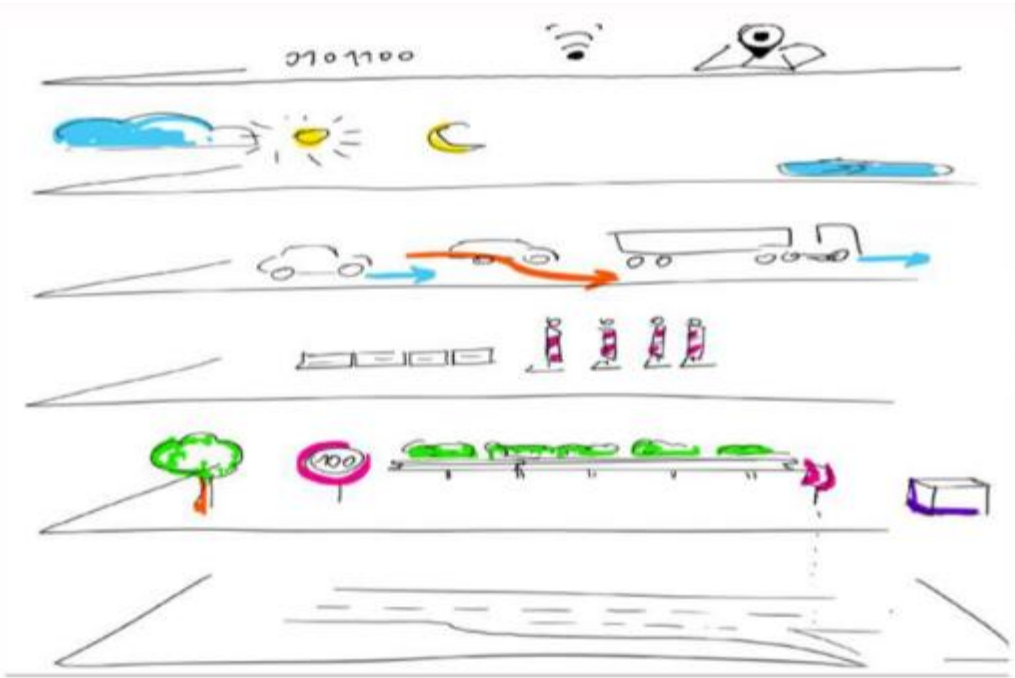
Layer 5

Layer 4

Layer 3

Layer 2

Layer 1



OD



Full 4G coverage

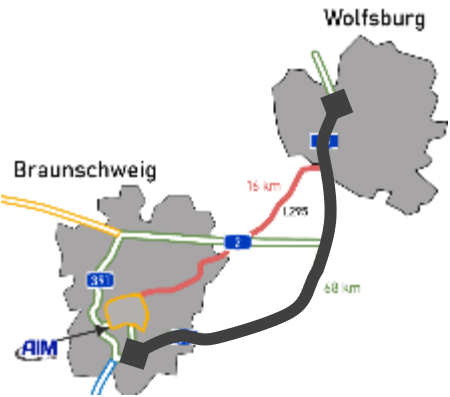
X days with <0,5 mm rain  
Mean 1,5 mm/day

Specific interactions in OD

1-2 times per year

Max 100 km/h

A39: between WOB West  
and BS South



abstract and/or general

specific





# LESSONS LEARNED

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# IMOGER [ˈɪmɵdʒɜːR]

INNOVATIVE MODULAR MOBILITY  
MADE IN GERMANY

**Modular, automated Mobility with potential for more**



motor





# The U-Shift concept: A modular solution for logistics and public transport



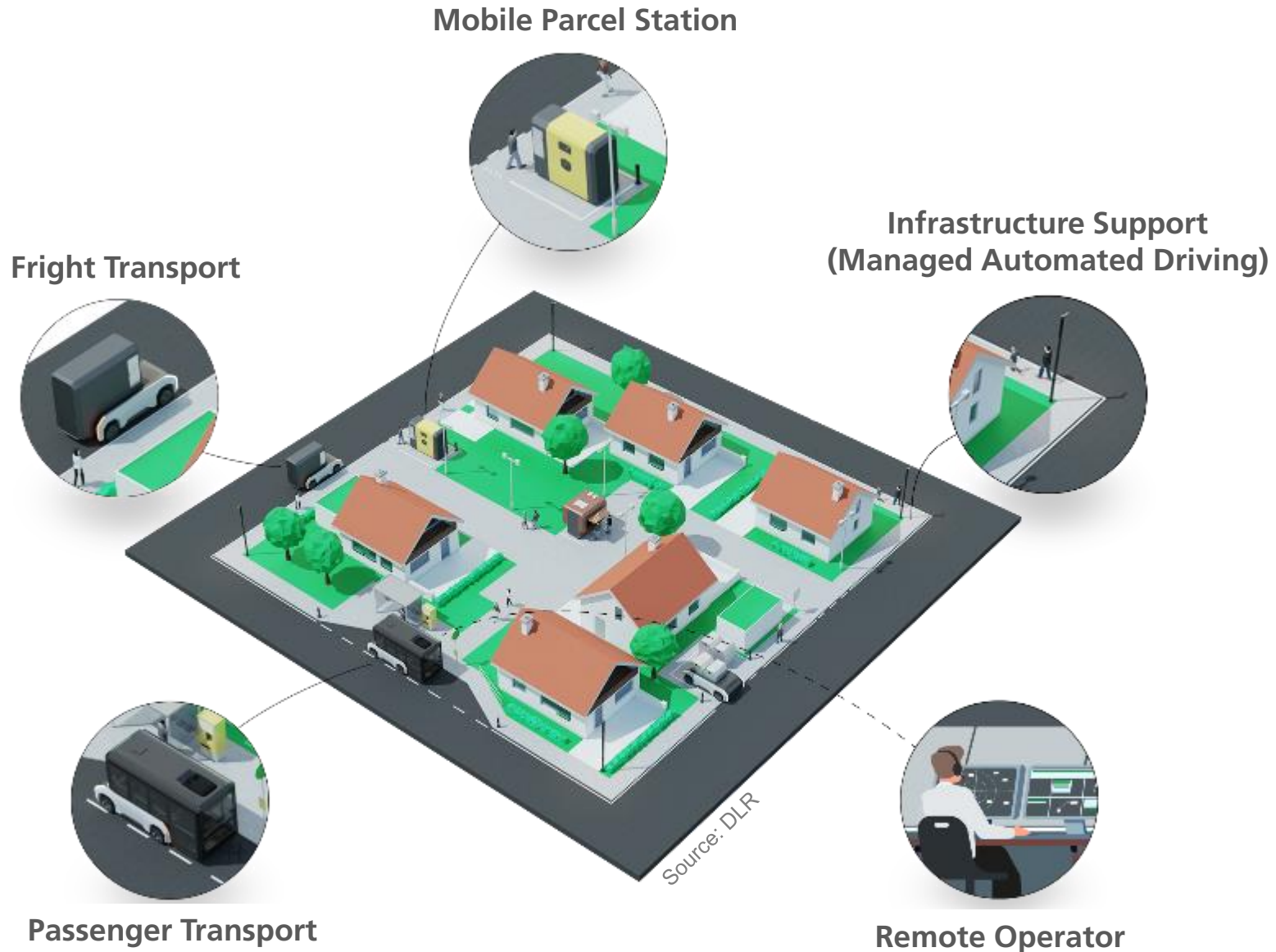
Source: DLR

**The U-Shift concept** is a modular, driverless system for logistics and public transport.  
**Passenger and freight capsules** are automatically interchangeable during operation.





# IMoGer - Complete system with automated U-Shift fleet





# Operational Domain „Schwarzer Berg“ in Braunschweig





# Combined trial operation under real conditions for logistics and public transport from 2027

Bus Line



**TEST BED  
LOWER SAXONY**  
for automated and connected mobility

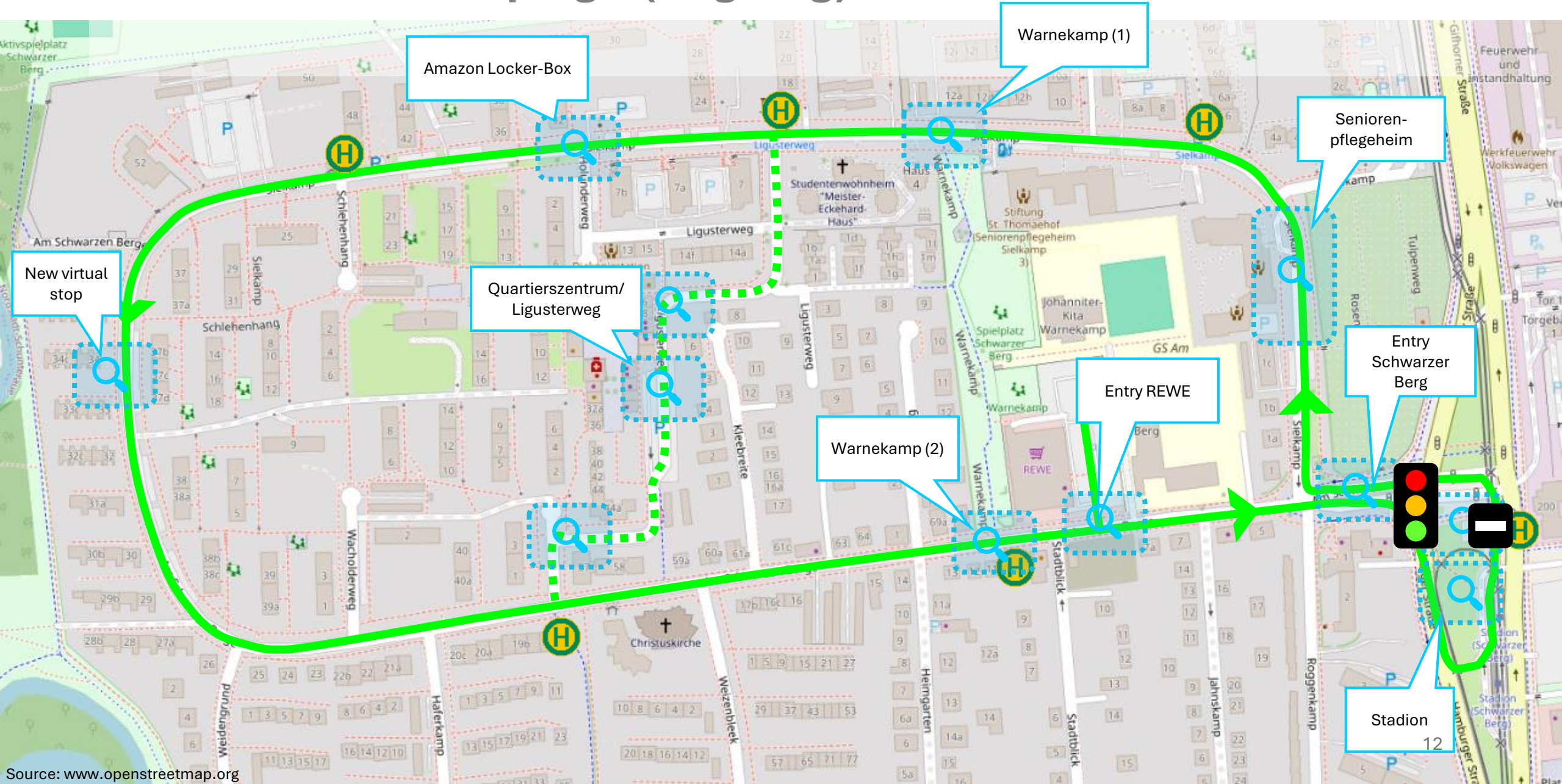
Infrastructure  
support (V2X)

Stadion  
Tram/Bus





# Measurement Campaign (ongoing)



- **Aktueller Stand:** Einzelzulassungen erfolgen aktuell **entweder als Personenfahrzeug oder Nutzfahrzeug**. Ein Wechsel von Fahrzeugklassen ist gesetzlich nicht vorgesehen.



Das Driveboard des U-Shifts kann im laufenden Betrieb die Kapsel wechseln und dadurch für den Personen- und den Gütertransport eingesetzt werden. Das geplante Vorgehen ist eine Einzelzulassung.



## LÖSUNGSVORSCHLAG: IMoGer als Blaupause

1. Zulassung als „Sonstiges KFZ“ mit verschiedenen Rüstzuständen
2. Initiieren einer neuen Fahrzeugklasse (D/EU) für im Betrieb modulare Fahrzeugtypen, die unabhängig vom Anwendungs-/Einsatzzweck ist nach Projektende.



- (3) Die Erteilung einer Erprobungsgenehmigung setzt voraus, dass
5. das automatisierte oder autonome Fahrzeugsystem **zu jeder Zeit deaktivierbar und vor Ort übersteuerbar** ist.



Das zuzulassende System ist das Driveboard. Es verfügt aber über keinen Fahrerarbeitsplatz.



## LÖSUNGSVORSCHLAG: IMoGer als Blaupause

Gemeinsame Projektbegleitung durch KBA, Landesbehörde und Technischem Dienst.

1. Erprobungsbetrieb mit einem U-Shift mit ergänztem Fahrerarbeitsplatz
2. Einzelzulassung nur einer Ausnahmegenehmigung nach §70 STVZO möglich.  
Damit abhängig von einzelnen zuständigen Behörden der Bundesländer





- (2) Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion müssen über eine technische Ausrüstung verfügen, die in der Lage ist,
2. selbstständig den an die Fahrzeugführung gerichteten Verkehrsvorschriften zu entsprechen und die über ein System der Unfallvermeidung verfügt, das
    - a. auf **Schadensvermeidung und Schadensreduzierung** ausgelegt ist,
    - b. bei einer unvermeidbaren alternativen Schädigung unterschiedlicher Rechtsgüter **die Bedeutung der Rechtsgüter berücksichtigt**, wobei der Schutz menschlichen Lebens die höchste Priorität besitzt, und
    - c. für den Fall einer unvermeidbaren alternativen Gefährdung von Menschenleben **keine weitere Gewichtung anhand persönlicher Merkmale** vorsieht,



Eine robuste und zuverlässige Erkennung und Unterscheidung von Personen und Objekten ist zur Zeit technisch nur mit viel Aufwand realisierbar



**LÖSUNGSVORSCHLAG:** Zulassung von geschwindigkeitsabhängigen Ansätzen.

- (2) Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion müssen über eine technische Ausrüstung verfügen, die in der Lage ist,
3. das Kraftfahrzeug **selbstständig in einen risikominimalen Zustand zu versetzen**, wenn die Fortsetzung der Fahrt nur durch **eine Verletzung des Straßenverkehrsrechts** möglich wäre,
  4. im Fall der Nummer 3 der Technischen Aufsicht **selbstständig**
    - a. **mögliche Fahrmanöver zur Fortsetzung der Fahrt vorzuschlagen** sowie
    - b. **Daten zur Beurteilung der Situation zu liefern**, damit die Technische Aufsicht über eine **Freigabe des vorgeschlagenen Fahrmanövers** entscheiden kann,
  5. ein **von der Technischen Aufsicht vorgegebenes Fahrmanöver zu überprüfen und dieses nicht auszuführen**, sondern das Kraftfahrzeug selbstständig in einen risikominimalen Zustand zu versetzen, wenn das Fahrmanöver am Verkehr teilnehmende oder unbeteiligte Personen gefährden würde.



Zusammenspiel Technische Aufsicht und Fahrfunktion nicht eindeutig: Wann darf die Fahrfunktion auf die Freigabe der TA vertrauen und wann nicht?  
D.h. Überprüfung der technischen Durchführbarkeit vs. Validierung des Manövers



**LÖSUNGSVORSCHLAG:** Beispiele aus der Projekterfahrung heraus kommunizieren und diskutieren. AFGBV anpassen.

(2) Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion müssen über eine technische Ausrüstung verfügen, die in der Lage ist,

10. ausreichend **stabile und vor unautorisierten Eingriffen geschützte**

**Funkverbindungen**, insbesondere zur Technischen Aufsicht, sicherzustellen und das Kraftfahrzeug selbstständig in einen risikominimalen Zustand zu versetzen, wenn diese **Funkverbindung abbricht oder darauf unerlaubt zugegriffen wird**.



Was bedeutet ausreichend stabil? Wie lange darf ein Fahrzeug ggfs. ohne Funkverbindung fahren?



LÖSUNGSVORSCHLAG: Kaskadiertes Stufenmodell wie vom VDA vorgeschlagen (Timer startet bei Abriss, Reaktionsabstufung bei Dauer von <10s, 10-20s und >20s)



- Vorgaben der AFGBV z.T. **technisch schwer realisierbar** (bspw. Erkennung von echten Polizisten §36 StVO. Interpretation polizeilicher Handzeichen nach §36 StVO. Blaulichtererkennung)
- **Verhaltensrechtliche Vorgaben** der StVO z.T. **nicht umsetzbar** (bspw. Aufstellen eines Warndreiecks nach §15 StVO)
- Hohe Anforderungen bspw. bzgl. **Qualifikation von Personal für Technische Aufsicht** (§ 14 AFGBV) und erweiterter Abfahrtskontrolle (§ 13 AFGBV)
- Es existiert **kein übergreifender, öffentlicher Szenarienkatalog** für spezifische ODD-Attribute, jeder Hersteller hat einen eigenen Katalog zu erstellen.
- Unklare, ggf. landeseigene Prozesse und **Anforderungen für Betriebsbereichsgenehmigung und Zulassung technische Aufsicht**

- Im **konkreten Einzelfall** treten derzeit noch viele technische/regulatorische Fragen auf
  - Lösungen werden offen und kooperativ diskutiert
- **Technisch bisher nicht gelöste Aspekte** werden als Grundvoraussetzung verlangt
  - Warndreieck aufstellen (StVO)
  - Erkennung Polizist (StVO)
  - Erkennung Blaulicht (StVO)
- Momentan keine wirkliche **Skalierung nach ODD-Umfang** vorgesehen
  - Niedrige Geschwindigkeit ändert nichts an den Grundanforderungen sich an die komplette StVO zu halten
  - Anforderungen an ADS/Fahrzeug nicht skalierbar vorgesehen



Momentan keine einfachen Einstiegsszenarien möglich  
(Sensor-Set-Up, Herstellerprozesse, etc.)



LÖSUNGSVORSCHLAG: UK Code of Practice: Kommerzieller Personen- / Gütertransport  
ist bereits während der Erprobungsphase möglich.

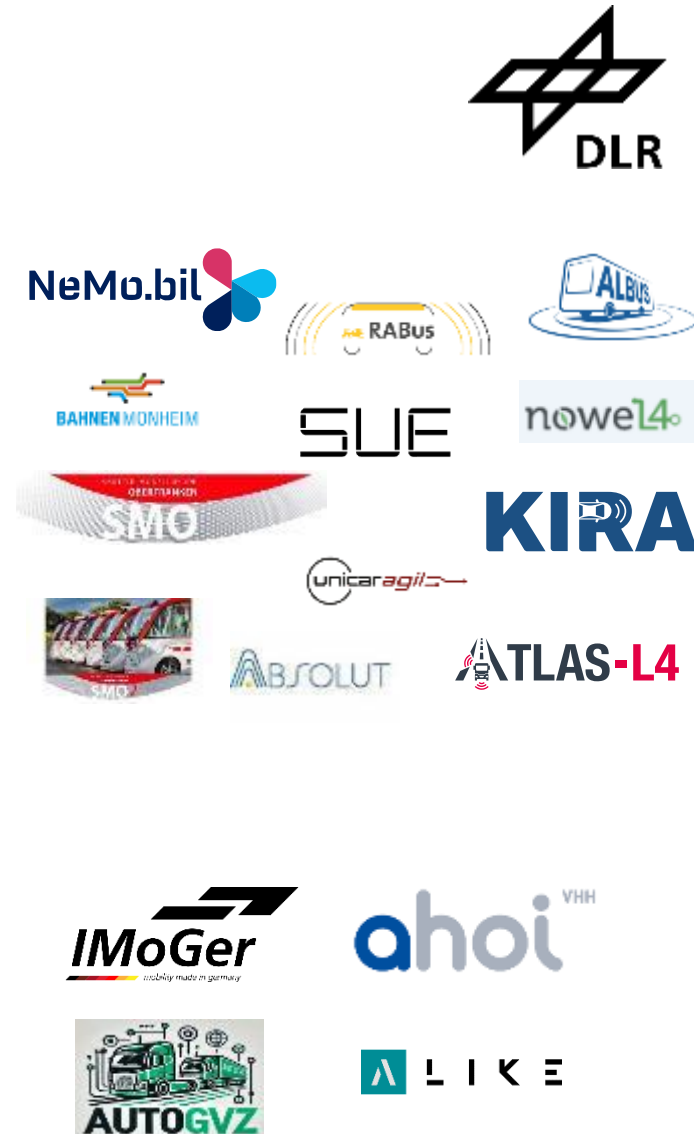
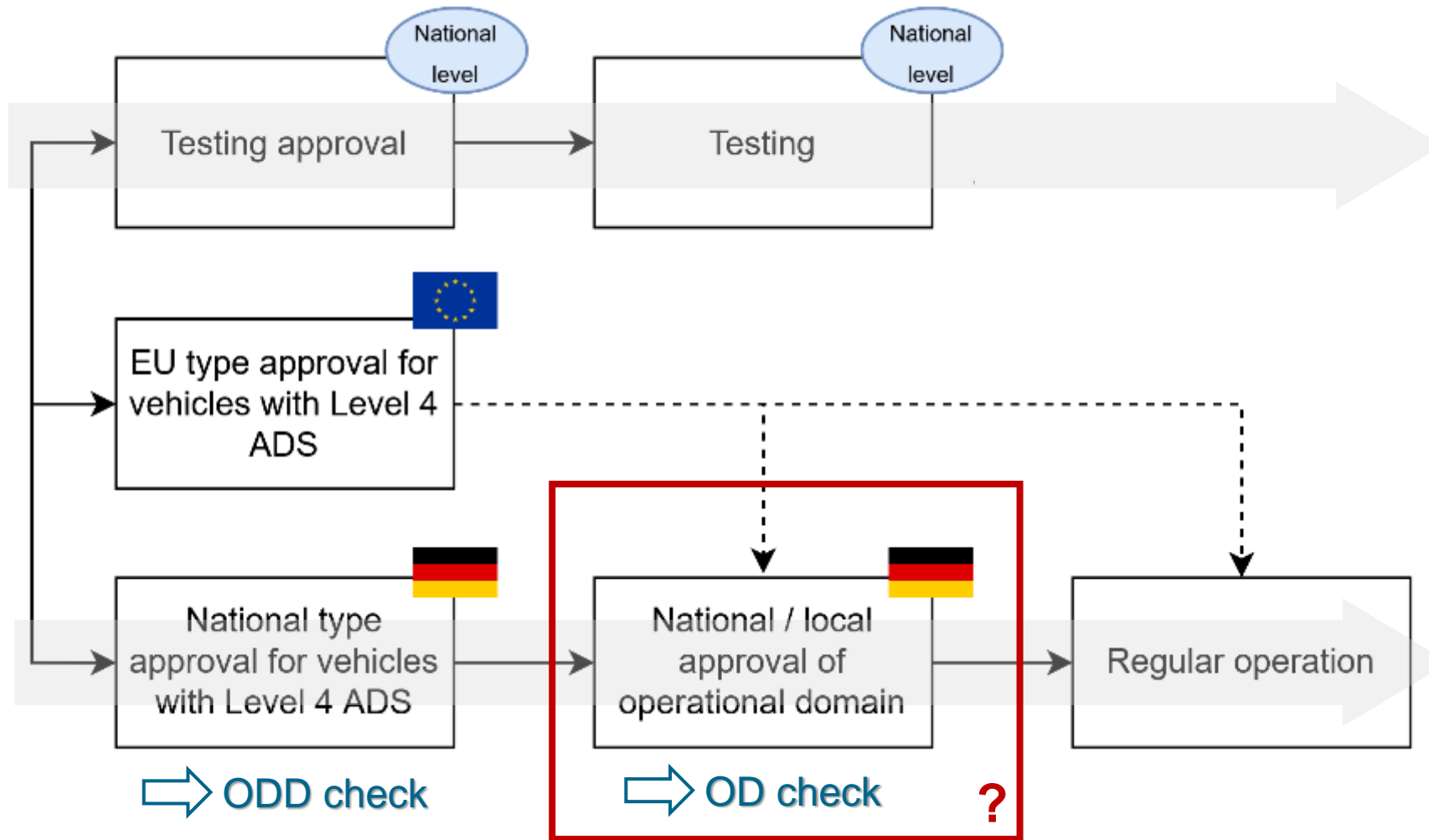




# ROLE OF SIMULATION



# Approval process and state-of-the art



- **Current state of practice**

- Simulation is already used for homologation, but not for novel OD approval

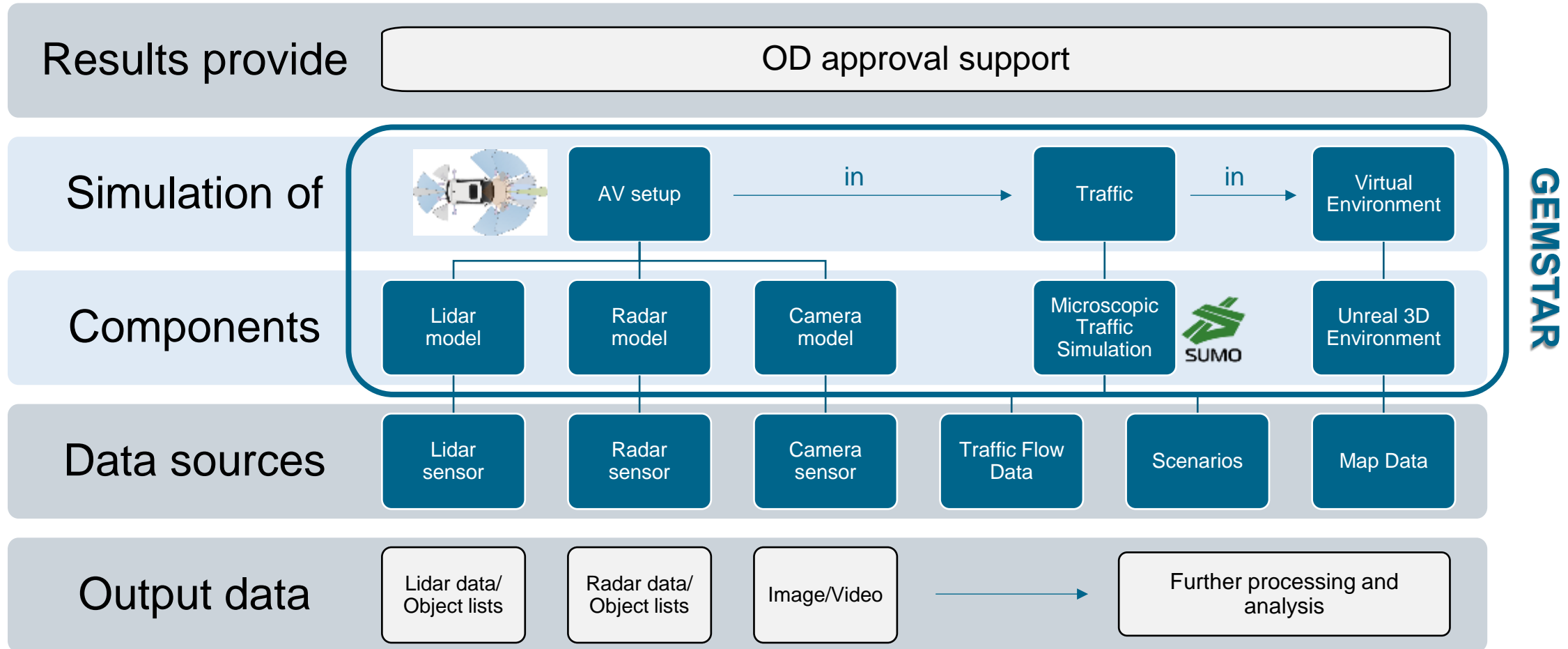
- **Research Question**

- What and how can simulation contribute to OD evaluation?

- **Research gap**

- **No defined quality requirements** for simulation as part of OD approval
  - **No established method for ODD-OD compatibility checks** via simulation to support authorities

# Simulation for OD approval



→ Can a Vehicle Drive Safely in an OD with a Specific Sensor Setup?



# GEMSTAR - GEoMetry based sensor Simulation Toolchain for Automotive and Rail Research

## Demand / Challenge

- Neutral decision basis for approval of operational domain (OD) and Operational Design Domain (ODD) for automated vehicles needed

## Solution

- **GEoMetry based sensor Simulation Toolchain for Automotive and Rail Research (GEMSTAR):** System tests of driving functions and OD analysis
- **GEMSTAR** available as **open source** product for easy access, adaptability and expandability
- **GEMSTAR** allows easy way to **assess automated vehicle and road compatibility** and generate test reports as basis for e.g. authorization

(Fischer, 2023, doi: [10.13140/RG.2.2.24770.76481](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24770.76481))



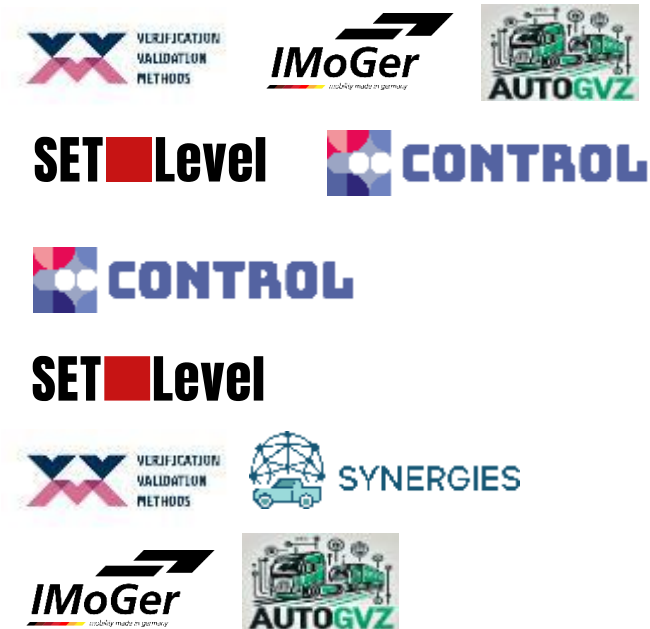
GEMSTAR: Simulation <https://github.com/DLR-TS/gemstar>



GEMSTAR: System tests and ODD-OD matching analysis

# Wichtige Aspekte bei der Nutzung von Simulationsumgebungen im Genehmigungsprozess

- Orchestrierung der Testumgebungen
- Modellerstellung
- Modellvalidierung/-qualifikation
- Tool-Qualifikation (ISO 26262, ISO 21448)
- Szenariengenerierung/-auswahl
- Datenerhebung
- Generalisierung, Skalierung



→ **Derzeit in der Regulierung keine konkreten Anforderungen formuliert**

- Verschiedene technische Hürden



Was ist minimal notwendig?  
Was kann zunächst durch technische/operative Maßnahmen ersetzt werden?

- Z.T. noch unklare Prozesse
  - Zusammenspiel TÜV/Länder/Autobahn
  - Zulassung Technische Aufsicht
  - Umsetzung der Betriebsbereichsgenehmigung



Simulationsbasierte Tests erlauben einfachere Skalierung

- Momentan keine einfachen Einstiegsszenarien möglich



Ggfs. realisierbar über UK Code of Practice

**FAZIT: Wir sind auf dem Weg, die ersten L4-Fahrzeuge in Deutschland auf die Strasse zu bringen, es gibt aber auch noch einige Hürden zu überwinden**



Thank you for your attention!

The background of the slide is a long-exposure photograph of a multi-lane highway at night. The image shows bright white light trails from vehicles moving away from the camera, and vibrant red light trails from vehicles moving towards the camera. The highway is flanked by dark, silhouetted trees and grassy embankments. Several tall, slender light poles with multiple lamps are visible along the road. The overall scene is dark, with the primary light sources being the vehicle headlights and taillights.

# GERMAN AEROSPACE CENTER TRAFFIC RESEARCH

*Contact:*  
Martin Fischer  
[ma.fischer@dlr.de](mailto:ma.fischer@dlr.de)