



Technische Voraussetzungen beim „autonomen Fahren“

**Verkehrsreferenten-Tagung 2018
ADAC Ostwestfalen-Lippe e.V.**

24. Februar 2018
Markus Sippl, ADAC Technik Zentrum

© www.adac.de

Fahrerassistenzsysteme: Der Fahrer wird unterstützt.

- Zahlreiche Helferlein und Assistenten helfen dem Autofahrer bei seiner Aufgabe, das Fahrzeug zu führen und zu bedienen, wie zum Beispiel:
 - Totwinkelwarner
 - Überholassistent
 - ACC (Adaptive Cruise Control, hält Geschwindigkeit oder Abstand, beschleunigt und verzögert)
 - Lichtautomatik
 - Fernlichtassistent
 - PDC (Park Distance Control)
 - Automatische Einparkhilfe
 - Anhängerassistent
 - Berganfahrhilfe
 - Sprachsteuerung
 - Multikollisionsbremse



Fahrerassistenzsysteme: So fing es an.

- In der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts wurde das **Antiblockiersystem** entwickelt – ursprünglich für Flugzeuge, um sie beim Abbremsen auf der Landebahn zu halten.
 - Ende der sechziger Jahre wurde ein ABV (automatischer Blockierverhinderer) bei ersten Serienfahrzeugen in den USA eingesetzt. Ab Ende der Siebziger hielt das ABS in den Oberklassefahrzeugen von Mercedes und BMW Einzug, 10 Jahre später bei Bussen und Lkw.
 - **Seit 1. Juli 2004 ist ABS Serienausstattung** bei allen neu in Europa zugelassenen Pkw.
- 1995 wurde ESP (**Elektronisches Stabilitätsprogramm**) zum ersten Mal in der Serienfertigung bei einem Mercedes eingesetzt.
 - ESP versucht durch gezieltes Bremsen einzelner Räder, ein Schleudern des Fahrzeugs im Grenzbereich in Kurven sowohl beim Übersteuern als auch beim Untersteuern zu verhindern, und dem Fahrer so die Kontrolle über das Fahrzeug zu sichern.
 - **Seit November 2014** müssen alle neu zugelassenen Pkw und Lkw mit einer **elektronischen Stabilitätskontrolle** ausgerüstet sein.

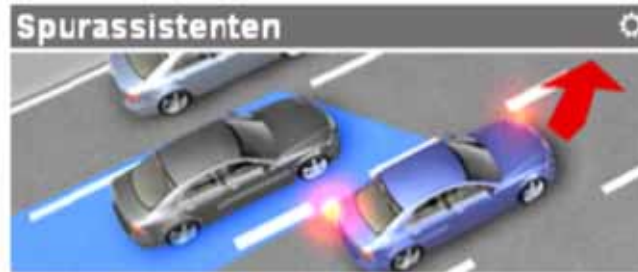
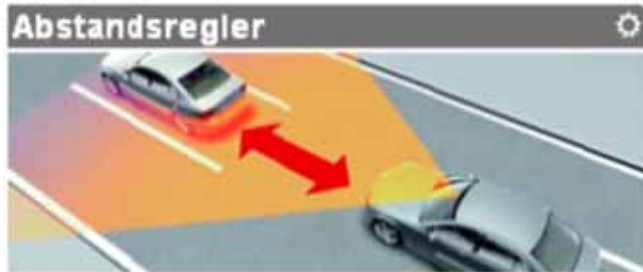


Fahrerassistenzsysteme: Ein Plus an Sicherheit.

- Der **Bremsassistent**, der bei einer erkannten Notbremsung den Bremsdruck automatisch erhöht, ist seit 2011 Pflicht in Neufahrzeugen.
- Der **Spurverlassenswarner** warnt akustisch, optisch oder haptisch, wenn Fahrspur verlassen wird.
- Der **Spurhalteassistent** greift aktiv ein und führt das Fahrzeug sanft durch gezielt einseitigen Brems- oder Lenkeingriff zurück in die Fahrspur.
- Durch die technische Möglichkeit, Kamera- und Radarsysteme einzusetzen (für automatische Abstandsregelung ACC), wurde zunächst ein **Auffahrwarner** entwickelt.
- Durch Ermöglichung eines aktiven Bremsingriffs (vom ESP bekannt) entstand aus dem Auffahrwarner der automatische **Notbremsassistent**, der nach einer vergeblichen Warnung automatisch eine Notbremsung vollzieht, um eine Kollision zu verhindern oder zumindest abzumildern — ein echter Sicherheitsgewinn, gerade in schwierigen Verkehrssituationen

Kombination ACC – Spurhalteassistent: erste Möglichkeit des kurzzeitigen „automatisierten Fahrens“

Fahrerassistenzsysteme: Kosten bei Unfällen (Sensorik)



Eingesetzte Sensorik

- Radar
- Lidar
- Kamera mono/stereo
- Nachtsichtkamera aktiv/passiv
- Ultraschall
- Regensensor
- Lichtsensor
- Matrix-Laserscanner
- Drehzahl/Beschleunigung/
Momente

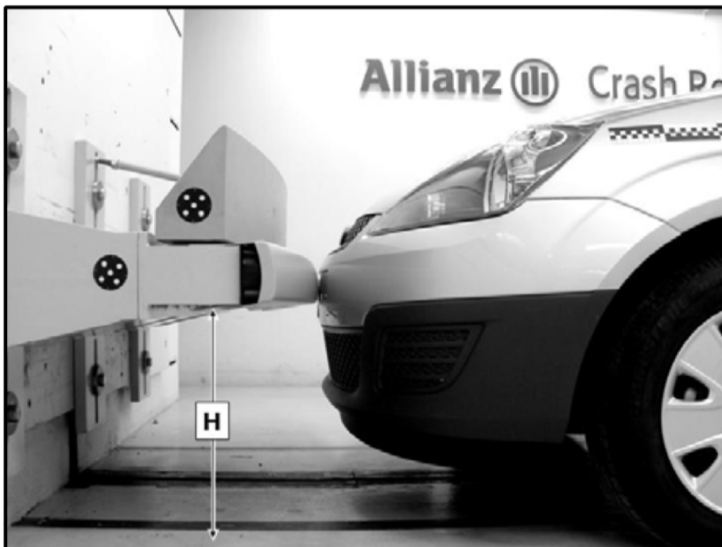
Fahrerassistenzsysteme: Kosten bei Unfällen (Sensorik)

- Besonders teuer kann ein Unfall werden, wenn Sensoren von Fahrerassistenzsystemen zerstört werden
 - diese sind häufig hinter dem Kühlergrill, oder unter dem Stoßfänger montiert
 - z. B. beim Honda CR-V kostet der Sensor für das CMBS (collision mitigation brake system) ohne Einbau über 3.000 €



Versicherungscrash – Einstufung in Typklassen bei Neufahrzeugen

- Zur Einstufung der Pkw in Typklassen werden Crashtests durchgeführt
- RCAR Bumper Test (Front und Heck)
 - Fahrzeug trifft auf normierten Stoßfänger des Vorfahrenden
- Nach den Tests werden die Reparaturkosten ermittelt
- Ziel der Fahrzeughersteller: Geringe Reparaturkosten → Konstruktion um Test gut zu erfüllen



Kosten bei Unfällen – Beispiele:

- Crashtest: Heckaufprall Toyota Avensis auf Audi Q7, 100% Überdeckung, 10 km/h
 - Ergebnis: Bereits von außen ist zu erkennen, dass Stoßfänger, Kühlergrill und Motorhaube beschädigt sind
 - Nach Öffnen der Motorhaube: beide Scheinwerfer-Befestigungen gebrochen, ACC-Radarsensor Kunststoff-Befestigungen gebrochen, Kondensator der Klimaanlage, der Schlossträger und weitere Kleinteile beschädigt
 - Ursache: die Stoßfänger der beiden Fahrzeuge befinden sich auf unterschiedlichen Höhen
 - Kosten für die benötigten Ersatzteile: rund 5.000 € (ACC-Sensor 3.271 €, Kosten für Arbeitsstunden plus ca. 300 € für Materialkosten und Lackierarbeiten)
- Honda CR-V – Kosten Sensor CMBS ohne Einbau über 3.000 €
- Austausch Windschutzscheibe (inkl. Kalibrieren des Kamerasystems: kann zusammen 1000 € und mehr kosten)















Fahrerassistenzsysteme: Die nächsten Aufgaben

- Während die Erkennung von Fußgängern für den Notbremsassistenten eine Standard-Disziplin im Euro NCAP ist, reagieren sie auf **Radfahrer** nur bedingt. Bei **Nacht** sind die meisten Assistenzsysteme blind, oft schlichtweg deaktiviert.

Notbremsversuche: Technik noch ausbaufähig

Wird der Aufprall komplett vermieden, ist die Aufgabe zu 100 Prozent erfüllt. Wer den Dummy ohne zu bremsen überfährt, wird mit null Prozent bewertet.

Erfüllungsgrad der Unfallvermeidung (in Prozent)

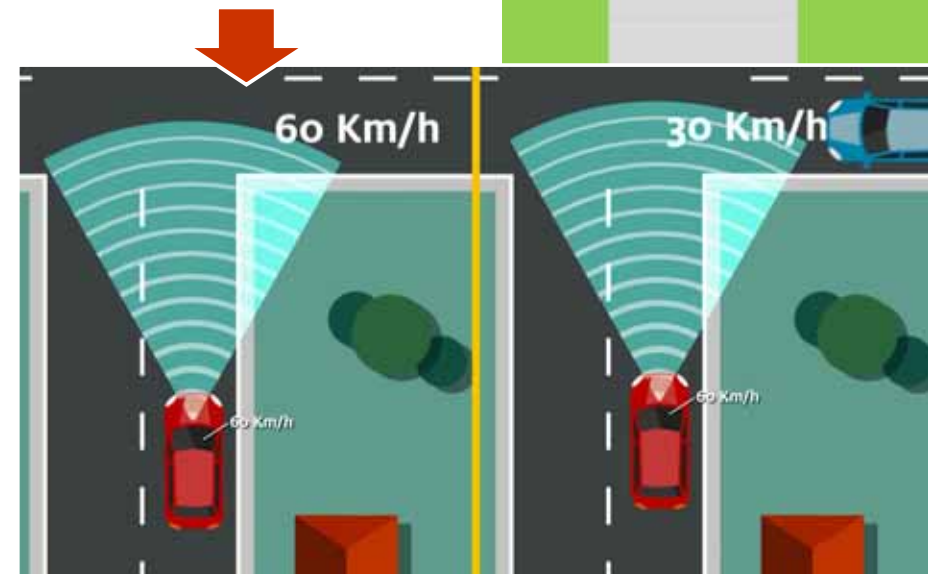
Fahrzeug	Sensor System	Bei Tag  	Radfahrer  	Bei Nacht  
 A4	Mono-Kamera	84	50	44
 Outback	Stereo-Kamera	78	0	100
 Optima	Mono-Kamera + Radar	67	0	25
 C-Klasse	Stereo-Kamera + Radar	62	25	0
 V60	Mono-Kamera + Radar	37	0	0
 3er	Mono-Kamera	24	13	0



2016 hat der ADAC die Leistungsfähigkeit von Notbremsassistenten über die Herstellervorgaben hinaus untersucht.

Fahrerassistenzsysteme: Die nächsten Aufgaben

- Eine häufige Ursache für Unfälle mit schweren und tödlich Verletzten ist das **Kreuzen und Abbiegen**:
 - Für die Erfassung solcher Situationen sind die für Notbremsassistent, ACC und Spurhaltung eingesetzten Sensoren nur bedingt geeignet, der andere Verkehrsteilnehmer befindet sich nicht im Sensorkegel.
 - Je höher die Geschwindigkeit des querenden Teilnehmers ist, desto größer müsste der Sichtwinkel sein.
 - Bei Sichtverdeckungen ist die mögliche Zeit zur Reaktion extrem kurz (siehe Situation *links* im Video).
 - Besonders gefährdet sind schwächere Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger, Rad- und Motorradfahrer.



Fahrerassistenzsysteme: Die nächsten Aufgaben

- Neue Unfallszenarien erfordern neue Testverfahren. Für das Testen von Abbiege- und Kreuzungsassistenten wurde ein Target entwickelt, das computergesteuert selbst fährt.
- Im Rahmen der **Euro NCAP** Crashtests werden bereits Fahrerassistenzsysteme geprüft. Ab 2018 gelten strengere Tests für die Sternevergabe:
 - Notbremsung bei seitlichem Versatz zum Vordermann
 - Spurhaltung bei Fahrbahnkante ohne Markierung
 - Reaktion auf Fahrräder (bisher nur Fußgänger)
- Die **uneingeschränkt** richtige Erkennung **aller** Verkehrsteilnehmer und Objekte sowie die **korrekte** Handlung in **jeglichen** Verkehrs- und Wettersituationen sind die Basis für hochautomatisiertes und autonomes Fahren.



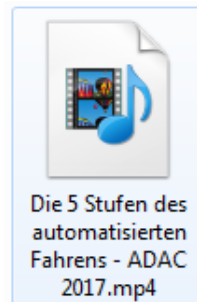
ADAC



Die Automatisierungslevel hin zum autonomen Fahren

0	1	2	3	4	5
Ohne Assistenz	Assistiertes Fahren	Teilautomatisiertes Fahren	Hochautomatisiertes Fahren	Vollautomatisiertes Fahren	Autonomes Fahren
Fahrer führt das Fahrzeug zu 100%, Assistenten helfen.			System führt das Fahrzeug – mit dem Level zunehmend selbst.		
Fahrer führt aktiv alle Aktionen aus.	Einzelne Funktionen unterstützen Fahrer bei Führung Fahrzeug.	Fahrzeug kann Aufgaben temporär selbst ausführen, z.B. Spurhalten, Bremsen, Beschleunigen, Einparken.	Fahrzeug wird <i>temporär</i> vom System geführt, führt alle dazu erforderlichen Aufgaben selbstständig aus.	Fahrzeug wird fast <i>vollständig</i> vom System geführt, führt alle dazu erforderlichen Aufgaben selbstständig aus.	Fahrzeug wird <i>vollständig</i> vom System geführt, führt alle dazu erforderlichen Aufgaben selbstständig aus.
Führung ständig durch den Fahrer.	Führung ständig durch den Fahrer.	Führung bzw. Überwachung ständig durch den Fahrer.	Fahrer muss auf Anforderung übernehmen. Ständige Überwachung nicht erforderlich.	Fahrer muss auf Anforderung übernehmen. Bei Nichtreaktion muss System Lösung finden.	Kein Fahrer an Bord. Es gibt nur Passagiere.
Fahrer ist verantwortlich.	Fahrer ist verantwortlich.	Fahrer ist verantwortlich, Fahrer muss Fehlfunktion korrigieren.	Fahrer ist verantwortlich, Aufmerksamkeit ist erforderlich.	Fahrer ist verantwortlich. Ständige Aufmerksamkeit nicht erforderlich.	Hersteller oder Versicherer sind in der Verantwortung und Haftung.

Die Automatisierungslevel hin zum autonomen Fahren



Unterschiede in den Automatisierungslevels

- **0 → 1:** Einzelne Funktionen unterstützen den Fahrer bei der Führung des Fahrzeugs.
Beispiele: Tempomat, ACC, AEBS, Totwinkelwarner, Spurhaltewarner, PDC
- **1 → 2:** Einzelne Fahrmanöver unterstützen den Fahrer bei der Führung des Fahrzeugs.
Es muss nicht mehr ständig gesteuert werden, aber ständige Überwachung ist erforderlich.
Beispiele: Zusammenwirken ACC + AEBS + LKAS, Überholassistent, automat. Einparken
- **2 → 3:** Einzelne Fahrstrecken kann das Fahrzeug selbst fahren nach Herstellerspezifikationen.
Eine ständige Überwachung ist nicht mehr erforderlich. Der Fahrer darf sich zeitweise anderen Aufgaben widmen, muss aber bereit sein zur kurzfristigen Übernahme.
Beispiele: Stauassistent, Autobahnfahrt
- **3 → 4:** Größere Fahrstrecken kann das Fahrzeug nach Herstellerspezifikationen selbst fahren.
Beispiel: Autobahnstrecke Einfahrt zu Ausfahrt inklusive aller Manöver und Signalisierungen
- **4 → 5:** Das Fahrzeug kann alle Fahrstrecken selbst fahren inklusive aller Manöver und Signalisierungen. Es gibt keinen verantwortlichen Fahrer mehr, er ist Passagier.

Automatisierung: Wie weit ist die Technik?

- Fahrzeughersteller planen, erste Fahrzeuge für **Level 3** in 2018 auf den Markt zu bringen (derzeit noch keine gesetzliche Grundlage):
 - Es können **einfache Streckenabschnitte** automatisch gefahren werden bei **moderater Geschwindigkeit**, z.B. auf der Autobahn im Stau oder bei zähfließendem Verkehr, ohne Spurwechsel oder Überholmanöver. **Kein Gegenverkehr, keine bewohnten Gebiete.**
 - Die **Aufmerksamkeit des Fahrers wird überwacht** um sicherzustellen, dass eine **kurzfristige Übernahme** der Fahrzeugführung erfolgen kann.
 - Es können z.B. die fahrzeugeigenen Kommunikationssysteme angewendet oder der Blick von der Fahrbahn abgewandt werden. **Schlafen oder Zeitung lesen wird (noch) nicht möglich sein.**
 - Der Fahrer muss das System **nicht mehr zu 100% überwachen**, das System fordert den Fahrer **bei Bedarf** zur Übernahme auf. Die Hände müssen nicht mehr am Lenkrad sein.
 - Das System kennt ein **Szenario** mit Warnkaskade, das **Fahrzeug sicher** zu führen und/oder **anzuhalten**, falls der Fahrer die Führung nach Aufforderung nicht (rechtzeitig) übernimmt.

Automatisierung: Wie weit ist die Technik?

- Aus Sicht der Fahrzeughersteller können Fahrzeuge für **Level 4** schon in den nächsten 5 Jahren zur Serienreife gebracht werden.
- **Übernahme-Szenario Maschine zu Mensch nicht klar**: Wieviel Zeit braucht ein Fahrer, um die Verkehrssituation vollständig zu erfassen, die Führung zu übernehmen und richtig zu reagieren?
- Eine **Herausforderung** ist der **Mischverkehr** mit „nicht vernetzten Verkehrsteilnehmern“, die oft per Gestik miteinander kommunizieren und so schwierige Verkehrssituationen auflösen.
- Sondersituationen, wie z.B. das Ausweichen für **Fahrzeuge mit Sonderrechten und Sonder-signalen**, oder z.B. das **Reagieren auf einen Polizisten**, der Fahrzeuge herauswinkt oder an einer Unfallstelle vorbeiführt, sind nicht gelöst.
- Die Erfassung der Verkehrssituation erzeugt **riesige Datenmengen** von zahlreichen Sensoren. Je besser und hochauflösender die Sensoren, desto höher die erforderliche **Rechenleistung**.
- Es gibt noch **keine einheitlichen Verfahren zur Absicherung** der automatischen Fahrsysteme.

Automatisierung: Wie weit ist die Gesetzgebung?

- In Europa hat bisher nur Deutschland erste **Gesetze zum automatisierten Fahren** erlassen, wie z.B. über Haftungsfragen oder den bestimmungsgemäßen Gebrauch.
- Es gibt noch **keine UNECE-Regulierungen** für das automatisierte Fahren.
- Es gibt **keine Prüf- oder Homologationsverfahren** für automatisiertes Fahren.
- Es gibt noch **keine Gesetzgebung zur Ahndung** von Fahrern, die automatische Fahrsysteme nicht bestimmungsgemäß einsetzen.
- Automatisiert oder autonom fahrende Fahrzeuge müssen ihr Leben lang **Updates** erhalten (können), um sich nach **Änderungen in der Gesetzgebung** richtig zu verhalten.

Automatisierung: Was ist bereits am Markt verfügbar?

- ACC + Spurhalteassistent (Stufe 1-2) für sehr viele Modelle erhältlich
- Intelligent Speed Assist (Schilder, Verkehr, Topografie) ADAC Test 01/2018 (5 Modelle)
- Stauassistent (Stufe 2) für viele Modelle erhältlich
- Remote Parking (App/Schlüssel) für ausgewählte Modelle erhältlich
- Hochautomatisiertes Fahren (Stufe 3)* Audi A8, (Tesla)

* technisch möglich, im Fahrzeug verbaut aber noch ohne gesetzliche Grundlage

Automatisierung: Wie sicher ist automatisiertes Fahren?

- Die meisten Unfälle (ca. 90%) ereignen sich durch **menschliches Fehlverhalten**.
- Automatisiert fahrende Fahrzeuge müssen sich **zu 100% an die Verkehrsregeln halten**.
- Damit automatisiertes Fahren sicherer ist als das Fahren mittels Fahrer, muss ein automatisiert fahrendes Fahrzeug **weniger Fehler** machen als ein modernes Fahrzeug mit Fahrsicherheitsassistenten an Bord und einem Menschen am Steuer – **im Betrieb und bei Störungen**.
- Im Rahmen des Projekts PEGASUS werden Gütekriterien, Werkzeuge und Methoden sowie Szenarien und Situationen zur Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen entwickelt – fokussiert vorrangig auf die technische Absicherung von Sensorik, Aktorik und Algorithmen.
- Ein weiteres Gefährdungspotenzial liegt in der **Datensicherheit**. Automatisiert fahrende Fahrzeuge müssen absolut sicher sein gegen Daten- und Funktionsmanipulation, sowohl durch Fremde wie auch durch den Fahrzeugnutzer selbst.
- Updates und Softwareanpassungen bedürfen der **Absicherung** wie bei der Typzulassung.

Automatisierung: Wie sicher ist automatisiertes Fahren?

- Es ist davon auszugehen, dass Nutzer automatisierter Fahrzeuge **fahrfremde Tätigkeiten** ausführen, die über den **bestimmungsgemäßen Gebrauch hinausgehen**. Eine rechtzeitige **Übernahme** durch den Fahrer auf Anforderung des Systems wird damit **gefährdet**.
- Fehlbedienung und Fehlfunktion durch Störungen können ein **neues Unfallrisiko** darstellen.
- Widrige **Wetterbedingungen** können die Systeme stören, wie z.B. Eis und Schnee, aber auch Sonnenblendung.
- Es entstehen **neue Unfallrisiken durch Mischverkehr** mit nicht automatisiert fahrenden Fahrzeugen, wie z.B.:
 - **Missverständnisse in der Kommunikation** von „nicht vernetzten Verkehrsteilnehmern“ mit automatisiert fahrenden Fahrzeugen (vergeblicher Blickkontakt mit dem vermeintlichen Fahrer)
 - **langsamer** als der Verkehrsfluss fahrende autonome Fahrzeuge

Automatisierung: Wie ethisch reagiert ein autonomes Auto?

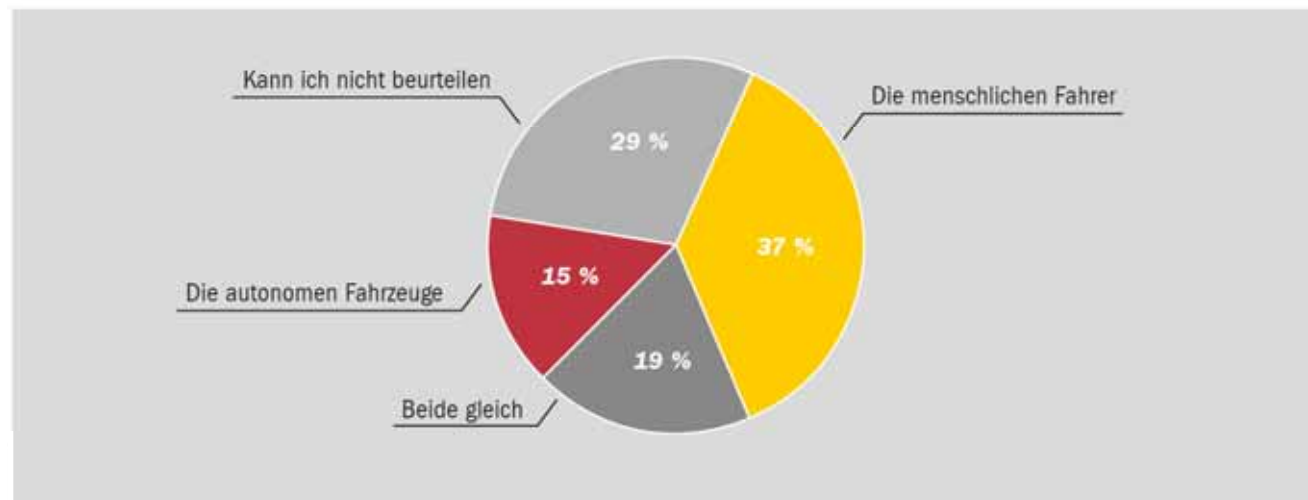
- Anders als der Mensch, reagiert ein vollautomatisiert oder autonom fahrendes Auto vollkommen **rational** nach erkannter Sach-/Datenlage.
- Auch im Falle eines unvermeidbaren Unfalls muss das Fahrzeug Entscheidungen treffen. Es ist jedoch die Auswahl und Kalkulation aus **Vorgaben** für eine solche Situation – Vorgaben seitens des Fahrzeugherstellers.
- In Deutschland wurden dafür über die **Ethikkommission** des Bundesministeriums für Verkehr und Digitale Infrastruktur (BMVI), in der auch ADAC Präsident Dr. August Markl Mitglied ist, Leitlinien zum automatisierten Fahren festgelegt:
 - Es darf **keine Abwägung in der Wertigkeit** von Personen stattfinden.
 - **Sachschäden sind gegenüber Personenschäden vorzuziehen.**

Automatisierung: Wie ethisch reagiert ein autonomes Auto?

- Der ADAC hat im Herbst 2016 eine repräsentative Umfrage an seinen Mitglieder durchgeführt:

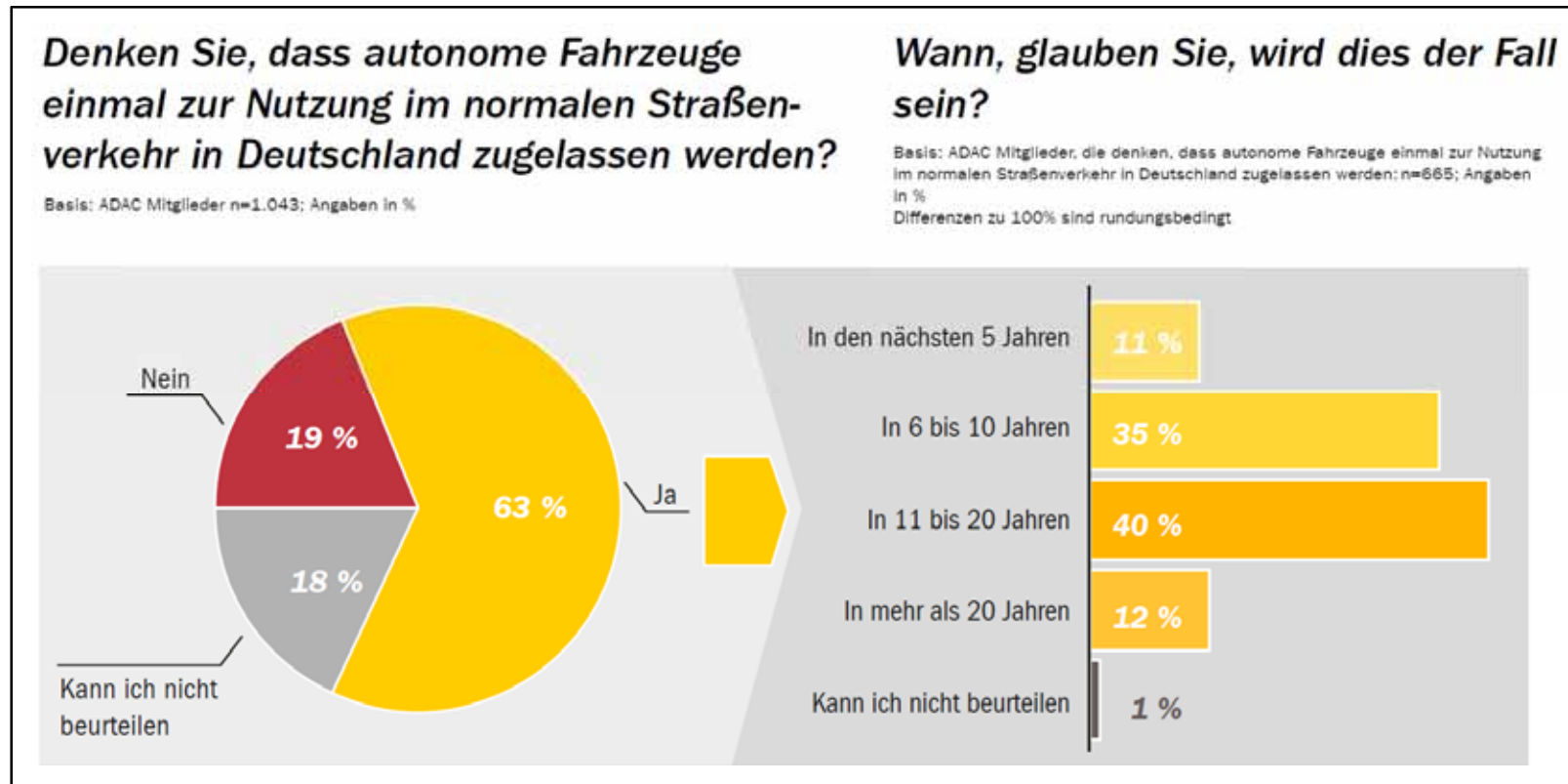
*Wenn Sie bei einem unvermeidbaren Unfall die Reaktion von menschlichen Fahrern mit der von autonomen Fahrzeugen vergleichen, die nach in Deutschland festgelegten Leitlinien agieren:
Wer würde aus Ihrer Sicht insgesamt „ethischer“ handeln?*

Basis: ADAC Mitglieder n=1.043; Angaben in %



Automatisierung: Was sieht das ADAC Mitglied die Zukunft?

- Laut ADAC Mitglieder-Umfrage Herbst 2016 wird das autonom fahrende Auto kommen:



Automatisierung: Wie steht der ADAC zum autonomen Fahren?

- Der ADAC befürwortet automatisiertes und autonomes Fahren, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt werden:
 - Die Sicherheit im Straßenverkehr muss sich erhöhen, das Unfallrisiko muss sinken.
 - Der Verkehrsfluss darf sich nicht verschlechtern.
 - Der Fahrer haftet nicht, wenn er nicht verpflichtet ist, das Fahrzeug zu führen.
 - Die Benutzerfreundlichkeit muss gewährleistet sein.

Autonomes Fahren – Fiktion oder Zukunft?



Ausschnitt aus einem israelischen Werbevideo eines Fahrzeugherstellers, veröffentlicht auf YouTube

The ADAC logo consists of the letters 'ADAC' in a bold, black, sans-serif font, centered within a solid yellow square.

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

ADAC Technik Zentrum
Markus Sippl, Dipl.-Ing. (FH)
Leiter Fahrzeugtechnik
Tel. 08191 938 650
markus.sippl@adac.de