



# ROAD MARKING SYSTEMS



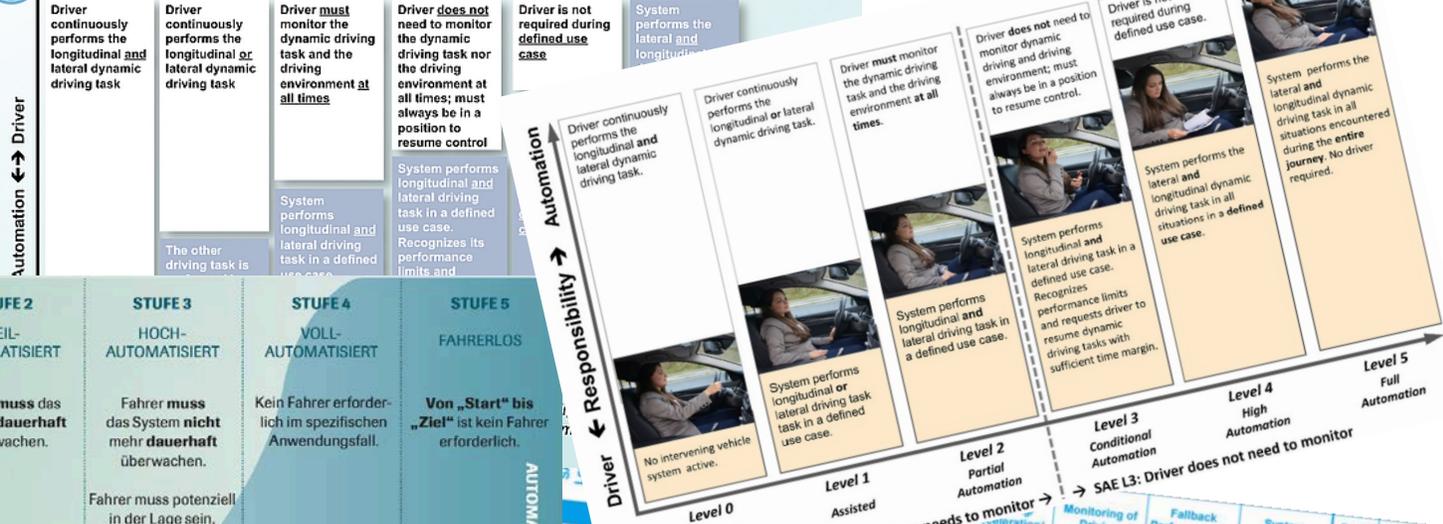
ROAD MARKING SYSTEMS

A wireframe car, rendered in glowing blue lines, is positioned on a road surface. The road is marked with blue dashed lines and a circular blue line. The background is a dark, grid-like landscape with a glowing blue light source. The text is overlaid on the road surface.

*Strassenmarkierungen  
und autonomes Fahren  
oder  
zurück von der Zukunft*

# LEVEL DES AUTONOMEN FAHRENS

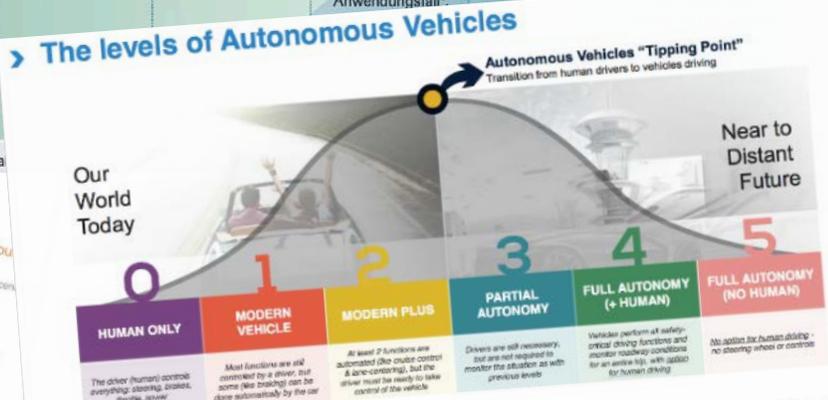
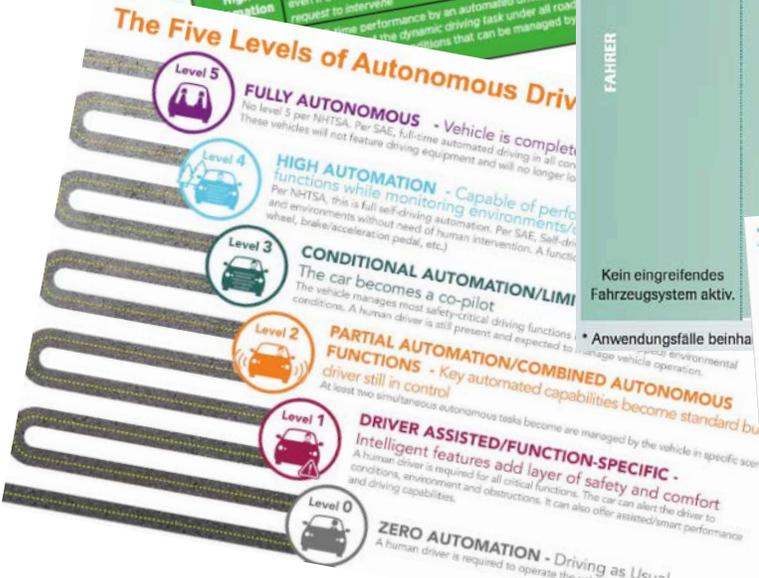
## Levels of Automated Driving



SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
<b>Human driver monitors the driving environment</b>						
0	No Automation	the full-time performance by the human driver of all aspects of the dynamic driving task, even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the driving mode-specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver perform all remaining aspects of the dynamic driving task	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the driving mode-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver perform all remaining aspects of the dynamic driving task	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
<b>Automated driving system ("system") monitors the driving environment</b>						
3	Conditional Automation	the driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the human driver will respond appropriately to a request to intervene				
	High Automation	the driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task, even if a human driver does not respond appropriately to a request to intervene				

STUFE 0	STUFE 1	STUFE 2	STUFE 3	STUFE 4	STUFE 5
DRIVER ONLY	ASSISTIERT	TEIL-AUTOMATISIERT	HOCH-AUTOMATISIERT	VOLL-AUTOMATISIERT	FAHRERLOS
Fahrer führt dauerhaft Längs- und Querführung aus.	Fahrer führt dauerhaft Längs- oder Querführung aus.	Fahrer muss das System dauerhaft überwachen.	Fahrer muss das System nicht mehr dauerhaft überwachen.	Kein Fahrer erforderlich im spezifischen Anwendungsfall.	Von „Start“ bis „Ziel“ ist kein Fahrer erforderlich.
		Fahrer muss potenziell in der Lage sein, zu übernehmen.	System übernimmt Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall*.		

SAE Level	Name	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)	BASt Level	NHTSA Level
0	Driver Only	Human Driver	Human Driver	Human Driver	N/A	0	0
1	Assisted	Human Driver and Systems	Human Driver	Human Driver	Some Driving Modes	1	1
2	Partial Automation	System	Human Driver	Human Driver	Some Driving Modes	2	2
3	Conditional Automation	System	System	Human Driver	Some Driving Modes	3	3
4	High Automation	System	System	System	Some Driving Modes	4	4
5	Full Automation	System	System	System	Some Driving Modes	5	5



# LEVEL DES AUTONOMEN FAHRENS



## LEVEL 0

Fahrer übernimmt alle Fahraufgaben.

## LEVEL 1

Fahrerassistenzsysteme (ADAS) können unterstützen durch Lenkung oder Bremsen/Beschleunigen, aber nicht beides gleichzeitig.

## LEVEL 2

ADAS kann unter bestimmten Umständen gleichzeitig Lenkung und Bremsen/Beschleunigen kontrollieren.

## LEVEL 3

ADS kann unter bestimmten Umständen alle Aspekte der Fahraufgabe übernehmen.

## LEVEL 4

ADS übernimmt alle Fahraufgaben sowie unter bestimmten Umständen das Monitoring der Umwelt.

## LEVEL 5

Automatisiertes Fahrsystem übernimmt alle Fahraufgaben.

**LEVEL 5**  
Mensch ist nur mehr Passagier.

**LEVEL 2 - 4**  
In jedem Level immer wieder Übernahme des Fahrzeuges durch Mensch notwendig.

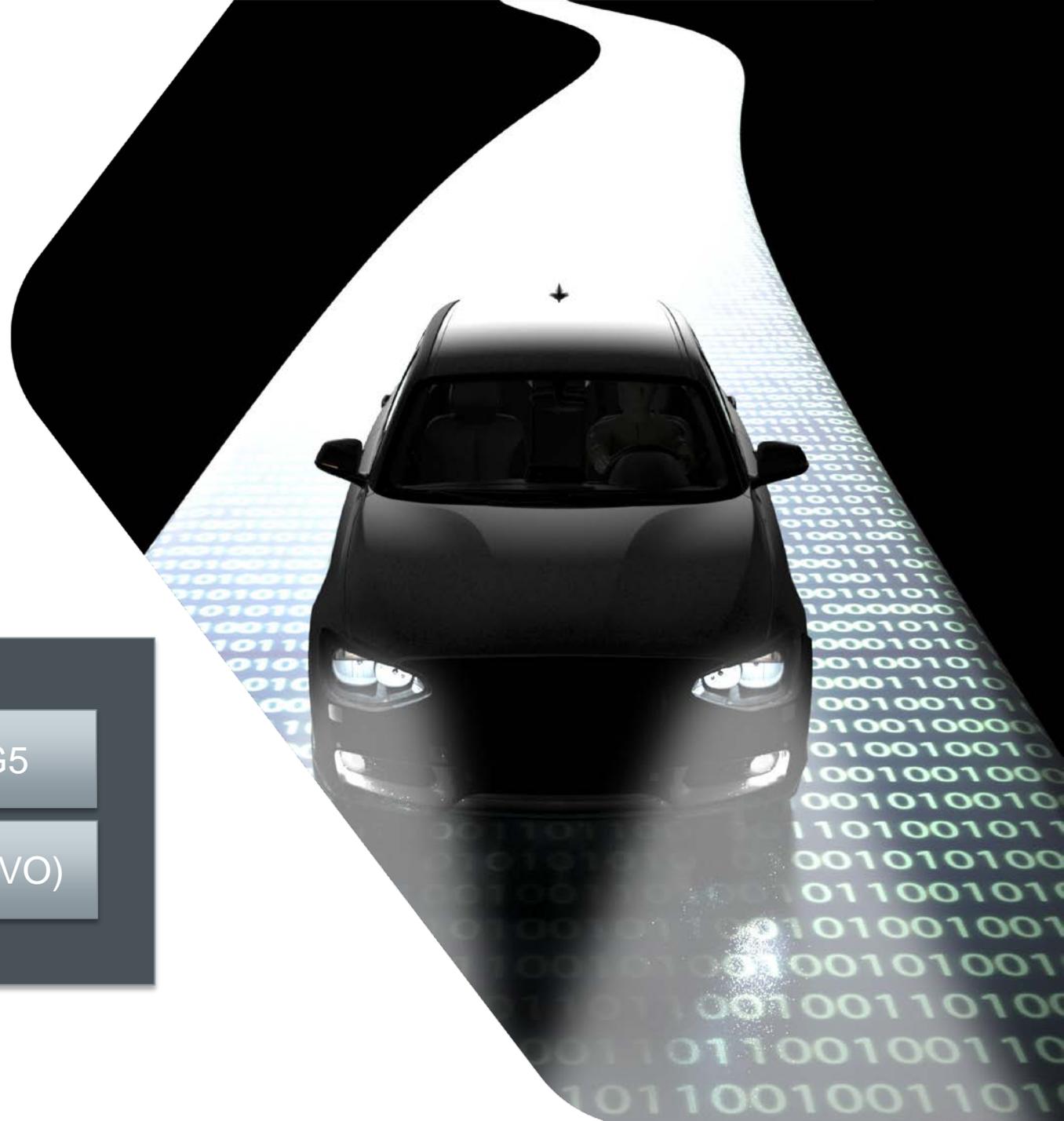
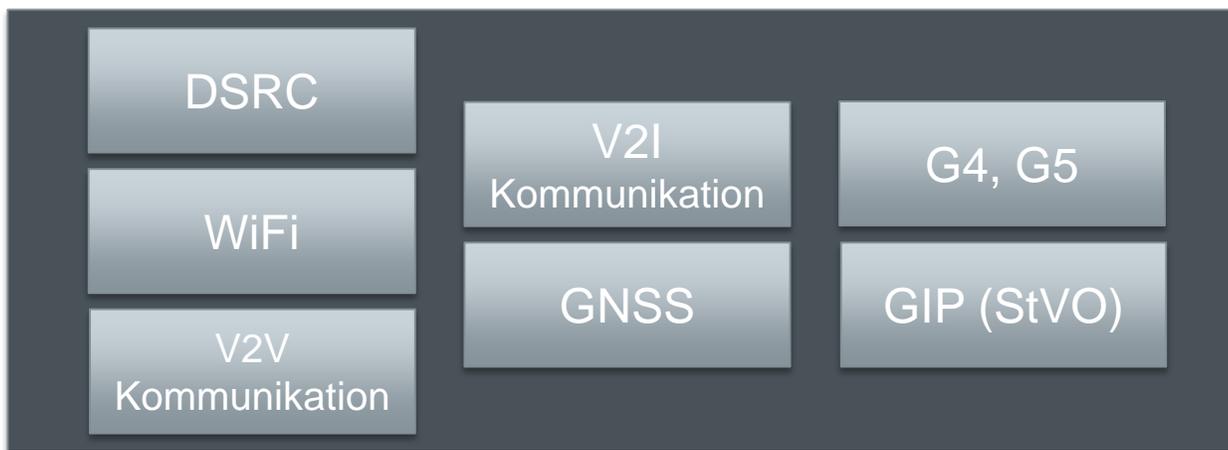
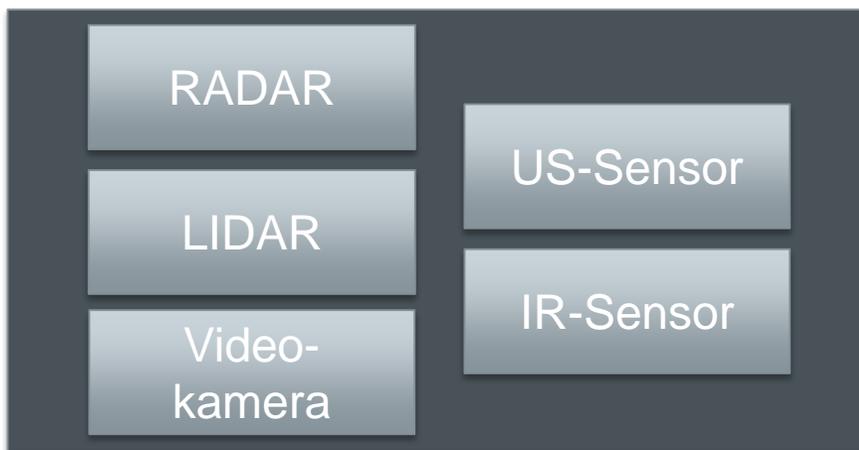
# VOLLAUTOMATISIERUNG LEVEL 5



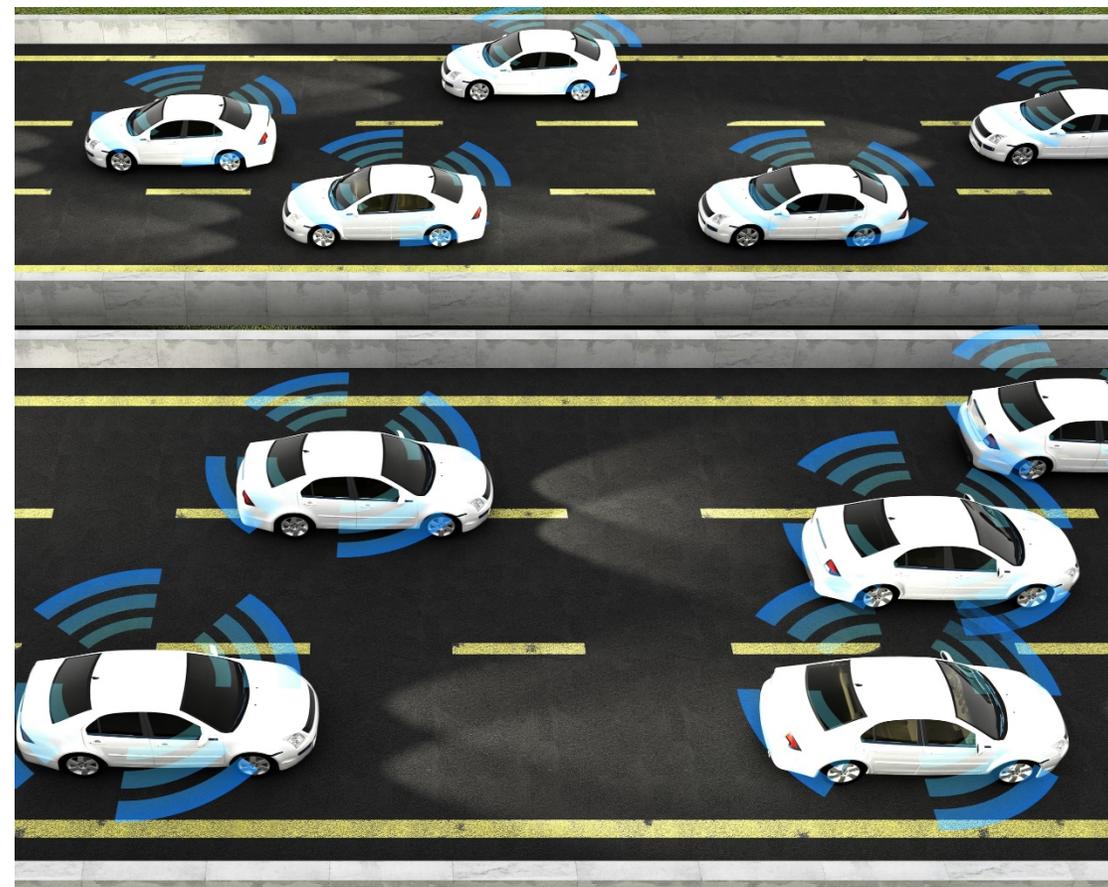
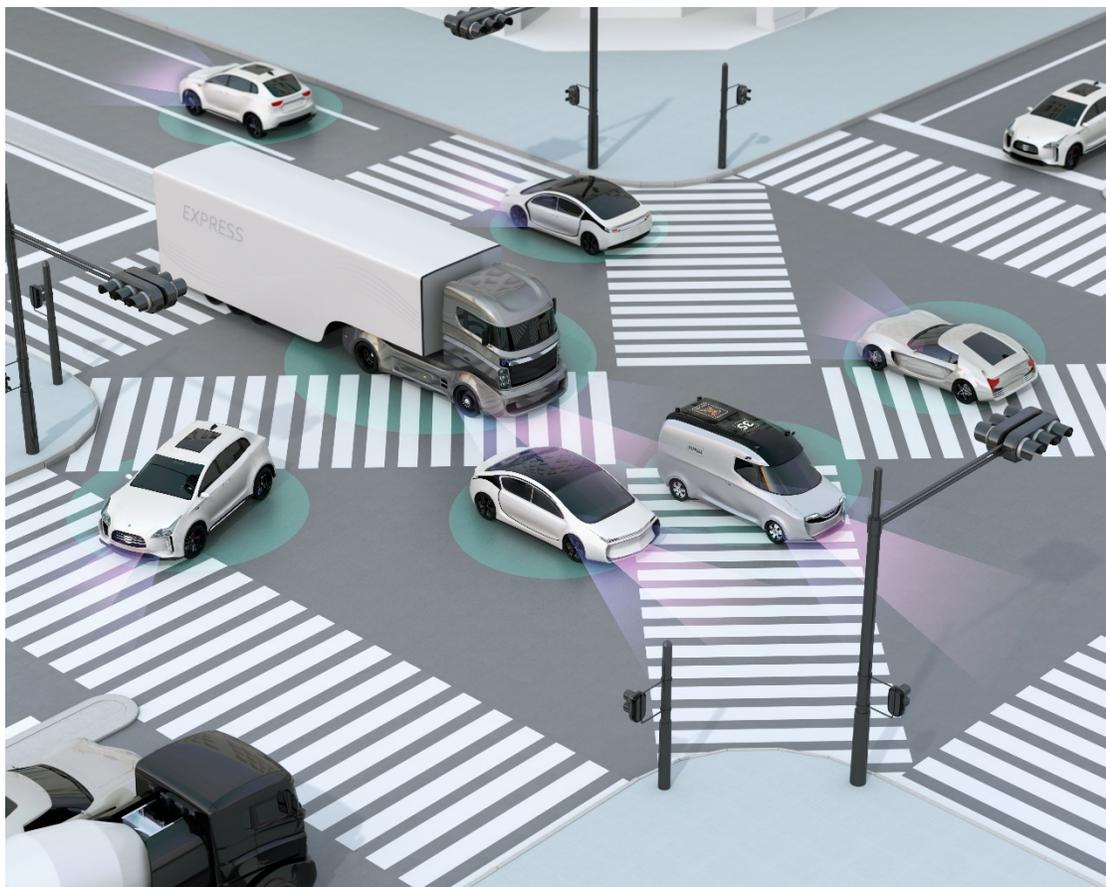
# ASPEKTE LEVEL 5



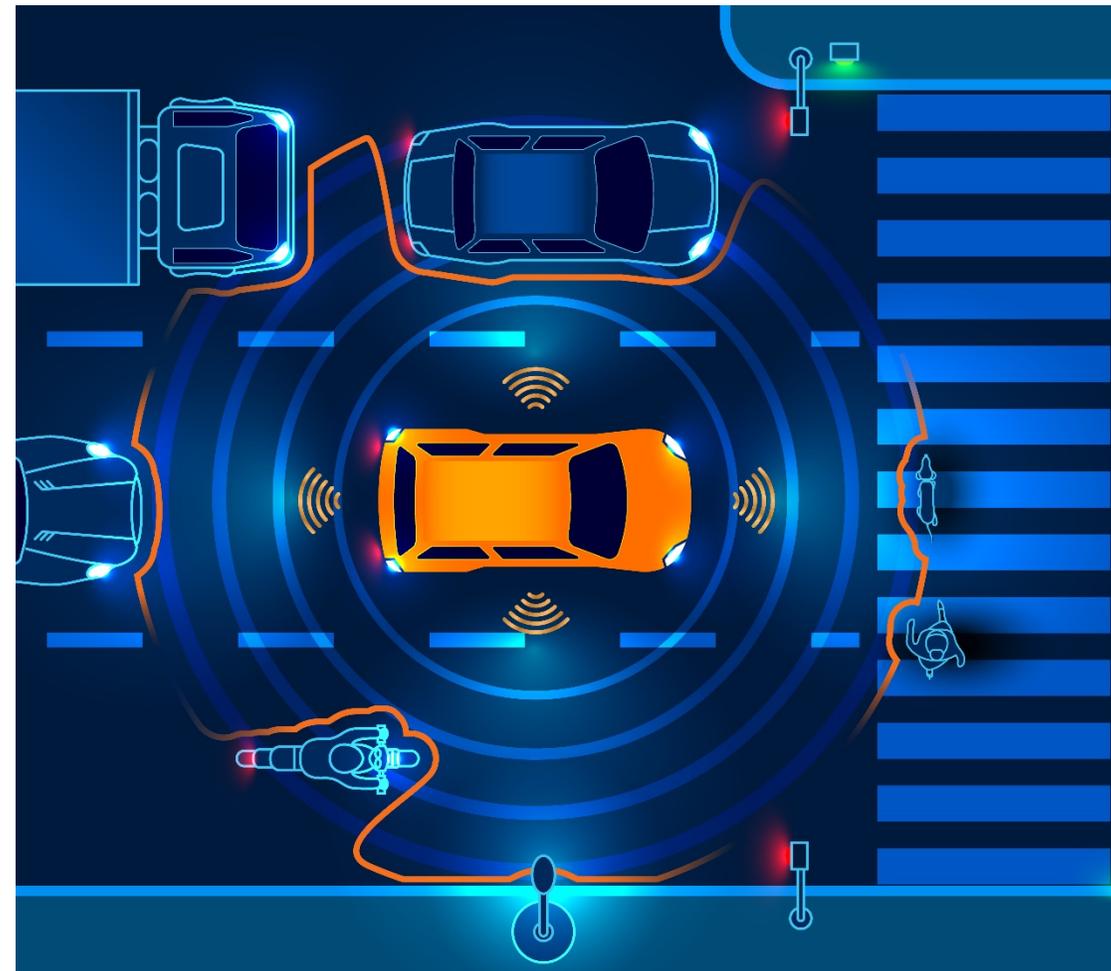
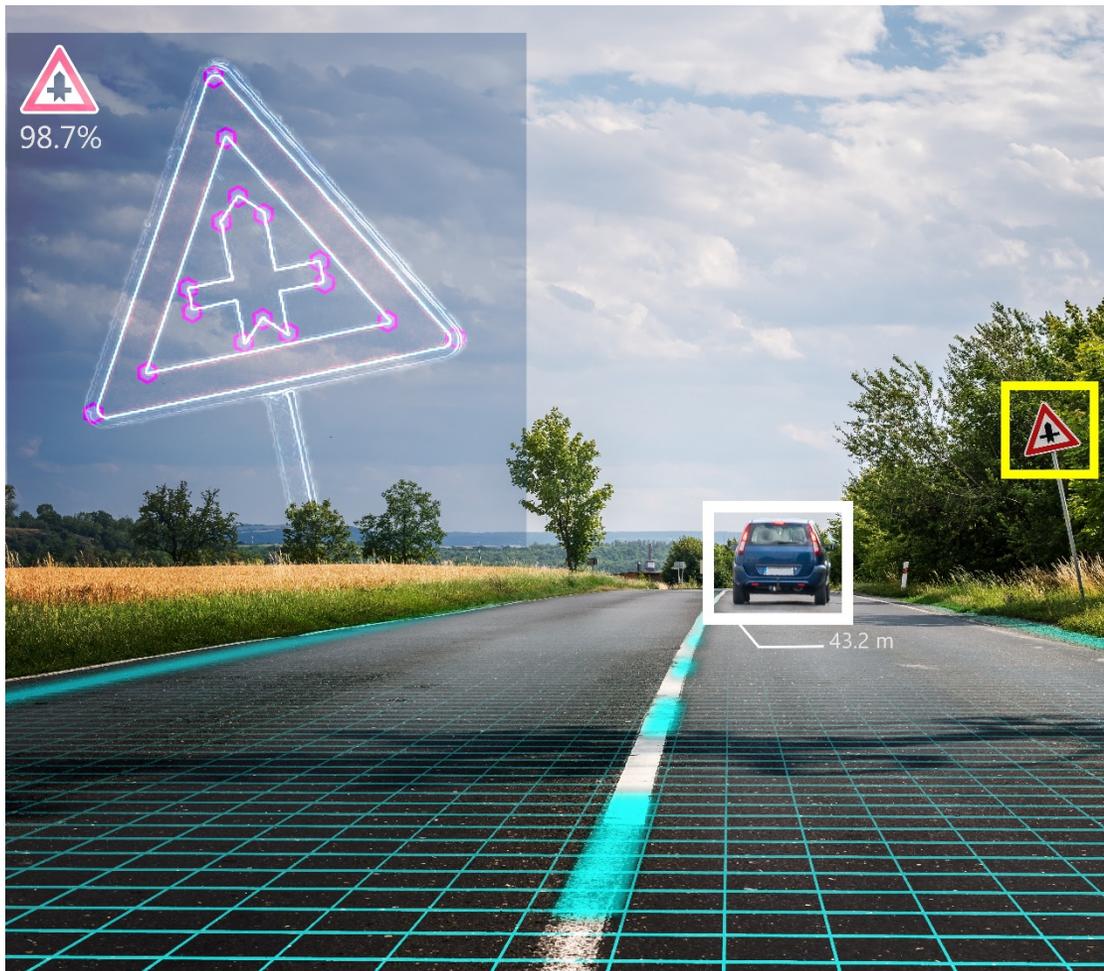
# SENSOREN LEVEL 5 - TECHNIK



# V2V KOMMUNIKATION LEVEL 5 - TECHNIK



# V2I KOMMUNIKATION LEVEL 5 - TECHNIK



# WAS ERHOFFT SICH POLITIK? LEVEL 5 - POLITIK



## Verkehrssicherheit: Vision Zero

- Erhöhung Verkehrssicherheit
- Reduzierung von menschlichen Fahrfehlern
- 90% aller Unfälle verursacht durch menschliche Fehler



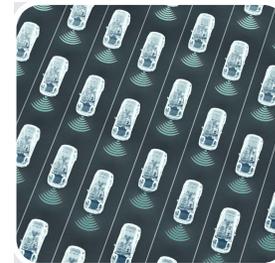
## Reduzierung von Emissionen

- Reduzierung Kraftstoffverbrauch und CO<sup>2</sup> Emissionen
- 23-29% Reduzierung von Kraftstoffverbrauch auf Autobahnen



## Innovationen

- Förderung von Innovationen
- Wettbewerbsfähigkeit / hoch qualifizierte Arbeitsplätze
- 56 Minuten pro Tag Zeit für andere Aktivitäten



## Verkehrsmanagement

- Optimierung des Verkehrsflusses
- Angenehmes und zeiteffizientes Autofahren
- 80% Verbesserung im Verkehrsfluss



## Demographischer Wandel

- Unterstützung unsicherer Autofahrer
- Mobilitätssteigerung für alternde Bevölkerung
- Zugang zu Mobilität für viele Altersgruppen

# WAS MUSS POLITIK TUN? LEVEL 5 - POLITIK

- Rechtliche Rahmenbedingungen
  - Versicherung
  - Sicherheit
- Zulassungsverfahren
  - Ab Zeitpunkt x nur mehr Level 5 Fahrzeuge zum Verkehr zu zulassen



## **Merkel: Selbstfahrende Autos in 20 Jahren Pflicht** (derStandard.at, 12. Juni 2017):

Wir werden in 20 Jahren nur mehr mit Sondererlaubnis selbständig Auto fahren dürfen. Der Mensch ist das größte Risiko beim Fahren. Daher ist es in Zukunft sicherer, die Technik übernehmen zu lassen.



# AKZEPTANZ LEVEL 5 - GESELLSCHAFT

- › Wertigkeit des Autos ändert sich
  - › Auto verliert Statussymbolik
  - › Auto wird zum Nutzgegenstand
- › Wechsel von Individualverkehr zu Sharing-Kultur
  - › Car Sharing
  - › Car2go
- › Ethik



**Können Sie sich vorstellen  
ein autonomes Fahrzeug zu nutzen?**



Quelle: <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bericht-der-ethik-kommission.html>

# VISION ODER REALITÄT? CONCLUSIO LEVEL 5

- Level 5 Autos werden schneller Wirklichkeit werden als man derzeit glaubt
- Aus technologischer Hinsicht keine wirkliche Herausforderung mehr
- Die letzten paar Prozent bis zum ausschließlichen Level 5 wird länger dauern als man glaubt
- Dazwischen lange Übergangszeit und Parallelverkehr – Level 2-4



# MARKIERUNGEN UND ASSISTENZSYSTEME LEVEL 2 - 4

**„The car can't find the lane markings! You need to paint the bloody roads here!“**

Lex Kerssemakers  
CEO Volvo Nordamerika

**„Like the human eye, the technology can't work effectively if it can't see the road markings if they are worn out or hidden, or if they are confusing.“**

EuroRAP, EuroNCAP

**„We really need better lane markings. This is crazy.“**

Elon Musk  
CEO Tesla

**„Lane markings are the rails for the self-steering car.“**

EuroRAP, EuroNCAP

**„They (self-driving car companies) actually said make sure you have really good paint lines. So, where there are lines, we have to make sure they're really good.“**

Kirk Steudle  
Director of Michigan's Department of Transportation

**„We need to increase the time, distance, weather range and durability so that a machine or camera can 'see' the pavement markings.“**

Tom Hedblom  
3M

# FORD KEYNOTE @ CES 2018 LEVEL 2 – 4



„OEMs are beginning to recognize the role that road markings play in allowing their systems to function. All of them recognized that a mixed-fleet requires the development of a clear, consistent and reliable system of roadway delineation to maximized the value of their automated system technologies.“

Jim Hackett  
President and CEO, Ford Motor Company

## Ford Keynote

Ford Motor Company's President and CEO Jim Hackett focuses on mobility solutions as the world progresses toward sm... [Share](#)



# MARKIERUNGEN UND ASSISTENZSYSTEME

## LEVEL 2 - 4

<https://thenextweb.com/contributors/2017/10/07/3-improvements-needed-make-autonomous-car-future-reality/>

<https://roadsensors.madebydelta.com/news/quality-road-marking-will-crucial-safety-self-driving-cars-future/>

<http://www.reflective-systems.com/future-proofing-road-markings/>

<http://automotive.electronicsspecifier.com/driver-assistance-systems/markings-roads-to-make-them-safer-for-self-driving-cars>

<https://www.bavc-automobilclub.de/de/component/k2/item/298-der-traum-vom-autonomen-fahren>

<http://www.reflective-systems.com/no-more-than-4-years-to-have-fully-autonomous-cars-on-the-road/>

<http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Second-leg-of-the-Intelligent-World-Drive-On-the-road-to-autonomous-driving-Mercedes-Benz-on-automated-test-drive-in-the-Shanghai-megalopolis.xhtml?oid=30028143>

<http://www.autonomes-fahren.de/strassenschaeden-autonome-fahrzeuge/>

<http://www.reuters.com/article/us-autos-autonomous-infrastructure-insig-idUSKCN0WX131>

<https://www.wired.com/2016/03/self-driving-cars-wont-work-change-roads-attitudes/>

<http://www.auto-motor-und-sport.de/news/autonomes-fahren-probleme-2016-11523070.html>

<http://www.tegget.de/autonomes-fahren.html>

<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/neue-mobilitaet/autonomes-fahren-im-test-bei-mercedes-bmw-und-audi-14237392.html>

# C-ITS PLATTFORM LEVEL 2 - 4



## C-ITS platform PHASE II

Cooperative Intelligent Transport Systems  
towards **Cooperative, Connected and Automated Mobility**

FINAL REPORT  
SEPTEMBER 2017

- › 2014 von EU-Kommission ins Leben gerufen
- › Phase II: 2016-2017
- › Plattform für den Einsatz kooperativer und intelligenter Verkehrssysteme in der EU
- › Ziele
  - › Entwicklung einer gemeinsamen Vision
  - › Interoperabilität von C-ITS entlang gesamter Wertschöpfungskette
  - › Identifikation wichtigster Szenarien (V2V, V2I, CCAM)
- › Repräsentation wichtiger Interessensgruppen
  - › Ca. 200 Experten
  - › 9 Arbeitsgruppen



## C-ITS plattform PHASE II

Cooperative Intelligent Transport Systems  
towards **Cooperative, Connected and Automated Mobility**

FINAL REPORT  
SEPTEMBER 2017

### Auszüge von den Empfehlungen (S. 86-102)

- › Erhaltung, Instandhaltung, Sanierung und Update von physischer Infrastruktur
- › Qualität und Sichtbarkeit von Markierungen
  - › Autobahnen
  - › Schnellstraßen
  - › TEN-T-Netz
- › Klare Sichtbarkeit für die Sensoren
- › Harmonisierung von Standards

# VERFÜGBARKEIT AUDI ACTIVE LANE ASSIST LEVEL 2 - 4



Quelle: AUDI

# KAMERA UND LIDAR LEVEL 2 - 4



REDUNDANZ



# LIDAR – LIGHT RADAR

## LEVEL 2 - 4



- Eine Art Scanner - arbeitet mit Laserstrahlen
- Zurückfallende Licht des Lasers lässt Rückschlüsse auf Position zu
- Erkennung & Definition der Position in Abhängigkeit zu anderen Objekten (Markierungen, Baustellen, Passanten, Fahrzeuge, Hindernisse)
- Lidar erkennt auch Bodenmarkierung bei nassen Verhältnissen

# ANFORDERUNGEN AN MARKIERUNGEN FÜR ASSISTENZSYSTEME LEVEL 2 - 4

## ERKENNUNG DURCH MENSCHLICHES AUGE EN1436



## ERKENNUNG DURCH SENSORIK KEINE DEFINITION



# HERAUSFORDERUNGEN SENSOR- UND STEUERUNGSSYSTEME LEVEL 2 - 4



Schlaglöcher, Risse,  
Ausbesserungen,  
Spurrinnen

Tief stehende Sonne, Gegenlicht,  
Tag, Fahrbahverengungen



Schnee, Eis, Regen,  
Nebel, Gischt

# POTTERS & MOBILEYE STUDIE (2016)

## LEVEL 2 - 4

- “Sweet spot” zwischen 9 bzw. 12 m
- Kamerasysteme benötigen Kontrast
- Höhere Retroreflexion führt zu verbesserter Wahrnehmung durch System
- Weiße Fahrbahnmarkierungen, im Vergleich zu gelben, sind leichter zu erkennen
- Breitere Fahrbahnmarkierungen (10 cm vs. 15 cm) wesentlich besser
- Bei Nässe dramatischer Rückgang im Erkennen von Fahrbahnmarkierungen



LEVEL 2 - 4

## Paul Carlson, Ph.D.

Texas A&M Transportation Institute  
Texas A&M University

### PAVEMENT MARKINGS FOR MACHINE VISION SYSTEMS

Impacts of Connected Vehicles and Automated Vehicles on  
State and Local Transportation Agencies



# DATENSAMMLUNG SETUP LEVEL 2 - 4

LIDAR



Kontrast und  
Retroreflexion

HD Video-  
kamera

ADAS  
Kamera



# KEY FINDINGS PAUL CARLSON STUDIE LEVEL 2 - 4

## Nachtsichtbarkeit trocken / nass

- Benötigt ca. 50 mcd (ohne Gegenlicht)
- Sehr zuverlässige Erkennung

## Tagessichtbarkeit trocken / nass

- Kontrastunterschied von mindestens 2:1 notwendig
- Besser ist 3:1

## Breitere Längsmarkierungen

- Derzeitige Kameratechnologie kann breitere Markierungen nicht signifikant besser erkennen
- Die technischen Möglichkeiten der nächsten Kamerageneration sind allerdings vielversprechend



# EMPFEHLUNGEN UND WUNSCHLISTE LEVEL 2 - 4

- Markierungen auf einem höheren Standard erhalten
- Keine Verwendung von “Bott´s Dots”  
(nicht reflektierende meist Alu-Straßennägel)
- Keine ausgebrochenen Markierungen – scharfer Rand



# STATE PRACTICE VIRGINIA LEVEL 2 – 4



# EMPFEHLUNGEN UND WUNSCHLISTE LEVEL 2 - 4

- Markierungen auf einem höheren Standard erhalten
- Keine Verwendung von “Bott´s Dots”  
(nicht reflektierende meist Alu-Straßennägel)
- Keine ausgebrochenen Markierungen – scharfer Rand
- Änderung des Strich-Lücken Verhältnisses
- Durchgängiger Geometriestandard / Vereinheitlichung
- Ein Standard zur Messung des Kontrasts



ROADWAY FACELIFT - KALIFORNIEN  
LEVEL 2 - 4

LIVE  
WASHINGTON

- Update von Standards
- 10 cm auf 15 cm Breite
- Klare und sichtbare Straßenmarkierungen für Mensch und autonomes Auto

SQUAWK alley

**MALCOLM DOUGHERTY**  
CA DEPT. OF TRANSPORTATION DIRECTOR

**CALIFORNIA MODIFYING ROADS  
FOR SELF-DRIVING CARS**

 **CNBC**

CONCLUSIO  
LEVEL 2 - 4

Verkehrssicherheit durch  
**Straßenmarkierungen**

in der Zukunft –  
sowie heute!



HEUTE



ZUKUNFT

**SAFETY**

# WICHTIGKEIT BODENMARKIERUNGEN GEGENWART

## FAHRER „FIXIEREN“ MARKIERUNGEN

- Retroreflexion wichtiger als Luminanz für Fahrer
- Wichtig bei ungünstigen Fahrbedingungen
- Speziell für ältere Autofahrer von Bedeutung
- Positiver Eindruck von Autofahrer
- Erhöhte Sicherheit

Quelle: Underwood, G.; Chapman, P.; Brocklehurst, N.; Underwood, J.; Crundall, D. (2003). Visual attention while driving: sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46(6), 629-646.



# WICHTIGKEIT BODENMARKIERUNGEN GEGENWART

## DEMOGRAPHISCHER WANDEL

- › Europas Bevölkerung wird immer älter
- › 2020 etwa 25% der Autofahrer älter als 65 Jahre
- › verminderte Reaktions- und Sehfähigkeit

**Bessere Orientierungshilfen bzw. Markierungen notwendig**



# WICHTIGKEIT BODENMARKIERUNGEN GEGENWART

## HÖHERE RETROREFLEXION

- Bis zu 20% weniger Unfälle bei Kurven mit höherem RL
- Bis zu 8,6% weniger Unfälle pro 100 mcd/m<sup>2</sup>/lx  
Zunahme an Retroreflexion

## BREITERE & SICHTBARERE FAHRBAHNMARKIERUNGEN

- Breitere Markierungen = weniger Unfälle
- Bis zu 38% Unfallreduzierung

+ HÖHERE RETROREFLEXION  
+ ERHÖHTE SICHTBARKEIT  
+ MEHR SICHERHEIT

MIT **SOLIDPLUS**

### Quellen:

Zwahlen, H.; Schnell, T. (1999). Visibility of road markings as a function of age, retroreflectivity under low-beam and high-beam illumination at night.

*Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1692, 152-163.

Żakowska, L. (1995). The effect of environmental and design parameters on subjective road safety – a case study in Poland. *Safety Science*, 19(2), 227-234.

Carlson, P.; Park, E.; Kang, D. (2013). Investigation of longitudinal pavement marking retroreflectivity and safety. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2337, 59-66.

Carlons, P.; Wagner, J. (2012). An evaluation of the effectiveness of wider edge line pavement markings.



## LEITLINIEN FÜR DEN WEG IN EINE SICHERE ZUKUNFT

Ein ERF-Grundsatzpapier, wie FAHRBAHNMARKIERUNGEN  
UNSERE STRASSEN SICHERER MACHEN KÖNNEN



**150** mm Mindestbreite

x **150** mcd/m<sup>2</sup>\*lx\*

---

= Mindeststandard für Straßenmarkierungen

\*) bei trockenem Wetter;  
35 mcd/m<sup>2</sup>\*lx bei nassen Bedingungen

**VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!**

[harald.mosboeck@swarco.com](mailto:harald.mosboeck@swarco.com)



**ROAD MARKING SYSTEMS**