

Anforderungen an die Straßenausstattung für den Betrieb automatisierter Fahrsysteme

Dr. Alexander Bachmann

Chief Architect bei der ZF Friedrichshafen AG:

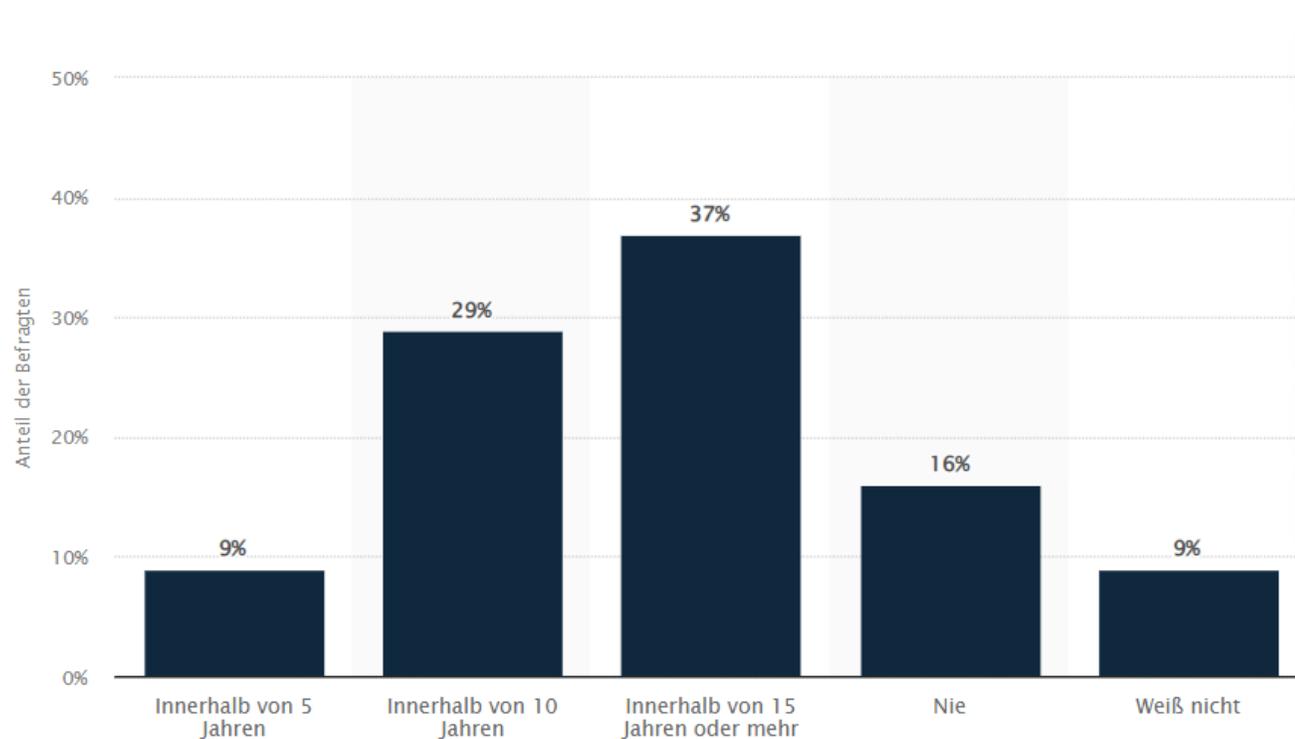


Research and Development ZF Group, Sensor Technology & Perception System, ZF Friedrichshafen AG / Deutschland

- 2005 – 2010** Wissenschaftliche Arbeiten beim KIT, dem Karlsruher Institut für Technologie/Deutschland
- 2010 – 2018** Fachxperte & Teamleiter bei der Continental AG in Lindau / Deutschland



Wann wird autonomes Fahren zur Regel in der Schweiz (Umfrage 2020 *)



AD in der Schweiz

SmartShuttles in Sion



Selbstfahrender Minibus in Zug

Loxo Alpha

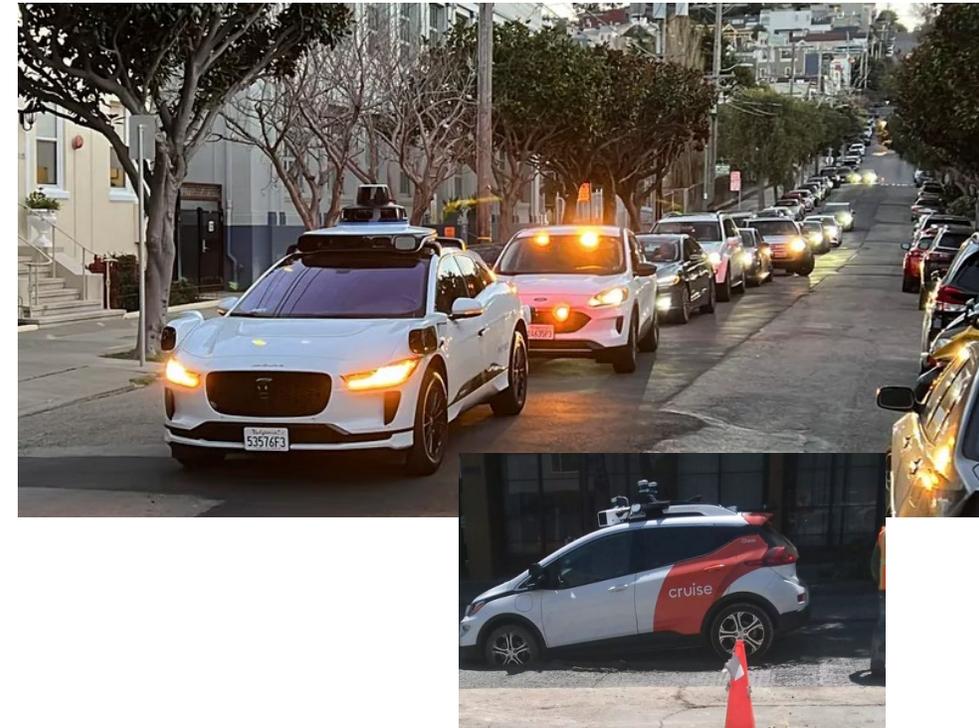


AD außerhalb der Schweiz

L4 Shuttle in Rotterdam, Niederlande
(Video)



Cruise, USA



Drive Pilot Daimler



Was heißt „automatisiertes Fahren“ überhaupt?

Eine kurze Einordnung des Begriffs

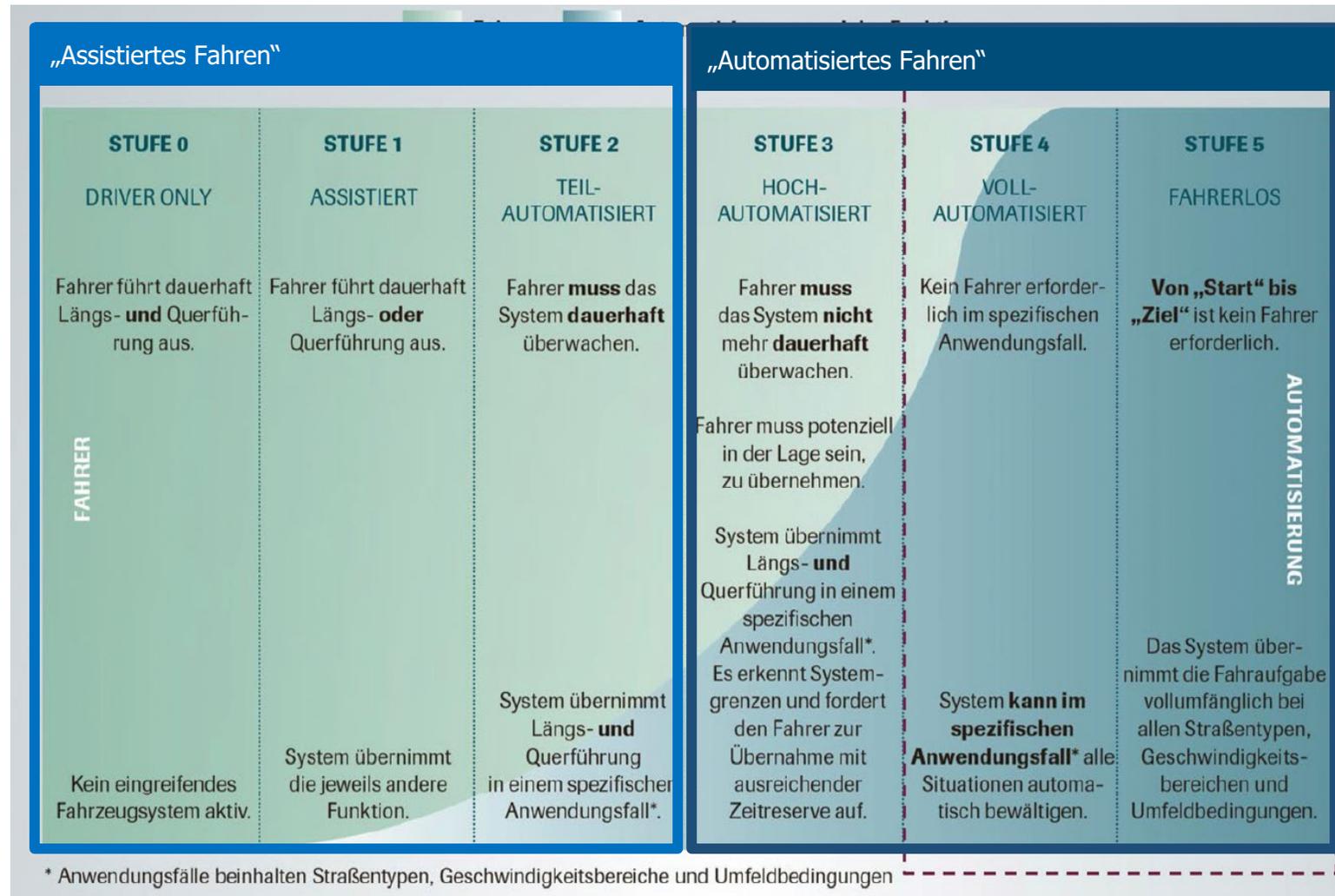
Welche Herausforderungen gilt es zu lösen?

Gesellschaftliche Akzeptanz: Wo ist der Mehrwert, bei welchem Risiko?

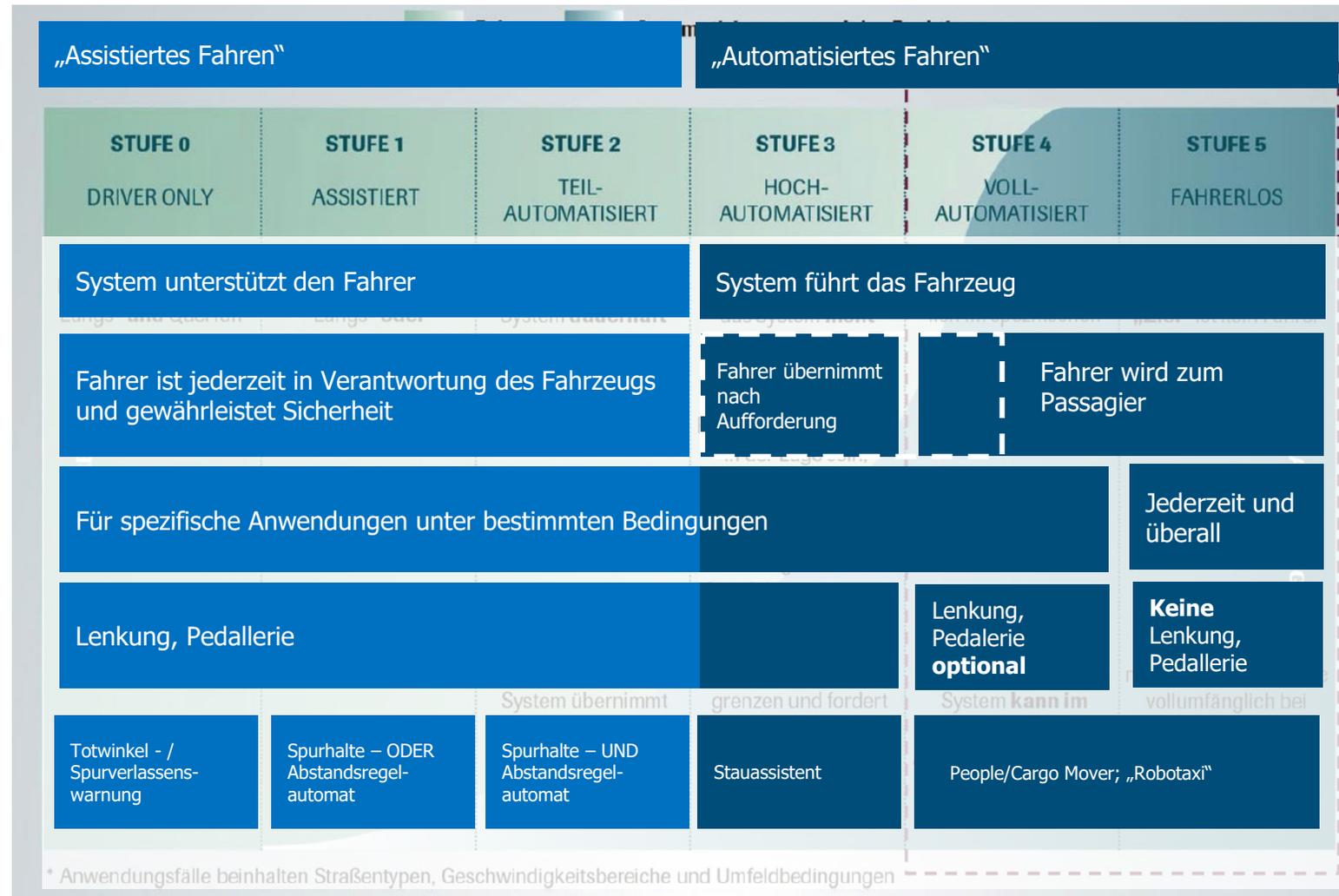
Rechtlicher Rahmen: Wie ist die Gesetzeslage? Welche Rechte, welche Pflichten?

Technologische Machbarkeit: Was ist heute realistisch und wirtschaftlich umsetzbar?

Einordnung des Begriffs **Automatisiertes Fahren** *



Einordnung des Begriffs **Automatisiertes Fahren** *



Wo ist der Mehrwert, bei welchem Risiko?

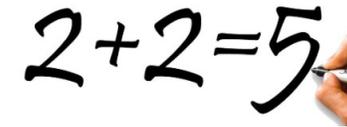
Komfortabel & performant



Sicher in der Funktion selbst



Sicher im Fall von zu erwartenden Fehlern und Ereignissen



„Ethische Regeln für den automatisierten und vernetzten Fahrzeugverkehr“ [Auszug¹]:

Der **Schutz von Menschen hat Vorrang vor allen anderen Nützlichkeitsabwägungen** [...] Die Zulassung von automatisierten Systemen ist nur vertretbar, wenn sie im Vergleich zu menschlichen Fahrleistungen zumindest eine **Verminderung von Schäden im Sinne einer positiven Risikobilanz** verspricht.

Sicherer, „risikominimaler“ Zustand* = Fahrzustand, von dem kein unzumutbares Risiko für die Insassen und weitere Verkehrsteilnehmer ausgeht → Für Stufe 3 und höher: Fail Safe wird zu **Fail Operational**

Risikomanagement: Im ALARP**-Bereich werden Risiken nur eingegangen, wenn ein Nutzen erwünscht ist, und **indem jedes Risiko so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar** gehalten wird

Nutzen

vs

Risiko

56 Min.

Zeitgewinn/Tag **

50 Mrd.USD

Umsatz bis 2030 *

80 %

verbesserter Verkehrsfluss**

23-29 %.

Kraftstoffersparnis auf Autobahn**



Kollision mit anderen
Verkehrsteilnehmern



Unbeabsichtigtes
Verlassen der
Fahrspur



Verletzung von
Passagieren

Quantifizierung des akzeptables Restrisikos = Absicherungsaufwände = Kosten

Minimale Endogene Mortalität (MEM) =
Maß für das akzeptierte (unvermeidliche) Risiko, durch die betreffende Technologie zu Tode zu kommen.

Akzeptables individuelles Sterberisiko*: $3 \times 10^{-6} / (\text{Person} \times \text{Jahr}) =$
 $1,33 \times 10^8 \text{ h}$ bzw. $2,67 \times 10^9 \text{ km}^{**}$ **Fahrbetrieb ohne tödlichen Unfall**



Gängiger Kennwert „**Disengagements**“*** :

Deaktivierung des automatisierten Fahrbetriebs und Übernahme durch Sicherheitsfahrer

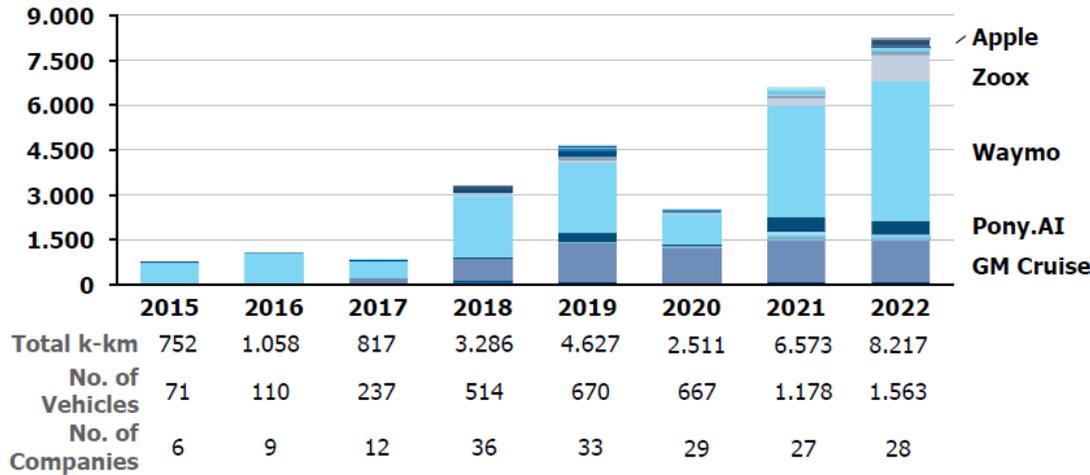
Disengagement Reports Overview

ZF Confidential

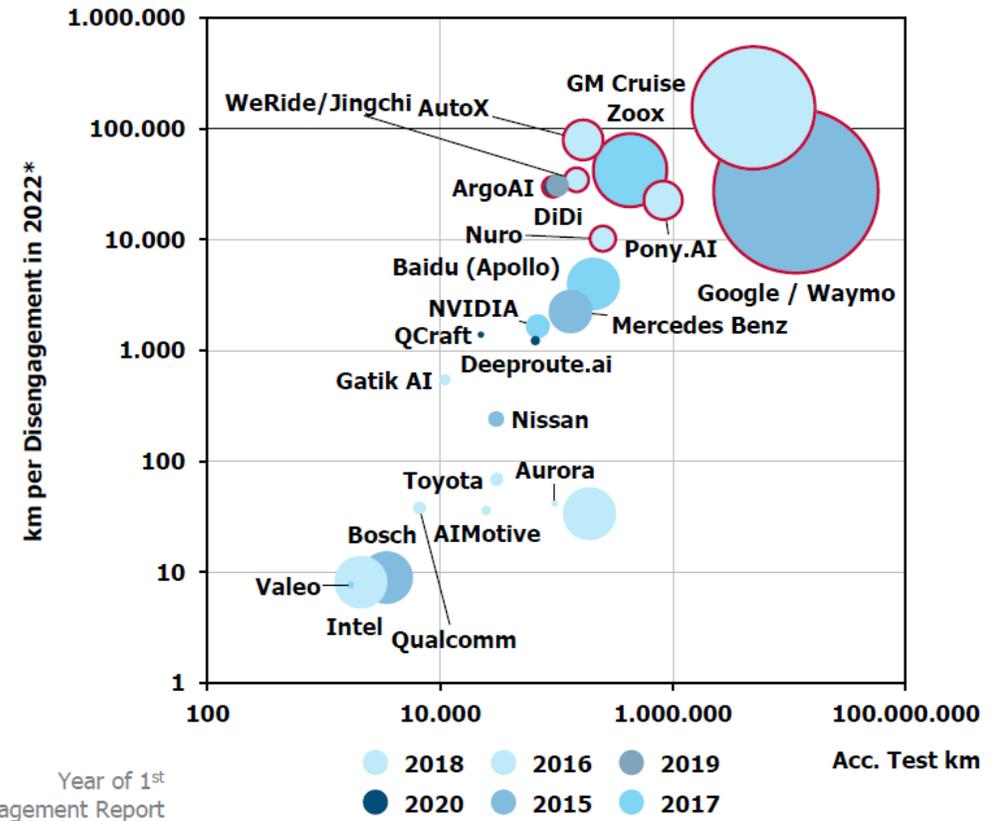
No. of Vehicles in 2022  100
 More than 10.000 km per Disengagement 

Number of km driven

[in 1.000 km]



System Performance



- | | | |
|----------------|---------------|----------------|
| Aimotive | Ghost | QCraft |
| Apple | GM Cruise | Qualcomm |
| ArgoAI | Imagry | Toyota |
| Aurora | Intel | Valeo |
| AutoX | Mercedes Benz | Waymo |
| Baidu (Apollo) | Motional | WeRide/Jingchi |
| Bosch | Nissan | Woven Planet |
| Deeproute.ai | Nuro | Zoox |
| DiDi | NVIDIA | |
| Gatik AI | PONY.AI | |

Source: State of California Department of Motor Vehicles; VSF
 2022-02-23 | VSF | Disengagement Report 2022

© ZF Friedrichshafen AG

Rechtlicher Rahmen

	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>UNECE 157 (AKLS)</i> • Verordnung über die allgemeine Sicherheit von Fahrzeugen (Verordnung (EU) 2019/2144) • DIN-NA052,.. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verordnung über die allgemeine Sicherheit von Fahrzeugen (Anwendung auf städtische Pendelbusse/ Robotertaxis) • D: Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen (Autonome-Fahrzeuge-Genehmigungs-und-Betriebs-Verordnung - AFGBV) • D: DIN-NA052,.. • F: Mehrere Richtlinien als Vorlage zur Einführung eines Gesetzes. Gesetzesentwurf für 2023 geplant 	nicht geplant
	<i>UNECE 157 (AKLS)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bundesstaatliche und regionale Regulierungen für eingeschränkten L4/L5 Betrieb • Zunehmende Forderungen an Gesetzgeber, zB. Cruise/GM petition to NHTSA 02/22 	
 	ISO TC 22/204	<ul style="list-style-type: none"> • Ch: Teil der “new energy automotive industry development plan” – geplant für 2025. • ISO TC 22/204 	nicht geplant

Technologische Machbarkeit AD

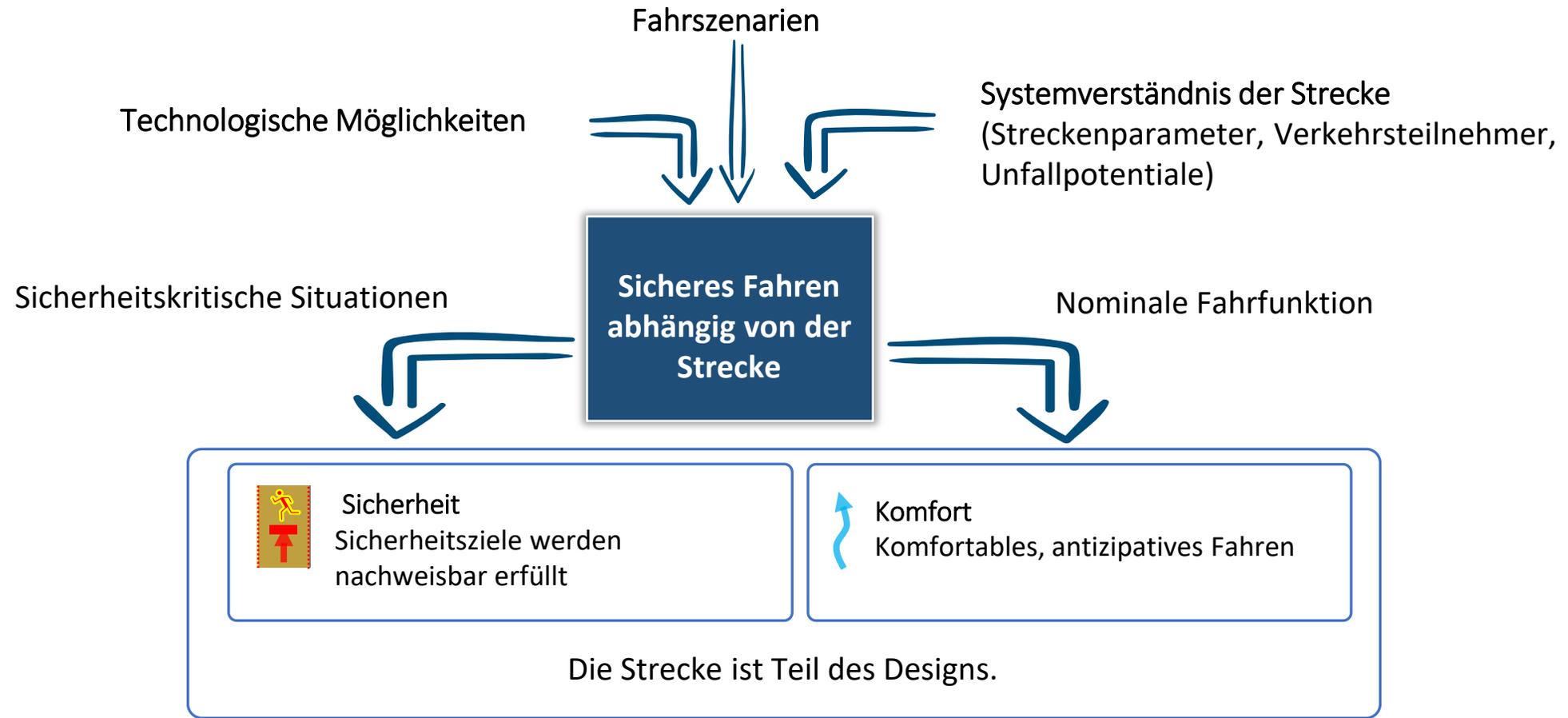
	Stufe 3 - Evolution	Stufe 4	Stufe 5 – Revolution
Szenarien	Einzelne, als Erweiterung von Stufe 2	Viele, zur Ermöglichung neuer Mobilitätskonzepte wie People/Cargo Mover, Hub2Hub	“Alle” in der Welt vorkommenden
Sicherheitsnachweis	Fahrzustand, von dem kein unzumutbares Risiko für die Insassen und weitere Verkehrsteilnehmer ausgeht		
Absicherungskilometer	Einige Millionen	Mehrere Hundert Millionen	
Beispiele für Betriebsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> Für definierte Use-Cases Unter vordefinierten Bedingungen an Situation und Umgebung 	<ul style="list-style-type: none"> vordefinierte Routen Unter definierten Wetterbedingungen Unter definierten Lichtbedingungen ... 	jederzeit & überall

Robotertaxi (Prognose: nicht marktreif vor 2035)

Neue Mobilitätskonzepte: People/Cargo Mover, Hub2Hub



Sichere Funktionsauslegung unter kontrollierten Bedingungen



Fahrspurentwurf

Physikalisch abgetrennte
Fahrspur
("Segregated Lane")



Zugeordnete
Fahrspur
("Dedicated Lane")



Mischverkehr
("Mixed Operation")



Kontrollierbarkeit

Akzeptanz

Eingriff in die Infrastruktur



Sichere Fahrspurerkennung



Optische Messsysteme

150x150 Formel der “European Union Road Federation” (ERF)*

 V2X



„Intelligente“ Baken/Leitpfosten **

mind. **150** $\text{mcd/m}^2 \cdot \text{lx}$
Retroreflexion
trockene Bedingungen

Kontrast
3:1 → **4:1**

mind. **35** $\text{mcd/m}^2 \cdot \text{lx}$
Retroreflexion
nasse Bedingungen

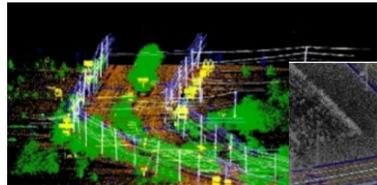
Mindestbreite
150 mm

Mindeststandards

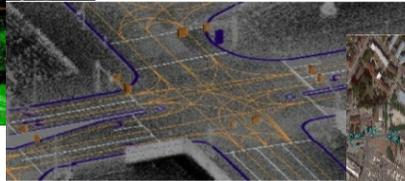


Sichere Fahrzeuglokalisierung

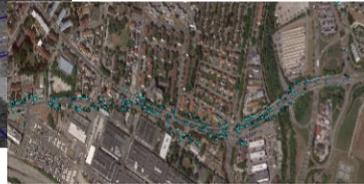
Motivation: Voraussetzung zur Nutzung von Kartendaten



Sensorkarten



Semantischer Karten



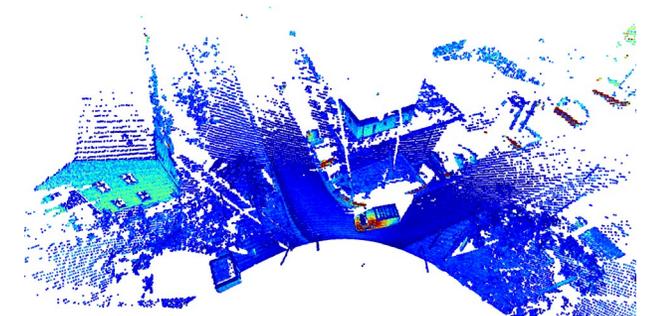
Featurekarten

Kartenbasierte Lokalisierung

- A-priori Erzeugung der Referenzkarte
- Zeitliche Veränderung der kartierten Umgebung durch
 - Wetterbedingungen
 - Jahreszeit
 - Vegetation
 - ...



Landmarkenschilder*,
Radar-Reflektoren an Leitpfosten und
Schutzeinrichtungen zur Verbesserung der
bordautonomen Lokalisierung / Positionierung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Fragen?