

# VERKEHRSSICHERHEITSREPORT 2023

Technik und Mensch



**Unfallgeschehen**  
Potenzial zur Unfall-  
vermeidung sollte  
unbedingt noch besser  
genutzt werden

**Faktor Mensch**  
Komplexität der Systeme  
muss in jeder Verkehrs-  
situation beherrschbar  
bleiben

**Technik**  
Moderne Bedienkonzepte  
dürfen nicht zu mehr  
Ablenkung führen



# Unser Anspruch: maximale **Sicherheit** für den **Menschen**

Automatisiertes und vernetztes Fahren sind die Zukunft der Mobilität. Für die maximale Sicherheit haben wir bei DEKRA eine einzigartige Expertise und alle Möglichkeiten in modernsten Test-Centern. Mit Sicherheit mobil sein.  
[dekra.de/automatisiertes-fahren](https://dekra.de/automatisiertes-fahren)





## Potenziale des automatisierten Fahrens aktiv nutzen

**Jann Fehlauer**

*Geschäftsführer der DEKRA Automobil GmbH*

**Nach dem – zu einem erheblichen Teil corona-bedingt – historischen Tiefstand im Jahr 2020 steigt die Zahl der Verkehrstoten in vielen Staaten wieder an.** So kamen in der Europäischen Union (EU) im Jahr 2020 insgesamt 18.800 Menschen im Straßenverkehr ums Leben, 2021 waren es 19.900 Getötete und 2022 rund 22.600. Das entspricht ungefähr wieder dem Stand von 2019. Die längerfristige Entwicklung ist zweifelsohne positiv. Doch um die hochgesteckten Ziele zu erreichen – bis 2030 soll sich die Zahl der Verkehrstoten auf den Straßen der EU halbieren und ab 2050 soll es möglichst keine Verkehrstoten mehr geben –, bleibt noch eine ganze Menge zu tun. Im Sinne der auch international verfolgten „Vision Zero“ sind alle Beteiligten deshalb mehr denn je aufgefordert, die sich bietenden Potenziale zur weiteren Verbesserung der Verkehrssicherheit bestmöglich zu nutzen.

Eine wichtige Rolle kommt dabei der Technik und insbesondere den Systemen des automatisierten und vernetzten Fahrens zu. Denn über 90 Prozent der Unfälle geschehen, weil Menschen Fehler machen. Indem Fahrzeuge mit entsprechenden Assistenzsystemen ausgestattet werden und untereinander oder mit der Infrastruktur kommunizieren, können gefährliche Situationen frühzeitig erkannt und Unfälle vermieden oder zumindest ihre Folgen gemindert werden. Assistenzsysteme entlassen die Fahrer allerdings nicht aus ihrer Verantwortung. Diese liegt letztlich immer beim Menschen.

In welchem Maße Technik und Mensch im Straßenverkehr miteinander verzahnt sind, zeigt der diesjährige DEKRA Verkehrssicherheitsreport ein weiteres Mal im Detail auf. Zur Erinnerung: Schon 2012 haben wir diesem Spannungsfeld einen eigenen Report gewidmet. So muss zum Beispiel bei aller sinnvollen Technik

immer sichergestellt sein, dass diese den Fahrer nicht ablenkt oder gar überfordert. Grundvoraussetzung für den Einsatz von Assistenzsystemen ist also, dass sie für alle Nutzer leicht verständlich sind. Ihre Bedienung darf nicht zu neuen Risiken oder Gefahren führen, mit denen die erzielten Erfolge in der Verkehrssicherheit wieder aufs Spiel gesetzt werden. Dass diese Gefahr durchaus besteht, zeigen eine von DEKRA beauftragte forsa-Befragung sowie eine von DEKRA durchgeführte Probandenstudie, deren Ergebnisse in diesem Report näher vorgestellt werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt: Immer wenn in Fahrzeugen Systeme des assistierten und automatisierten Fahrens verbaut sind, muss bestmöglich gewährleistet sein, dass sie – wie auch die sicherheitsrelevante Mechanik – über das ganze Fahrzeugleben hinweg zuverlässig funktionieren. Denn nur dann können sie auch ihre erhoffte Wirkung entfalten. Der periodischen Fahrzeugüberwachung, wie es sie in zahlreichen Staaten der Welt bereits seit vielen Jahren gibt, kommt daher in Zukunft eine noch größere Bedeutung zu als heute schon – auch angesichts der zunehmenden Komplexität der Systeme und der Gefahr elektronischer Manipulationen.

Der DEKRA Verkehrssicherheitsreport 2023 beleuchtet zahlreiche Problemfelder im Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstelle aus Sicht der Unfallforschung, der Verkehrspsychologie, der Fahrzeugtechnik, der Infrastrukturgestaltung und der Gesetzgebung. Ganz besonders freut es mich, dass es uns erneut gelungen ist, renommierte nationale und internationale Experten für Statements zu gewinnen, in denen sie über ihre jeweiligen Erfahrungen und Maßnahmen berichten. Das ergänzt unsere eigene Expertise und unterstreicht einmal mehr den hohen Stellenwert unseres Reports in Fachkreisen. Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.



## Technologischer Fortschritt für mehr Sicherheit im Straßenverkehr

**Dr. Volker Wissing MdB**

*Bundesminister für Digitales und Verkehr*

**Und plötzlich steht ein Reh auf der Straße. Viele Autofahrerinnen und Autofahrer kennen wohl solche Schreckmomente.** Mithilfe intelligenter Wildwarnsysteme sollen sie künftig möglichst vermieden werden. Funktionieren kann das so: Sensoren und Kameras an den Straßenleitpfosten scannen den Wald. Eine auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierende Datenverarbeitung wertet die Signale aus. Befindet sich ein Tier in gefährlicher Nähe, werden die Verkehrsteilnehmenden umgehend durch die sogenannte Car-to-X-Kommunikation gewarnt. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr fördert ein solches Projekt, weil es die Digitalisierung nutzt, um die Mobilität sicherer zu machen.

Der Austausch von Informationen zwischen Fahrzeugen sowie zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur bietet enorme Chancen für mehr Verkehrssicherheit. Wir wollen sie nutzen. Dafür nötig sind Daten. Sie müssen breit verfügbar, leicht zu finden, einfach zugänglich und nutzbar sein. Deshalb entwickeln wir etwa ein Mobilitätsdatengesetz und optimieren die Datenpolitik der gesamten Bundesregierung. Außerdem setzen wir auf Datenräume wie den Mobility Data Space (MDS), den die Wirtschaft mit Förderung des Bundes aufgebaut hat. Mit den über den MDS geteilten Daten können zum Beispiel kooperative intelligente Verkehrssysteme und Anwendungen entwickelt werden. Dazu zählen auch vernetzte Fahrzeuge, die in Echtzeit Gefahren wie etwa glatte Fahrbahnen erkennen und andere Fahrzeuge über deren Informationssysteme warnen können.

Hilfreich ist dieser Austausch auch für das autonome Fahren. In Deutschland haben wir dafür als erstes Land weltweit einen besonderen Rechtsrahmen geschaffen. Bei uns können mittlerweile autonome Fahrzeuge für Praxistests sehr viel einfacher zugelassen und in genehmigten Bereichen am normalen Straßenverkehr teilnehmen. Autonome Fahrzeuge können die Sicherheit auf unseren Straßen eines Tages deutlich erhöhen. Denn heute sind noch mehr als 90 Prozent der Unfälle auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen.

Zu mehr Sicherheit tragen außerdem Fahrzeugassistenzsysteme bei, die aus modernen Fahrzeugen längst nicht mehr wegzu-denken sind. Sie warnen zum Beispiel, wenn die Fahrerin oder der Fahrer müde und unaufmerksam wird, eine Kollision mit anderen Fahrzeugen droht oder beim Abbiegen Radfahrende in der Nähe sind. Zudem unterstützen sie beim Rückwärtseinparken, beim Einhalten der erlaubten Geschwindigkeit sowie beim Bremsen und Spurhalten im Notfall. Solche Systeme können gefährliche Situationen rechtzeitig erkennen, Unfälle vermeiden und Leben retten. Neue Fahrzeuge müssen deshalb damit ausgerüstet sein. Dazu verpflichtet die General Safety Regulation der EU. Wir begrüßen das. Zugleich unterstützen wir die weitere Verbreitung der verschiedenen Assistenzsysteme in Pkw und Lkw, bei Motorrädern und Bussen.

Technik hilft und erleichtert vieles, sie ersetzt aber nicht die Menschen. In erster Linie sind sie weiter dafür verantwortlich, ihre Fahrzeuge rücksichtsvoll und sicher im Straßenverkehr zu bewegen. Deshalb ist es auch wichtig, dass Assistenzsysteme nicht überfordern und ablenken, leicht zu verstehen und einfach zu handhaben sind. Das ist die Grundvoraussetzung dafür, dass Mobilität durch sie wirklich sicherer wird.

Im Verkehrssicherheitsprogramm des Bundes für die Jahre bis 2030 spielen neue, innovative Fahrzeugtechnologien eine entscheidende Rolle. Im Zusammenspiel mit anderen Maßnahmen – etwa für eine sichere Straßeninfrastruktur, mehr Aus- und Weiterbildung oder ein besseres Verkehrsklima – tragen sie zu einem wichtigen Ziel bei: Vision Zero, einer Zukunft möglichst ohne Verkehrstote. Um das zu erreichen, müssen viele mitmachen. DEKRA ist hier ein wichtiger Mitstreiter und Vordenker. Dieser Verkehrssicherheitsreport zeigt das eindrucksvoll. Das Unternehmen beschäftigt sich intensiv damit, wie die Sicherheit auf unseren Straßen erhöht werden kann und gibt wertvolle Impulse.

# 06

## Einleitung

### Der Mensch im Spannungsfeld der Technik

Die Digitalisierung und Automatisierung durchdringt auch den Mobilitätsbereich immer stärker. Die Begriffe „hochautomatisiertes Fahren“ oder „autonomes Fahren“ sind in aller Munde und gelten als vermeintlicher Königsweg zur Lösung fundamentaler Verkehrsprobleme.



# 14

## Unfallgeschehen

### Unfallvermeidungspotenzial noch besser nutzen

Abgelenkt, übermüdet, überfordert – die Liste der gängigen Ursachen von Verkehrsunfällen ließe sich beliebig fortsetzen. Oder stark komprimieren: Faktor Mensch.

# 26

## Unfallbeispiele

Markante Unfallbeispiele im Detail  
Acht ausgewählte Fälle

# 34

## Faktor Mensch

### Überfordert und abgelenkt durch zu komplizierte Bedienung?

Um menschliche Unzulänglichkeiten und Fehlverhalten am Steuer eines Kraftfahrzeugs bis zu einem gewissen Grad zu kompensieren, setzt die Automobilindustrie schon seit Jahren verstärkt auf Fahrerassistenzsysteme, die kritische Verkehrssituationen frühzeitig erkennen, vor Gefahren warnen und im Bedarfsfall auch aktiv in das Geschehen eingreifen können.

# 52

## Technik

### Gefahren frühzeitig erkennen und ins Geschehen eingreifen

Im Hinblick auf die Sicherheit im Straßenverkehr ist das Potenzial der passiven Systeme weitgehend ausgeschöpft. Fahrerassistenzsysteme bieten dagegen noch vielfältige Möglichkeiten, um Unfälle zu vermeiden oder ihre Folgen abzumildern.



# 68

## Infrastruktur

### Digitalisiert, vernetzt – und regelkonform

Rund um das automatisierte Fahren gibt es eine ganze Reihe regulatorischer und infrastruktureller Herausforderungen, die es zeitnah zu bewältigen gilt.

# 80

## Fazit

### Technik im Dienst des Menschen

Bei der Erschließung des gesamten Sicherheitspotenzials durch die digitale Evolution ist es wichtig, das gesamte Mobilitätssystem und die wechselseitige Wirkungsdynamik zu berücksichtigen.

# 82

## Ansprechpartner

### Noch Fragen?

Ansprechpartner, Dienstleistungen,  
Impressum und Literaturhinweise

Soweit im DEKRA Verkehrssicherheitsreport von „Verkehrsteilnehmer“, „Fußgänger“, „Radfahrer“ etc. die Rede ist, wurde aus Gründen der besseren Lesbarkeit jeweils nur die männliche Form verwendet. Gemeint sind – wenn nicht explizit anders angegeben – immer alle Geschlechter. Wenn nicht explizit anders angegeben, sind unter „Fahrräder“ und „Radfahrer“ immer Pedelecs und Pedelec-fahrer (bis 25 km/h) eingeschlossen.



[dekra-roadsafety.com](https://www.dekra-roadsafety.com)

# Der Mensch im Spannungsfeld der Technik

Die Digitalisierung und Automatisierung hat in fast allen Lebensbereichen unserer modernen Welt Einzug gehalten und durchdringt auch den Mobilitätsbereich immer stärker. Die Begriffe „hochautomatisiertes Fahren“ oder „autonomes Fahren“ sind in aller Munde und gelten als vermeintlicher Königsweg zur Lösung fundamentaler Verkehrsprobleme. Welche Herausforderungen damit verbunden sind und welche Position dabei der Mensch einnimmt, soll in diesem Report ausführlich dargestellt werden.

„Wir sausten los, ohne dass jemand das Steuerrad hielt, flitzten um Ecken, wichen andern ebenso feinen Kraftkutschen aus, niemand hupte. [...] Anstelle des Lenkrads fand ich eine Metallplatte, in die sehr fein und deutlich der Stadtplan eingezägt war. Darüber einen nadel-

scharfen Zeiger. Kaum hatte ich diesen ein wenig verschoben, fuhr der Wagen an und jagte durch Straßen, die ich noch nicht kannte. Ebenso plötzlich hielt er. [...] Das Wunderbarste daran war, dass der Wagen anderen Fahrzeugen auswich, vor belebten Kreuzungen plötzlich Halt machte, andere Autos passieren ließ und sich so benahm, als hätte er sämtliche nur denkbare Verkehrsvorschriften auswendig gelernt.“

Wer heute diese Zeilen aus Werner Illings 1930 erschienenem Science-Fiction-Roman „Utopolis“ liest, mag kaum glauben, in welcher Form der deutsche Schriftsteller damals schon das vorweg nahm, woran Fahrzeughersteller heute mit Hochdruck arbeiten. Zumal er in der weiteren Folge seines Romans im Hinblick auf die technische Funktionsweise der „geheimnisvoll von selbst lenkenden Autos“ auch schon das Thema Konnektivität anspricht: Jeder Wagen verfüge vorne über „ein kleines Prismenauge“, das auf lichtempfindliche elektrische Zellen wirke und mit „unauffällig in die Hauswände“ eingelassenen elektrischen Augen kommuniziere. „Durch wechselnde Spiegelreflexe regulieren diese mechanischen Augen Geschwindigkeiten und Lenkung.“

## Meilensteine auf dem Weg zu mehr Mobilität und Sicherheit

1900 • • • • • 1910 • • • • • 1920

### 1902

- Der Brite Frederick W. Lancaster erfindet die Scheibenbremse und meldet sie zum Patent an.
- Der deutsche Erfinder Otto Schulze entwickelt den Wirbelstrom-Tachometer für Straßenfahrzeuge.

### 1911

- Erfindung der Fahrbahnmarkierung zur Fahrstreifentrennung – heute die Basis für Spurhaltesysteme

### 1914

- Der Arzt Eric Gardner fertigt aus Schellack und Leinwand den ersten Kopfschutz für Motorradfahrer.

### 1917

- In den USA wird das erste automatische Verkehrssignal patentiert und in Detroit der erste Turm zur Verkehrsregelung an einer Kreuzung aufgestellt.



### 1920

- Ingenieure des Radio Air Service auf dem McCook-Luftwaffenstützpunkt in Dayton, Ohio, stellen der Öffentlichkeit das erste fahrerlose, per Funk ferngesteuerte Automobil vor.
- Aufstellung der europaweit ersten dreifarbigsten Lichtsignalanlage in Paris

### 1921

- Das Duesenberg Model A ist das erste Fahrzeug mit hydraulischer Bremsanlage.



### 1925

- Der Deutsche Kraftfahrzeug-Überwachungsverein e.V. wird in Berlin gegründet (heute DEKRA).

### 1931

- Der Völkerbund in Genf verabschiedet das „Abkommen über die Vereinheitlichung der Verkehrszeichen“.

### 1933

- Errichtung der ersten Fußgängerampel Europas in Kopenhagen. In Deutschland gibt es solche Ampeln erst ab 1937 (Berlin).



### 1934

- Erfindung des Straßenreflektors („Katzenauge“) durch den Briten Percy Shaw.

### 1935

- Einführung der Teleskopgabel für Motorräder von BMW (bis heute die häufigste Bauweise)

### 1938

- Im Mai berichtet die US-amerikanische Zeitschrift „Popular Science“ erstmals über den automatisierten Verkehr der Zukunft.

# Europa auf dem Weg in die Zukunft



**Kristian Schmidt**

Europäischer Koordinator  
für Straßenverkehrssicherheit

Der EU-Politikrahmen für die Straßenverkehrssicherheit im Zeitraum 2020-2030 spiegelt die großen Veränderungen des Verkehrssektors wider. Er legt dar, wie Politik und Praxis angepasst werden müssen, um Herausforderungen und Chancen wie sich wandelnde Mobilitätsmuster, Konnektivität und Automatisierung zu bewältigen. Inzwischen ist klar, dass zu langsam Fortschritte erzielt werden und mehr getan werden muss, um das Ziel der Halbierung der Zahl der Verkehrstoten bis 2030 zu erreichen. Die „General Vehicle Safety Regulation“ legt die Sicherheitsmerkmale fest, mit denen Fahrzeuge ausgestattet sein müssen, damit sie in der EU verkauft werden dürfen. Seit Juli 2022 gelten die neuesten Anforderungen, die die serienmäßige Ausstattung mit modernsten Sicherheitstechnologien vorsehen und den rechtlichen Rahmen für die Genehmigung automatisierter Fahrzeuge schaffen. Bis 2029 werden schrittweise weitere Maßnahmen eingeführt.

93 Jahre später steht die Gesellschaft mit der zunehmenden Digitalisierung des Straßenverkehrs an der Schwelle der wohl größten Mobilitäts-Revolution seit der Erfindung des Automobils. Software und Elektronik übernehmen dabei immer mehr Aufgaben und machen das Auto zur rollenden High-Tech-Maschine. Inzwischen ermöglichen alle namhaften Volumenhersteller assistiertes und teilautomatisiertes Fahren, in den nächsten Jahren wird die Anzahl der Fahrzeuge mit Funktionen des automatisierten Fahrens deutlich zunehmen.

Die technischen Vorschriften der Europäischen Kommission konzentrieren sich auf automatisierte Fahrzeuge, die den Fahrer auf Autobahnen ersetzen, sowie auf vollständig fahrerlose Fahrzeuge wie städtische Shuttles oder Robotaxis. Wir verlangen ein hohes Maß an Sicherheit und Reife, bevor das vollautomatisierte Fahrzeug auf den EU-Markt gebracht wird. Die Vorschriften umfassen Prüfverfahren, Anforderungen an die Cybersicherheit, Datenaufzeichnung sowie die Überwachung der Sicherheitsleistung und die Anforderungen an die Meldung von Vorfällen durch die Hersteller.

Die Kommission will die Innovation nicht bremsen, sondern sicherstellen, dass auf den europäischen Straßen nur sichere Technologien vorhanden sind. Unser Ziel ist es, ein Höchstmaß an Sicherheit und einen einheitlichen Regulierungsprozess zu gewährleisten. Die Schaffung des ersten EU-Rechtsrahmens für automatisierte und vollautomatisierte Fahrzeuge stärkt auch die globale Wettbewerbsfähigkeit der Automobilhersteller in der EU.

Automatisierte Fahrsysteme sind ein „Game Changer“ für die Mobilität. Sie betreffen die gesamte Fahrzeug- und Mobilitätskette, einschließlich der Verkehrstauglichkeit, des Führerscheins, der Versicherung und der Durchsetzung. Vernetztes und automatisiertes Fahren hat ein großes Potenzial, die Mobilität sicherer und zugänglicher zu machen, und wir arbeiten mit Hochdruck daran, die richtigen Rahmenbedingungen zu schaffen.

Es ergeben sich jedoch auch neue Herausforderungen, darunter die Gewährleistung der Cybersicherheit sowie des sicheren Betriebs hochautomatisierter Fahrzeuge im Mischverkehr. Wir müssen sicherstellen, dass automatisierte Fahrzeuge sicher sind, bevor wir sie auf Europas Straßen fahren lassen. Wenn die Typgenehmigung hier scheitert, könnte die gesamte Technologie in Misskredit geraten.

1930

1940

1950

1960

## 1946

- Der französische Reifenhersteller Michelin lässt sich den ersten Gürtelreifen patentieren, der 1949 unter dem Markennamen Michelin-X vorgestellt wird.



## 1951

- Der Ungar Béla Barényi meldet sein Konzept einer „gestaltfesten Fahrgastzelle mit Knautschzonen vorne und hinten“ zum Patent an.



- Einführung der Hauptuntersuchung (HU) für Kraftfahrzeuge in Deutschland.
- Walter Linderer meldet das Patent für einen Airbag an.



## 1956

- Die deutsche Straßenverkehrs-Zulassungsordnung sieht erstmals „eignungstechnische Gutachten“ vor. Ab 1960 gilt die Bezeichnung „Medizinisch-Psychologische Untersuchung“ (MPU).



## 1959



- Der Volvo-Ingenieur Nils Ivar Bolin meldet den Dreipunkt-Sicherheitsgurt zum Patent an.
- Mercedes-Benz bringt mit dem Mercedes 220 S/SE das erste Auto mit Sicherheitsfahrgastzelle auf den Markt.

## 1947

- Colonel John Paul Stapp führt im Muroc Testareal in der US-amerikanischen Mojave-Wüste im Rahmen des von ihm geleiteten „deceleration projects“ erste Selbstversuche durch, bei denen er auf einem Raketenschlitten mehrfach Verzögerungen bis an seine Belastungsgrenze ausgesetzt ist.

- In Zusammenarbeit mit der Indiana State Police starten Unfallforscher um den Ingenieur Hugh de Haven in den USA mit der ersten umfassenden Untersuchung von Automobilunfällen.

## 1956

- Auf der Internationalen Polizeiausstellung in Essen stellt die Firma Telefunken das erste Verkehrsraddarggerät zur Geschwindigkeitsüberwachung vor.

## 1960

- In Schweden kommen zertifizierte Sicherheitsfahrerhäuser für Lkw auf den Markt.
- Einführung des koordinierten Rettungsdienstes in Deutschland

## Grundsätzlich offen für neue Technologien

Doch wie ist eigentlich die Einstellung zum Beispiel in Deutschland zum automatisierten Fahren? Wie würden sich die Autofahrer gegenüber entsprechend ausgestatteten Fahrzeugen verhalten? Haben sie grundsätzlich Vertrauen in die Sicherheit automatisierter Fahrfunktionen beziehungsweise in Fahrerassistenzsysteme? Gibt es aktuell Probleme bei der Bedienung technischer Funktionen und Systeme in Fahrzeugen? Und wären standardisierte Funktionen und Systeme in Fahrzeugen wünschenswert? Um diese Fragen zu beantworten, hat das Meinungsforschungsinstitut forsa im Auftrag von DEKRA eine repräsentative Befragung durchgeführt.

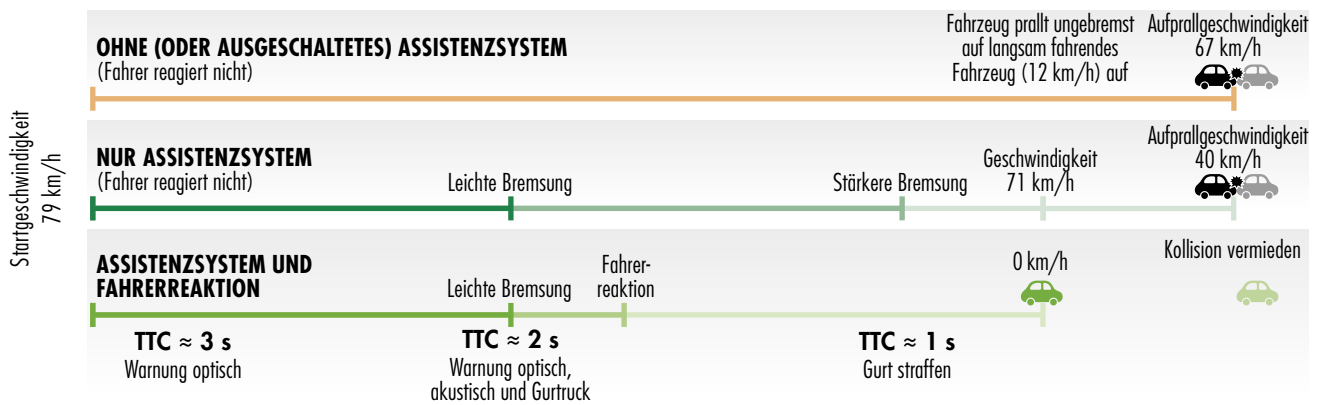
An der Umfrage nahmen im Oktober 2022 insgesamt über 1.500 nach einem systematischen Zufallsverfahren ausgewählte deutschsprachige Einwohner ab 18 Jahren teil.

Was das eigene Verhalten gegenüber vollautomatisierten Fahrzeugen anbelangt, sagen 60 Prozent der Befragten, dass sie einem vollautomatisierten Fahrzeug im Vergleich zu einem von einer Person gesteuerten Fahrzeug mit mehr Vorsicht begegnen würden – und zwar unabhängig davon, ob sie selbst mit dem Auto, mit dem Fahrrad oder als Fußgänger unterwegs sind. 36 Prozent würden einem solchen Fahrzeug mit gleicher Vorsicht begegnen wie einem von einer Person gesteuerten Fahrzeug. Die Skepsis ge-

1

### Wirksamkeit von Assistenzsystemen

Die Grafik veranschaulicht den Nutzen, die scheinbar unaufmerksame Person am Steuer über einen Konflikt zu informieren. Erstes Ziel ist es, diese Person wieder in den Regelkreis zurückzubringen und zu Aktionen zur Kollisionsvermeidung zu veranlassen. Zusätzlich bewirken die eingeleiteten Verzögerungen, die Kollisionsgeschwindigkeit zu reduzieren oder im Idealfall eine Kollision ganz zu vermeiden. Das hier gezeigte System wird zwar so nicht mehr gebaut, aber Fahrzeuge mit diesem System bewegen sich noch immer auf den Straßen. Über die Zeitpunkte (hier: Time to Collision = 1 s, 2 s und 3 s) und die Art der Eingriffe (optische oder akustische Warnung, leichte Bremsung, stärkere Bremsung) entscheidet der jeweilige Hersteller.



TTC = Time to Collision (TTC ist eine Momentaufnahme und muss nicht mit messbarer Zeit übereinstimmen)

Quelle: DEKRA

1965

1970

**1963**

- Béla Barényi meldet die von ihm entwickelte „Sicherheitslenkwelle für Fahrzeuge“ zum Patent an.



**1964**

- Luigi Locati stellt eine Übersicht der Kraftfahrzeugsicherheit vor, in der erstmals zwischen der aktiven und der passiven Sicherheit unterschieden wird.

**1966**

- Erstes mechanisches Antiblockiersystem (ABS) im Jensen FF mit Dunlop-Maxaret-ABS
- US-Präsident Lyndon B. Johnson unterzeichnet den National Traffic and Motor Vehicle Safety Act und den Highway Safety Act.

**1968**

- In Wien werden die internationalen Übereinkommen über den Straßenverkehr und über Straßenverkehrszeichen unterzeichnet.
- Die US-amerikanische Verkehrsbehörde (DOT) startet ein Programm zur Entwicklung von experimentellen Sicherheitsfahrzeugen und initiiert die internationale „Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles“ (ESV). Die Konferenz findet heute alle zwei Jahre statt.



**1969**

- Erstes Motorrad mit hydraulischer Scheibenbremse in Serie (Honda CB 750 Four)

**1970**

- Als europäisches Pendant zum US-amerikanischen ESV-Programm wird das „European Enhanced Vehicle-Safety Committee“ (EEVC) gegründet, das sich mit regelungsnaher Forschung befasst. So hat das EEVC beispielsweise die Test- und Prüfverfahren zum Insassenschutz beim Frontal- und Seitenaufprall und die Komponententests zum Fußgängerschutz entwickelt.

**1971**

- Die Daimler-Benz AG meldet einen praxistauglichen Fahrer-Airbag zum Patent an.
- Erste internationale Konferenzen zum Austausch von Forschungsergebnissen über Entwicklung, Bau und Erprobung von experimentellen Sicherheitsfahrzeugen (Experimental Safety Vehicles ESV)
- An Fahrzeugen werden die ersten Hauptscheinwerfer mit der Zweifaden-Halogen-Glühlampe (H4) für Abblend- und Fernlicht verbaut.





# EU-weite Meldepflicht für Unfälle mit Beteiligung von Systemen für assistiertes und automatisiertes Fahren

**Antonio Avenoso**

Geschäftsführer des Europäischen Verkehrssicherheitsrats (ETSC)



Im vergangenen Jahr veröffentlichte die US-amerikanische Verkehrssicherheitsbehörde NHTSA erstmals Daten zu Unfällen mit Beteiligung von Fahrzeugen, die mit modernen Fahrerassistenzsystemen (ADAS) ausgestattet sind. In den zehn Monaten seit Inkrafttreten der Meldepflicht wurden rund 400 Vorfälle gemeldet. Wie sehen diese Zahlen in Europa – einem Markt vergleichbarer Größe – aus? Das ist völlig unbekannt.

Es gibt kein Äquivalent zur NHTSA mit Zuständigkeit für die gesamte EU. Der Verkauf eines in einem Mitgliedsstaat zugelassenen Fahrzeugs ist EU-weit möglich. So kann beispielsweise ein in den Niederlanden von der niederländischen Typgenehmigungsbehörde RDW zugelassenes Fahrzeug, etwa ein Tesla, in jedem EU-Land verkauft werden. Das neue automatisierte Level-3-Fahrerassistenzsystem von Mercedes für den niedrigen Geschwindigkeitsbereich wurde vom Kraftfahrt-Bundesamt für den deutschen Markt zugelassen. Das KBA wird höchstwahrscheinlich auch für die EU-weite Zulassung des Mercedes-Systems verantwortlich zeichnen.

Was können Verbraucher tun, wenn sie ein Problem mit einem Fahrerassistenzsystem feststellen? In den USA können Defekte unter anderem auch von Privatpersonen über ein leicht zugängliches Webformular an die NHTSA gemeldet werden. Ebenso ist es theoretisch in der EU jederzeit möglich, Fahrzeugdefekte einer nationalen Be-

hörde zu melden. Aber die Webseite für das jeweilige Land zu finden, auf der eine solche Meldung einfach eingegeben werden kann, ist nicht so leicht. Haben Sie letztes Jahr etwas von „Phantom-Bremsungen“ im Zusammenhang mit Fahrzeugen von Tesla gehört? Wenn ja, dann ist dies den Meldungen zu verdanken, die in den USA an die NHTSA gemacht wurden. Tritt dieses Problem auch in Europa auf? Das lässt sich nur mit Glück herausfinden.

Zwar werden Rückrufe einer zentralen EU-Datenbank gemeldet, jedoch enthalten die dort veröffentlichten Berichte keinerlei Informationen über die Anzahl der gemeldeten Vorfälle oder über die Anzahl der möglichen Verletzten infolge eines Defekts. Es stimmt zwar, dass die EU den USA in puncto Fahrzeugsicherheitsstandards im Allgemeinen voraus ist, aber eher nicht, was die Transparenz in Bezug auf Defekte oder potenzielle Probleme mit ADAS angeht. Und solche Unfälle ereignen sich auch in der EU. In einem 2019 veröffent-

lichten Bericht der niederländischen Untersuchungsbehörde für Sicherheit (OVV) wurden mehrere Kollisionen mit Beteiligung von Fahrerassistenzsystemen untersucht. Was passiert auf EU-Ebene? Nichts.

Die Meldung und Untersuchung von Unfällen wird noch wichtiger, da einige Fahraufgaben inzwischen von Computern übernommen werden. Falls Computercode oder Sensoren ein Problem verursachen, das zu einem Unfall beigetragen hat, müssen wir das wissen, damit wir zukünftige Probleme vermeiden können. Aus diesem Grund fordert der ETSC eine EU-weite Meldepflicht für Unfälle mit Beteiligung von Systemen für assistiertes und automatisiertes Fahren sowie eine zentrale Behörde für die Erfassung der damit zusammenhängenden Daten, die Überwachung detaillierter Unfalluntersuchungen und die Aufsicht über die sichere Einführung neuer Technologien für das assistierte und automatisierte Fahren.

1975

**1973**

- Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) startet an der Medizinischen Hochschule Hannover das Projekt „Erhebungen am Unfallort“ (Vorläufer der „German In-Depth Accident Study“ GIDAS).

**1978**

- Ab Oktober werden Fahrzeuge von Mercedes-Benz serienmäßig mit dem Antiblockiersystem ABS ausgerüstet. Das erste Modell mit ABS ist die S-Klasse (W116).

**1979**

- Eine wissenschaftliche Arbeitsgruppe der Universitäten Aachen, Berlin, Stuttgart und Darmstadt beginnt mit der Realisierung des Forschungs-Pkw UNI-CAR. Das Fahrzeug hat ein „Soft-face“, das die gesamte Vorderfront abdeckt und bis zu einer Kollisionsgeschwindigkeit von 45 km/h die Belastungen eines angestoßenen Fußgängers unter den noch erträglichen biomechanischen Grenzen hält.
- Erstes elektronisches ABS (S-Klasse von Mercedes-Benz und 7er BMW)

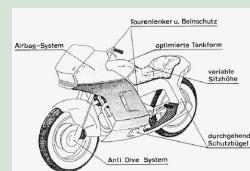


1980

- Erste hydraulische Anti-Dive-Systeme für einzelne Motorräder von Kawasaki und Garelli, kurz darauf auch in Serie von Suzuki und Yamaha
- General Motors stattet in den 1980er-Jahren mehrere seiner für die USA bestimmten Automodelle mit einem Schwarz-Weiß-Head-Up-Display aus.
- Ab Juli bietet Mercedes-Benz in der S-Klasse erstmals serienmäßig ein Fahrzeug mit Airbag an.

**1985**

- „Sicherheitsmotorrad“ HUK-Verband



1985

**1987**

- Erste Antriebsschlupfregelung (ASR) in der S-Klasse von Mercedes-Benz



**1988**

- BMW präsentiert mit der K100 das erste Serienmotorrad mit ABS.
- Gründung der International Traffic Safety Data and Analysis Group (IRTAD)

**1986**

- Im Rahmen des EUREKA-Forschungsprojekts PROMETHEUS (PROgramme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) werden erstmals die Möglichkeiten des automatisierten Fahrens erforscht.

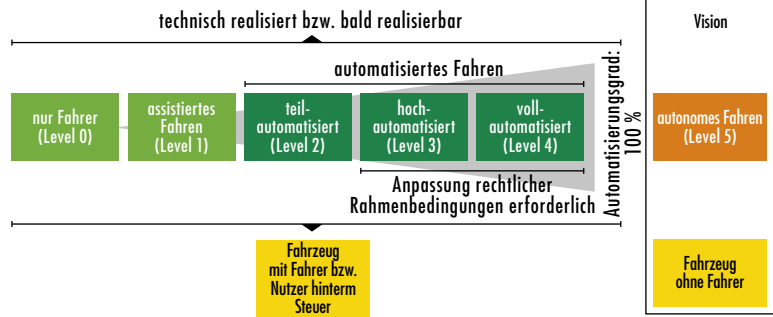
genüber vollautomatisierten Fahrzeugen steigt mit zunehmendem Alter der Befragten, bei Frauen ist die Vorsicht größer als bei Männern.

Im Hinblick auf bereits in modernen Autos verbaute Fahrerassistenzsysteme wie Notbremsassistent, Spurhalteassistent oder Abstandsregeltempomat ist das Vertrauen mit 68 Prozent relativ stark ausgeprägt. Immerhin 25 Prozent vertrauen den Systemen allerdings eher nicht und fünf Prozent gar nicht. Etwa die Hälfte der Befragten gibt dabei an, dass sie hinsichtlich ihres Vertrauens in die Sicherheit automatisierter Fahrfunktionen keine Unterschiede zwischen verschiedenen Autoherstellern machen. Für 87 Prozent derjenigen, die in diesem Punkt manchen Autoherstellern mehr als anderen vertrauen, spielt die Marke des Fahrzeugs eine (sehr) große Rolle. Für 78 Prozent ist auch das Herstellungsland ein wichtiger Aspekt, für 55 Prozent ist zudem der Preis des Fahrzeugs ein relevanter Faktor.

### Die Ebenen der Automatisierung

Hinter der technologischen Evolution vom manuellen Fahren hin zum vollständig automatisierten Fahren verbirgt sich ein komplizierter und zeitaufwendiger, mit Innovationen auf vielen verschiedenen technischen Gebieten verbundener Prozess. Die Society of Automotive Engineers (SAE) unterteilt diesen Prozess in sechs Level. Level 0 beschreibt das klassische, konventionelle Fahren. Der Fahrer steuert das Fahrzeug, zusätzliche Systeme unterstützen die Informationsverarbeitung des Fahrers durch Orientierungshilfen (Navigationssystem

## Klassifizierung der Fahrzeugautomatisierung



Quelle: DEKRA

Rein technisch gesehen ist heute schon das automatisierte Fahren bis Level 4 machbar, dringend erforderlich ist aber noch die entsprechende Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen.

tem mit Fahrtroutenanzeige) oder Warnungen (zum Beispiel Tot-Winkel-Assistent oder akustische Einparkhilfe). Level 1 beschreibt das assistierte Fahren, Assistenzsysteme übernehmen in bestimmten Situationen einzelne Komponenten der Fahraufgabe. Dazu gehören beispielsweise die Geschwindigkeitsregelung, der Abstandsregler oder auch die aktive Einparkhilfe, die wie ein digitaler Butler das vollständige Einparken in eine Parklücke ausführt. Beim teilautomatisierten Fahren auf Level 2 hält das Fahrzeug unter definierten Bedingungen die Spur und bremst oder beschleunigt selbstständig.

Das hochautomatisierte Fahren auf Level 3 ermächtigt den Fahrer, sich vorübergehend von der Fahraufgabe und dem Verkehr abzuwenden. Das Fahrzeug fährt in dem vom Hersteller definierten Anwendungsbereich selbstständig, wobei die Person am Steuer verpflichtet ist, auf Anforderung durch das System kurzfristig die Kontrolle zu übernehmen. Bereits auf dieser Stufe nimmt der Mensch auf dem Fahrersitz eine hybride Rolle ein, indem er zwischen der

klassischen Fahrzeugführerfunktion und einem Fahrzeugnutzer während der Fahrt im automatisierten Modus wechselt. Ein aktuelles Beispiel für eine Automatisierung auf Level 3 ist das System Drive Pilot von Mercedes-Benz. Am 2. Dezember 2021 erfolgte durch das Kraftfahrt-Bundesamt die weltweit erste Typgenehmigung für dieses automatische Spurhaltesystem. Dessen Nutzung in der S-Klasse von Mercedes-Benz ist derzeit noch auf autobahnähnliche Straßen bis zu einer Geschwindigkeit von 60 km/h begrenzt und nur zulässig bei Tageslicht, guten Sichtverhältnissen und frostfreier Witterung. Die Person am Steuer muss jederzeit bereit sein, die Fahrzeugführung nach einer entsprechenden Übernahmeaufforderung wieder zu übernehmen.

Im nächsthöheren Level 4, dem vollautomatisierten Fahren, gibt der Mensch am Steuer die Fahrfunktionen vollständig an das Fahrzeug ab und wird dadurch zum Passagier. Das Fahrzeug bewältigt viele Strecken selbständig, und nach Abgabe der Kontrolle an das Fahrzeug

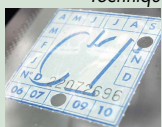
1990 • • • • 1995 • • • • 2000

#### 1990

- Bei einem BMW der 7er-Reihe wird zum ersten Mal in einem Auto Xenonlicht – mittels Gasentladungslampen (Bosch) – angeboten, zuerst ausschließlich als Abblendlicht.

#### 1992

- Einführung der „Contrôle Technique“ in Frankreich. Neufahrzeuge müssen erstmals nach vier Jahren vorgeführt werden, danach alle zwei Jahre.
- Traktionskontrolle Motorrad (Honda Pan European)



#### 1994

- Erstmals wird serienmäßig ein Navigationssystem verbaut (7er BMW).



#### 1995

- Die Robert Bosch GmbH und Mercedes-Benz führen mit dem Elektronischen Stabilitätsprogramm ESP ein bremsbasiertes fahrdynamisches Assistenzsystem ein.
- Die „Vision Zero“ wird erstmals in Schweden auf den Straßenverkehr angewendet.

#### 1996

- Erstes Motorrad mit Kombi-Bremssystem in Verbindung mit Antiblockiersystem und Traktionskontrolle (Honda ST 1100)



#### 1997

- Euro NCAP veröffentlicht erstmalig Crashtestergebnisse und führt außerdem Bewertungen bezüglich des Fußgängerschutzes ein, die auch explizit den Schutz von Kindern beinhalten.



#### 1998

- Erstes deutsches Auto mit Abstandsregeltempomat (S-Klasse von Mercedes-Benz).

#### 1999

- Markteinführung des von Karl-Heinz Schimmelpfennig entwickelten Sattelaufhängers mit rundum effektivem Schutz gegen Unterfahren durch die Firma Krone mit dem Safeliner.

#### 2000

- BMW führt mit dem C1 das erste Zweirad der Welt ein, das den Fahrer mit einer umgebenden Struktur (Alu-Space-Frame-Technik) und angelegtem Sicherheitsgurt bei einem Unfall schützt. Der C1 darf daher auch ohne Helm gefahren werden.

#### 2001

- In der Corvette von Chevrolet kommt erstmals ein mehrfarbiges Head-Up-Display zum Einsatz.
- Xenon-Fernlicht im sogenannten Bi-Xenon-Scheinwerfer kommt erstmals im Mercedes CL zum Einsatz. Dabei wird für das Abblend- und Fernlicht dieselbe Lichtquelle verwendet.
- Erstes Serienfahrzeug mit Spurhalteassistent (Nissan Cima).

#### 2002

- Mercedes führt das vorbeugende Insassenschutzsystem PRE-SAFE in der S-Klasse ein.

# Vision Zero heißt: Mensch und Technik zusammen denken



**Manfred Wirsch**

Präsident des Deutschen Verkehrssicherheitsrats (DVR)

**Technologischen Entwicklungen wird das Potenzial attestiert, gesellschaftlichen Fortschritt voranzutreiben und menschliche Fehler reduzieren beziehungsweise verhindern zu können. Auch Fahrerassistenz und Automation können die Vision Zero wirksam vorantreiben. Das dürfen wir aber nicht einfach pauschal voraussetzen: Neue Technologien müssen vor Markteintritt in umfassender Weise geprüft und kritisch hinterfragt werden, damit sie ihr Versprechen einlösen und Menschen im Straßenverkehr verlässlich unterstützen können.**

Menschliches Fehlverhalten ist mit über 90 Prozent die häufigste Ursache für Unfälle mit Personenschaden. Durch Fahrerassistenzsysteme wie Notbremsassistent, Abstandsregeltempomat, Spurhalteassistent, Müdigkeitswarner oder Intelligent Speed Assist lassen sich viele Verkehrsunfälle vermeiden. Wer schon einmal in einem mit Notbremsassistenten ausgerüsteten Lkw erlebt hat, wie das Fahrzeug durch die Assistenzfunktion bis zum Stillstand abgebremst wird, spürt eindrucksvoll den enormen Vorteil dieser Technik: Kein Mensch kann so schnell reagieren und einen so kurzen Anhalteweg realisieren.

Gleichwohl bergen höhere Automatisierungsgrade, bei denen Maschinen zunehmend die Fahraufgabe überlassen wird und der Mensch das System überwachen und nur noch bedingt eingreifen muss, ein erhebliches strukturelles Risiko. Denn sich aus einer fahrfremden Tätigkeit heraus einen Überblick über ein komplexes Verkehrsgeschehen zu verschaffen und die Fahraufgabe kurzfristig zu übernehmen, beansprucht die Nutzenden in besonderem Maße und kann auch zur Überforderung führen.

Daher fordert der DVR, alle verkehrspsychologischen Aspekte im Zusammenhang mit den Anforderungen an das Führen von automatisierten Fahrzeugen umfänglich zu berücksichtigen. Dies betrifft vor allem die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle sowie Aspekte der Nutzerbefähigung wie Fahrausbildung, Prüfung, Weiterbildung und Einweisung. So setzt sich der DVR unter anderem für die verpflichtende Ausstattung von Fahrschulfahrzeugen mit bestimmten Fahrerassistenzsystemen ein, damit Fahranfängerinnen und Fahranfänger zumindest über deren Existenz Kenntnis erlangen und ihr Potenzial zur Unfallvermeidung kennenlernen können.

Obwohl auf technische Mängel beziehungsweise Wartungsmängel der Fahrzeuge lediglich circa ein Prozent der Unfälle mit Personenschaden zurückzuführen sind, gilt es zu beachten, dass Fahrzeuge nicht lange im Neuzustand verbleiben und Fahrerassistenzsysteme inklusive ihrer Sensorik sukzessive anfälliger für Störungen werden. Im Kontext einer modernen Fahrzeugüberwachung gilt also ebenso, dass der Mensch nicht blind auf intelligente Assistenz vertraut, sondern sich der Verlässlichkeit stets kritisch vergewissert.

2005

2010

## 2003

- Als erster europäischer Hersteller bringt BMW das Head-Up-Display in den 5er- und 6er-Modellreihen auf den Markt.
- Am 17. November erlassen das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union die Richtlinie 2003/102/EG zum Schutz von Fußgängern und anderen ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Hiernach muss für die Pkw-Front mit mehreren Komponentenaufpralltests nachgewiesen werden, dass bestimmte biomechanische Grenzwerte nicht überschritten werden. Seit Oktober 2005 müssen neu zertifizierte Fahrzeugtypen entsprechende Prüfungen bestehen.
- Zulassung des Schutzplanken-Unterzugs „Euskirchen“. Er bietet dem anprallenden Motorradfahrer einen besseren Schutz. Darauf aufbauend wurde von DEKRA im Auftrag der BASt das System „Euskirchen Plus“ entwickelt. Es bietet einen nochmals verbesserten Anprallschutz – auch für die Insassen von Pkw bei größeren Geschwindigkeiten.

## 2004

- Die EU-Kommission ruft die „Europäische Charta für die Straßenverkehrssicherheit“ ins Leben. Erklärtes Ziel ist es, die Zahl der Verkehrstoten bis 2010 gegenüber dem Jahr 2001 zu halbieren.



## 2006

- Erstes Serienfahrzeug mit aktiver Motorhaube zum Fußgängerschutz (Jaguar XK)
- Daimler präsentiert den „Safety Truck“ mit Abstandsregelssystem, Spurhalteassistent, (Kurven-) Stabilitätsregelung und dem Notbremsassistenten Active Brake Assist (ABA).
- Motorrad-Airbag (Honda Gold Wing)

## 2007

- Erstmalige DARPA Urban Challenge in den USA als internationaler Wettbewerb für unbemannte Fahrzeuge in einem urbanen Umfeld.

## 2009

- In der EU neu zugelassene Nutzfahrzeuge müssen mit retroreflektierenden Konturmarkierungen versehen sein.
- Erstes Brake-by-wire-System mit elektronischer Bremskraftsteuerung (Honda CBR 600/1000)

## 2010

- Leitlinien für die Politik im Bereich der EU-Verkehrssicherheit 2011–2020

## 2011

- Der Einbau von elektronischen Fahrstabilitätsregelsystemen (EVSC = Electronic Vehicle Stability Control), bekannt als ESP oder ESC, wird in der EU Pflicht für alle neuen Straßenfahrzeuge (von Pkw bis zu schweren Omnibussen sowie Lkw und deren Anhängerfahrzeugen) ab 1. November 2014 und für solche mit neuer Typzulassung bereits ab 1. November 2011.
- Die Vereinten Nationen rufen die „Decade of Action for Road Safety“ für 2011–2020 aus.
- Ab Februar werden Tagfahrleuchten für alle neuen Pkw und Lkw in der EU Pflicht.

## 2012

- Volvo führt den ersten Fußgänger-Airbag im V40 ein.
- Seit 2012 sind in der EU auch für neu in Verkehr gebrachte Lkw-Typen (N2/3) Tagfahrleuchten vorgeschrieben.

# Sicherheit in der Transformationsphase des Automobils



**Richard Damm**

Präsident des Kraftfahrt-Bundesamts (KBA) und Vorsitzender der UNECE-Arbeitsgruppe zum automatisierten, autonomen und vernetzten Fahren (WP.29/GRVA)

**Die Automatisierung unserer Kraftfahrzeuge entwickelt sich in der laufenden Transformation des Automobils mit steigendem Tempo und findet unter dem Aspekt der Nutzerzentrierung statt. Dabei steht die eigentliche Aufgabe – das Fahren – zukünftig nicht mehr ausschließlich im Mittelpunkt, denn neue Systeme ermöglichen den Fahrenden zusätzlich andere, fahrfremde Tätigkeiten.**

Von zentraler Bedeutung ist hierbei die Sicherheit der eingesetzten Systeme, die in unterschiedlichen Ausprägungsformen assistierend oder automatisiert Fahraufgaben übernehmen. Diese müssen in erster Linie der Sicherheit dienen, denn Sicherheit im Straßenverkehr muss für alle Verantwortlichen immer die oberste Prämisse sein. Die Ziele wurden hierzu für die kommenden Jahrzehnte auf nationaler und europäischer Ebene klar formuliert. Nur unter dieser Voraussetzung dürfen sich andere Betrachtungsfälle oder Nutzungsszenarien anschließen, die aus der zuneh-

menden Automatisierung resultieren. Dabei ist letztendlich nicht entscheidend, ob es sich um ein Assistenzsystem (Level 2), ein hochautomatisiertes System (Level 3) oder ein vollautomatisiertes System (Level 4) handelt. Das Vertrauen in die Technologie hängt unmittelbar mit der Sicherheit zusammen.

Dass sich Sicherheit und neue Technologien nicht gegenseitig ausschließen, zeigt die Entwicklung des Automobils von den Anfängen bis heute. Moderne, in der Fahrtätigkeit unterstützende Assistenzsysteme haben bei vielen Neufahrzeugen mittlerweile Einzug gefunden und werden in den kommenden Jahren den Pflichtausstattungskatalog weiter ergänzen. Die Software-Zentrierung der Fahrzeuge ermöglicht „Functions on Demand“, die vorher aufgrund des Aufwands und fehlender Möglichkeiten kein Anwendungsfall waren. Sie schaffen für die Nutzenden zusätzliche Angebote, die den individuellen Bedürfnissen und Anforderungen gerecht werden sollen. Dabei wird die Individualmobilität auch zukünftig eine zentrale Rolle spielen. Der Bestand an Fahrzeugen in Deutschland nimmt weiter zu und hat bei den Pkw in 2022 die Zahl von rund 48,8 Millionen erreicht.

Umso mehr ist festzustellen, dass sich die ganze Kraftfahrzeugtechnologie in einem umfassenden Wandlungsprozess befindet und zukünftig flächendeckend und untrennbar mit den Aspekten der Nachhaltigkeit und der Automatisierung verbunden sein wird. Dabei müssen neue Technologien und Innovationen mehr denn je eine Chance erhalten, da die Möglichkeiten immens sind – zum Beispiel für neue Mobilitätsangebote – und es der daraus resultierende Nutzen insbesondere für die Verkehrssicherheit ebenfalls sein kann. Vorausgesetzt, alle Beteiligten werden ihrer Verantwortung gerecht.

2015

2020

## 2013

- Für neue Lkw und Omnibusse werden in der EU Spurverlassenswarner (LDWS = Lane Departure Warning Systems) und fortschrittliche Notbremssysteme (AEBS = Advanced Emergency Braking Systems) verpflichtend – zunächst nur für druckluftgebremste Nutzkraftwagen (Nkw) mit einem zulässigen Gesamtgewicht von > 8 t pro druckluftgefederte Hinterachse; ab 1. November 2016 für alle neuen Nkw und ab 1. November 2018 für alle neuen Nkw mit zGG von > 3,5 t.

## 2014

- Im Mai präsentiert der Internet-Konzern Google den Prototypen eines selbstfahrenden Autos.
- Ab November gilt die ESP-Pflicht für alle Neuwagen.
- Die Daimler AG präsentiert den „Mercedes-Benz Future Truck 2025“. Mit Hilfe des intelligenten Systems „Highway Pilot“ kann der Truck bei Autobahn-Geschwindigkeiten bis zu 85 km/h automatisiert fahren.



## 2015

- In Deutschland wird ab September ein Teilstück der Autobahn A9 zur offiziellen Teststrecke für automatisiertes und vernetztes Fahren.
- Seit 1. November müssen in der EU neu zugelassene schwere Lastkraftwagen (> 3,5 t zGG) und Busse mit mehr als acht Sitzplätzen (außer dem Fahrersitz) über ein vorausschauendes Notbremssystem (AEBS = Advanced Emergency Braking System) und über einen Spurverlassenswarner (LDWS = Lane Departure Warning System) verfügen. Für neu typgenehmigte Fahrzeuge gilt diese Ausrüstungspflicht bereits ab dem 1. November 2013.

## 2017

- Am 21. Juni tritt in Deutschland das Gesetz zum automatisierten Fahren in Kraft. Automatisierte Systeme (Level 3) dürfen die Fahraufgabe unter bestimmten Voraussetzungen übernehmen.

## 2018

- Mit dem Paket „Europa in Bewegung“ setzt sich die EU das Ziel, im Zeitraum von 2021 bis 2030 die Zahl der Verkehrstoten und der Schwerverletzten auf europäischen Straßen zu halbieren.

## 2019

- Verabschiedung der Verordnung (EU) 2019/2144 („General Safety Regulation“): Höhere Sicherheit ungeschützter Verkehrsteilnehmer sowie Einsatz von Fahrerassistenzsystemen werden schrittweise Bestandteil der Typgenehmigungsvorschriften.

## 2020

- Am 28. Juli tritt in Deutschland das „Gesetz zum autonomen Fahren“ in Kraft. Damit können autonome Kraftfahrzeuge (Level 4) in festgelegten Betriebsbereichen im öffentlichen Straßenverkehr im Regelbetrieb fahren.
- Die Vereinten Nationen rufen die „Second Decade of Action for Road Safety“ für 2021–2030 aus.

## 2022

- Ab 6. Juli 2022 müssen alle neuen Fahrzeugmodelle in der EU über einen Intelligent Speed Assistant, Müdigkeitswarner, Notbremsassistent, Notfallspurhalteassistent, Rückfahrassistent und eine Reifendrucküberwachung verfügen (ab Juli 2024 alle neuen Fahrzeuge).

darf sich auch der Fahrzeugführer vom Fahrgeschehen abwenden. Das System muss in der Lage sein, die Grenzen rechtzeitig zu erkennen, damit es selbstständig sowie regelkonform einen sicheren Zustand unter Ausschluss von Schadensereignissen erreichen kann, indem das Fahrzeug am Straßenrand oder auf einem Seitenstreifen geparkt wird. Insassen müssten für Verstöße oder Schäden im voll-automatisierten Modus eigentlich nicht mehr haftbar gemacht werden können. Die Führung eines Fahrzeugs auf Level 4 ist deutlich weiter gefasst als bei Level 3 und beinhaltet nur noch wenige, konkret definierte Ausschlusskriterien.

Auf dem höchsten Level, dem autonomen, also fahrerlosen Fahren (Level 5), ist jegliche Beschränkung aufgehoben. Es gibt nur noch Passagiere ohne jegliche Fahraufgaben, während in den Leveln 3 und 4 die Nutzer im Fahrzeug nur zeitweilig keine Fahraufgabe mehr haben. Auf Level 5 haben die Insassen nie eine Fahraufgabe, Fahrten ohne Insassen sind ebenfalls möglich, die Technik im Auto bewältigt sämtliche Verkehrssituationen in Eigenregie. Der Nutzer bestimmt den Zielort und kann sich dann „chauffieren“ lassen. Er wird zum reinen Passagier wie in der Bahn oder dem Flugzeug. Auf diesem Level ist die Person am Steuer vollumfänglich „out of the loop“ und nicht mehr Bestandteil des Mensch-Maschine-Regelkreises.

### Komplexität des automatisierten Fahrens

Welche Herausforderungen für die Hersteller und Programmierer mit dem automatisierten Fahren ab Level 3 und höher verbunden sind, zeigt sich unter anderem an der Operational Design Domain (ODD), dem sogenannten Auslegungs- oder auch Betriebsbereich. Die vom Hersteller festgelegte ODD sollte dabei Aussagen mindestens zu den Aspekten Niederschlag, Tageszeit, Sichtverhältnisse, Fahrbahnmarkierungen, Land und V2X-Abhängigkeiten umfassen. Für ein System des automatisierten Fahrens sind außerdem eine Reihe von Sicherheitsaspekten von zentraler Bedeutung. Dazu gehören das sichere Fahren unter Beachtung der Verkehrsregeln, die sichere Interaktion mit dem Nutzer in Form von Statusmeldungen, das Bewerkstelligen sicherheitskritischer Fahrsituationen, das Unterstützen eines sicheren Betriebszustands etwa durch die Meldung anstehender Wartungsarbeiten und das Managen von Störungen aufgrund von Systemfehlern oder einem unzulässigen Systemzugriff.

Darüber hinaus muss das System verschiedene Szenarien verarbeiten können. Genauer gesagt nominale Szenarien (zum Beispiel die Anpassung der Geschwindigkeit und des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug), kritische Szenarien (etwa wenn vor dem eigenen Fahrzeug ein anderes, langsamer fahrendes Fahrzeug einschert und bremst) sowie Fehlerszenarien wie beispielsweise der Ausfall eines Sensors. Weitere wichtige Definitionskriterien sind unter anderem die Art der Bedienung beziehungsweise des Eingriffs in das System und die Nutzerposition während des Fahrens. Ebenso muss das System wissen, wie viele und welche Arten von anderen Verkehrsteilnehmern sich wo rund um das Fahrzeug befinden und wie sie sich bewegen, um entsprechend reagieren zu können.

Tatsache ist: Mit steigendem Level erhöht sich der Anteil der Fahraufgaben, die durch das technische System übernommen werden. Parallel dazu sinkt der Anteil an Aufgaben des Menschen beim Fahren. Auf den ersten drei Ebenen (Level 0 bis Level 2) unterstüt-

## Sechs Aspekte zum Einordnen eines Fahrzeugs mit automatisierter Fahrfunktion

Aspekt	Ausprägungen	Beispiel Mercedes-Benz Drive Pilot
1 <b>Wo kann das Fahrzeug mit aktivem automatisiertem System fahren?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• auf einem Privatgelände,</li> <li>• in einem lokal begrenzten Gebiet,</li> <li>• auf einer vorgegebenen Route,</li> <li>• auf einer bestimmten Straßenklasse in einem Land etc.</li> </ul>	Autobahn und autobahnähnlich
2 <b>Welche Verkehrssituation(-en) beherrscht das automatisierte System?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fahren in einer Fahrspur,</li> <li>• Fahren in einer Richtung mit Spurwechsel,</li> <li>• Kreuzungsverkehr etc.</li> </ul>	Fahren in einer Fahrspur
3 <b>Welche Parameter gelten für den Betrieb des automatisierten Systems?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tageslicht,</li> <li>• Trockenheit,</li> <li>• Geschwindigkeitslimit,</li> <li>• Temperatur,</li> <li>• nur wenn verbunden (connected)</li> </ul>	Tageslicht, Temperatur 4°C und mehr, maximal 60 km/h, kein Tunnel
4 <b>Fährt das automatisierte System (zuverlässig) selbstständig, bedarf es einer Überwachung oder gibt es einen Fahrer als Rückfallebene?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laborbetrieb (mit Entwicklungsingenieur im Fahrzeug),</li> <li>• Sicherheitsfahrer im Fahrzeug,</li> <li>• Überwachung des Fahrzeugs aus einem Kontrollzentrum,</li> <li>• Fallback Ready User etc.</li> </ul>	Fallback Ready User (Fahrer in 10 Sekunden bereit)
5 <b>Für welche Fahrzeugkategorie ist das automatisierte System vorgesehen?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pkw (M1) ohne/mit Anhänger,</li> <li>• schwere Nutzfahrzeuge (N3) ohne/mit Anhänger etc.</li> </ul>	Pkw
6 <b>Wer kann das Fahrzeug mit dem eingebauten automatisierten System nutzen/betreiben?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hersteller/Entwickler,</li> <li>• Betreiber einer Fahrzeugflotte,</li> <li>• Privatperson</li> </ul>	Privatperson
<b>Welchem SAE-Level entspricht das System?</b>	1, 2, 3, 4 oder 5  Level 1 und 2 sind FAS (erweitertes Fahrerassistenzsystem = ADAS) und keine automatisierte Fahrfunktion (ADS)	Level 3

zen oder ergänzen die Assistenten und Systeme den Fahrer, der den Hauptteil der Fahraufgabe übernimmt und verantwortlich bleibt. In den höheren Ebenen (ab Level 3) wird die Fahrzeugkontrolle teilweise oder vollständig und dauerhaft an das Fahrzeugsystem delegiert, was dann allerdings neue, bislang unbekannte Risikopotenziale schafft.



## Unfallvermeidungspotenzial noch besser nutzen

Abgelenkt, übermüdet, überfordert – die Liste der gängigen Ursachen von Verkehrsunfällen ließe sich beliebig fortsetzen. Oder stark komprimieren: Faktor Mensch. Schenkt man den Verkehrsunfallanzeigen der Polizei Glauben, sind fast alle Verkehrsunfälle dieser Welt mit dem (Fehl-)Verhalten des Menschen erklärbar. Mängel seitens der Infrastruktur oder gar der Technik werden nur in den seltensten Fällen als ursächlich oder mitursächlich genannt. Die Übertragung möglichst aller Fahraufgaben auf die Fahrzeuge gilt daher für viele noch immer als das beste Mittel zur Unfallprävention.

Moderne Assistenzsysteme sind die Grundlage für die zunehmende Automatisierung des Straßenverkehrs. Automatisches Spurhalten oder den umgebenden Verkehrsbedingungen angepasstes Beschleunigen und Bremsen sind mittlerweile in vielen Fahrzeugen Realität, ebenso automatische Notbremsysteme. Die Systeme haben das Potenzial, Unfälle zu verhindern oder zumindest die Unfallfolgen zu minimieren. Dass in diesem Punkt vor dem Hintergrund der in vielen Staaten der Welt bis zum Jahr 2050 verfolgten „Vision Zero“ – dem Ziel eines sicheren Straßenverkehrs, in dem es bei Unfällen möglichst keine Getöteten und Schwerverletzten mehr gibt – noch viel zu tun ist, zeigt allein schon ein Blick auf die Entwicklung in der EU. So reduzierte sich hier zwar die Zahl der Verkehrstoten von 2001 bis 2020 um fast 63,5 Prozent von 51.400 auf 18.800. Allerdings stagnieren die Zahlen seit ungefähr 2012, der historische Tiefstand im Jahr 2020 lässt sich mit den coronabedingten Einflüssen erklären. Seitdem gehen die Zahlen auch wieder nach oben – auf 19.900 im Jahr 2021 und 22.600 im Jahr 2022 (**Schaubild 2**). Der prozentuale Rückgang gegenüber 2001 schrumpft damit auf nur noch 56 Prozent. Weltweit schätzt die Weltgesundheitsorganisation die Zahl der jährlichen Verkehrstoten auf aktuell rund 1,3 Millionen.

Doch welche Assistenzsysteme in einem Fahrzeug auch immer verbaut sein mögen: Stand heute müssen die Fahrer jederzeit die volle Aufmerksamkeit auf den Straßenverkehr richten und bei Bedarf eingreifen beziehungsweise die Systeme übersteuern. Gerade sehr gut und zuverlässig funktionierende Systeme insbesondere etwa im Bereich der Spur-

## Technik sollte das Autofahren sicherer und einfacher machen

**Mark Chung**

Executive Vice President Roadway Practice  
National Safety Council (NSC)



Das Führen eines Fahrzeugs ist eine äußerst komplexe Aufgabe. Sie stellt hohe Anforderungen an den Fahrer, die Steuerung des Kraftfahrzeugs mit einer sich ständig ändernden Umgebung zu vereinen. Die Komplexität steigt zudem durch Ablenkungen. Beispielsweise, wenn der Fahrer versucht, verschiedene Aufgaben im Zusammenhang mit dem Fahren zu erledigen, etwa die Änderung von Navigationseingaben oder die Nutzung Touchscreen-basierter Infotainment-Systeme. Daher verwundert es nicht, dass Ablenkungen beim Fahren und damit verbundene Sicherheitsrisiken zunehmen. Einfach ausgedrückt, scheint das Führen eines Fahrzeugs immer komplexer und gefährlicher zu werden.

In den USA ist die Zahl der Toten im Straßenverkehr in den letzten beiden Jahrzehnten deutlich gestiegen. Im Jahr 2021 verzeichneten die USA den höchsten Stand von Todesfällen seit 16 Jahren, darunter fast 7.500 ungeschützte Verkehrsteilnehmer – seit vierzig Jahren die meisten tödlichen Fußgängerunfälle in einem einzigen Jahr. Wir müssen diesen fatalen Trend umkehren.

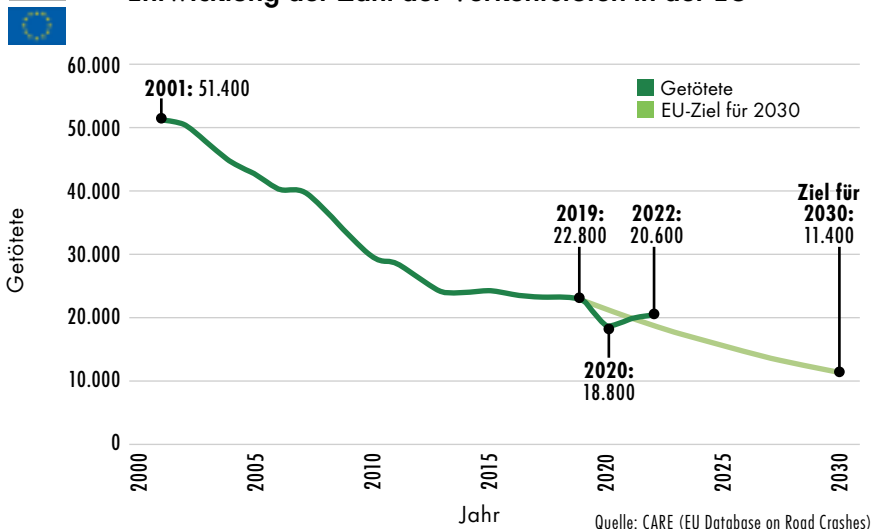
Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) bergen großes Potenzial für die Erfassung der Fahrzeugumgebung, um den Fahrer beim sichereren Führen des Fahrzeugs zu unterstützen. ADAS-Funktionen wie der Notbremsassistent haben sich als positiv für die Sicherheit von ungeschützten Verkehrsteilnehmern erwiesen. Laut verschiedenen Studien deaktivieren jedoch viele Autofahrer in den USA die ADAS-Funktionen, weil sie kein Vertrauen in deren Fähigkeiten haben. Schlimmer aber ist die Tatsache, dass sich manche Fahrer zu sehr auf diese Funktionen verlassen, weil sie deren Fähigkeiten missverstehen. Hinzu kommen OEM, die ADAS-Funktionen als Unterscheidungsmerkmale für ihre Marke betrachten und einen allzu kreativen Umgang mit ADAS-Funktionen im Rahmen ihres Marketings pflegen. Kurz gesagt, sollten ADAS das Autofahren sicherer und weniger kompliziert machen. Aber bisher müssen wir genau das Gegenteil feststellen.

Es gibt Lösungen, mit denen die technologische Leistungsfähigkeit von ADAS optimal genutzt und das Sicherheitspotenzial ausgeschöpft werden kann. Zunächst einmal müssen die OEM die ADAS-Nomenklatur harmonisieren. So hat beispielsweise der National Safety Council gemeinsam mit AAA, Consumer Reports, JD Power und SAE International den Leitfaden „Clearing the Confusion“ erarbeitet, in dem ein gemeinsames Benennungssystem für ADAS-Funktionen empfohlen wird. Zum anderen müssen die Verbraucher besser über die Fähigkeiten der einzelnen ADAS-Funktionen informiert werden. Zu diesem Zweck hat der NSC eine Website für Privatverbraucher namens [www.mycardoeswhat.org](http://www.mycardoeswhat.org) eingerichtet, auf der diese einfach und verbraucherfreundlich darüber informiert werden, was ADAS-Funktionen leisten können und was nicht.

Kurz gesagt, sollten wir die Entwicklung und den Einsatz moderner Sicherheitstechnologien fördern. Die alleinige Bereitstellung dieser Technologien ist nicht ausreichend, um alle Verkehrsteilnehmer – auch die ungeschützten – zu schützen, wenn den Fahrern die Nutzung der ADAS-Funktionen schwerfällt. Denn Technik sollte das Autofahren sicherer und einfacher machen.

2

### Entwicklung der Zahl der Verkehrstoten in der EU



haltung und Abstandsregelung verleiten aber viele Verkehrsteilnehmer dazu, sich auch anderen Aufgaben als dem Fahren zuzuwenden. Mehrere schwere Unfälle waren schon die Folge einer solchen Fehleinschätzung bezüglich der Systemzuverlässigkeit. Kritisch können solche Systeme auch dann werden, wenn der Fahrer gesundheitliche Probleme bekommt und dies vom System nicht erkannt wird.

Paradebeispiel dafür ist der so genannte Aschaffburger Fall aus dem Jahr 2012. Nachdem der Fahrer eines Pkw wegen eines Schlaganfalls nicht mehr fahren konnte, wurde das Fahrzeug mittels des Spurhalteassistenten unter Beibehaltung der hohen Außerorts-Ge-

schwindigkeit auf der Fahrbahn gehalten und in den Ort geleitet. Hier kam es zur tödlichen Kollision mit mehreren Fußgängern. Ohne die Systeme wäre das Fahrzeug noch vor Erreichen der Ortseinfahrt von der Fahrbahn abgekommen. Ohne Frage ist das Nutzenpotenzial solcher Systeme auch in Bezug auf die Verkehrssicherheit deutlich höher als die daraus resultierenden Risiken, wenn die Systemgrenzen offen kommuniziert werden und die Nutzer die erforderliche Sorgfalt walten lassen. Allerdings kommt es auch immer wieder vor, dass seitens der Her-

steller durch Leistungsbeschreibungen oder auch die Namensgebung bei der Käuferschaft Erwartungen geweckt werden, die vom System so nicht erfüllt werden können. Zur rechtlichen Absicherung sind die Limitationen dann zwar in der Bedienungsanleitung der Fahrzeuge dargestellt, bei der Kundschaft bleiben aber die plakativen Werbeaussagen haften.

Auch Level-3-Systeme müssen mit Vorsicht betrachtet werden. Bei diesem Automatisierungsgrad dürfen sich die Fahrer unter be-

stimmten Voraussetzungen fahrfremden Aufgaben zuwenden. Kommt das System an seine Grenzen, werden die „fahrenden“ Personen aufgefordert, das Steuer zu übernehmen. Diskussionen gibt es dabei immer wieder über die notwendige Dauer der Vorwarnzeit, innerhalb derer die Verkehrssituation überblickt werden muss und eine richtige Reaktion möglich ist. Gerade bei plötzlich auftretenden komplexen Situationen stellt dies hohe Anforderungen an die Fahrer. Mit weiter zunehmendem Automatisierungsgrad geht zudem die alltägliche

## Mensch und Maschine

**Infrastruktur, Nutzer und Fortbewegungsmittel – das sind nach heutigem Konsens die Säulen jedes globalen und systemischen Ansatzes im Bereich der Verkehrssicherheit. Innerhalb dieses Dreiklangs stehen der Mensch und die Maschine seit jeher in einer besonderen Wechselbeziehung.**

Durch die Geschichte der Mobilität, ob mit Zugtieren oder mechanischen Antrieben, zieht sich wie ein roter Faden der Wunsch des Menschen, die jeweilige Technologie zu beherrschen. Ob ein Pferd gezähmt oder die Mechanik eines Fahrzeugs unter Kontrolle gebracht werden muss, es geht im Grunde um dasselbe: etwas zu beherrschen, das komplex und – einmal in Bewegung – bisweilen unberechenbar und potenziell auch gefährlich ist.

Seit seiner Einführung am 31. Dezember 1922 ist der Führerschein folgerichtig vor allem der Nachweis, dass sein Inhaber fähig ist, ein Fahrzeug technisch zu beherrschen. In der Straßenverkehrsordnung selbst ist dieser Grundsatz in fast schon philosophischer Weise verankert: „Der Fahrzeugführer muss ständig bereit und in der Lage sein, alle ihm obliegenden Fahrmanöver souverän und unverzüglich auszuführen“ (Art. R.412-6).

Die Gefahren im Straßenverkehr abzuwenden, hieß also insbesondere in den Anfängen des automobilen Zeitalters, so weit wie irgend möglich das vom Fahrzeug selbst ausgehende Risiko zu beherrschen. Seitdem hat sich das Fahrzeug immer stärker zu einem aktiven Akteur für die Sicherheit seines Fahrers und der Passagiere weiterentwickelt. Vom Sicherheitsgurt über das ABS bis zum Airbag: Dass immer weniger Menschen im Verkehr zu Tode kommen, ist ganz wesentlich dem technischen Fortschritt zu verdanken. Das Fortbewegungsmittel – und an vorderster Front das Kraftfahrzeug – ist in Sachen Sicherheit inzwischen ein kompromissloser Verbündeter.

Immer weiter verbreitete und immer zahlreichere Assistenzsysteme sorgen dafür, dass diese Transformation fortschreitet und sich beschleunigt. Noch ist nicht in letzter Konsequenz klar, wohin diese Entwicklung führen wird. Die Direktion für Straßenverkehrssicherheit unterstützt im Übrigen zahlreiche Studien und Forschungsprojekte zum Thema der Assistenzsysteme und zur Frage, welche neuen Herausforderungen sich damit stellen. Es geht darum, die Umstände einer neuen Kooperation zwischen Mensch und Maschine zu beleuchten und besser zu verstehen, wie sich ihre Interaktion mit den Verkehrsteilnehmern in ihrer Gesamtheit gestaltet. Damit die Systeme ihre volle Wirkung entfalten, müssen die Fahrzeugführer ihre Funktionsweise bis ins Kleinste kennen und beherrschen. Hier schließt sich der Kreis.

Auch wenn ich nicht an die Illusion einer technologischen Zukunft glaube, in der die Maschine und ihre künstliche Intelligenz allein ausreichen könnten, um jegliches Risiko im Straßenverkehr zu bannen, bin ich fest davon überzeugt, dass der technische Fortschritt, die kontinuierliche Verbesserung der Assistenzsysteme und deren vollständige Akzeptanz bei ihren Nutzern uns wunderbare Perspektiven bieten, um Verkehrsunfälle wirksamer zu verhindern.

**Florence Guillaume**

Interministerielle Delegierte der  
Direktion für Straßenverkehrssicherheit





Fahrerfahrung zurück. Genau diese ist aber gerade in den kritischen Fahrsituationen unabdingbar, in denen das System übergibt. Eine Herausforderung, für die es aktuell noch keine wirklich befriedigende Lösung gibt.

Erste Erkenntnisse zum Unfallgeschehen mit hochautomatisierten Fahrzeugen liegen mittlerweile aus den USA vor. Im Rahmen unterschiedlicher Modellprojekte und Forschungsvorhaben sind dort in bestimmten Bundesstaaten hochautomatisierte Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr unterwegs. Die Fahrzeuge sind dabei von jederzeit eingriffsbereiten Menschen besetzt. Gerade im Staat Kalifornien werden Unfälle mit hochautomatisierten Fahrzeugen umfassend registriert. Im Rahmen einer 2019 veröffentlichten Studie der Universität Belgrad wurde das Unfallgeschehen hochautomatisierter Fahrzeuge mit dem konventionell gefahrener an den gleichen Unfallstellen analysiert. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass es zu einer Änderung beim Unfallgeschehen kommt. Abgenommen hat die Zahl der seitlichen Kollisionen und diejenige mit Beteiligung von Fußgängern. Zugenommen hat die Zahl der Auffahrunfälle. Allerdings kam es hierbei zum Auffahren konventioneller Fahrzeuge auf die hochautomatisierten Fahrzeuge.

Gerade im noch auf lange Zeit vorherrschenden Mischverkehr ist dieser Sachverhalt relevant. Konventionelle Fahrer müssen sich an das veränderte Beschleunigungs- und Bremsverhalten der hochautomatisierten Fahrzeuge gewöhnen. Dies setzt zudem eine Erkennbarkeit solcher Fahrzeuge voraus. Unfälle zwischen zwei hochautomatisierten Fahrzeugen waren in der Datenbank nicht vorhanden, ebenso wenig Unfälle mit tödlichem Ausgang. Insgesamt fanden die Kollisionen eher im niedrigen Geschwindigkeitsbereich statt.

Um weitergehende Informationen zum Unfallgeschehen mit automatisierten und hochautomatisierten Fahrzeugen zu erhalten, verpflichtete die US-amerikanische Verkehrssicherheitsbehörde NHTSA alle Betreiber solcher Fahrzeuge dazu, definierte Unfallmeldungen zu erstatten. Im Zeitraum vom 29. Juni 2021 bis zum 15. Mai 2022 kamen so 130 Meldungen zu Unfällen mit Beteiligung mindestens eines Fahrzeugs der Level 3 bis 5 zusammen. Auch die anschließend von der NHTSA durchgeführte Analyse zeigte, dass es sich primär um leichtere Unfälle handelte. Nur in einem Fall kam es zu einer schwer verletzten Person, in drei Fällen

## Auch Level-3-Systeme sind mit Vorsicht zu betrachten

zu mittelschweren und in 12 Fällen zu leichten Verletzungen. Hauptunfallgegner in 78 Prozent der Fälle waren Pkw, SUV, Vans und Pick-up-Trucks. In sieben Fällen kam es zur Kollision mit Fahrrädern, in jeweils zwei Fällen mit Motorrädern und E-Scootern. Kollisionen mit Beschädigung des Hecks des hochautomatisierten Fahrzeugs waren auch bei diesen Fällen deutlich überrepräsentiert.

Im gleichen Zeitraum gingen 392 Unfallmeldungen zu Level-2-Fahrzeugen ein, in denen grundsätzlich der Fahrer in der Verantwortung ist. Allerdings enthielten diese Datensätze eine große Anzahl unbekannter Parameter, insbesondere in Bezug auf Unfallgegner und schwerste Verletzungsfolge. Ebenfalls ließ sich nicht herausarbeiten, um welche Systeme es sich bei den Fahrzeugen genau handelte und ob diese überhaupt eine Relevanz bei der jeweiligen Unfallsituation hatten. Interessant ist dagegen, dass es mit 88 von 246 Fällen, bei denen der Kollisionsgegner bekannt ist, sehr häufig zu Kollisionen mit ortsfesten Objekten

*Ein Mischverkehr auf den Straßen wie in den USA bietet eine gute Forschungsbasis zur weiteren Optimierung der Verkehrssicherheit.*



kam. Auch zwei Kollisionen mit Einsatzfahrzeugen sind auffällig. Kollisionen mit Radfahrern oder Fußgängern traten auch bei Fahrzeugen dieses Automatisierungsgrads mit insgesamt nur drei Fällen sehr selten auf. Allerdings darf in diesem Zusammenhang nicht vernachlässigt werden, dass der Anteil dieser Verkehrsteilnehmergruppen am Modal Split sowie die Form der Schnittstellen regional sehr unterschiedlich und die Kriterien für die Einstufung eines zu meldenden Ereignisses nicht vollkommen einheitlich sind. Ein zu den Fahrzeugen höherer Automatisierungslevel gegenteiliges Bild ergibt sich bei den primär beschädigten Bereichen. Hier dominiert eindeutig die Fahrzeugfront.

Die bisherigen Erkenntnisse zeigen, dass durch ein hohes Automatisierungsniveau durchaus das Potenzial besteht, Unfälle zu vermeiden beziehungsweise deren Folgen zu mindern. Gleichzeitig führt aber der nicht sachgemäße Gebrauch in Form der Nicht-Überwachung bei Fahrzeugen mit Level-2-Systemen zu hohen Unfallrisiken. Auch der zukünftige Mischverkehr von hochautomatisierten und konventionell gesteuerten Fahrzeugen birgt neue Gefahren. Die Annahme, durch einen hohen Automatisierungsgrad die Unfallzahlen in Richtung Null drücken zu können und die Unfallursache „Faktor Mensch“ eliminieren zu können, ist aber falsch. Solange es im Verkehrsraum Schnittstellen zwischen hochautomatisierten Fahrzeugen und durch Menschen beeinflusste Mobilitätsformen gibt, wird es auch zu Unfällen zwischen den Beteiligten kommen.

Das gilt in hohem Maße auch für die ungeschützte Straßenverkehrsteilnahme als Fußgänger oder Radfahrer. Denn während vier- und mehrradrige Kraftfahrzeuge ihre Nutzer durch eine große Zahl an Maßnahmen in den Bereichen der aktiven und passiven Sicherheit vor und bei Kollisionen sowie in kritischen Fahrsituationen schützen, weist die ungeschützte Verkehrsteilnahme mit dem Rad, E-Scooter oder zu Fuß in diesem Bereich Nachteile auf. Hier bringen neue Technologien wie ausgereifte Elektroantriebe mit leistungsfähigen Batterien das Potenzial für die Implementierung von Schutz- und Sicherheitssystemen mit sich, zum Beispiel das ABS für Fahrräder.

Gleichzeitig führen diese technischen Weiterentwicklungen aber auch zu neuen Risiken. Es wird mit höheren Geschwindigkeiten gefahren, vulnerablere Nutzergruppen wie zum Beispiel Menschen im Seniorenalter nutzen das Fahrrad exzessiver und die Möglichkeit zum Transport größerer Lasten oder mehrerer Kin-



*Ungeschützte Verkehrsteilnehmer wie etwa Radfahrer haben bei einem Zusammenstoß mit einem Kraftfahrzeug immer das Nachsehen.*

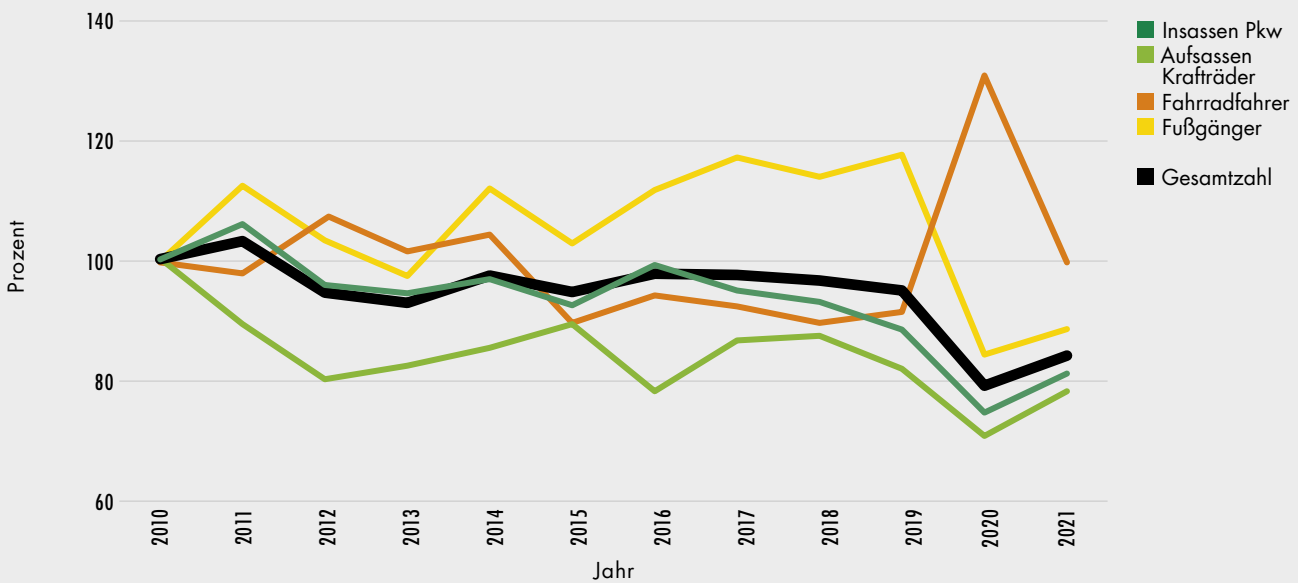
der dank elektrischer Tretunterstützung führt zu immer längeren, breiteren und schwereren Fahrradmodellen. Der vom Kraftfahrzeugbereich her bekannte Trend hin zu immer größeren und schwereren Fahrzeugen setzt sich so im Fahrradbereich fort. Die erforderliche Anpassung der Infrastruktur kann dabei nicht Schritt halten. Im weltweiten Vergleich zeigt sich aber auch, dass die Entwicklungen im Unfallgeschehen durchaus Unterschiede aufweisen, wie eine Analyse der International Road Traffic and Accident Database IRTAD des Internationalen Transportforums der OECD zeigt.

### Weltweit unterschiedliche Entwicklung der Unfallzahlen

So kamen 2021 im Vereinigten Königreich (Großbritannien und Nordirland) insgesamt 1.608 Menschen bei Verkehrsunfällen ums Leben (**Schaubild 3**). Dies sind 297 weniger als 2010 mit 1.905 Getöteten (minus 15,6 Prozent). Bis 2019 kam es bei allen betrachteten Arten der Verkehrsteilnahme, außer bei den Fußgängern, zu einer moderaten Abnahme der Getötetenzahlen auf 82 bis 92 Prozent der Ausgangswerte. Bei den Fußgängern stiegen dagegen die Zahlen nahezu konstant auf 117 Prozent im Jahr 2019. Im Coronajahr 2020 kam es dann bei Pkw und motorisierten Zweirädern zu deutlichen Rückgängen auf 75 Prozent beziehungsweise 71 Prozent der Werte aus 2010. Einhergehend mit den Rückgängen im Pkw-Bereich fiel auch die Zahl aller Getöteten auf 80 Prozent des Ausgangswertes. Extrem deutlich reduzierte sich die Zahl der tödlich verletzten Fußgänger. Der Anteil fiel 2020 auf 85 Prozent des Vergleichswerts aus 2010. Gegenüber dem Jahr 2019 beträgt der Rückgang 32 Prozentpunkte. Gleichzeitig explodierte die Zahl der im Verkehr getöteten Radfahrer – sie stieg in absoluten Zahlen von 102 im Jahr 2019 auf 145 an und erreichte damit den Wert von 131 Prozent gegenüber 2010. Im immer noch durch die Pandemie geprägten Jahr 2021 kam es bei den Radfahrern zu einem erfreulich starken Rückgang auf das Niveau von 2010. Bei den anderen betrachteten Arten der Verkehrsteilnahme sowie bei den absoluten Zahlen kam es wieder zu Anstiegen, wobei hier nirgends das Niveau von 2010 erreicht wurde. Der enorme Anstieg bei den getöteten Radfahrern im Jahr 2020 muss allerdings vor dem Hintergrund gesehen werden, dass laut britischem Verkehrsministerium die Radverkehrsleistung 2020 gegenüber 2019 um 46 Prozent zu-



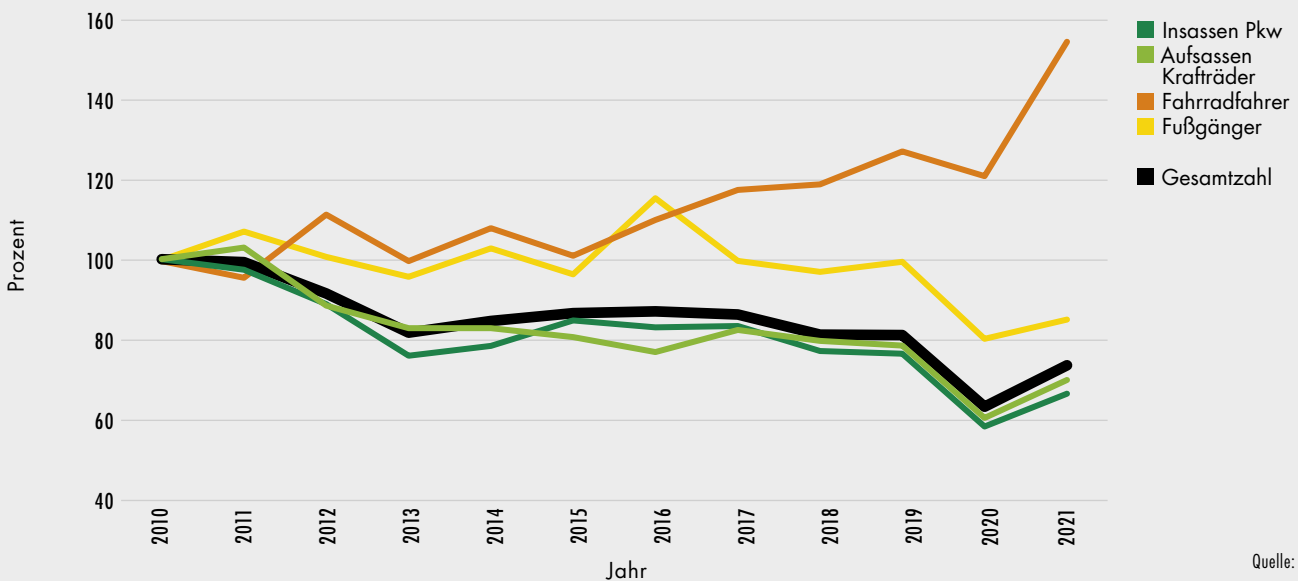
### 3 Entwicklung der Zahl der Verkehrstoten im Vereinigten Königreich



Quelle: IRTAD



### 4 Entwicklung der Zahl der Verkehrstoten in Frankreich



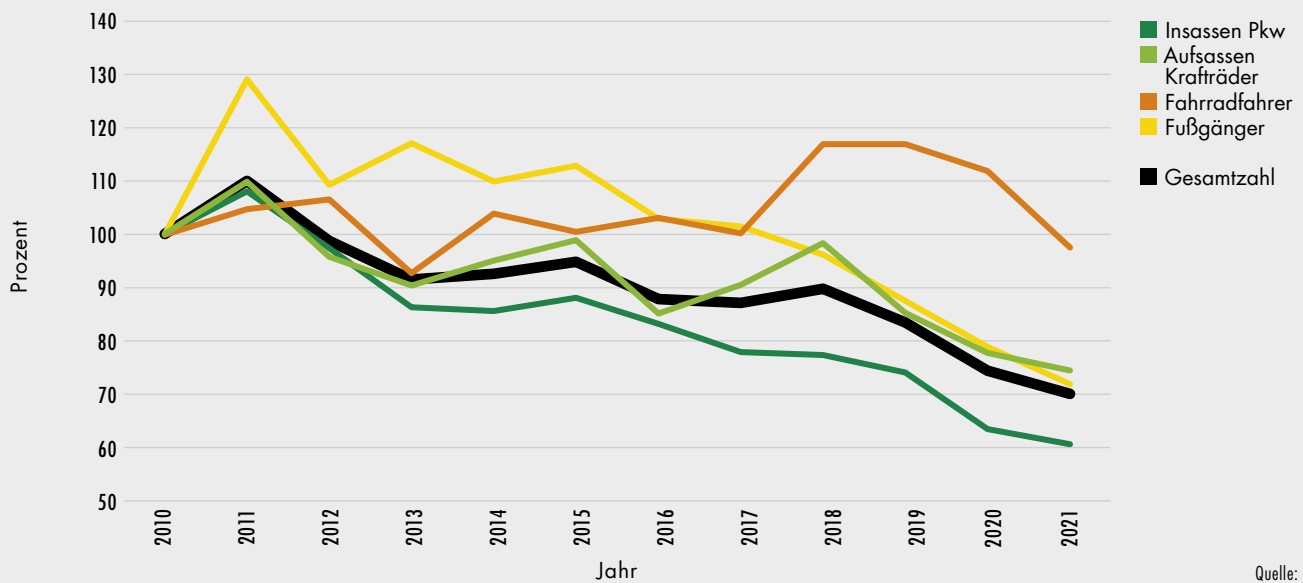
Quelle: IRTAD

genommen hat. Bezogen auf eine Milliarde mit dem Fahrrad zurückgelegter Meilen weist das Verkehrsministerium für 2020 durchschnittlich 28 getötete Radfahrer aus, 2019 lag der Wert bei 29. Die Veränderung ist also marginal, bedeutet aber zum Beispiel gegenüber dem Jahr 2004 mit 52 getöteten Radfahrern je einer Milliarde Meilen doch eine deutliche Verbesserung.

In Frankreich kam es zwischen 2010 und 2013 zu einer deutlichen Reduktion der Zahl der im Straßenverkehr Getöteten (**Schaubild 4**). Von 3.992 fiel die Zahl auf 3.268. Bei genauerer Betrachtung kam es dabei aber nur bei den Nutzern von Kraftfahrzeugen und motorisierten

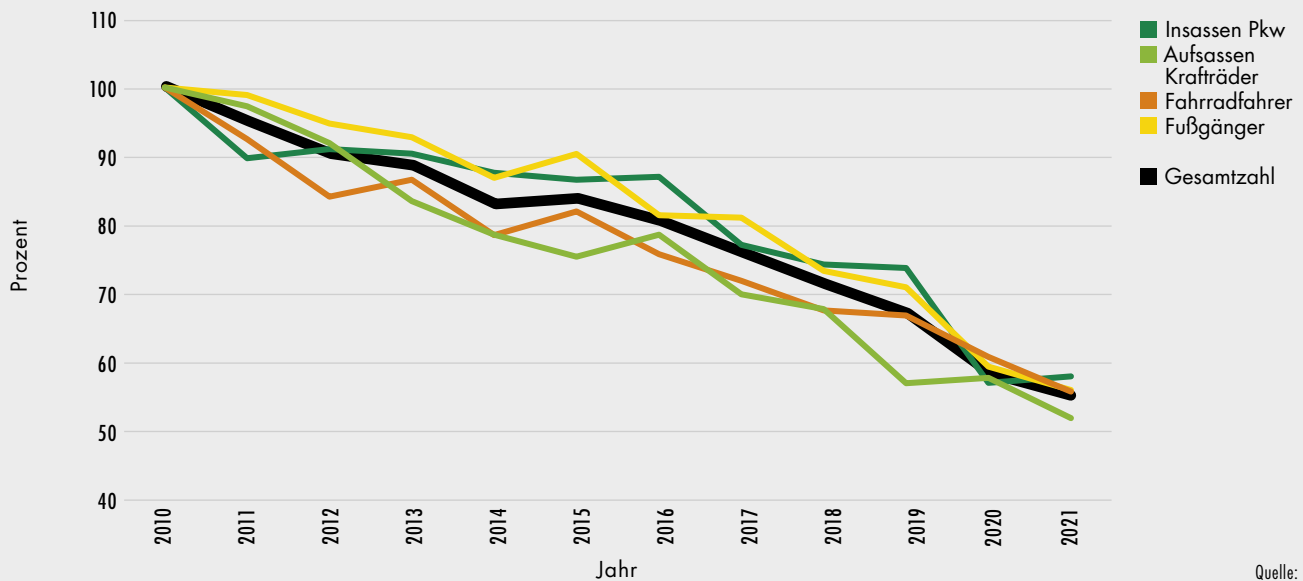
Zweirädern zu einer positiven Veränderung, die Werte für Radfahrer und Fußgänger blieben auf dem Ursprungsniveau. In den darauffolgenden Jahren bis 2019 stagnierten die Werte bei allen Nutzergruppen auf dem erreichten Level, lediglich bei den tödlich verunglückten Radfahrern kam es zu einem Anstieg auf 127 Prozent des Anfangswertes aus 2010. Wie im Vereinigten Königreich folgte im Coronajahr 2020 ein deutlicher Rückgang bei den Zahlen der tödlich Verunglückten, nur beim Radverkehr kam es zu einem weiteren Anstieg. 2021 erhöhten sich auch in Frankreich die Zahlen bei allen betrachteten Arten der Verkehrsteilnahme, wobei die Radfahrer mit einem Zuwachs von nahezu 28 Prozentpunkten überproportional auf 154 Prozent des 2010er-Werts kletterten. Auch in Frank-

**5** Entwicklung der Zahl der Verkehrstoten in Deutschland



Quelle: IRTAD

**6** Entwicklung der Zahl der Verkehrstoten in Japan



Quelle: IRTAD

reich erlebte das Fahrrad während der Pandemie einen regelrechten Boom.

Noch deutlicher als in Frankreich und im Vereinigten Königreich konnte die Zahl der tödlich verunglückten Verkehrsteilnehmer in Deutschland reduziert werden. Sie fiel von 3.648 im Jahr 2010 auf 2.562 im Jahr 2021 und damit auf 70 Prozent des Ausgangswerts (**Schaubild 5**). Auffällig ist, dass es in Deutschland auch im Jahr 2021 sowohl bei der Gesamtzahl als auch bei allen betrachteten Verkehrsteilnehmerarten zu einem Rückgang kam. Laut vorläufigen

Informationen des Statistischen Bundesamts fällt dafür der Anstieg im Jahr 2022 mit einem Plus von rund neun Prozent auf voraussichtlich 2.782 Getötete sehr deutlich aus. Bei der Zahl der getöteten Radfahrer blieb das Niveau bis 2017 konstant, 2018 kam es zu einem Anstieg um über 16 Prozent. Dieser lässt sich insbesondere mit der einsetzenden starken Verbreitung von Pedelecs erklären. Der hohe Wert blieb auch 2019 erhalten. Sehr restriktive Coronaregeln begünstigten dann eine Reduktion in den Jahren 2020 und vor allem 2021, in dem mit 98 Prozent wieder ein Wert knapp

## Autonome Fahrzeuge in Brasilien

**Roberto Saldo**

CEO von Escola Tesla Brasil, Entwicklung  
von Projekten mit Elektrofahrzeugen



Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ist der Straßenverkehr in Brasilien der viertgefährlichste auf dem amerikanischen Kontinent. São Paulo ist der Bundesstaat mit der höchsten Zahl von Verkehrstoten im Land, und Trunkenheit am Steuer ist die zweithäufigste Unfallursache.

Autonome Fahrzeuge werden menschliche Defizite und Fehler im Straßenverkehr beseitigen, die durch die Unaufmerksamkeit müder oder gesundheitlich beeinträchtigter Fahrer verursacht werden. Die Automatisierung bietet eine erhebliche Verringerung der Fehlerquote beim Fahren, insbesondere aufgrund der zunehmenden Interaktion von Fahrzeugen mit „intelligenten“ Städten und Umgebungen.

Da die Technologie in diesem Bereich große Fortschritte macht, ist das autonome Fahren bereits Realität, und es gibt kein Zurück mehr. In Brasilien wäre die Einführung eines solchen Systems mit enormen Schwierigkeiten verbunden, aber keinesfalls unmöglich, und sollte in Angriff genommen werden. Hierbei handelt es sich um eine grundlegende Veränderung sowohl für unser Land als auch für den Rest der Welt. Wir werden dabei jedoch einige Hindernisse überwinden müssen, da die teils mangelhafte Telekommunikationsinfrastruktur es Fahrzeugen erschwert, während der Fahrt überall eine Verbindung zum Internet herzustellen. Zudem müssen die Straßen kartiert und beschildert werden, damit ein autonomes Fahrzeug Straßen, Kreuzungen und das Vorhandensein anderer Fahrzeuge erkennen und interpretieren kann.

Ein weiteres Problem sind die hohen Kosten der Technologie. Bei hochentwickelten Fahrzeugen kostet das Ausstattungspaket 65.000 bis 140.000 US-Dollar, was sich letztlich im Preis des Fahrzeugs niederschlägt. Dies kann ein noch größeres Hemmnis sein, wenn der Verbraucher noch nicht ganz bereit ist und eine Eingewöhnungszeit benötigt, um sich bewusst für den Erwerb dieser Option zu entscheiden, während die Verlagerung des Eigentums an Fahrzeugen von Privatpersonen hin zu Carsharing-Unternehmen nicht stattfindet.

Die Gesetzgebung bei uns in Brasilien scheint ebenfalls nicht auf autonome Autos vorbereitet zu sein, wenn es darum geht, das Lenkrad in die Hand zu nehmen. In Artikel 252 der brasilianischen Straßenverkehrsordnung (CTB) wird es beispielsweise als Verstoß betrachtet, „das Fahrzeug nur mit einer Hand zu lenken, sofern nicht vorgeschriebene Armsignale gegeben werden, der Gang gewechselt wird oder Teile der Fahrzeugausstattung und Zubehör aktiviert werden“.

Ganz zu schweigen von den fehlenden Rechtsgrundlagen für den Betrieb vorhandener Technologien in solchen Fahrzeugen (Radar, Kameras, Sensoren). In diesem Zusammenhang sei auch auf künstliche Intelligenz und das komplexe Problem der Haftung bei Unfällen hingewiesen.

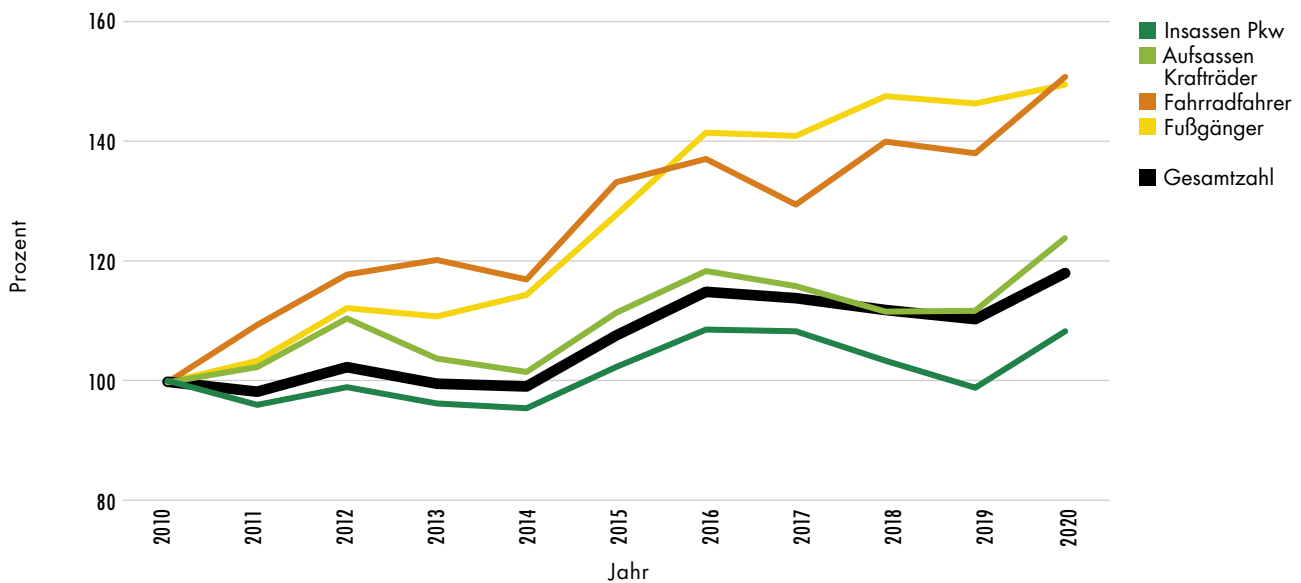
Veränderungen sind nicht immer günstig, aber wenn autonome Fahrzeuge Leben retten können, sind die Investitionen gerechtfertigt. Ich bin davon überzeugt, dass es sich hierbei nicht nur um ein technisches Problem, sondern vielmehr auch um eine moralische Frage handelt: Wenn wir jetzt nicht auf diese viel sicherere Technologie umstellen, werden wir uns der Kritik künftiger Generationen stellen müssen.

unter dem Ausgangsniveau von 2010 erreicht wurde. Auch hier kam es 2022 zu einem starken Anstieg – mit 484 getöteten Radfahrern lag der Wert wieder deutlich über demjenigen von 2010. Gegenüber 2021 stieg die Zahl der getöteten Radfahrer in Deutschland um etwa 26 Prozent an, bei den getöteten Pedelec-Fahrern betrug die Zunahme sogar 55 Prozent (von 137 auf 210).

Beeindruckend positive Zahlen weist Japan auf. Hier kam es über alle betrachteten Arten der Verkehrsbeteiligung hinweg zu einem konstanten und deutlichen Rückgang bei der Zahl der Verkehrstoten (**Schaubild 6**). Bezogen auf 2010 konnte die Zahl bis 2021 auf 55 Prozent des Ausgangswerts reduziert werden. Besondere Einflüsse durch Corona lassen sich aus den Daten nicht ablesen. Die japanischen Erfolge sind – auch im Hinblick auf die in Japan sehr ausgeprägte Alterung der Gesellschaft – als besondere Leistung zu würdigen. Gründe für den positiven Trend gibt es dabei viele. Zielgerichtete Verkehrssicherheitsprogramme, ein an die in großen Städten vorhandene Infrastruktur angepasster Fahrzeugbestand mit vorwiegend kleinen Fahrzeugen, die starke Limitation öffentlicher Parkmöglichkeiten am Fahrbahnrand, ein gut ausgebauter und zuverlässiger ÖPNV und eine strikte Verkehrsüberwachung sind nur einige Beispiele.



### Entwicklung der Zahl der Verkehrstoten in den USA



Quelle: IRTAD

Ein deutlich abweichendes Bild ergibt sich bei den Zahlen aus den USA. Zwischen 2010 und 2020 stieg die Zahl der tödlich verunglückten Verkehrsteilnehmer von 32.999 auf 38.824 (**Schaubild 7**). Dies entspricht einem Anstieg auf 118 Prozent des Ausgangswerts. Zu Zuwächsen kam es bei allen betrachteten Arten der Verkehrsteilnahme, überproportional stiegen die Zahlen bei den Fußgängern und Radfahrern – und zwar im Betrachtungszeitraum auf rund 150 Prozent des Ausgangswerts, wobei auch in den USA beide Formen der Fortbewegung stark an Popularität gewonnen haben. 2019 kam es bei allen betrachteten Arten der Verkehrsteilnahme zu Rückgängen, die aber nur sehr marginal ausfielen. Bei den amerikanischen Zahlen muss zudem beachtet werden, dass ein großer Teil des Fahrzeugbestands in das Segment der so genannten Light Trucks fällt, also große SUV und Pick-up-Trucks. Diese sind im Diagramm nicht ausgewiesen.

### Ungeschützte Verkehrsteilnehmer haben nach wie das höchste Unfallrisiko

Insgesamt macht die Gegenüberstellung deutlich, dass trotz vergleichbarer Technik in den Fahrzeugen deutliche Unterschiede im Unfallgeschehen bestehen. Regionale Unterschiede beim Modal Split (Aufteilung der Verkehrsleistung auf unterschiedliche Mobilitätsformen), den Verkehrsregeln, dem Ahndungsdruck bei Verstößen, der Qualität der Fahrausbildung, dem Zustand und der Art der eingesetzten Kraftfahrzeuge sowie der Infrastruktur, aber auch gesellschaftliche Unterschiede begründen diese Differenzen maßgeblich. Ein Blick über Grenzen hinweg und der Wille, zur Realisierung der Vision Zero entsprechende Ver-

Fußgänger müssen – ebenso wie Radfahrer und die unterschiedlichen Formen der Mikromobilität – im Bemühen um mehr Verkehrssicherheit verstärkt in den Fokus gerückt werden.



## Wohl oder Wehe des automatisierten Fahrens: Ist bequem noch sicher?

**Dr. Hartmut Fischer**

Facharzt für Rechtsmedizin, Brandenburgisches  
Landesinstitut für Rechtsmedizin, Potsdam



Laut einem Medienbericht vom 29.12.2022 auf t-online.de hat die Polizei auf der Autobahn den „schlafenden Fahrer“ eines Teslas festgestellt und mit viel Mühe geweckt. Nach Angaben der Polizei habe sich das Fahrzeug bei konstant 110 Kilometern pro Stunde und exakt gleichbleibendem Abstand zum vorausfahrenden Streifenwagen bewegt. Der Mann habe mit geschlossenen Augen auf dem Fahrersitz gesessen und die Hände nicht am Lenkrad gehabt. Bei der Kontrolle habe er „drogentypische Ausfallerscheinungen“ gezeigt. Im Fußraum fanden die Beamten den Angaben zufolge ein sogenanntes Lenkradgewicht. Diese Vorrichtung wird an das Lenkrad angebracht, um eine Sicherheitsfunktion des Fahrzeugs auszutricksen, indem vorgetauscht wird, dass sich die Hand am Steuer befindet.

Bezogen auf die fünf Level automatisierten Fahrens – also von Level 0 (ein Mensch fährt komplett selbst) bis hin zu Level 5 (das Fahrzeug fährt fahrerlos beziehungsweise autonom) – ist der Tesla auf Level 2 teilautomatisiert unterwegs, was jedoch erfordert, dass der Fahrer das Verkehrsgeschehen komplett überwacht. Assistenzsysteme können Funktionen wie automatisches Einparken, Spurhalten, allgemeine Längsführung, Beschleunigen und Abbremsen übernehmen. Wiederkehrende Medienberichte in den vergangenen Jahren über Zwischenfälle mit für Beteiligte tödlichem Ende bei Nichteinhaltung der Überwachung durch die fahrzeugführende Person unterstreichen die Problematik der Überschätzung der Fähigkeiten des Fahrzeugs und der Verführung, es sich hinter dem Steuer bequem zu machen.

Ungeachtet aktueller Automatisierungstendenzen kam es im Herbst 2010 auf einer Bundesstraße zu einer Frontalkollision zwischen einem Mittelklassewagen und einem Kleinwagen im Gegenverkehr. Die nur etwa 1,50 Meter große und adipöse, unverschuldet in die Kollision verwickelte Fahrerin des Kleinwagens erlitt infolge der kollisionsbedingten Krafteinleitung einen Bruch der Halswirbelsäule mit Abriss des Hirnstamms nahezu im Sinne einer inneren Enthauptung. Neben weiteren mittelschweren Verletzungen konnten Gurtmarken zum einen schräg von oben nach unten ab der linken Halsseite bis zur rechten Flanke und zum anderen von beiden Beckenkämmen bogenförmig bis auf nahezu Bauchnabelhöhe aufsteigend statt entlang des Unterbauchs festgestellt werden. Die Frau war also unter dem Beckengurt durchgerutscht und hatte sich mit dem Brustteil des Dreipunktgurts im konkreten Fall den Hirnstamm abgerissen. Der Gurt ist also nicht bestimmungsgemäß getragen worden. Die übrigen Verletzungen wären mutmaßlich medizinisch beherrschbar, der Todeseintritt dann vermeidbar gewesen.

Dicke sowie auftragende Kleidung und eine flache Sitzflächenposition in Kombination mit zurückgestellter Rückenlehne – teils aus Bequemlichkeit, teils weil es sportlich wirken soll oder einfach aus Unkenntnis – begünstigen das sogenannte „Submarining“, also das Untertauchen unter dem Beckengurt bei einer Frontalkollision. Wer Sportfahrer schon einmal beobachtet hat, der weiß, dass diese immer sehr aufrecht im Fahrzeug sitzen. Nur das garantiert neben der Gurtwirkung im Fall einer Kollision auch die ständige Kontrolle über das Lenkrad. Da die mitfahrenden Personen keine Fahraufgabe besitzen, wollen sich diese während der Fahrt gerne ausruhen, was bei hoch- bis vollautomatisierten Fahrzeugen dann für alle Insassen gilt. Fahrzeughersteller reagieren bereits mit Systemen, die beispielsweise das Submarining verhindern sollen, indem die Oberschenkel keilförmig angehoben werden und das Becken so von einem Hindernis zurückgehalten wird.

Doch die besten technischen Lösungen nützen nichts, wenn die Unvernunft unvorstellbare Auswüchse annimmt. Und was aktuell noch für mitfahrende Personen gilt, gilt unter Automatisierungsbedingungen ebenso für die Person auf dem Fahrersitz. Es kann immer wieder beobachtet werden, dass Beifahrer aus Bequemlichkeit nicht nur die Rückenlehne zurückgestellt, sondern gleich auch noch die Füße hochgelegt haben.

Fazit: Die Technik kann uns zwar unterstützen, aber nicht die Verantwortung nehmen. Jederzeit die Kontrolle behalten zu können, bedeutet eben auch, jederzeit zu wissen, was gerade passiert. Die im Fahrzeug verantwortliche Person sollte nicht der Verführung unterliegen, sich zu sehr auf die Technik zu verlassen, es sich zu bequem zu machen und eventuell sogar durch Substanzen das Risiko einer Beeinträchtigung der Sinne einzugehen – und sei diese noch so gering.

Die Altersgruppe 65+ ist im Straßenverkehr besonders gefährdet.



änderungen vorzunehmen, sind unabdingbar. Klar wird aber auch, dass überall Radfahrer und Fußgänger und die unterschiedlichen Formen der Mikromobilität in den Fokus gestellt werden müssen, da diese Arten der Fortbewegung massiv an Bedeutung gewinnen.

Wie bereits in den vorhergehenden DEKRA Verkehrssicherheitsreports oder auch in dem 2020 vom European Transport Safety Council veröffentlichten PIN Flash Report 38 dargestellt, muss dabei besonderes Augenmerk auf den urbanen Raum sowie auf Menschen im Alter von 65 und mehr Jahren gelegt werden. So ereignen sich rund 70 Prozent aller tödlichen Fußgängerunfälle im innerstädtischen Bereich. Nahezu die Hälfte aller in der EU bei Verkehrsunfällen Getöteten fallen in die Altersgruppe 65+, wobei deren Anteil an der Gesamtbevölkerung 2021 „nur“ rund 21 Prozent betrug. Bei rund 99 Prozent aller EU-weit registrierten Verkehrsunfälle mit tödlich verletzten Fußgängern waren Kraftfahrzeuge die Unfallgegner. Bei dieser Betrachtung darf allerdings nicht übersehen werden, dass Alleinunfälle im Fußverkehr, in aller Regel verursacht durch eine nicht hindernisfreie Infrastruktur, nicht als Verkehrsunfälle gezählt werden. Die dringende Notwendigkeit für eine möglichst barrierefreie, si-

chere, intakte und selbsterklärende Infrastruktur für Fußgänger kann daher mangels Erfassung nicht aus der Verkehrsunfallstatistik abgeleitet werden. Im Hinblick auf eine alternde Gesellschaft ein fataler Umstand.

Auch bei den tödlich verunglückten Radfahrern in der EU liegt der Anteil der Altersgruppe 65+ mit rund 45 Prozent deutlich über deren Anteil an der Gesamtbevölkerung. Knapp über die Hälfte aller getöteten Radfahrer verunglückt im innerörtlichen Bereich. Wie bereits im Verkehrssicherheitsreport 2020 dargestellt, liegt der Anteil der Alleinunfälle bei den getöteten Radfahrern bezogen auf Deutschland sowohl innerorts mit rund 37 Prozent als auch außerorts mit knapp über 20 Prozent sehr hoch. EU-weit liegt der Gesamtanteil der bei Alleinunfällen Getöteten bei rund 16 Prozent,

**Die General Safety Regulation schreibt in mehreren Phasen verschiedene sicherheitsrelevante Fahrerassistenzsysteme für neue Kraftfahrzeuge verbindlich vor**



wobei hier von in den einzelnen Mitgliedsstaaten unterschiedlich hohen Dunkelziffern bei der Erfassung auszugehen ist. Bei Unfällen mit zwei Beteiligten sind in Deutschland Pkw mit innerorts etwa 31 Prozent und außerorts rund 50 Prozent sowie Lkw (innerorts circa 18 Prozent, außerorts circa 13,5 Prozent) die relevanten Gegner von Radfahrern. Im EU-weiten Gesamtschnitt sind knapp über die Hälfte der Unfallgegner Pkw (53 Prozent), Lkw und Transporter machen etwa 20 Prozent aus.

Unabhängig von der Schuldfrage zeigt dies, dass neben Optimierungen bei der Infrastruktur technische Maßnahmen in den Kraftfahrzeugen ein sehr großes Potenzial zum Schutz ungeschützter Verkehrsteilnehmer haben. Gerade die immer besser werdende Sensorik zur Erkennung von Fußgängern und Radfahrern bietet hier gute Chancen, die Zahl an Unfällen zwischen Kraftfahrzeugen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern deutlich zu senken. Mit der EU-Verordnung 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates aus dem Jahr 2019, der so genannten Vehicle General Safety Regulation, wurde seitens des Europäischen Gesetzgebers genau an diesem Punkt angesetzt.

In neu auf den Markt kommenden Fahrzeugen ist der Einbau von Systemen wie intelligenten Geschwindigkeitsassistenzsystemen, Notbremsassistenten mit Erkennung von Fußgängern und Radfahrern, Rückfahrwarnern oder Abbiegeassistenzsystemen verpflichtend. Bis sich solche Systeme dann im Fahrzeugbestand verbreiten, dauert es allerdings. Gleichzeitig haben aber Städte und Regionen die Möglichkeit, nur noch Fahrzeuge einfahren zu lassen, die mit bestimmten Systemen ausgerüstet sind – zum Beispiel mit der Vorgabe, dass nur noch Lkw mit Abbiegeassistent in bestimmten Bereichen oder im gesamten Stadtgebiet bewegt werden dürfen.

## Gesamtkonzepte sind dringender denn je

Die technischen Fortschritte und die daraus resultierenden Möglichkeiten dürfen dabei aber nicht dazu führen, dass man sich allein darauf verlässt. Die Erfahrungen der DEKRA Unfallforschung zeigen eindeutig, dass sich die meisten Unfälle zwischen ungeschützten Verkehrsteilnehmern und dem motorisierten Verkehr an Kreuzungen und Querungsstellen ereignen. Hier sind Maßnahmen bei der Infrastrukturgestaltung, im Bereich der Überwachung und bei der Verkehrserziehung aller Verkehrsteilnehmer erforderlich. Die Fahrzeugtechnik allein kann nur helfen, einen Teil der Unfälle zu vermeiden. Die in vielen Ländern während der Coronapandemie implementierten Umwidmungen von auf den motorisierten Verkehr ausgelegten Fahrbahnteilen für den Radverkehr, zum Beispiel in Form sogenannter Pop-up-Bikelanes, ist für größere Städte sicher grundsätzlich zu begrüßen. So werden durch die räumliche Trennung geschützter und ungeschützter Verkehrsteilnehmer Sicherheitsräume geschaffen.

Leider fehlt vielerorts aber das notwendige Gesamtkonzept. Die Radwege wurden oftmals auf den Streckenabschnitten zwischen zwei Kreuzungen geschaffen, unmittelbar vor den kritischen Kreuzungen hören sie dann aber wieder abrupt auf. Gleiches gilt für die Kennzeichnung der schnell geschaffenen Radinfrastruktur, die an einigen Stellen alle Beteiligten mehr verwirrt denn Klarheit schafft. Mangels einer aussagekräftigen Vergleichbarkeit der Unfalldaten aus den Pandemie Jahren mit den Jahren davor sind statistische Analysen schwierig. Es steht aber zu vermuten, dass die geschaffene Scheinsicherheit an der einen oder anderen Stelle sogar Unfälle begünstigt.

## Die Fakten in Kürze

- **Fehleinschätzungen bezüglich der Systemgrenzen oder mangelnde Zuverlässigkeit von Fahrerassistenzsystemen führten bereits zu mehreren schweren Unfällen.**
- **Der zukünftige Mischverkehr von hochautomatisierten und konventionell gesteuerten Fahrzeugen birgt neue Unfallgefahren.**
- **Fahrer konventioneller Fahrzeuge müssen sich an das veränderte, eher defensiv ausgelegte Fahrverhalten hochautomatisierter Fahrzeuge gewöhnen.**
- **Die immer besser werdende Sensorik zur Erkennung von Fußgängern und Radfahrern bietet gute Chancen, die Zahl an Unfällen zwischen Kraftfahrzeugen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern deutlich zu senken.**
- **Zielgerichtete Verkehrssicherheitsprogramme haben insbesondere in Staaten wie Japan über die Jahre zu einem konstanten Rückgang der Zahl getöteter Straßenverkehrsteilnehmer geführt. In den USA ist die Entwicklung dagegen extrem gegenläufig.**

## Markante Unfallbeispiele im Detail

### Kombination aus Fahrfehler und technischen Mängeln Pkw gerät in einer Kurve ins Schleudern

#### Unfallhergang:

Ein mit drei Personen besetztes Cabrio geriet bei guten Fahrbahnbedingungen ausgangs einer langgezogenen Linkskurve in einen instabilen Fahrzustand. Das Fahrzeug geriet ins Schleudern, kam eingangs der nachfolgenden Rechtskurve nach rechts von der Fahrbahn ab und fuhr auf eine Böschung. Infolgedessen überschlug sich der Pkw und kam auf dem Dach in Endlage. Die Beifahrerin wurde aus dem Fahrzeug geschleudert.

#### Unfallbeteiligte:

Pkw



- 1 Skizze Unfallverlauf und Endlage
- 2 Annäherung an die Unfallstelle, Driftspuren
- 3 Endlage Pkw

- 4 Beschädigung Pkw
- 5 Undichte Stoßdämpfer Hinterachse
- 6 Benutzer Gurt, Fahrer

#### Unfallfolgen/Verletzungen:

Eine Insassin wurde herausgeschleudert und tödlich verletzt, der Fahrer sowie das Kind auf der Rücksitzbank wurden eingeklemmt und schwer verletzt.

#### Ursache/Problem:

Bei der technischen Untersuchung des Fahrzeugs wurden erhebliche Mängel an den hinteren Stoßdämpfern (undicht) und Reifen (geringer Fülldruck, hohes Alter) festgestellt. Durchfahrt dieser Pkw die dargestellte Kurvenkombination mit einer zu hoch gewählten Geschwindigkeit, können schon geringe Bewegungen des Fahrzeugaufbaus oder Einflüsse aus der Fahrbahnoberfläche zu reduzierten Radaufstandskräften und somit zu geringeren übertragbaren Seitenführungskräften führen und einen instabilen Fahrzustand verursachen. Auf diesen reagierte der Fahrer mit einer zu starken Lenkbewegung, das Fahrzeug geriet ins Schleudern.

#### Vermeidungsmöglichkeiten, Unfallfolgenminderung/Ansatz für Verkehrssicherheitsmaßnahmen:

Trotz Einhaltung der ortszulässigen Höchstgeschwindigkeit lag die gewählte Geschwindigkeit in einem für den technischen Zustand des Fahrzeugs zu hohem Bereich. Die zu heftige Lenkreaktion führte anschließend zum schleudernden Abkommen von der Fahrbahn.

Gerade in hochbeanspruchenden fahrdynamischen Situationen wäre der instabile Fahrzustand durch einen technisch einwandfreien Zustand des Fahrzeugs vermeidbar gewesen. Eine richtige Fahrerreaktion, wie sie zum Beispiel bei einem Fahrersicherheitstraining erlernt werden kann, hätte die Wahrscheinlichkeit des anschließenden Schleuderns reduziert. Bei moderneren Fahrzeugen hätte ein ESP den initialen instabilen Fahrzustand wahrscheinlich trotz der technischen Mängel verhindern können.

Auch heute ist der Sicherheitsgurt noch ein unerlässlicher Lebensretter! Das Herausschleudern der Beifahrerin wäre durch einen korrekt angelegten Sicherheitsgurt verhindert worden, das Risiko tödlicher Verletzungen wäre deutlich verringert worden.

## Fehlende Fahrpraxis

### Leichtkraftrad stürzt in einer Kurve



- 1 Skizze Unfallstelle
- 2 Sicht Kradfahrer
- 3 Endlage Krad
- 4 V-förmige Brems- und Kratzspuren
- 5 Beschädigungen an Sitz, Verkleidung und Auspuff

#### Unfallhergang:

Ein junger Leichtkraftradfahrer (17 Jahre) fuhr bei guten Fahrbahn- und Witterungsbedingungen mit hoher Geschwindigkeit auf einer Bundesstraße. Vor einer scharfen Linkskurve bremste er stark ab und verlor die Kontrolle über sein Zweirad. Das Zweirad stürzte eingangs der Kurve auf die linke Seite und rutschte mit seinem Aufsassen tangential in Richtung Kurvenaußenseite. Während das Zweirad an der Schutzplanke hängen blieb, rutschte der Aufsasse darunter hindurch und kam an einem Schilderpfosten in die Endlage.

#### Unfallbeteiligte:

Leichtkraftrad

#### Unfallfolgen/Verletzungen:

Der Aufsasse wurde schwer verletzt.

#### Ursache/Problem:

Die Kombination aus einer für den Fahrbahnverlauf und das eigene Können zu hohen Geschwindigkeit sowie einer fehlender Fahrpraxis geschuldeten falschen Reaktion aus Bremsen und Schräglage eingangs der Kurve führte zum Sturz. Im weiteren Verlauf wirkte sich die vermeintliche Schutzeinrichtung negativ für den jungen Aufsassen aus, da er unter dieser durchrutschte und sich hierbei und beim Anprall gegen den dahinter befindlichen Pfosten eines Verkehrsschildes schwere Verletzungen zuzog.

#### Vermeidungsmöglichkeiten, Unfallfolgenminderung/Ansatz für Verkehrssicherheitsmaßnahmen:

Die Überschätzung der eigenen Fahrfähigkeiten ist gerade bei jungen Fahranfängern ein bekanntes Problem. Bereits durch Aufklärung in der Fahrschule oder durch gezielte Informationskampagnen können die jungen Fahrer für dieses Thema sensibilisiert werden. Regelmäßige Fahrsicherheitstrainings können die Beherrschung von Fahrzeug und Verkehrssituationen deutlich verbessern. Wenn für ein Motorrad Kurven-ABS verfügbar ist, sollte an dieser Sicherheitstechnik nicht gespart werden. In diesem Fall hätte dieses System die Situation deutlich entschärfen können.

Infrastrukturseitig hätte eine auf den Anprall von Zweiradfahrern optimierte Schutzplanke mit Unterfahrerschutz das Durchrutschen verhindern können. Eine Verwendung von Kurvenleittafeln aus Kunststoff auf Kunststoffpfosten hätte die Intensität des Pfostenanpralls deutlich reduziert.

## Manipulation beeinflusst Fahrerassistenzsysteme Lkw fährt auf Pkw auf

### Unfallhergang:

In Annäherung an ein Stauende verzögerte der Fahrer eines Pkws sein Fahrzeug. Der Fahrer eines nachfolgenden Sattelzugs erkannte das Abbremsen zu spät. Trotz eines Eingriffs des automatischen Notbremsassistenten sowie einer vom Sattelzugfahrer anschließend eingeleiteten Vollbrems- und Ausweichreaktion kam es zur Kollision. Hierbei wurde der Pkw nach rechts geschleudert, der Fahrer tödlich verletzt. Der Sattelzug kam auf dem linken Fahrstreifen in die Endlage.

### Unfallbeteiligte:

Sattelzug, Pkw

### Unfallfolgen/Verletzungen:

Der Pkw-Fahrer wurde tödlich verletzt.

### Ursache/Problem:

Während der Unfallaufnahme wurde festgestellt, dass das EG-Kontrollgerät nicht verplombt war. Im weiteren Verlauf der Unfallrekonstruktion und der technischen Fahrzeuguntersuchung wurde ermittelt, dass das Fahrzeug so manipuliert war, dass von der Sensorik eine zu niedrige Fahrgeschwindigkeit ausgegeben wurde. So konnte eine höhere Geschwindigkeit gefahren werden, während eine niedrigere Geschwindigkeit aufgezeichnet und angezeigt wurde. Da das zu niedrige Geschwindigkeitssignal auch an die Fahrerassistenzsysteme gesendet wurde, war deren Effektivität stark beeinträchtigt.

Der eingebaute Notbremsassistent hatte die Situation erkannt und die Fahrerwarnung sowie eine automatische Vollbremsung eingeleitet. Da die tatsächliche Ausgangsgeschwindigkeit deutlich über den zulässigen und auch vom System zugrunde gelegten 80 km/h lag, konnte nur wesentlich weniger Geschwindigkeit abgebaut, geschweige denn die Kollision gänzlich verhindert werden.

### Vermeidungsmöglichkeiten, Unfallfolgenminderung/Ansatz für Verkehrssicherheitsmaßnahmen:

Der Unfall wäre für den Lkw-Fahrer vermeidbar gewesen, wenn er das Verkehrsgeschehen aufmerksam beobachtet und die zulässige Höchstgeschwindigkeit eingehalten hätte. Er hätte rechtzeitig auf den gut sichtbaren Stau reagieren und den Unfall mittels normalem Abbremsen oder gegebenenfalls Ausweichen vermeiden können.

Des Weiteren hätten der Unfall vermieden oder die Unfallfolgen deutlich reduziert werden können, wenn der Notbremsassistent die korrekten Geschwindigkeitssignale erhalten hätte, um entsprechend zu reagieren. In modernen, technisch komplexen Fahrzeugen kann schon eine einfach erscheinende Veränderung weitreichende und oftmals gefährliche Folgen haben.



- 1 Skizze Kollisionsstellung
- 2 Unfallstelle
- 3 Beschädigung Lkw
- 4 Beschädigung Pkw
- 5 Bremsspur Lkw und Schlagmarke

## Person will bei Dunkelheit die Straße überqueren Pkw erfasst Fußgänger

### Unfallhergang:

Ein Pkw-Fahrer befuhr bei Dunkelheit eine leichte Linkskurve einer Landstraße. An einer Kreuzung mit Fußgängerüberweg betrat ein alkoholisierter Jugendlicher aus einer Gruppe heraus bei Rotlicht die Gegenfahrbahn. Der Jugendliche erkannte die Gefahr eines dort herannahenden Pkws und begann zu laufen. Er lief in Fahrtrichtung gesehen von links auf den Fahrstreifen des Pkws und wurde ungebremst von diesem erfasst und tödlich verletzt.

### Unfallbeteiligte:

Pkw, Fußgänger

### Unfallfolgen/Verletzungen:

Der Fußgänger wurde tödlich verletzt

### Ursache/Problem:

Aufgrund der dunklen und kontrastarmen Kleidung des Fußgängers sowie einer erschwerten Wahrnehmbarkeit durch das Ablendlicht eines entgegenkommenden Fahrzeugs war der Fußgänger erst zu einem sehr späten Zeitpunkt für den Pkw-Fahrer zu erkennen. Der Kurvenverlauf trug zusätzlich dazu bei, dass sich der Fußgänger beim Betreten der Fahrbahn im peripheren Sichtbereich des Fahrers befand.

### Vermeidungsmöglichkeiten, Unfallfolgenminderung/Ansatz für Verkehrssicherheitsmaßnahmen:

Um die Situation vor Ort darzustellen, wurde ein lichttechnisches Gutachten erstellt. Wird vorausgesetzt, dass der Fahrer bei einer peripheren Wahrnehmung die beiden bewegten Beine des Fußgängers erkennen muss, um hieraus eine Reaktionsaufforderung abzuleiten, war dieser für ihn erst dann zu erkennen, als der Unfall bereits räumlich nicht mehr zu vermeiden war.

In Deutschland ereignen sich durchschnittlich die Hälfte aller Fußgängerunfälle bei Dunkelheit und Dämmerung. Damit Kameras und Sensoren von Notbrems- und Nachtsichtassistenten in der Dunkelheit mehr wahrnehmen als das menschliche Auge, müssen mehrere Bausteine intelligent kombiniert werden – zum Beispiel Radar-/Lidarsensoren mit Infrarotkameras. Somit werden Gefahren rechtzeitig erkannt, und eine schnelle Reaktion kann erfolgen.

Für den Fußgänger wäre der Unfall vermeidbar gewesen, wenn er nicht bei Rotlicht die Straße überquert hätte oder den gut sichtbaren Pkw hätte passieren lassen.



- 1 Skizze Kollisionsstellung
- 2 Sicht Pkw
- 3 Beschädigung und Spuren Pkw
- 4 Position Reaktionsaufforderung (Sicht Leuchtdichtkamera)
- 5 Position Reaktionsaufforderung (Sicht menschliches Auge)

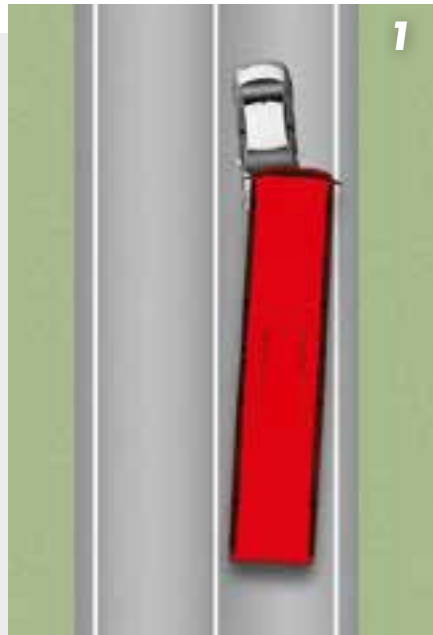


## Häufiges Unfallszenario

### Bus und Pkw kollidieren frontal

#### Unfallhergang:

Ein Pkw und ein Bus befuhren bei Dunkelheit eine Bundesstraße in entgegengesetzter Richtung. Trotz Schneefall war die Straße sicher befahrbar, da sie bereits geräumt und gestreut war. Die Fahrbahnmarkierungen waren gut zu erkennen. Ohne erkennbaren Grund kam der Pkw-Fahrer auf den Fahrstreifen der Busfahrerin. Diese reagierte mit einer Abbremsung und einem Ausweichmanöver, konnte aber die Kollision nicht mehr verhindern. Es kam zu einer Frontalkollision, bei der der Pkw mit 90 Prozent und der Bus mit etwa 50 Prozent Überdeckung zusammenstießen.



- 1 Skizze Kollisionsstellung
- 2 Unfallstelle
- 3 Beschädigungen Bus
- 4 Bus Fahrerplatz
- 5 Beschädigungen Pkw
- 6 Kollisionsstelle mit Schlagmarken auf der Bus-Fahrbahn



#### Unfallbeteiligte:

Pkw, Bus

#### Unfallfolgen/Verletzungen:

Der Pkw-Fahrer wurde tödlich, die Busfahrerin schwer verletzt.

#### Ursache/Problem:

Auch wenn an diesem Morgen winterliche Bedingungen herrschten, war die Straße eis- und schneefrei. Die Straßenverhältnisse erklären nicht das Abkommen des Pkw-Fahrers von seinem Fahrstreifen. Ebenso lag bei keinem der beiden Fahrzeuge ein technischer Mangel vor, der den Unfall herbeigeführt oder sich unfallbegünstigend ausgewirkt hätte. Es ließ sich im Nachhinein nicht mehr feststellen, ob der Fahrer des Unfallfahrzeugs durch Ablenkung, Sekundenschlaf oder gesundheitliche Probleme auf die Gegenfahrbahn geraten war.

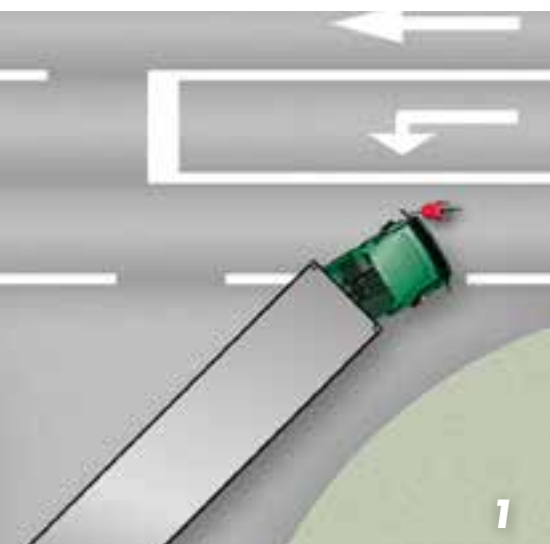
#### Vermeidungsmöglichkeiten, Unfallfolgenminderung/Ansatz für Verkehrssicherheitsmaßnahmen:

An diesem Morgen waren die Fahrbahnmarkierungen (durchgezogene Mittellinie, Randmarkierung) sehr gut erkennbar. Ein Spurhalte-Assistenzsystem hätte diese Markierungen gut erkennen können. Es hätte den Fahrer rechtzeitig warnen oder durch einen Lenk-/Bremsengriff davon abhalten können, seinen Fahrstreifen zu verlassen. Im Fall von Sekundenschlaf hätte ein Aufmerksamkeitsassistent den Fahrer warnen können.

Die Weiterentwicklung der Erkennung entgegenkommender Fahrzeuge für eine stetige Verbesserung von automatischen Spurhalte- und Notbremsassistentensystemen muss vorangetrieben werden, die Verbreitung in möglichst allen Fahrzeugklassen ist wichtig.

Die Ablenkung vom Straßenverkehr durch Smartphones, Infotainmentsysteme oder in Folge sonstiger fremder Tätigkeiten ist unbedingt zu unterlassen.

## Von links kommend übersehen Lkw erfasst Pedelec



- 1 Skizze Kollisionsstellung
- 2 Unfallstelle
- 3 Gegenüberstellung
- 4 Sichtverdeckung A-Säule
- 5 Abbiegeassistent aktiv

### Unfallhergang:

Ein Lkw-Fahrer fuhr bei Tageslicht von der Autobahn ab und wollte nach rechts auf eine Landstraße einbiegen (der Blinker war gesetzt). Auf dieser vorfahrtsberechtigten Straße näherte sich von links am rechten Fahrbahnrand ein Pedelec-Fahrer. Der Lkw-Fahrer reduzierte seine Geschwindigkeit und fuhr in die Landstraße ein. Dabei kam es zur Kollision zwischen dem Pedelec-Fahrer und der linken vorderen Ecke des Lkw. Im weiteren Verlauf wurde der Pedelec-Fahrer vom linken Vorderrad der Sattelzugmaschine überrollt und starb noch an der Unfallstelle.



### Unfallbeteiligte:

Lkw, Pedelec

### Unfallfolgen/Verletzungen:

Der Pedelec-Fahrer wurde tödlich verletzt.

### Ursache/Problem:

Der Lkw war mit einem Abbiegeassistenten ausgerüstet. Dieser wurde auch durch das Setzen des Blinkers aktiviert. Allerdings erfasst das System nur die rechte Fahrzeugseite. Da sich der Pedelec-Fahrer von links annäherte, wurde der Lkw-Fahrer nicht gewarnt.

Für den Lkw-Fahrer war es schwierig, den Pedelec-Fahrer in der Annäherungsphase an die Kreuzung zu erkennen, da dieser die meiste Zeit durch die linke A-Säule und die Spiegel verdeckt wurde.

### Vermeidungsmöglichkeiten, Unfallfolgenminderung/ Ansatz für Verkehrssicherheitsmaßnahmen:

Der Unfall hätte vermieden werden können, wenn der Lkw-Fahrer sein Fahrzeug komplett abgebremst und dem Pedelec-Fahrer die Vorfahrt gewährt hätte. Nach wie vor führen die Einschränkungen bei der direkten und indirekten Sicht aus Lkw zu großen nicht einsehbaren Bereichen. Durch die häufig höheren Geschwindigkeiten von Pedelec-Fahrern bei gleichzeitig schmaler Silhouette ist das Risiko groß, sich in einem toten Winkel zu befinden. Auf ein schnelles und flüssiges Einfahren optimierte Kreuzungsbereiche können hier das Risiko weiter erhöhen.

Durch die Elektrifizierung im Fahrradbereich und die weite Verbreitung von Pedelecs und S-Pedelecs sind diese auch auf Außerortsstraßen sehr häufig anzutreffen. Kraftfahrer müssen immer öfter mit schnellen Radfahrern rechnen und ihr Fahrverhalten entsprechend anpassen.

Weiterentwicklungen bestehender Abbiegeassistentensysteme dahingehend, dass sie auch Situationen wie diese oder auch den Einsatz im Linksverkehr abdecken, sind wünschenswert.

Für den Pedelec-Fahrer wäre der Unfall nur dann vermeidbar gewesen, wenn er auf seine Vorfahrt verzichtet hätte. Radfahrer sollten sich der oftmals schlechten Sicht aus Lkw und der gleichzeitig hohen fahrerischen Komplexität bei Abbiegemanövern bewusst sein.

## Im toten Winkel

### Pkw kollidiert beim Fahrstreifenwechsel mit Motorrad

#### Unfallhergang:

Ein Lkw, ein Pkw und ein Motorrad befuhren (in dieser Reihenfolge) den linken Fahrstreifen einer Autobahn-Überleitung. Sowohl der Motorrad- als auch der Pkw-Fahrer entschlossen sich dazu, den Lkw rechts zu überholen. Beim Fahrstreifenwechsel des Pkw nach rechts kam es zur Kollision mit dem Motorrad. Dieses befand sich seitlich rechts neben dem Pkw. Beide Fahrzeuge berührten sich bei ähnlicher Geschwindigkeit. Der Motorradfahrer kam zu Fall, rutschte über die Fahrbahn und kam schwer verletzt auf dem Standstreifen in seine Endlage.

#### Unfallbeteiligte:

Pkw, Motorrad, indirekt ein Lkw

#### Unfallfolgen/Verletzungen:

Der Motorradfahrer wurde schwer verletzt, der Pkw-Fahrer wurde leicht verletzt.

#### Ursache/Problem:

Die Ursache der Kollision lag darin, dass sowohl der Pkw- als auch der Motorradfahrer unzulässigerweise den auf dem linken Fahrstreifen fahrenden Lkw rechts überholen wollten.

Im Nachhinein ist nicht mehr rekonstruierbar, ob der Motorradfahrer für den Pkw-Fahrer – selbst bei konsequentem Blick in die Rückspiegel und Schulterblick – erkennbar gewesen wäre. Auch bei Pkw gibt es tote Winkel, die der Fahrer nicht direkt oder über die Spiegel einsehen kann. Befindet sich der Motorradfahrer in einer Position rechts und leicht nach hinten versetzt mit Abstand neben dem Pkw, so ist er für den Pkw-Fahrer nicht erkennbar.

#### Vermeidungsmöglichkeiten, Unfallfolgenminderung/Ansatz für Verkehrssicherheitsmaßnahmen

Der Unfall wäre vermieden worden, wenn sich sowohl der Pkw- als auch der Motorradfahrer an die Verkehrsregeln gehalten und nicht versucht hätten, rechts zu überholen. Warum sich der Lkw nicht an das Rechtsfahrgebot gehalten hat, ließ sich nicht klären.

Dieser Unfall hätte eventuell verhindert werden können, wenn von beiden Überholenden der beabsichtigte Fahrstreifenwechsel rechtzeitig und deutlich durch Betätigung der Fahrtrichtungsanzeiger angekündigt worden wäre. Wenn im Pkw ein Totwinkel-Assistent verbaut gewesen wäre, hätte dieser den Pkw-Fahrer vor dem Motorrad gewarnt, und der Fahrer hätte den Spurwechselvorgang bei entsprechender Beachtung der Warnung



- 1 Skizze Kollisionsstellung
- 2 Unfallstelle
- 3 Schaden-Korrespondenz
- 4 Position toter Winkel
- 5 Motorrad ist nicht direkt sichtbar (Schulterblick)
- 6 Motorrad ist nicht indirekt sichtbar (Spiegel)

rechtzeitig abbrechen können. Bei diesem Assistenten erfolgt die Warnung optisch im Außenspiegel, bei manchen Systemen in besonders kritischen Situationen auch zusätzlich akustisch.



## Rückfahrassistent mit Notbremsfunktion hätte helfen können Pedelec prallt gegen rückwärts fahrenden Transporter



1 Skizze Unfallablauf und Kollisionsstellung 2 Unfallstelle 3 Gegenüberstellung 4 Sicht Pedelec  
5 Nachgestellte Sicht Kamera und rechter Spiegel 6 Angenommene Sicht eine Sekunde vor Kollision

### Unfallhergang:

In einem Wohngebiet fuhr ein Transporter rückwärts in einer engen Straße. Zeitgleich wollte eine Pedelec-Fahrerin an einer T-Kreuzung rechts in diese Straße abbiegen. Im Kreuzungsbereich wird die Sicht durch eine Hecke und einen Zaun verdeckt. Unmittelbar nach dem Abbiegevorgang kam es zur Kollision der Pedelec-Fahrerin mit der hinteren rechten Ecke des Transporters. Die Fahrerin kam zu Fall und wurde schwer verletzt.

### Unfallbeteiligte:

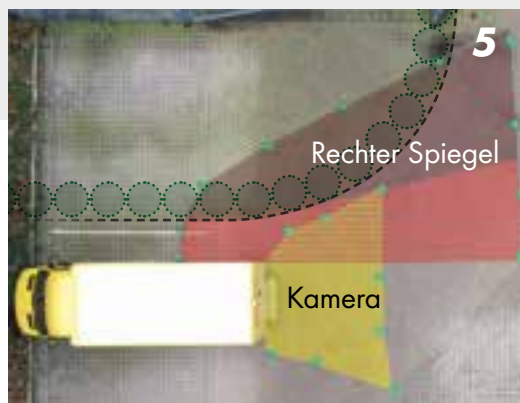
Transporter, Pedelec

### Unfallfolgen/Verletzungen:

Die Pedelec-Fahrerin wurde schwer verletzt.

### Ursache/Problem:

Die Sicht beider Verkehrsteilnehmer zueinander war durch eine Hecke und einen Zaun stark eingeschränkt. Die Pedelec-Fahrerin konnte den Transporter erst kurz vor der Kollision sehen, als sie um die Kurve gefahren war. Für den Transporter-Fahrer, dessen Fahrzeug mit einer Rückfahrkamera ausgestattet ist, war das Pedelec nur kurz im rechten Seitenspiegel erkennbar und erst unmittelbar vor der Kollision auch in der Rückfahrkamera.



### Vermeidungsmöglichkeiten, Unfallfolgenminderung/ Ansatz für Verkehrssicherheitsmaßnahmen:

Der Unfall wäre für die Fahrerin des Pedelec vermeidbar gewesen, wenn sie damit gerechnet hätte, dass aus der vorfahrtsberechtigten Wohnstraße ein breiteres Fahrzeug „entgegenkommt“, beziehungsweise die eingeschalteten Rückfahrcheinwerfer registriert und entsprechend abgebremst hätte.

Die höheren Beschleunigungen und Geschwindigkeiten von Pedelegs sind gewöhnungsbedürftig. Entsprechende Fahrsicherheitstrainings sind dringend zu empfehlen und diese Erfahrung hätte der Pedelec-Fahrerin vielleicht geholfen, in dieser Situation anders zu reagieren und eventuell die Unfallfolgen zu reduzieren.

Der Transporter-Fahrer wurde von einer Rückfahrkamera unterstützt, durch deren Erfassungsbereich das Pedelec aber erst zu spät angezeigt werden konnte. Gerade für primär innerörtlich eingesetzte Zustell- und Kurierfahrzeuge ist ein Rückfahr-Assistent mit Notbremsfunktion wünschenswert. So hätte zumindest die Kollisionsgeschwindigkeit des Transporters reduziert werden können. Ein verbessertes Rückfahr-Videosystem oder auch ein akustischer Rückfahrwarner hätten ebenfalls das Potenzial zur Unfallvermeidung oder zumindest Unfallfolgenreduzierung gehabt.



## Überfordert und abgelenkt durch zu komplizierte Bedienung?

Um menschliche Unzulänglichkeiten und Fehlverhalten am Steuer eines Kraftfahrzeugs bis zu einem gewissen Grad zu kompensieren, setzt die Automobilindustrie schon seit Jahren verstärkt auf Fahrerassistenzsysteme, die kritische Verkehrssituationen frühzeitig erkennen, vor Gefahren warnen und im Bedarfsfall auch aktiv in das Geschehen eingreifen können. Dass sich dadurch Unfälle vermeiden oder zumindest deren Folgen mindern lassen, ist nicht zu bestreiten. Zu bedenken ist aber gleichzeitig, dass mit dem immer höheren Automatisierungsgrad die Komplexität der Systeme weiter zunimmt und für den Menschen die Technik möglicherweise nur noch bedingt beherrschbar bleibt.

Die zunehmende Automatisierung im motorisierten Straßenverkehr, von der man sich unter anderem weniger Unfälle mit Personenschaden und damit weniger Getötete und Verletzte erhofft, ist nicht aufzuhalten. Für eine nachhaltige Erhöhung der Verkehrssicherheit kommt es allerdings auf die Optimierung von menschlichen und technischen Stärken gleichermaßen an. Während die Technik überaus zuverlässig und fehlerfrei klar definierte Operationen wie Zählen, Messen oder Ausführen einer Reiz-Reaktionsverbindung auch dauerhaft und ohne Qualitätsverlust innerhalb der Systemgrenzen umsetzen kann, liegen die menschlichen Stärken in der Intuition, einem Verkehrsverständnis trotz komplexer Bedingungen und einem zeitnah verfügbaren Situationsbewusstsein. Multitasking gehört dagegen eher nicht zu den menschlichen Stärken, da die Fähigkeit, Informationen aus unterschiedlichen Eingangskanälen gleichzeitig verarbeiten zu können, begrenzt ist.

Dies spricht für eine kooperative Mensch-Maschine-Schnittstelle, die die Technik an die neurobiologisch limitierte Fahrkompetenz anpasst und dabei die Einschränkungen in der menschlichen Wahrnehmung und Leistungsfähigkeit kompensiert, um Handlungsfehler zu vermeiden. Auf den Stufen des assistierten Fahrens soll die Technik den Fahrer durch Information, Warnung oder mechanische Regelung bei der Bewältigung seiner Fahraufgabe unterstützen, ohne ihn zusätzlich zu belasten oder in seiner Verantwortung einzuschränken. Dazu muss der Fahrer jedoch die Funktionsweise sowie die Grenzen der Fahrerass-

## Aufklärung über Fähigkeiten und Systemgrenzen ist für hohe Akzeptanz unabdingbar

**Prof. Dr. Andreas Riener**

Professor für Human Machine Interface & Virtual Reality  
an der Technischen Hochschule Ingolstadt (THI)



Die Technik des automatisierten wie auch des vernetzten und autonomen Fahrens bietet zweifelsohne große Chancen, die Verkehrssicherheit und den Komfort von Fahrer und Insassen zu erhöhen. In der Öffentlichkeit wird automatisiertes Fahren jedoch oft so kommuniziert, dass man dank dieser Systeme während der Fahrt schlafen, lesen und essen kann. Das entspricht selbstverständlich noch nicht der Realität.

Ein weiteres Problem in der öffentlichen Diskussion ergibt sich durch die verschiedenen Automatisierungsstufen. Zu bedenken ist dabei, dass nicht das Fahrzeug einem gewissen Automatisierungslevel entspricht, sondern dass die Automatisierung auf Funktionsebene definiert wird. Ein automatisiertes Fahrzeug kann beispielsweise mit einem Spurhalteassistenten ausgestattet sein (Level-1-Automatisierung), einen Staupiloten enthalten (Level-3-Automatisierung) und einen Einparkpiloten für „Valet Parking“ in einem Parkhaus besitzen (Level-4-Automatisierung). Die Vielfalt der Funktionen, die jeweils in bestimmten Situationen und auf unterschiedlichen Automatisierungsstufen arbeiten, macht deutlich, wie schwierig es für den Endverbraucher ist, die Komplexität der Systeme zu verstehen – und damit einerseits Vertrauen zu gewinnen, andererseits auch Systemgrenzen und damit Zuständigkeitsbereiche zu erkennen.

Grundsätzlich dürfen automatisierte Systeme nicht den Eindruck erwecken, dass sie alles können – zumal der Fahrer zumindest bis zur Level-3-Automatisierung jederzeit bereit sein muss, die Kont-

rolle wieder zu übernehmen, wenn das Fahrzeug ihn dazu auffordert. Von entscheidender Bedeutung ist aus meiner Sicht deshalb ein grundlegendes Verständnis der Operational Design Domain, die für die Sicherheit speziell von hochautomatisierten Fahrzeugen eine ganz wesentliche Rolle spielt. Gemeint sind damit die spezifischen Betriebsbedingungen respektive Voraussetzungen, unter denen die Systeme überhaupt funktionieren.

Insofern sind aus meiner Sicht vor allem die Hersteller mehr denn je in der Pflicht, genauestens darüber zu informieren, was welche Systeme tatsächlich können, wie sie sich in der jeweiligen Verkehrssituation verhalten und warum das so ist. Diese Aufklärung halte ich auch vor dem Hintergrund einer möglichst hohen Akzeptanz automatisierter Systeme seitens der Gesellschaft für unabdingbar. Denn Tatsache ist doch: Wenn zum Beispiel ein Premiumhersteller eine Assistenzfunktion anbietet, haben die Verbraucher üblicherweise volles Vertrauen in deren Funktionsfähigkeit. Wenn aber einmal etwas passiert, braucht es lange, bis dieses Vertrauen wieder aufgebaut ist. Zahlreiche Systeme

sind darüber hinaus schlecht parametrisiert und erfordern zu viele Bestätigungen des Fahrers in Bezug darauf, was er tun darf und was nicht. Der Fahrer wird bevormundet und ist dadurch möglicherweise genervt.

Wie automatisiert ein Fahrzeug auch sein mag: Es darf nicht vergessen werden, dass am Steuer ein Mensch sitzt, der Fehler machen kann und mit den verbauten Systemen unter Umständen überfordert ist. Insofern gilt es, in hohem Maße die Mensch-Maschine-Interaktion zu berücksichtigen. Vorstellbar wären dabei auch in regelmäßigen Abständen wiederkehrende Trainings, in denen nachzuweisen ist, dass man mit den Systemen umzugehen weiß – erst recht im Falle der Übernahmeaufforderung bei Level 3. Last but not least sollte der Umgang mit automatisierten Systemen ein Bestandteil der Fahrausbildung sein – insbesondere in den niederen Automatisierungsstufen mit häufiger Fahrer-Fahrzeug-Kooperation.

sistenzsysteme (FAS) und Automatisierungslevel kennen und sich einer bestimmungsgemäßen Verwendung verpflichtet fühlen.

Auch wenn zunächst vorwiegend leichte Aufgabenelemente aus der Fahraufgabe auf die Maschine übertragen werden, ist jedoch eine Zurückbildung fahrrelevanter menschlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten zu befürchten. Diese „Dequalifikation“ wurde bereits in einer Arbeit von Lianne Bainbridge vor etwa 40 Jahren als Teil der „Ironien der Automation“ beschrieben. Die zentrale Aussage dieses Konzepts lautet: Je stärker die Automatisierung, desto weniger ist der Mensch in der Lage, sie zu beherrschen. Getreu dem Motto „Übung macht den Meister“ wird durch den Wegfall der Übungsmöglichkeit genau das Gegenteil

bewirkt: Kompetenzverlust infolge fehlenden Trainings fahrrelevanter Fähigkeiten und Fertigkeiten („use it or lose it“), was wiederum die rasche, zuverlässige und angemessene Bewältigung einer Gefahrsituation erschwert.

### Übertriebenes Vertrauen in das technische System

Ein weiterer unerwünschter Nebeneffekt ist ein Zustand der Unterforderung, ablesbar am Nachlassen der Aktivierung und der Daueraufmerksam-

## Ein als gering wahrgenommenes Risiko führt möglicherweise zu schnellerem Fahren

keit des Fahrers. Diese „Überforderung durch Unterforderung“ ist im „Yerks-Dodson-Gesetz“ beschrieben: Menschen machen bei einem mittleren Aktivierungslevel die wenigsten Fehler und erbringen die beste Leistung. Ist die Aktivierung zu niedrig, besteht die Gefahr, dass wichtige Signale übersehen werden. Gleichzeitig werden durch zu niedrige Aktivierung und daraus resultierender Monotonie beim Fahrer Anreize gesetzt, diesen zumeist negativ erlebten Zustand zu beenden und sich aktiv einer reizintensiveren Umgebung zuzuwenden. Dies führt zu bewusst herbeigeführten Ablenkungseffekten, zum Beispiel unter Nutzung von Kommunikations- und Informationssystemen, also zur Beschäftigung etwa mit einem Tablet oder einem mobilen Telefon. Die Liste von „Risiken und Nebenwirkungen“ des hochautomatisierten Fahrens ließe sich beliebig fortsetzen.

Das menschliche Gehirn generiert auf der Basis bereits gespeicherter Informationen Erwartungswerte über mögliche zukünftige Störungen der Automation. Läuft alles stets nach Plan, störungsfrei und effektiv, signalisiert das kognitive Vorhersagemodell eine „vollständige Funktionstüchtigkeit“ und das Gehirn reduziert die Überwachungsgüte. Es entwickelt sich ein übertriebenes Vertrauen in das technische System, das zu mangelnder oder nachlässiger Überwachung der (Teil-) Automation durch den Fahrer sowie zur vollständigen Verantwortungsdelegation an das automatisierte System führt. Gleichzeitig wird eine Scheinsicherheit durch Assistenzsysteme erzeugt, die dazu führen kann, dass sich der Fahrer durch die elektronischen Helfer bestens geschützt empfindet und möglicherweise riskanter fährt.

Die 1982 von Gerald J. S. Wilde aufgestellte „Risiko-Homöostase-Theorie“ bietet einen theoretischen Erklärungsansatz für dieses Phänomen und sagt potenziell ausbleibende langfristige Verbesserungen durch die Nutzung von Fahrerassistenzsystemen voraus. Danach nehmen Fahrer zu jedem Moment ein subjektives Risiko wahr und vergleichen es während der Fahrt ständig mit einem maximal akzeptierten Risiko. Weichen diese Werte voneinander ab, so passen Fahrer ihr Verhalten an, um diese Diskrepanz aufzulösen. Übersteigt beispielsweise das wahrgenommene Risiko aufgrund schlechter Sichtverhältnisse das akzeptierte Risiko, so lässt es sich durch eine langsamere Fahrweise reduzieren. Wird das Risiko jedoch als geringer wahrgenommen als das akzeptierte Risikoniveau, so können hieraus Verhaltensweisen wie zum Beispiel schnelleres Fahren resultieren, die wiederum mit einem objektiv höheren Unfallrisiko einhergehen. Man könnte vereinfacht sagen: Ein technisch induzierter „Schutzengelglaube“ verändert die Selbstkalibrierung der Risikobereitschaft und lässt die subjektive Risikobereitschaft ansteigen.



*Ob inner- oder außerorts: Überhöhte oder nicht angepasste Geschwindigkeit führt nicht selten zu schweren Verkehrsunfällen.*

## Fahrerassistenzsysteme können Tausende von Leben retten

**Mar Cogollos**

Direktorin der AESLEME (Asociación para el Estudio de la Lesión Medular = Vereinigung zur Untersuchung von Rückenmarksverletzungen)



**Die im Automobilbereich angewandten Fahrerassistenztechnologien beheben eine Reihe gravierender Unzulänglichkeiten, die bereits hinreichend bekannt sind und sich unter der Rubrik „menschliches Versagen“ zusammenfassen lassen.**

Man weiß, dass etwa 90 Prozent der Verkehrsunfälle auf eben dieses menschliche Versagen zurückzuführen sind – unter anderem aufgrund von unangemessener Geschwindigkeit, Ablenkungen, Schläfrigkeit, mangelndem Sicherheitsabstand usw. Und obwohl es so großen Bedarf nach Verkehrserziehung gibt, müssen wir akzeptieren, dass es auch mit kontinuierlichen Aufklärungskampagnen sowie polizeilichen Kontrollen und Strafen praktisch unmöglich ist, die Unfallrate – und ihre katastrophalen Folgen – auf null und damit auf den einzig akzeptablen Wert zu senken.

Denn selbst, wenn uns allen klar ist, was wir am Steuer, beim Überqueren einer Straße oder beim Fahren mit dem Roller oder dem Fahrrad zu tun beziehungsweise zu lassen haben, legen wir uns häufig eine Ausrede zurecht und sagen uns: „Ach, es wird schon nichts passieren.“ Oder: „Ich passe ja auf.“ Oder: „Ich ignoriere das Stoppschild nur, weil ja niemand kommt.“

Aber Maschinen – oder Fahrerassistenzsysteme – lassen sich nicht zu solchen individuellen

Auslegungen oder Entscheidungen verleiten, sondern halten sich an die für ihr ordnungsgemäßes Funktionieren vorgegebenen Regeln beziehungsweise Parameter. Je autonomer also die Fahrzeuge sind, desto weniger Spielraum bleibt für das menschliche Versagen am Steuer und seine tragischen Folgen.

Bis zur vollständigen Autonomie im Straßenverkehr können die Fahrerassistenzsysteme laut den Ergebnissen verschiedener Studien Tausende von Leben retten – sei es allein mit optischen und/oder akustischen Warnfunktionen oder bei höheren Automatisierungsstufen durch Übernahme der Kontrolle durch das Fahrzeug – zum Beispiel durch Einleiten einer Bremsung bei einer drohenden Kollision oder einem unmittelbar bevorstehenden Crash.

Nach neuesten Erkenntnissen erfüllen diese Systeme nicht nur die Funktion, den Fahrer zu warnen, damit dieser auf einen plötzlichen Spurwechsel oder einen querenden Fußgänger reagiert, sondern sie sorgen auch für die dauerhafte Anpassung des Fahrverhaltens. So lässt sich beispielsweise bei Firmenflotten anhand von Fahrerassistenz- und Telematiksystemen Risikoverhalten identifizieren und korrigieren, wodurch ein sichereres Fahrverhalten bewirkt werden kann. Auch ein Einsatz im After-Sales-Bereich ist denkbar, was eine gute Lösung darstellt, da 44 Prozent der Gesamtfahrzeugflotte in Spanien ein Alter über 15 Jahre aufweist.

Wir bei der AESLEME sind daher der Ansicht, dass die Fahrerassistenztechnologie eine optimale Ergänzung der allzeit notwendigen Verkehrserziehungsmaßnahmen darstellt und dazu beiträgt, in nicht allzu ferner Zukunft die Zahl der Verkehrstoten auf null zu senken.

### Bestimmungsgemäße Nutzung ist Grundvoraussetzung

Ein weiteres Problem besteht darin, dass bei zu vielen Fehlern in der Automation das Vertrauen in das jeweilige FAS sinkt. Eine Warnfunktion, die beispielsweise zu empfindlich eingestellt ist und mit einer hohen Frequenz Rückmeldungen an den Fahrer meldet oder zu viele Fehlalarme auslöst, wird nicht selten als störend oder belästigend empfunden. Das reduziert die Akzeptanz respektive die Bereitschaft zur Verantwortungsdelegation der Kontrolle an das System. Wesentliche Akzeptanzkomponenten sind neben einer positiven Einstellung zum FAS der wahrgenommene Nutzen und die wahrgenommene Benutzer-

freundlichkeit. Zusätzliche akzeptanz erhöhende Faktoren sind eine befürwortende Meinung über FAS im sozialen Umfeld sowie die Kompatibilität und finanzielle Erschwinglichkeit der Systeme. Der wahrgenommene Nutzen wird definiert als der Grad, in dem eine Person glaubt, dass die Verwendung eines bestimmten Systems ihre Fahrleistung verbessern würde.

Unabhängig von der Akzeptanz besteht ein kritischer Faktor darin, dass die technischen Systeme auch bestimmungsgemäß genutzt und nicht übersteuert werden. Dabei müssen die Nutzer (hoch-)automatisierter Systeme auch die Vorgaben der Hersteller umsetzen, um nicht neue Gefahrensituationen zu generieren. Hier stellt sich die Frage, wie mit Fahrern umgegangen werden soll, die sehr bewusst die Herstellervorgaben ignorieren oder umgehen.

Die fortschreitende Entwicklung von Informations-, Steuerungs- und Regeltechnologien schafft vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten

*Sicherheitsrelevante Funktionen im Fahrzeug sollten nicht unbedingt über Touchscreens bedient werden.*



für eine situativ und zeitlich angepasste Informationsdarbietung ebenso wie für zuverlässige und verständliche Bedienkonzepte. Außerdem kann sich die Cockpitgestaltung an unterschiedlichen Nutzergruppen, ihren Bedürfnissen und Interessen orientieren. Ein optimaler Datentransfer zur Unterstützung der Informationsverarbeitung und Orientierung des Fahrers sollte nach einem 2020 erstellten Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie zu Fragen der ergonomischen Fahrzeuggestaltung folgende Kriterien berücksichtigen: Die dargebotenen Informationen müssen rechtzeitig, relevant, situationsspezifisch, adäquat und klar verständlich sein. Außerdem müssen sie vom Fahrer akzeptiert werden und ihn zum erwünschten Verhalten motivieren.

## Effektive Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen

Anforderungen an effektive und transparente Bedienkonzepte sind in den letzten Jahren vor allem für FAS entwickelt worden. Ein optimales Assistenzsystem sollte, wie bereits erwähnt, die Kriterien der Akzeptanz und der Benutzerfreundlichkeit erfüllen. Dazu gehören unter anderem die Eigenschaften Kontrollierbarkeit und Transparenz. Assistenzsysteme sind kontrollierbar, indem sie die Ausführung bestimmter (Teil-)Aufgaben unterstützen oder übernehmen, aber auch deaktivierbar sind. Auch sollten die FAS sicherstellen, dass die

Abgabe und Übernahme der Fahrzeugkontrolle unter allen Bedingungen fehlerfrei, mit ausreichendem zeitlichen Vorlauf sowie störungsfrei abläuft.

Transparente Assistenzsysteme sorgen dafür, dass sich der Fahrer ein verlässliches Bild von der Mensch-Maschine-Interaktion machen kann – dass er also die Logik des Systems versteht. Die Einfachheit und leichte Erlernbarkeit eines Systems sind weitere benutzerfreundliche Faktoren. Ist eine intuitive Nutzung von Systemen möglich, dann steigt die Nutzerakzeptanz. Schwer zu erlernende, komplex aufgebaute Systeme reduzieren häufig die Akzeptanz und werden dementsprechend seltener oder schlimmstenfalls auch falsch genutzt.

Zur anspruchsvollsten Nebenaufgabe der Fahrer ist die Interaktion mit dem „In-Vehicle Infotainment System“ (IVIS) geworden. Effektiv gestaltete Schnittstellen ermöglichen es Fahrern, das System mit minimaler Ablenkung erfolgreich zu bedienen, so dass die Fahrsicherheit nicht beeinträchtigt wird. Informationssysteme in Fahrzeugen sind heutzutage oft bildschirmbasiert und machen Eingaben durch das Berühren bestimmter Schaltflächen erforderlich. Häufig sind nur noch ausgewählte Funktionen über Schalter oder Tasten zu bedienen. Parallel zur Einführung neuer Assistenzsysteme steigt die Zahl der Funktionen, mit denen Nutzer konfrontiert werden. Insofern ist es erforderlich, eine möglichst effektive und verkehrssichere Menü-Navigation zu entwickeln.

## Nutzer unterscheiden sich in ihren Präferenzen

Untersuchungen verschiedener Web-Menü-Designs ergaben, dass die Suchleistung bei Pull-Down-Menüs, bei denen die Menüführung über ein aufklappbares Bedienelement erfolgt, im Vergleich zu globalen und lokalen Auswahlménüs besser war. Der Einfluss auf die Informationssuche wurde anhand von Such- und Browsingaufgaben gemessen, bei

denen der Nutzer entweder konkrete Informationen möglichst schnell finden musste oder zwischen allen Produktangeboten ein passendes auszuwählen sollte. Für eine Suchaufgabe wurden bei Verwendung eines globalen oder lokalen Auswahlménüs im Vergleich zum Pull-Down-Menü längere Bedienzeiten benötigt.

Die Entwicklung von Assistenzsystemen folgt oftmals dem Ansatz, ein System für den durchschnittlichen Nutzer zu entwickeln. Studien zeigen jedoch, dass sich Nutzer in ihren Präferenzen unterscheiden. Deshalb können flexibel gestaltete und personalisierbare Systeme Vorteile bieten. Beispielsweise werden ACC-Systeme bevorzugt, bei denen der Nutzer die Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug an die eigenen Präferenzen anpassen kann. Diese hängen wiederum vom gegenwärtigen Zustand sowie der Stimmung des Nutzers ab und können sich im Laufe der Zeit und mit der Erfahrung ändern. Im Hinblick auf Informations- und Warnsysteme ist es daher grundsätzlich empfehlenswert, sie so zu konzipieren, dass sie sich flexibel an wechselnde Präferenzen der Nutzer anpassen lassen.

### Moderne Cockpitgestaltung mit Touchscreens

Eine wichtige Funktion im Kraftfahrzeugverkehr haben die Cockpits, die heute neben den klassischen Schaltern und Knöpfen immer mehr aus Displays bestehen. In der Instrumententafel befinden sich häufig der Drehzahlmesser, das Tachometer, die Kraftstoff-Füllstandsanzeige und diverse Warn- und Kontrollleuchten. Neuere Cockpit-Generationen verbinden Knöpfe, Schalter sowie die Instrumententafel über ein integriertes und interaktives Bedienkonzept mittels eines berührungsempfindlichen Bildschirms, dem sogenannten Touchscreen. In den meisten Fahrzeugen sind dabei resistive Touchscreens verbaut, die aus zwei leitfähigen Schichten bestehen und beim Berührungsdruk miteinander verbunden werden.

Die kontinuierliche Weiterentwicklung von Touchscreen-Technologien liefert allerdings Hinweise auf eine begrenzte Benutzerfreundlichkeit resistiver Touchscreens gegenüber neuen Technologien wie zum Beispiel Ultraschallwellen, Infrarot-Licht oder Messung der Kapazitätsänderung. Diese Art von Touchscreens erfordern weniger Berührungsdruk, bieten eine bessere Auflösung und unterstützen Multi-Touch-Eingaben.

Auch für gestenbasierte Eingaben wurden mittlerweile Technologien entwickelt. Die Idee ist, dass man bestimmte Gesten in der Luft ausführt, die von Sensoren oder Kameras registriert werden und bestimmte Funktionen auslösen. Diese innovativen Steuerungs-Technologien führen zu weniger fehlerhaften Eingaben und kürzeren Eingabezeiten, wobei

gleichzeitig die Erfahrungsbildung beim Nutzer gefördert wird und Verkehrssicherheitsrisiken zum Beispiel durch Ablenkung minimiert werden können. Bisher gibt es noch kein Set an Gesten, das allgemein für Eingaben akzeptiert und genutzt wird. Studien zeigen jedoch, dass gestenbasierte Konzepte präferiert werden, die intuitiv und natürlich sind, bei denen die Bewegungen also der zwischenmenschlichen Kommunikation ähneln. Des Weiteren wird angenommen, dass sich gestenbasierte Eingaben für bestimmte Infotainment-Funktionen besser eignen als für Aufgaben, die mit der primären Fahraufgabe assoziiert werden – etwa die Betätigung des Blinkers.

### Kombination aus Touchscreens sowie separaten Tasten erscheint empfehlenswert

Die Anzahl an Funktionen, die Fahrer über Touchscreens bedienen können, hat sich mit der fortschreitenden Entwicklung erhöht. Neben den klassischen Funktionen wie der Bedienung des Navigationssystems oder der Mediennutzung sind mittlerweile bei einigen Herstellern auch Bedienelemente wie etwa die Klimaanlage oder sogar der Scheibenwischer über Touchscreens zu betätigen. Grundsätzlich werden Touchscreens, die ein haptisches Feedback mit einer durch den Finger spürbaren Vibration auf Eingaben geben, von den Fahrern im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit positiv bewertet. Die Bedienung von häufig für die primäre Fahraufgabe verwendeten Elementen wie des Blinkers erfolgt heutzutage noch immer oft über Hebel, Knöpfe oder Tasten, die in der Nähe des Lenkrads positioniert sind. Untersuchungsergebnisse einer Studie des ADAC unterstützen dieses Gestaltungskonzept, bei dem häufig genutzte und sicherheitsrelevante Funktionen über separate, nicht zu weit unten angebrachte Bedienelemente zu betätigen sind.

## Sicherheitsrelevante Funktionen müssen schnell bedienbar sein

Die besten Ergebnisse in der ADAC-Studie erzielten Fahrzeugmodelle mit Controller-basierten Bediensystemen, die über einen Drehregler gesteuert werden. Die Bedienung wichtiger sicherheitsrelevanter Steuerungselemente mit Hilfe von digitalen Menüsystemen und elektronischen Schaltern (Buttons) auf dem Touchscreen des Infotainmentsystems führte zu schlechteren Ergebnissen. Eine Kombination aus Touchscreens sowie separaten Tasten für häufig genutzte und sicherheitsrelevante Funktionen erscheint empfehlenswert, so das Fazit aus der ADAC-Studie. In eine ähnliche Richtung geht auch das Fazit von DEKRA Probandenversuchen, die im Kapitel Technik eingehend beschrieben werden.

Für die Nutzung des Infotainmentsystems mit Features wie Navigation, Kommunikation oder Mediennutzung stellen Touchscreens die bessere Alternative zu Controllern dar. Bei ausreichender Displaygröße, großen Berührungsflächen und einer starken Rechenleistung, die eine flüssige Bedienung gewährleistet, führt die Eingabe über Touchscreens zu kurzen Eingabezeiten, weniger Ablenkung und positivem Nutzerfeedback. Zudem benötigt die Eingabe über einen Controller mehr Zeit als Eingaben am Touchscreen, was zu längeren Ablenkungszeiten während des Fahrens führt.

## Unfallrisiken beim Carsharing

Die effektive Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen gewinnt zukünftig umso mehr an Dringlichkeit, je häufiger Fahrzeuge mit unterschiedlicher technischer und ergonomischer Ausstattung im Wech-

# Die Straßenverkehrsstatistik lügt nicht: Es sterben immer noch zu viele Menschen auf unseren Straßen

**Konrad Romik**  
 Direktor des Sekretariats des Nationalen Rates für Verkehrssicherheit,  
 Ministerium für Infrastruktur der Republik Polen



**Obwohl Polen zu der Gruppe von neun Ländern, die im Jahr 2021 einen Rückgang bei der Zahl der Verkehrstoten verzeichneten, und zu den fünf Ländern gehört, in denen die Zahl der Todesfälle im Vergleich zu 2019 stärker sank als im EU-Durchschnitt (minus 13 Prozent), besteht nach wie vor ein großer Aufholbedarf.**

Das National Road Safety Programme (NRSP) 2021-2030 legt spezifische Ziele sowie Prioritäten für die Maßnahmen fest, deren Umsetzung zu einer wesentlichen Verbesserung der Sicherheit auf polnischen Straßen führen soll. Das NRSP 2021-2030 gibt zwei Hauptprioritäten vor, die bis 2030 erreicht werden sollen: Verringerung der Zahl der Verkehrstoten um 50 Prozent im Vergleich zu 2019 und Senkung der Zahl der Schwerverletzten bei Verkehrsunfällen um 50 Prozent im Vergleich zu 2019. Wir führen zudem die angenommenen Umsetzungsprogramme für das NRSP 2021-2030 systematisch so durch, dass die Synergien der Veränderungen im Sicherheitsdreieck Mensch – Infrastruktur – Fahrzeug erhalten bleiben.

Der Nationale Rat für Verkehrssicherheit und das Ministerium für Infrastruktur führen ständig Aufklärungs- und Informationsmaßnahmen durch. Zudem gibt es eine Reihe von Änderungen, unter anderem bei den gesetzlichen Bestimmungen, um die Sicherheit auf den polnischen Straßen zu verbessern.

Am 1. Juni 2021 traten die geänderten Bestimmungen der Straßenverkehrsordnung in Kraft, durch die die zulässige Geschwindigkeit innerhalb geschlossener Ortschaften unabhängig von der Tageszeit vereinheitlicht, der Umfang des Fußgängerschutzes im Bereich von Fußgängerüberwegen erhöht, eine Verpflichtung zu äußerster Vorsicht gegenüber Fußgängern auferlegt und der Si-

cherheitsabstand zwischen Fahrzeugen auf Autobahnen und Schnellstraßen geregelt wurde. Die vorstehenden gesetzlichen Änderungen wurden von einer landesweiten Informations- und Aufklärungskampagne für Fahrzeugführer und Fußgänger begleitet.

Darüber hinaus traten am 1. Januar 2022 Vorschriften zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in Kraft, durch die die Strafen für die schwersten Verkehrsverstöße verschärft wurden. Diese Änderungen umfassen eine Erhöhung der Bußgelder für Geschwindigkeitsübertretungen sowie harte Strafen für Verkehrsverstöße gegenüber Fußgängern sowie für das Fahren unter Einfluss von Alkohol oder anderen Rauschmitteln. Natürlich wurden die neuen Änderungen von einer Kampagne in der Gesellschaft begleitet, durch die die Öffentlichkeit über die Änderungen und die Folgen der Nichteinhaltung der Vorschriften informiert wurde.

Zu den weiteren Änderungen, die am 17. September 2022 in Kraft getreten sind, gehören Änderungen am Punktesystem. So zum Beispiel die Verlängerung des Zeitraums für den Abbau von Punkten von einem auf zwei Jahre, die Erhöhung der einmaligen Strafe für die schwersten Verkehrsverstöße von 10 auf 15 Punkte sowie die Einführung des sogenannten Rückfalltatbestands – bei einem wiederholten Verstoß innerhalb von zwei Jahren zahlt der Fahrer den doppelten Satz.





*Ob Carsharing oder Miete: Vor Fahrtantritt sollte man sich unbedingt mit den wichtigsten Funktionalitäten im Fahrzeug und deren Bedienung vertraut machen.*

sel genutzt werden. Schließlich beinhalten insbesondere auch angesichts des Klimawandels und einer nachhaltigen Stadtentwicklung erforderliche neue Mobilitätskonzepte neben innovativen technischen Lösungen auch neue Organisationsformen der Verkehrsteilnahme – darunter das Carsharing, also das Konzept einer gemeinschaftlichen Nutzung von Kraftfahrzeugen anstatt sie individuell zu besitzen. Carsharing kann ähnlich wie eine verstärkte Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel das Verkehrsaufkommen reduzieren, die Vernetzung mit anderen Verkehrsmitteln und damit eine multiple Verkehrsmittelwahl erleichtern sowie den Bedarf an Park- und Verkehrsflächen verringern.

Gleichzeitig bedeutet Carsharing eine Loslösung von symbolischen und emotionalen Fahrverhaltensmustern, die mit dem Besitz und dem Eigentumsrecht am privaten Kraftfahrzeug regelmäßig verbunden sind. Dass diese neue Form des Nutzerverhaltens auch zum Sicherheitsrisiko werden kann, zeigen verschiedene Untersuchungen. So ergaben zum Beispiel 2014 in Sydney (Australien) erhobene Daten, dass Carsharing-Nutzer häufiger in Unfälle verwickelt waren, wenn sie selbst kein Auto besaßen, kürzer im Besitz eines Führerscheins waren, in den letzten zehn Jahren bereits Unfälle hatten und im letzten Jahr vor der Studienteilnahme eine höhere Fahrleistung verzeichneten als zuvor. Unfallbeteiligte Carsharing-Fahrern wurde mit höherer Wahrscheinlichkeit die Schuld zugeschrieben, wenn sie im letzten Jahr weniger als 1.000 Kilometer Fahrpraxis hatten und generell nur selten ein Auto benutzen. Darüber hinaus zeigte eine 2019 in Südkorea veröffentlichte Analyse, dass sich die Zahl der Verkehrsunfälle in den untersuchten Städten nach Einführung von Carsharing-Angeboten erhöhte und diese Angebote vor allem einen Einfluss auf die Anzahl der Unfälle von erfahrenen Fahrern (Führerscheinbesitz seit mehr als drei Jahren) hatte.

Aufgrund der mangelnden Studienlage in Europa und speziell im deutschsprachigen Raum nahm sich eine Forschergruppe aus Wien (Österreich) dieses Themas an, indem sie Carsharing im Kontext der Verkehrssicherheit mit Hilfe einer Online-Befragungsstudie näher untersuchte. Hierfür wurden sowohl Carsharing-Nutzer (n = 125) als auch Nicht-Nutzer (n = 194) befragt. Weiterhin wurden qualitative Interviews und moderierte Diskussionen mit Nutzern (n = 6) und Nicht-Nutzern (n = 6) von Carsharing geführt, um Handlungsfelder und Verbesserungsvorschläge für eine höhere Verkehrssicherheit in Bezug auf Carsharing abzuleiten.

## Einweisung in die Fahrzeugbedienung

Die Ergebnisse der Befragung der Carsharing-Nutzer zeigen unter anderem, dass sich 54 Prozent vor dem Losfahren mit dem Carsharing-Fahrzeug sowie seinen Einstellungen vertraut machten. Allerdings beschäftigten sich nur 18 Prozent mit den Fahrerassistenzsystemen. Etwa die Hälfte der Befragten (52 Prozent) gaben an, vor Fahrtantritt nur maximal zwei Minuten Zeit für die Voraussetzungen zur Inbetriebnahme des Fahrzeugs zu investieren. Dazu gehört neben der Aktivierung bei Fahrzeugübernahme auch das Sich-Vertraut-Machen mit den Basisfunktionen des Fahrzeugs. Dies ist innerhalb von zwei Minuten nur sehr oberflächlich und stichprobenartig möglich. Weiterhin gaben 37 Prozent der Befragten an, dass die Assistenzsysteme im Carsharing-Fahrzeug ihnen nicht beziehungsweise eher nicht bekannt waren. Dabei ist zu bedenken, dass sich die Bedienkonzepte sowie das Vorhandensein von Assistenzsystemen in verschiedenen Carsharing-Fahrzeugen mitunter deutlich unterscheiden. Jeder vierte Befragte räumte ein, bereits einmal oder mehrmals gefährliche Situationen mit solchen Fahrzeugen erlebt zu haben. Sieben Prozent hatten mit einem Carsharing-Fahrzeug schon mindestens einen Unfall.

Sowohl Nutzer als auch Nicht-Nutzer sahen vor allem die Einweisung in die Fahrzeugbedienung als relevant für eine verbesserte Verkehrssicherheit an. Unter den Nutzern gaben 33 Prozent an, dass ein veränderter Abrechnungsmodus – weg von den zeitabhängigen Tarifmodellen – sinnvoll sein könnte. Denn zeitabhängige Tarifmodelle erschweren aufgrund der Unkalkulierbarkeit des Fahrtverlaufs die Abschätzung des finalen Preises, so dass mitunter schneller oder unsicherer gefahren wird. Da die Zeit bereits mit Entsperrung des Fahrzeugs läuft, verwendet man

wenig Zeit darauf, sich mit dem Fahrzeug vor Fahrtantritt vertraut zu machen. Deshalb könnten Carsharing-Anbieter beispielsweise Bonusminuten einführen, damit sich die Nutzer genug Zeit nehmen, um sich vor Fahrtantritt mit der oftmals unbekannteren Fahrzeugausstattung zu befassen. Auch sollten Hinweise zur Bedienung des gebuchten Fahrzeugs auf der Plattform des Carsharing-Anbieters angeboten werden.

### Negative Effekte von Fahrerassistenzsystemen

Ganz allgemein versteht man unter FAS elektronische Zusatzeinrichtungen in Kraftfahrzeugen, die den Fahrer in bestimmten Fahrsituationen unterstützen sollen. Die heutigen Konzepte sind gekennzeichnet durch zahlreiche Einzellösungen zur Unterstützung der Fahraufgabe (Informationen, Warnung, Handlungsunterstützung, Handlungsausführung, automatischer Eingriff in die Fahrzeugführung zur Abwendung einer unmittelbaren Gefahr), zum Teil mit Einflussnahme auf die Längs- oder Querverführung beziehungsweise die Navigation. Sie können sich auf spezifische Fahraufgaben wie Einparken oder Kontextbedingungen wie Nachtfahrten beschränken. Als nützliche technologische Helfer sollen sie die Unfallgefahr vermindern, den Fahrkomfort erhöhen sowie die Wirtschaftlichkeit verbessern.

Doch es ist nicht alles Gold, was glänzt, denn FAS werden auch negative Effekte auf die Verkehrssicherheit zugeschrieben, darunter die Vermittlung eines übersteigerten Sicherheitsgefühls und eine Unterschätzung von Ab-

lenkungseffekten. Für beide Phänomene gibt es mittlerweile empirische Belege durch wissenschaftliche Studien. So ging zum Beispiel schon 2010 eine Untersuchung der Frage nach, ob Fahrer nach längerer Nutzung eines Spurhalteassistenzsystems ein übermäßiges Vertrauen in dieses entwickeln und in der Folge negative Verhaltensanpassungen beim Fahrer auftreten.

Hierfür fuhren 30 erfahrene Autofahrer (> 10.000 Kilometer in den letzten 12 Monaten gefahren, Alter > 30 Jahre) eine Strecke im regulären Straßenverkehr in Deutschland, bestehend aus Autobahn- (245 Kilometer) und Landstraßenabschnitten (105 Kilometer). Das Fahrzeug war mit einem System ausgestattet, das den Fahrer bei übermäßiger Spurabweichung durch aktive Lenkbewegungen bei der Querverführung des Fahrzeugs unterstützte. Diese Lenkbewegungen sind durch die Fahrer deutlich wahrnehmbar. Während der Fahrt wurde das System ohne Wissen des Fahrers wiederholt abgeschaltet. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass bei aktivem Spurhalteassistenzsystem ein statistisch signifikant größerer Abstand zu den Fahrbahn-/Fahstreifenbegrenzungen eingehalten wurde im Vergleich zu Fahrten ohne oder mit angeblich, aber nicht tatsächlich aktivem System.

In einem ebenfalls 2010 durchgeführten Fahrsimulator-Experiment in Japan wurde untersucht, ob langfristig die Wirksamkeit von Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) aufgrund von fahrerseitigen Anpassungsprozessen abnimmt. Hierfür wurde das Fahrverhalten mit und ohne Nachtsichtsystem verglichen. Die Teilnehmer (n=10) fuhren im Fahrsimulator mehrfach eine zweispurige Versuchsstrecke (etwa 12,2 Kilometer) unter verschiedenen Bedingungen – ohne beziehungsweise mit Night Vision Enhancement System (NVES). Während der Versuchsreihe wurden die Probanden wiederholt mit einem unsicheren Ereignis (Fußgänger tritt plötzlich und unerwartet die Fahrbahn) konfrontiert.

Zu beobachten war, dass das Bremspedal vor dem Ausweichmanöver bei unsicheren Ereignissen unter der Versuchsbedingung „Fahren mit aktivem NVES“ früher betätigt wurde als beim Fahren ohne Assistenzsystem.



*Ein angelegter Sicherheitsgurt ist und bleibt der Lebensretter Nummer 1.*

## Lassen Sie sich beim Autofahren nicht ablenken

**Rosário Abreu Lima**

Direktorin für institutionelle Kommunikation  
beim Automóvel Club de Portugal



Schon zwei Sekunden sind ausreichend, um einen Unfall zu verursachen. Schätzungsweise werden 25 Prozent aller Verkehrsunfälle durch Unaufmerksamkeit verursacht, wobei 25 bis 30 Prozent der Gesamtfahrzeit mit Unterhaltungsaktivitäten verbracht werden. Wer während der Fahrt zwei Sekunden lang seinen Blick von der Fahrbahn abwendet, erhöht sein Unfallrisiko um das 20-fache. Schon kleine Unaufmerksamkeiten können dramatische oder sogar tödliche Folgen haben. Egal, ob beim Autofahren, Motorradfahren, Radfahren oder Zufußgehen: Die Teilnahme am Straßenverkehr erfordert ungeteilte Aufmerksamkeit.

Mit der wachsenden Bedeutung von Technologien im Alltag, insbesondere beim Autofahren, werden wir immer öfter zum Beispiel durch das Smartphone oder digitale Anzeigen im Auto für kurze Momente abgelenkt. Doch nicht nur die Technologien lenken uns ab, auch wenn sie einen Hauptfaktor darstellen. Essen, Trinken, Gespräche mit Mitfahrern im Fahrzeug oder die Suche nach einem Radiosender sind ebenso gefährlich wie Telefongespräche oder die Suche nach einem Ziel im Navigations- oder Entertainmentssystem.

Noch gefährlicher ist jedoch das Lesen oder Schreiben von Kurznachrichten. Diese Aktivitäten gehören zu den schlimmsten Aufmerksamkeitskillern beim Autofahren. Es dauert im Durchschnitt fünf Sekunden, eine Nachricht zu lesen oder zu schreiben – dies entspricht der Zeit, um ein Fußballfeld bei einer Geschwindigkeit von 90 km/h von einem Ende zum anderen zu überqueren. Mit geschlossenen Augen.

Laut einer Studie der Beobachtungsstelle des portugiesischen Automobilclubs ACP zur Situation der portugiesischen Autofahrer – der größten Studie, die jemals in Portugal durchgeführt wurde – ist die Benutzung des Smartphones während der Fahrt zu einem besorgniserregenden Ablenkungsfaktor geworden: 47 Prozent der Befragten gaben an, während der Fahrt mit ihrem Smartphone zu telefonieren, entweder über die Freisprechanlage oder sogar mit dem Gerät am Ohr. Außerdem gaben 70 Prozent an, dass ihr Fahrzeug nicht mit einem Sprachsteuerungssystem ausgestattet sei.

In der Studie der Beobachtungsstelle des portugiesischen Automobilclubs bestand unter den Teilnehmern die geringste Zustimmung in Bezug auf ein gesetzliches Verbot der Handynutzung am Steuer: Gerade einmal 61 Prozent der Befragten sprachen sich für eine Bestrafung der Nutzung des Smartphones aus, auch unter Verwendung einer Freisprechanlage.

tem. Allerdings war die Fahrzeuggeschwindigkeit generell und vor den kritischen Ereignissen höher als beim Fahren ohne NVES. Da die Versuchsteilnehmer instruiert wurden, eine von ihnen als sicher empfundene Geschwindigkeit zu wählen, könnte der Anstieg der Geschwindigkeit somit auf eine Anpassungsreaktion des Fahrers zurückzuführen sein.

### Veränderte Risikowahrnehmung

Eine italienische Studie aus dem Jahr 2015 untersuchte die Auswirkungen auf das Verhalten und die Akzeptanz eines komplexeren FAS, das über bordeigene Sensoren den umgebenden Verkehr bewertet und den Fahrer beim Erkennen einer Gefahr warnt, jedoch nicht aktiv eingreift. Das FAS verfügt dabei über mehrere Funktionen und unterstützt den Fahrer kontinuierlich über verschiedene HMI-Kanäle. So werden visuelle Informationen auf Displays sowie akustische Warnsignale gegeben. Das Straffen des Sicherheitsgurts ist ein weiterer Kanal, über den das System den Fahrer warnt. Erkennt das System eine Gefahr, gibt es eine Warnung an den Fahrer, die abhängig vom Gefährdungsgrad in ihrer Intensität zunimmt. Konkret warnte das System den Fahrer über ein Symbol auf dem Display, wenn das Geschwindigkeitslimit überschritten wurde. Wenn sich der Fahrer an eine Kurve zu schnell annäherte, wurde erst auf dem Display ein Warnsymbol angezeigt. Schließlich wurde

die Warnung intensiviert, indem ein Alarmton abgegeben wurde und eine Straffung des Sicherheitsgurtes erfolgte.

In dem Feldversuch mit 24 Teilnehmern entlang einer 53 Kilometer langen Teststrecke mit Autobahn- und Landstraßenabschnitten wurden neben positiven Einflüssen auf die Fahrspurwahl, den Spurwechsel und die Einhaltung der vorgeschriebenen Geschwindigkeit auch unerwünschte Nebeneffekte beobachtet. So bogen die Versuchspersonen beispielsweise während der Fahrt trotz aktiviertem System an Kreuzungen mit zu hoher und damit situationsunangemessener Geschwindigkeit ab, darüber hinaus war der Seitenabstand zu gering.

Schließlich wurde 2021 in China die Untersuchung der Wirksamkeit von ADAS im Hinblick auf die Verbesserung der Risikowahrnehmung des Fahrers bei Beinahe-Unfällen mit Hilfe von „Safety Margins“ (SM) als Indikatoren untersucht. Unter „Safety Margins“ ver-

Der Straßenverkehr der nächsten Jahre wird verstärkt von einem Nebeneinander konventioneller und automatisiert fahrender Fahrzeuge geprägt sein.



steht man Abstände zum Beispiel zu anderen Verkehrsteilnehmern, die der Fahrer nicht unterschreiten möchte. Der Fahrer fühlt sich außerhalb dieser Bereiche sicher, empfindet also keine Gefahr. Unterschreitet ein Fahrer jedoch den SM, empfindet er dies als gefährlich und leitet beispielsweise ein Ausweichmanöver ein.

In der Studie wurde mit Realfahrten in Wuhan das Risikoniveau von Fahrern während kritischer Fahrereignisse bei eingeschaltetem ADAS mit dem Risikoniveau bei ausgeschaltetem System verglichen. Die Teilnehmer fuhrten die Teststrecke einmal mit ADAS und drei Monate später mit deaktiviertem System. Das genutzte Assistenzsystem beinhaltet einen Spurhaltewarner, einen Frontkollisionwarner sowie ein Abstandsüberwachungs- und -warnsystem. Fahrer mit einer Fahrerfahrung von mehr als 40.000 Kilometern wurden als erfahrene Fahrer (n=22) definiert und diejenigen mit weniger zurückgelegten Kilometern als unerfahrene Fahrer (n=22).

Für die Analyse wurden während der Fahrten 424 Beinahe-Unfälle extrahiert und in drei Gruppen eingeteilt: geringes (n=236), mittleres (n=154) und hohes Risiko (n=34). Analysiert wurden Indikatoren der maximalen Verzögerung während des Bremsvorgangs sowie die prozentuale Verringerung der kinetischen Energie des Fahrzeugs. Mit steigendem Risikograd hatte das FAS einen signifikanten Effekt nur auf unerfahrene Fahrer, nicht dagegen auf geübte Fahrer. Mit zunehmendem Risiko stieg damit der Sicherheitsgewinn bei unerfahrenen Fah-

ren signifikant an, während er bei geübten Fahrern sogar leicht abnahm, was darauf hindeutet, dass das FAS die Leistung von geübten Fahrern in Szenarien mit hohem Risiko beeinträchtigte.

Die gemischten Ergebnisse sprechen sowohl für Sicherheitsgewinne, aber auch für entsprechende Verluste, die sich mit mentalen Beurteilungsstilen erklären lassen. Dazu gehören einerseits das Konzept „Vertrauen in die Automation“ und andererseits die bereits erwähnte Theorie der „Risikohomöostase“. Es entwickelt sich ein übertriebenes Vertrauen in das technische System, das zu einem mangelnden oder nachlässigen Umgang mit den eigenen Sorgfaltspflichten als Kraftfahrer führt. Frei nach dem Motto „das FAS wird es schon richten“ erfolgt eine Verantwortungsdelegation an das FAS als „Troubleshooter“ im Falle einer potenziellen oder konkreten Gefährdung.

### Ablenkung auch durch Fahrerassistenzsysteme

Dass Ablenkung während des Autofahrens im Hinblick auf die Verkehrssicherheit ein hochrelevantes Thema darstellt, ist hinlänglich bekannt. So zeigt zum Beispiel eine Untersuchung der Entwicklung von Verkehrsunfällen junger Fahrer in den USA, dass bei 59 Prozent der betrachteten Unfälle in den Sekunden vor dem Unfall einer Nebenbeschäftigung nachgegangen wurde. Am häufigsten wurde dabei die Interaktion mit Beifahrern (14,6 Prozent), die Nutzung eines Mobiltelefons (11,9 Prozent) und das Bedienen von Cockpитеlementen im Innern des Fahrzeugs (10,7 Prozent) festgestellt. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die 2023 veröffentlichte Studie des Allianz Zentrums für Technik unter dem Titel „Ablenkung und moderne Technik“. Zu den Ergebnissen zählte dabei unter anderem, dass sich für viele technikbedingte Ablenkungen das Unfallrisiko um etwa die Hälfte erhöhte. So zum Beispiel für das Schreiben von Nachrichten mit dem Handy in der Hand um 61 Prozent, mit verankerten/verbauten Mitteln um 54 Prozent, für die Navigationsnutzung um 46 Prozent und für das Erledigen anderer Dinge bei aktiviertem Assistenzsystem um 56 Prozent.

Eine umfangreiche, systematische Literaturliteraturanalyse im Jahr 2021 unter Einbeziehung von 29 Arbeiten betonte speziell die Relevanz von Ablenkung im Zusammenhang mit ADAS, da die Rolle des Fahrers zunehmend passiv und überwachend wird, wenn Aufgaben dem Fahrzeugsystem übertragen werden. Diese Unterforderung fördert das Empfinden von Monotonie und Langeweile und trägt außerdem zu einem reduzierten Aktivationsniveau bei. Dieser Unterforderung wird mit der Hinwendung zu fahrfremden, ablenkenden Aktivitäten kompensatorisch begegnet.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse eine erhöhte Beschäftigung der Fahrer mit sekundären Aufgaben, wenn sie mit ADAS fahren. Zurückgeführt wird dies auf eine möglicherweise geringere subjektiv empfundene Beanspruchung des Fahrers infolge der Unterstützung durch das jeweilige Assistenzsystem. Weiterhin lassen die Ergebnisse erkennen, dass Fahrer bei Nutzung von ADAS stärker die Umgebung des Fahrzeugs anschauen und infolgedessen über ein geringeres Situationsbewusstsein verfügen.

Andererseits können Assistenzsysteme selbst zu unmittelbaren Quellen für Ablenkungen oder Störungen werden. Ein Forscherteam der Universität Padua (Italien) hat sich 2014 diesem Phänomen gewidmet und die Auswirkungen akustischer Signale auf den Fahrer untersucht. Solche Signale werden

von vielen ADAS abgegeben, wenn einzelne Parameter wie etwa die Geschwindigkeit bestimmte Schwellenwerte überschreiten. In einem Fahrsimulator-Experiment untersuchten die Forscher, ob diese Art von Signalen Auswirkungen auf das Einhalten der Fahrspur und der Geschwindigkeit hat.

Auf einer geraden Strecke wurde den Teilnehmern (n=26) bei Annäherung an einen gefährlichen Straßenabschnitt ein einzelner, kontinuierlicher Signalton über eine Dauer von 4,55 Sekunden präsentiert. Die Ergebnisse zeigen, dass das abrupte Einsetzen eines Signaltons den Fahrer stören beziehungsweise aufschrecken kann, auf den er mit unkontrollierten, unwillkürlichen motorischen Reaktionen reagiert. Konkret wurde beobachtet, dass die Fahrer das Gaspedal loslassen, was in der Folge zu einer deutlichen Verlangsamung führte. Außerdem konnte eine leichte Drehbewegung des Lenkrads („ruckeln“) beobachtet werden, was – als Ausdruck von Überraschung – zu einer kurzzeitigen Abweichung von der korrekten Fahrspur führte.

Diese Schwankungen bei der Einhaltung der Fahrspur und der Geschwindigkeit lassen sich vermutlich auf motorische Reflexe zurückführen, da sie innerhalb eines sehr kurzen Zeitintervalls auftreten (150 Millisekunden nach Einsetzen des Signaltons). Diese kurze Latenzzeit schließt die Möglichkeit einer Beteiligung höherer kognitiver Anteile an diesen motorischen Reaktionen aus. Das Forscherteam verweist auf die Gefährlichkeit dieser ausgelösten Reaktionen und gibt zu bedenken, dass in solchen Situationen selbst geringfügige Änderungen im Verhalten des Fahrers für das Ergebnis des Fahrmanövers entscheidend sein können.

### Mischbetrieb aus manuell betriebenen und automatisiert fahrenden Fahrzeugen

Alle Stufen der Automation bis hin zum vollautomatisierten Fahren sind bezüglich sicherheitskritischer Aspekte von Kontextbedingungen abhängig, darunter der zu erwartende Mischbetrieb mit Fahrzeugen auf unterschiedlichen Automatisierungsstufen, die unmittelbare Interaktion dieser verschiedenen Fahrzeuge, das Verhalten weiterer Verkehrsbeteiligter sowie Systemstörungen oder gar -ausfälle.

Egal, wie schnell sich die Automatisierungsstufen in der Verkehrsgemeinschaft durchsetzen werden, ist von einem Mischbetrieb aus konventionellen und automatisiert fahrenden Fahrzeugen für die kommenden Jahrzehnte auszugehen. Eine im Auftrag des ADAC von Prognos im Jahr 2018 durchgeführte Studie prognostiziert für Deutschland erste nennenswerte Zulassungszahlen bei Neufahrzeugen, die als reiner „Tür-zu-Tür-Pilot“ (Level 5) fahren, erst ab 2040. Für 2050 werden 0,5 bis 2,1 Millionen Fahrzeuge dieser Bauart angenommen. Ob und in welchem Umfang automatisierte Fahrzeuge der Level 3 bis 5 dann tatsächlich genutzt werden, ist heute nur schwer vorherzusagen. Dabei gilt es zu bedenken, dass die Verkehrsmittelwahl ganz erheblich von früheren Erfahrungen mit dem dominanten Verkehrsmittel, den daraus resultierenden Nutzungserfahrungen und der Gewohnheitsbildung beeinflusst wird.

Der primäre Transportzweck einer Fahrt von A nach B wird erweitert durch sogenannte sekundäre Fahrmotive, die emotional eingefärbt sind. Das Selbstfahren als aktive Tätigkeit bietet einen innerlichen Belohnungswert durch handlungsbegleitende Emotionen wie Freude oder Fahrspaß – zum Beispiel für Oldtimer-Begeisterte – und wird zudem häufig mit Vorstellungen über gesundheitliche Vitalität, Unabhängigkeit

## Das Abkoppeln von der Automation kann aus den verschiedensten Gründen erfolgen

und Teilhabe am gesellschaftlichen Leben verknüpft. Diese identitätsstiftende Funktion konnte in einer Untersuchung im Jahr 2010 nachgewiesen werden. Hier überstieg das Belastungserleben von Menschen, denen der Führerschein entzogen worden war, sogar jenes für Trennung einer Partnerschaft (beispielsweise Ehescheidung) oder Arbeitslosigkeit.

All dies dürfte die Euphorie für selbstfahrende Fahrzeuge erheblich reduzieren, wobei die Kaufzurückhaltung durch ein Paradoxon noch verstärkt werden könnte. Da die Fahrzeuge vermutlich zwischen 100.000 und 200.000 Euro kosten sollen und hohe Gebühren für den Betrieb und die Umsetzung rechtlicher Vorschriften der Fahrzeuge anfallen, kommen im privaten Bereich vor allem ältere Fahrerlaubnisinhaber als Käufer infrage, die finanziell gut ausgestattet sind und sich die Fahrzeuge auch leisten könnten. Allerdings ist bei dieser Käuferschicht die Akzeptanz für derartige Fahrzeuge besonders niedrig.

### Störung der „Harmonie des Verkehrsflusses“

Die Studienlage zur Nutzungsabsicht und subjektiver Beurteilung von hoch- oder vollautomatisierten Fahrsystemen weist aus, dass die positive Grundhaltung und Aufgeschlossenheit zu diesen Fahrzeugen bei jüngeren und männlichen Fahrern stärker ausgeprägt sind, ebenso bei Personen mit höherem Bedürfnis nach „sensation seeking“, also nach Nervenkitzel, Abwechslung und Abenteuer. Junge, neugierige und technikaffine Fahrer, die diesem Produktangebot weitaus offener gegenüberstehen, verfügen aber absehbar nicht unbedingt über die nötigen finanziellen Mittel und könnten sich mitunter des Fahrspaßes sowie weiterer Sekundärmotive infolge „programmierter Motivverteilung“ beraubt sehen. Insofern scheint ein langjähriger Mischbetrieb ein wahrscheinliches Szenario und die hochfrequente Nutzung von hoch- oder vollautomatisierten Fahrzeugen in den folgenden Dekaden noch reine Utopie.

Fachleute sehen in diesem Mischbetrieb eine Störung der „Harmonie des Verkehrsflusses“ mit weniger ausbalancierten Geschwindigkeits- und Abstandsprofilen als gegenwärtig. Vollautomatisierte Fahrzeuge werden im Vergleich zu manuell betriebenen Fahrzeugen mit deutlich niedrigerer Geschwindigkeit und größeren Abständen zum vorausfahrenden Fahrzeug unterwegs sein, da sie per se alle geltenden Regeln umsetzen müssen. Diese Verpflichtung wiederum eröffnet Verhaltensangebote für Fahrer konventioneller Fahrzeuge, so zum Beispiel das Überholen oder Einfahren in eine Lücke zwischen zwei Fahrzeugen.

Die gemeinsame Nutzung von Fahrstreifen im Mischbetrieb könnte zu weiteren Irritationen führen, denn konventionell fahrende Personen sind längst nicht so regeltreu wie vorgeschrieben. Überhöhte Geschwindigkeit, Vorfahrtsverletzungen, ungenügender Mindestabstand und unangepasstes Fahrverhalten gehören zu den typischen Regelverletzungen auf den Straßen und dürften häufige und vermutlich störende Eingriffe in automatisierte Fahrsysteme provozieren. Die Folge wäre mindestens ein geminderter subjektiver Fahrkomfort, gegebenenfalls auch Verkehrskonflikte mit Schadenspotenzial, zumindest bei Berücksichtigung der IT-Systemgrenzen sowie der Fehleranfälligkeit der Überwachungs- und Steuerungsautomatik.

Daneben gibt es selbstverständlich auch die Option eines reinen Betriebs autonomer Fahrzeuge. Wenn beispielsweise in Dubai oder China die nächste Retortenstadt entsteht, ist es denkbar, dass manuell gesteuerte private Fahrzeuge gar nicht mehr eingeplant werden. Auch können in größeren Städten Bereiche definiert werden, in denen ausschließlich autonome Fahrzeuge fahren dürfen.

### Manuelle Übernahme aus hochautomatisierter Fahrt

Einen besonders neuralgischen Punkt bei der Fahrzeugführung auf den Leveln 3 und 4 stellen Verkehrssituationen dar, die das System an seine Grenzen bringen und den Fahrer veranlassen, die manuelle Kontrolle zu übernehmen. Dieses Abkoppeln von der Automation wird als „Disengagement“ bezeichnet und insbesondere in Kalifornien systematisch überwacht und analysiert – klassifiziert nach systeminitiierten („automatischen/autonomen“) oder fahrerinitiierten („manuellen“) Disengagements. Auf Veranlassung des ka-



Bei zu viel Ablenkung durch Nebentätigkeiten besteht im hoch- oder vollautomatisierten Fahrmodus die Gefahr, dass die möglicherweise erforderliche Übernahme misslingt.

## Die Notwendigkeit präsenterer und effizienterer Fahrerassistenzsysteme

**Prof. Dr. Fernando Santos Osorio**

Universität von São Paulo (USP)/Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC),  
Mitglied des USP-Zentrums für Robotik (CRob São Carlos) und des USP-Zentrums für künstliche Intelligenz (C4AI) sowie Mitkoordinator des Rota2030-Projekts SegurAuto



**In den letzten zehn Jahren ist die Zahl der Verkehrstoten in Brasilien von mehr als 38.000 im Jahr 2009 auf 44.000 bis 46.000 im Jahr 2014 gestiegen und zwischen 2015 und 2019 von 39.500 auf 31.300 gesunken. Ein äußerst wichtiger erster Schritt bei der Steuerung der öffentlichen politischen Maßnahmen zur Verkehrssicherheit, einschließlich der Einführung fortschrittlicher Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) zur Verringerung der Todesfälle besteht darin, zugängliche und verlässliche Daten zur Anzahl der Unfälle und Todesopfer sowie zu deren Ursachen zu sammeln und bereitzustellen.**

Die Entscheidungsfindung muss stets auf (guten) Daten basieren, wobei wir sogar entscheiden können, welche Fahrerassistenzsysteme bei der Implementierung in Fahrzeugen Priorität haben sollten (zum Beispiel obligatorische Elemente x Zubehör). Darunter Antiblockiersystem, Airbags, Abstandsregeltempomat, Fußgänger- und Hinderniserkennung, Notbrems-Assistenzsystem, Spurhaltewarnsystem, Spurhalteassistent, Verkehrszeichenerkennung, Toter-Winkel-Assistent usw., wobei auch die V2V- und V2X-Systeme für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen hervorzuheben sind, die ebenfalls große Bedeutung haben.

Andererseits besteht auch Konsens darüber, dass Unfälle heutzutage hauptsächlich durch „menschliche Faktoren“ verursacht werden, da der Verkehr in Städten und auf Fernverkehrsstraßen immer noch zu beinahe 100 Prozent von Menschen kontrolliert wird. Selbst in Situationen, in denen fortschrittliche intelligente Systeme, Fahrzeugautomatisierungstechnologien und Fahrerassistenzsysteme vorhanden sind, erfordert der Verkehr eine Koexistenz von Menschen und technischen Systemen. Und es ist der „Faktor Mensch“ mit seinen Grenzen und Problemen, die mit den verschiedenen Verhaltensweisen zusammenhängen, die bei dieser Koexistenz von Mensch und Technik auftreten – wobei das menschliche Verhalten häufig unbeherrscht, chaotisch, unverantwortlich und unvorhersehbar ist – der zu vielen der tagtäglichen Unfälle führt.

Es reicht nicht aus, auf einer Straße über ein hervorragendes autonomes Fahrzeug zu verfügen, sondern es wäre erforderlich, dass alle Fahrzeuge automatisiert sind und die absolute Kontrolle über die Straßenverhältnisse und den Kontext, in dem sie eingesetzt werden, vorhanden ist, um eine nahezu 100-prozentige Sicherheit auf den Straßen zu erreichen. Dies wird jedoch nicht in den nächsten Jahren und wahrscheinlich auch nicht im nächsten Jahrzehnt der Fall sein, insbesondere in Entwicklungsländern oder ärmeren Ländern, die nicht ihre gesamte Fahrzeugflotte automatisieren können.

Daher müssen wir in den kommenden Jahren in Systeme investieren, die Fahrern helfen, mehr Sicherheit durch Fahrerunterstützung (ADAS) ermöglichen und Schäden so weit wie möglich minimieren. Die gewonnenen Daten müssen kontinuierlich erfasst und analysiert werden, um die Fahrerassistenzsysteme und die politischen Maßnahmen zur Verkehrssicherheit weiterzuentwickeln und dadurch Fahrzeuginsassen und Personen, die in irgendeiner Weise mit diesen Fahrzeugen interagieren oder den Raum mit ihnen teilen, ein immer höheres Maß an Sicherheit zu bieten. Es ist erforderlich, dass Menschen und Technologien koexistieren und zusammenarbeiten, damit wir besser leben können.

Fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme können die Zahl der Unfälle wesentlich verringern – damit dies jedoch Wirklichkeit wird, sind auch politische Maßnahmen und eine öffentliche Lenkung erforderlich, um die Einführung von Fahrerassistenzsystemen in Kraftfahrzeugen effektiver zu gestalten.

lifornischen Department of Motor Vehicles sind alle Fahrzeughersteller dazu verpflichtet, jährliche Berichte vorzulegen, in denen sie unter anderem Angaben zu aufgetretenen Disengagements machen.

Die Auswertung dieser Berichte für den Zeitraum 2014 bis 2019 zeigt, dass mit zunehmender Zeit beziehungsweise Erfahrung hinsichtlich vollautomatisiert zurückgelegter Kilometer die systeminitiierten Disengagements im kalifornischen Straßennetz abnahmen, was die Forscher auf eine verbesserte Systemanpassung auch in komplexen Verkehrssituationen zurückführen. Gleichzeitig wurde bei den manuellen Disengagements eine leichte Zunahme beobachtet. Dies legt eine Stagnation oder einen Rückgang des Vertrauens in die Technologie nahe, könnte aber auch daran liegen, dass die Fahrer mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit dem System ein besseres Verständnis für dessen Grenzen entwickelten.

Blickt man auf die Auslöser sowie die Ursachen für Disengagements, fällt auf, dass mehr als 80 Prozent von Fahrern initiiert wurden, die sich entweder bei den Manövern der automatisierten Fahrzeuge unwohl fühlten oder aufgrund von unzureichendem Vertrauen vorsorglich manuelle Disengagements durchführten. Die Ursachen hierfür kategorisierten die Forscher wie folgt: fahrerbezogene Ursachen (Fahrer von automatisierten Fahrzeugen/andere Fahrer mit ihren Fahrzeugen), Umweltfaktoren & Sonstiges und systembeding-

*Auch ungünstige Wetter- oder Fahrbedingungen können Auslöser von Disengagements sein.*



te Ursachen (unterschiedliche Stadien der Informationsverarbeitung: Erkennen = Wahrnehmung/Lokalisierung/Handlungsplanung/Fahrzeugkontrolle). Die meisten Disengagements – ob manuell oder automatisch – konnten systembedingten Ursachen zugeschrieben werden: drei Viertel waren auf Fehler in der Wahrnehmung, Lokalisierung, Planung und Kontrolle des automatisierten Fahrsystems zurückzuführen.

Grundsätzlich wurden die Disengagements häufiger von den Fahrern als vom Fahrzeugsystem ausgelöst. Die meisten Disengagements, die durch das System initiiert wurden, standen im Zusammenhang mit Hardware- und Software-Diskrepanzen sowie Planungsdiskrepanzen. Disengagements, denen sich als Ursache Wetter, Straßenzustand und Fahrumgebung zuordnen ließ, wurden fast ausschließlich von den Fahrern initiiert. Disengagements, denen Planungsdiskrepanzen als Ursache zugrunde liegen, waren hingegen sowohl fahrerinitiiert als auch vom Fahrzeugsystem erkannt und ausgelöst.

### **Disengagements als Teil der Unfallvermeidungsstrategie**

Ein zeitabhängiger Vergleich der Ursachen von Disengagements in den ersten fünf Jahren des kalifornischen Programms mit denen aus dem letzten untersuchten Jahr ergab für 2019 eine deutliche Zunahme der Ursache Wetter, Straßenzustand und Fahrumgebung von 12 auf 31 Prozent. Erklärbar ist dies durch die zunehmende Testung der Fahrzeuge auch unter ungünstigen Wetter- oder Fahrbedingungen außerhalb des herstellereitig definierten Anwendungsbereichs. 2019 gab es zudem weniger Disengagements aufgrund von Hardware- und Software-Diskrepanzen sowie Wahrnehmungsdiskrepanzen (18 und 9 Prozent) als in den ersten fünf Jahren (26 und 21 Prozent), woraus man auf eine Verbesserung der Fahrzeuge schließen könnte. Die Anteile der Ursachen Kontrolldiskrepanz (etwa 8 Prozent) und Planungsdiskrepanz (etwa 35 Prozent) haben sich zwischen 2019 und den fünf vorhergehenden Jahren nicht verändert.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch ein Blick auf die zurückgelegte Strecke pro Disengagement als Indikator für die Reife der Technologie des automatisierten Fahrens. Diese stieg kontinuierlich mit

den Jahren, die ein Hersteller am kalifornischen AVT-Programm teilnimmt. Beispielsweise lässt sich bei Waymo eine Entwicklung von 629 Meilen (2014) zu 13.219 Meilen pro Disengagement (2019) beobachten. Ähnlich steil verlief der Anstieg bei anderen Entwicklungsunternehmen und Lizenzinhabern von Technologien für vollautomatisierte Fahrzeuge.

In einer weiteren Arbeit werteten Wissenschaftler der Universität von Virginia in Charlottesville/USA die Datensätze der Disengagement-Berichte gemeinsam mit den verfügbaren Unfallberichten aus und untersuchten die Beziehung zwischen Disengagements und Unfällen. Insgesamt flossen 770 Disengagements (von 2014 bis 2018) und 124 Unfälle (von 2014 bis 2019) in die Analyse ein. Dabei zeigte sich, dass Disengagements im Allgemeinen nicht zu einem Unfall führen. Faktoren, die mit den automatisierten Fahrsystemen zusammenhängen (zum Beispiel Softwarefehler), und Faktoren, die mit anderen Verkehrsteilnehmern zusammenhängen (zum Beispiel falsche Manöver und unerwünschtes Verhalten), erhöhen die Wahrscheinlichkeit eines Disengagements ohne Unfall. All jene Aspekte, die mit der Entscheidungsfindung des Fahrers zusammenhängen, erhöhen hingegen die Wahrscheinlichkeit eines Disengagements mit Unfall.

### **Unzureichendes Situationsbewusstsein**

Das Problem der manuellen Übernahme aus hochautomatisierter Fahrt ohne vorherige Übernahmewarnung macht offenbar den



überwiegenden Teil der erforderlichen Übernahme-situationen im realen Straßenverkehr aus. Diese Situation spiegelt sich jedoch nicht in der aktuellen Forschung wider, denn diese wird dominiert durch eine Vielzahl an Studien, deren Untersuchungsdesign eine vorherige Übernahmewarnung enthält. Die Bandbreite der benötigten Übernahmezeit variiert zwischen 2,8 und rund 40 Sekunden – je nach Aufgabenstellung für die Probanden, Art der Übernahmewarnung und der Festlegung, was unter einer sicheren Kontrollübernahme verstanden wird. Eine wesentliche Voraussetzung für die Kontrollübernahme ist, dass der Fahrer die Verkehrssituation richtig „lesen“ kann – er also erkennt, was passiert beziehungsweise ob eine Gefahr droht und was dann zu tun ist.

Diese komplexe Verarbeitung einer Verkehrssituation wird als Situationsbewusstsein bezeichnet und umfasst laut Mica R. Endsley drei Ebenen:

1. **Das Erkennen kritischer Faktoren in der Umgebung.**
2. **Das Verständnis dafür, was diese Faktoren bedeuten.**
3. **Das Verstehen, was mit dem System in der nahen Zukunft passieren wird wird.**

Verschiedene Studien hierzu zeigen insgesamt eine deutliche Verzögerung. Während das Situationsbewusstsein auf Ebene 1 noch vergleichsweise schnell aufgebaut werden kann (fünf bis acht Sekunden), liegt die Dauer auf Ebene 2 bereits bei über 20 Sekunden – gerade wenn es darum geht, das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer zu verstehen.

Besonders kritisch ist die manuelle Übernahme der Fahrzeugkontrolle aus hochautomatisierter Fahrt während des Ausübens einer Nebentätigkeit wie Zeitunglesen oder Beschäftigung mit mobilen Anwendungen. Ein Bericht des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft aus dem Jahr 2016 widmete sich dieser Übernahmeproblematik. Der in diesem Bericht veröffentlichte Literaturüberblick über verschiedene Studien hierzu zeigte Verzögerungen zwischen zwei und 20 Sekunden, bis der Fahrer in der Lage war, der an ihn gestellten Aufgabe nachzukommen.

Sofern Geräte in der Hand gehalten werden, kommt es zu einer erheblichen Verlängerung der Übernahmezeit. Visuell beanspruchende Aufgaben verlängern auch dann die Übernahmezeit, wenn der Fahrer kein Gerät

in der Hand hält. Für eine umfassende Beurteilung aller Übernahmevarianten sind die bisher vorhandenen Erkenntnisse allerdings noch nicht ausreichend, da sich die meisten Forschungsaktivitäten auf Aspekte des Fahrverhaltens nach einer Übernahmewarnung konzentrieren und Realfahrten unter experimentellen Bedingungen kaum durchgeführt werden. Besonders vor dem Hintergrund der aktuellen Gesetzgebung etwa in Deutschland, die eine Übernahme unter verkehrgefährdenden Umständen oder bei fehlerhaften Systemzuständen erfordert, sind mehr Studien zu Übernahmen ohne vorherige Warnung dringend erforderlich.

## DEKRA Studie zur Übernahme aus hochautomatisierter Fahrt

Die Auswirkungen einer gestörten Informationskette auf die Übernahmeleistung des Fahrers im Falle fehlerhafter Systemwarnungen oder ausbleibender Systemwarnungen unter weitgehend realen Fahrbedingungen erforschte auch ein Kooperationsprojekt zwischen DEKRA und der TU Dresden auf dem DEKRA Lausitzring in Brandenburg. Für die Felduntersuchung rekrutierten die Verantwortlichen unter Studierenden der TU Dresden und der Fachhochschule Senftenberg sowie über öffentliche Netzwerke knapp 90 Probanden, von denen am Ende 36 an den Versuchsfahrten teilnahmen. Ihnen war der tatsächliche Hintergrund der Studie zunächst nicht bekannt. Sie waren zwischen 19 und 48 Jahren alt, im Schnitt seit rund acht Jahren im Besitz einer Fahrerlaubnis der Klasse B und durchschnittlich circa 9.400 Kilometer pro Jahr gefahren. Das Testfahrzeug war prototypisch für Versuche zum vernetzten und hochautomatisierten Fahren modifiziert. Die Systeme ermöglichten hochautomatisiertes Fahren mit vollständiger Übernahme der Längs- und Querverführung auf einer zuvor eingefahrenen Strecke.

Der Rundkurs auf dem Gelände des DEKRA Technology Centers am Lausitzring wurde mehrmals durchfahren, die Höchstgeschwindigkeit lag bei 50 km/h. Bei den Fahrten war ein ausgebildeter DEKRA Sicherheitsfahrer mit im Fahrzeug, der mit einer zusätzlichen Bremsschaltung eingreifen konnte. Auf dem Rücksitz fuhr außerdem der Versuchsleiter mit und leitete an zuvor festgelegten Punkten der Strecke per Knopfdruck verschiedene Übernahmeszenarien ein. Fahrdynamische Daten wie Lenkbewegungen, Bremsstärken und Fahrgeschwindigkeiten wurden zur Auswertung in Echtzeit an einen Computer übermittelt und gespeichert.

Während der Testfahrten wurde jeweils ein „falscher Alarm“ ausgelöst, also eine Übernahmewarnung ohne kritische Situation. Zusätzlich

**Weitere Studien zu Übernahmen ohne vorherige Warnung sind dringend erforderlich**

## Multitasking im Straßenverkehr ist sehr risikoreich

kam es zu jeweils drei Situationen, bei denen eine Übernahme notwendig gewesen wäre, um eine Gefahrensituation abzuwenden, bei denen jedoch die Aufforderung des Systems ausblieb, die Kontrolle zu übernehmen (so genannte „stille Alarmer“). Die stillen Alarmer betrafen das Überfahren einer Haltelinie mit Stoppschild, das langsame Abdriften auf die Gegenfahrbahn und das plötzliche Ausweichen vor einem irrtümlich erkannten Hindernis. Alle vier Übernahmeszenarien traten auf, nachdem bereits mehrere Runden ohne besondere Vorkommnisse durchfahren worden waren.

Ein Teil der Probanden hatte den Auftrag, als passive Überwacher die automatisierte Fahrt zu verfolgen und nur dann gegebenenfalls einzugreifen, wenn sie dies für notwendig hielten. Eine zweite Gruppe sollte während der automatisierten Fahrt zusätzlich eine visuell beanspruchende Nebentätigkeit an einem fest im Fahrzeug installierten Tablet erledigen. Die Übernahme wurde jeweils als erfolgreich bewertet, wenn die Testperson vor Erreichen des potenziellen Kollisionspunktes die korrekte Übernahmehandlung ausführte.

### Übernahmeprobleme auch ohne Nebentätigkeit

Insgesamt erwies sich die Übernahme nach einem „falschen Alarm“ als wenig problematisch. Alle Probanden übernahmen erfolgreich die Fahrzeugsteuerung, sowohl in der Experimentalgruppe mit Aufgabe am Tablet als auch in der Kontrollgruppe, die keine Nebentätigkeit auszuführen hatte. Allerdings brauchten sie bis zur Kontrollübernahme unerwartet lange, im Durchschnitt etwas mehr als zwei Sekunden. Im Vergleich zu in der Fachliteratur berichteten durchschnittlichen Reaktionszeiten von 0,83 Sekunden ist die hier benötigte längere Reaktionszeit von durchschnittlich 2,44 Sekunden in der Kontrollgruppe und 2,24 Sekunden in der Experimentalgruppe damit zu begründen, dass kein akuter Übernahmegrund für die Testperson ersichtlich war und daher erst ein adäquates Situationsbewusstsein aufgebaut werden musste, ehe ein Eingriff erfolgte. Beim „stillen Alarm“ gab es deutliche Schwierigkeiten bei der Übernahme – und zwar in beiden Gruppen.

Allerdings war die nicht erfolgreiche Übernahme in der Gruppe mit Nebentätigkeit über alle Szenarien hinweg etwa doppelt so häufig. Mit der Nebentätigkeit sinkt also in den meisten Fällen die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Übernahme beim „stillen Alarm“. Auffällig war für die Verantwortlichen der Studie aber, dass auch Personen ohne Nebentätigkeit teilweise erhebliche Schwierigkeiten bei der Übernahme der Fahrzeugführung hatten. Je nach Szenario waren in der Experimentalgruppe mit der Tablet-Aufgabe zwischen 58 und 89 Prozent der Probanden bei der Übernahme im Fall des „stillen Alarms“ nicht erfolgreich. In der Kontrollgruppe lagen die Werte zwischen 24 und 61 Prozent. Dass in dieser Kontrollgruppe, die keine Nebenaufgabe hatte, beim Überfahren der Haltelinie über 60 Prozent und beim Abkommen von der Fahrspur mehr als 30 Prozent nicht erfolgreich übernommen haben, hat die Autoren der DEKRA Studie doch überrascht.

### Bündel an Herausforderungen

Die Studie unterstreicht einmal mehr, dass Multitasking stets mit Risiken im Hinblick auf die Übernahmen der Kontrolle verbunden ist. Daher muss diese sicherheitskritische Fahrerbeanspruchung durch eindeutige

*Im Rahmen einer Feldstudie untersuchte DEKRA die Übernahmefähigkeit beim hochautomatisierten Fahren mit und ohne Nebentätigkeit.*



Gestaltungslösungen ganz erheblich minimiert werden. Denn die Ausführung einer Nebenaufgabe – sofern diese wie die konventionelle Fahrtätigkeit gleichartige visuell-kognitive Ressourcen beansprucht – erschwert in hohem Maße das Erkennen systembedingter Fehler während der automatisierten Fahrzeugsteuerung und damit ein zeitnahes und der Situation entsprechendes Reagieren.

Technisch wird einerseits die Möglichkeit geschaffen, sich während des Führens eines Kraftfahrzeugs zumindest teilweise vom Fahrgeschehen abzuwenden. Gleichzeitig müssen Fahrer aber jederzeit aufmerksam bleiben und der Pflicht zur Übernahme der Fahrzeugsteuerung nachkommen, um Fehlfunktionen oder die Grenzen der Automation mit Hilfe eines manuellen Eingriffs zu kompensieren. Dies führt freilich zu einem Paradoxon: Der Mensch soll durch automatisiertes Fahren als Fehlerquelle eliminiert werden, aber in Notsituationen, wie bei Versagen des technischen Systems, innerhalb kürzester Zeit fehlerfrei eingreifen. Manche Fachleute werfen daher die Frage auf, ob auf Level-3-Fahrzeuge nicht ganz verzichtet werden sollte.

Aber auch vollautomatisiertes Fahren adressiert ein ganzes Bündel an Herausforderungen, die auf der Basis umfangreicher Forschung nach Lösungen verlangen. Aus der Perspektive mitreisender Personen gleicht vollautomatisiertes Fahren weitgehend der traditionellen Fahrgastbeförderung mit Taxi, Bus oder Mietlimousine. Allerdings wird beim vollautomatisierten Fahren auf einen in der Fahrgastzelle anwesenden Fahrer verzichtet. Um Gefährdungen weitestgehend zu minimieren, sollten die Rahmenbedingungen für vollautomatisiertes Fahren so gestaltet werden, dass die Verkehrssicherheit auch zukünftig für alle Verkehrsbeteiligten unter allen Bedingungen ausreichend gewährleistet ist.

Eindeutig geregelt werden müssen auch die Anforderungen an den Betriebsbereich für vollautomatisierte Fahrzeuge. Bislang scheint hier noch vieles ungeklärt. Handelt es sich um rein räumlich oder zusätzlich durch bestimmte Kontextbedingungen ausgestaltete Straßenräume? Sollen vorhandene Straßenverkehrsanlagen im Mischbetrieb genutzt werden oder sind speziell konzipierte Gestaltungslösungen für vollautomatisiertes Fahren anzustreben? Wie lässt sich gewährleisten, dass unbefugte Fahrzeuge oder Verkehrsteilnehmer nicht zum Betriebs sicherheitsrisiko werden? Welche physischen und digitalen Infrastrukturmaßnahmen sind im Straßenbau erforderlich?

## Normative Regelungslücken

Von großer Bedeutung sind zudem alle Aspekte des Datenschutzes – insbesondere in Bezug auf Software-Updates und Cybersicherheit. Denn die Überwachung und Kontrolle aller an der Umsetzung der Fahraufgabe beteiligten Hard- und Software stellen neue Herausforderungen gemäß des „Third-Party-Prinzips“ dar. Hier sind die einschlägigen Prüforganisationen mit ihrem Sachverstand gefordert. In die Überwachungszyklen sollten alle Software-Updates unbedingt einbezogen werden.

Aus den genannten Punkten leiten sich eine Reihe normativer Regelungslücken ab. Die Wissenschaft um den Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstelle sieht sich mit einer Vielzahl bislang ungeklärter Fragen konfrontiert, so dass mit einem erhöhten Forschungsbedarf zu rechnen ist. Dieser muss durch die öffentliche Hand mit dem Ziel der „Vision Zero“ konsequent gesteuert sowie ausreichend finanziert sein. Die weitere Ausgestaltung, Erprobung und praktische Umsetzung der Gesetzesinitiative zum vollautomatisierten Fahren auf Grundlage einer wissenschaftlichen Evidenz darf jedenfalls mit Spannung erwartet werden. Bei aller Euphorie für die Verlockungen der Digitalisierung in der schönen, neuen automobilen Welt bleibt zu hoffen, dass politischer Ehrgeiz, technische Systemgrenzen und ökonomisches Profitstreben nicht zu Lasten des „Faktors Mensch“ gehen und es nicht zu steigenden Unfallzahlen kommt.

## Die Fakten in Kürze

- Innovative Touchscreen-Technologien mit intelligenter Benutzerführung reduzieren die Zahl fehlerhafter Eingaben und die Eingabezeiten, wodurch gleichzeitig Verkehrssicherheitsrisiken zum Beispiel durch Ablenkung minimiert werden können.
- Wesentliche Komponenten für die Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen sind neben einer positiven Einstellung zum jeweiligen System der wahrgenommene Nutzen und die Benutzerfreundlichkeit.
- Mitunter können Assistenzsysteme selbst zu unmittelbaren Quellen für Ablenkungen oder Störungen während des Fahrens werden.
- Analysierte Datensätze aus Kalifornien belegen, dass das Abkoppeln von der Automation („Disengagement“) häufiger von den Fahrern selbst als vom Fahrzeugsystem ausgelöst wird.
- Eine eigene Probanden-Studie von DEKRA zeigt teilweise erhebliche Schwierigkeiten bei Übernahmen der Fahrzeugführung aus hochautomatisierter Fahrt – auch ohne Nebentätigkeit.
- Die Rahmenbedingungen für vollautomatisiertes Fahren müssen so gestaltet werden, dass die Verkehrssicherheit auch zukünftig für alle Verkehrsbeteiligten in jeder Situation gewährleistet ist.



## Gefahren frühzeitig erkennen und ins Geschehen eingreifen

Im Hinblick auf die Sicherheit im Straßenverkehr ist das Potenzial der passiven Systeme weitgehend ausgeschöpft. Fahrerassistenzsysteme bieten dagegen noch vielfältige Möglichkeiten, um Unfälle zu vermeiden oder ihre Folgen abzumildern. Ganz entscheidend kommt es hierbei darauf an, dass die Fahrer den Zweck der Assistenzsysteme verstehen, insbesondere aber auch deren Grenzen kennen. Auch bei herkömmlichen Systemen der aktiven und passiven Sicherheit gibt es noch Potenzial, um deren Wirkung – im Zusammenspiel mit modernen Assistenzsystemen – noch besser zu erschließen. Grundsätzlich muss die Funktionsfähigkeit der verschiedenen Systeme über das gesamte Fahrzeugleben gewährleistet bleiben. Deren Überprüfung wird zukünftig vermehrt datengetrieben sein.

Zur Steigerung von Komfort und Sicherheit gehören Informations- und Assistenzsysteme in modernen Kraftfahrzeugen schon seit Jahren zum Standard. Navigationssystem mit Stauumgehungsempfehlung, Abstandsregeltempomat, Spurhalteassistent, Notbremsassistent, Totwinkel-Assistent, Abbiegeassistent, Müdigkeitswarner, kamerabasierte aktive Lichtsysteme, Nachtsichtassistent, Fahrdynamikregelung und vieles mehr: Allesamt tragen diese Systeme dazu bei, den Fahrzeugführer zu informieren, zu unterstützen und wenn nötig seine Fehler zu kompensieren, um so das Unfallrisiko zu senken.

Dessen ungeachtet muss der Fahrer aber Stand heute selbst mit den zusätzlichen Sicherheitssystemen seine Fahrweise unter anderem den Fahrbahn- und Sichtbedingungen anpassen – die Grenzen der Physik lassen sich mit dem besten System nicht verschieben. Zudem müssen für die Wirksamkeit der Systeme zahlreiche Grundvoraussetzungen erfüllt sein. So ist zum Beispiel eine funktionsfähige Bremsanlage (Mechanik, Hydraulik beziehungsweise Pneumatik, Sensorik und Aktuatorik sowie Elektronik) notwendig. Darüber hinaus dürfen die jeweiligen Systeme nicht abgeschaltet sein. Zu bedenken ist zudem, dass manche Systeme nur unter bestimmten Rahmenbedingungen funktionieren. Dazu zählen zum Beispiel die Lichtverhältnisse, die Außentemperatur, das Wetter, der Zustand der Fahrbahnmarkierung oder der Geschwindigkeitsbereich, in dem das Fahrzeug bewegt wird. Und: Die aktuell verbauten Systeme der aktiven Sicherheit entfalten erst im Zusammenspiel mit dem angelegten Sicherheitsgurt und der richtigen Sitzposition ihre volle Wir-

## Es bleibt noch viel zu tun

**Karina Muñoz Matus**

Exekutivsekretärin der Nationalen Kommission für  
Verkehrssicherheit (CONASET)



**Seit seinen Anfängen strebt der Mensch stetig nach Verbesserungen, Lösungen und Innovationen sowie nach der Entwicklung und Nutzung von Technologien zur Verwirklichung dieser Ziele. Die meisten dieser technologischen Entwicklungen werden mit der Zeit zur Norm und verbessern unsere Lebensqualität, stellen uns jedoch auch vor neue Herausforderungen, denen wir begegnen müssen. Der technologische Fortschritt soll den Menschen dienen und Lösungen für ihre alltäglichen Probleme herbeiführen beziehungsweise unser aller Leben angenehmer und sicherer gestalten. Anderenfalls ist er der Mühe nicht wert.**

Im Laufe der Zeit haben bedeutende technologische Fortschritte zur Bewältigung des schwierigen Unterfangens beigetragen, die Anzahl der Todesopfer und Verletzten im Straßenverkehr zu verringern. Wichtige Beispiele hierfür, die in unserem Land zum Einsatz kommen beziehungsweise in Entwicklung sind, beinhalten die Integration von Technologien bei der Kontrolle und Überwachung von verkehrsfähendem Verhalten, Verbesserungen in der Fahrzeugtechnik und auch den Übergang zu digitalisierten Systemen für Führerscheine sowie das gesamte, mit diesem Prozess verknüpfte Informationsmanagementsystem, die Verarbeitung statistischer Informationen und die Integration verschiedener Informationsquellen für eine noch umfassendere Analyse, um so eine bessere Lenkung der öffentlichen Politik für mehr Verkehrssicherheit zu ermöglichen.

Zweifelsohne liegt noch ein langer Weg vor uns und es bleibt viel zu tun. Wird jedoch der Mensch und insbesondere seine Sicherheit im Kontext der Mobilität in den Mittelpunkt gestellt, tritt dieser technologische Fortschritt sicherlich schneller und in besserer Weise ein.

kung in Bezug auf die passive Sicherheit respektive die Minderung der Unfallfolgen.

Überhaupt zeigt ein kurzer Blick in die Vergangenheit, dass mit zahlreichen technischen Errungenschaften des 20. Jahrhunderts wie etwa Radialreifen, Scheibenbremse, gestaltfester Fahrgastzelle mit Knautschzone oder Sicherheitslenkwelle wichtige Grundlagen für die Effizienz der heutigen Systeme des Insassen- und Partnerschutzes geschaffen wurden. So war zum Beispiel die gute Regelbarkeit speziell der hydraulischen Scheibenbremse eine wesentliche Voraussetzung für Assistenzsysteme wie das ABS zum Verhindern des Blockierens der Räder während des Bremsvorgangs oder das ESP zur Fahrzeugstabilisierung in Grenzsituationen. Die Möglichkeit, mit einem Tempomaten eine eingestellte Geschwindigkeit konstant einzuhalten, führte mit Hilfe von Sensoren zur Weiterentwicklung hin zur Abstandsregelung ACC mit Auffahrwarner und von hier letztlich zum Notbremsassistenten – mittlerweile mit Bremsfunktion bis zum Stillstand des Fahrzeugs. Ebenso wurde aus dem Spurverlassenswarner der Spurhalteassistent entwickelt, der aktiv ins Fahrgeschehen eingreift und das Fahrzeug durch einen gezielten Brems- oder Lenkeingriff zurück in die Fahrspur führt. Für den angemessenen Brems- und

Lenkeingriff stellen wiederum Servobremse und Servolenkung zentrale Voraussetzungen dar. ACC und Spurhalteassistent in Kombination miteinander schaffen dann ihrerseits die Grundlage für teilautomatisiertes Fahren auf Level 2, auf dem das Fahrzeug unter definierten Bedingungen und der Fahrervorgabe folgend die Spur hält und selbstständig bremst oder beschleunigt.

### **Korrekt eingestellte Sensoren sind für die Sicherheit das A und O**

Wie bereits angedeutet, spielen Sensoren eine ganz zentrale Rolle bei der Funktionalität von Fahrerassistenzsystemen. Als „Sinnesorgane“ im Fahrzeug sind sie die Voraussetzung dafür, dass Fahrzustände beziehungsweise Fahrsituationen erkannt werden können – sie liefern die dazu notwendigen Messergebnisse. Die Sensorik ist dabei häufig kamerabasiert, dazu kommen bei modernen Systemen zusätzlich Radar- oder Lidarsensoren, um auch bei Dunkelheit und eventuell auch bei widrigen Wetterverhältnissen zuverlässige Ergebnisse zu generieren – um also zum Beispiel Fahrbahnmarkierungen ebenso zu identifizieren wie Personen, Tiere und Fahrzeuge.

## Fahrerassistenzsysteme sorgen für einen enormen Qualitätssprung in puncto Sicherheit

**Jorge Ordás Alonso**

Stellvertretender Generaldirektor für Mobilitäts- und Technologiemanagement der Dirección General de Tráfico (DGT)



Am 27. November 2019 wurde die Verordnung (EU) Nr. 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge im Hinblick auf ihre allgemeine Sicherheit und den Schutz der Fahrzeuginsassen und gefährdeter Verkehrsteilnehmer zur Änderung verschiedener Verordnungen verabschiedet.

Diese Verordnung stellt einen großen Fortschritt in Bezug auf die Anforderungen dar, die von der Europäischen Union hinsichtlich der Sicherheit von in ihrem Hoheitsgebiet hergestellten Fahrzeugen vorgegeben werden. Darüber hinaus stellt sie einen deutlichen Richtungswechsel in der Philosophie dar, da hier der Schwerpunkt auf dem Schutz gefährdeter Verkehrsteilnehmer liegt – ganz im Gegensatz zum bisherigen Ansatz, bei dem ausschließlich der Schutz der Fahrzeuginsassen im Vordergrund stand.

Hierzu wird eine Reihe von Fahrerassistenzsystemen eingeführt, die einen enormen Qualitätssprung beim Sicherheitskonzept darstellen und durch die Europa einmal mehr die Vorreiterrolle bei der Einführung von Maßnahmen zur Verhütung von Verkehrsunfällen und deren Folgen übernimmt. Um darüber hinaus eine wirksame Einführung dieser Systeme zu gewährleisten und laufend die Einhaltung der EU-Verordnung überwachen zu können, wird außerdem ein ehrgeiziger Zeitplan für deren Implementierung in Abhängigkeit vom Fahrzeugtyp aufgestellt, sowohl für die Typgenehmigung – die eine deutliche Verschärfung erfährt – als auch für Neuzulassungen. So müssen beispielsweise alle ab dem 6. Juli 2022 zugelassenen Lkw und Busse bereits mit einem Notbremsassistenten, einem Spurhalteassistenten und mit Geschwindigkeitsbegrenzungs-systemen ausgestattet sein.

Bei den Personenkraftwagen werden beispielsweise alle Fahrzeuge mit Typgenehmigung ab dem 6. Juli 2022 beziehungsweise mit Zulassung ab dem 6. Juli 2024 über eine große Anzahl von Systemen verfügen – unter anderem Unfalldatenschreiber, Aufmerksamkeitsassistent, Schnittstelle für den Einbau eines Atemalkohol-Messgeräts, Notbremsystem, intelligenter Geschwindigkeitsassistent, Reifendruckkontrollsystem oder Abstandhalteassistent.

Die Einhaltung dieser Fristen wird dazu beitragen, den gewünschten Sprung in der Fahrzeugautomatisierung zu bewirken. Durch diesen Sprung werden die Fahrzeuge in Europa das Automatisierungslevel 2 erreichen, wodurch die nächsten Innovationsschritte auf dem Weg zur vollständigen Automatisierung der Fahrzeuge vorangetrieben werden, die letztendlich – so wie in der Verordnung vorgesehen – die Anzahl der heute auf menschliches Versagen zurückzuführenden Unfälle um mehr als 90 Prozent verringern soll.

In Spanien ereignen sich über 50 Prozent der Unfälle in der Stadt. Dabei entfallen über 80 Prozent der Todesfälle auf gefährdete Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger, Fahrrad-, Moped- und Motorradfahrer. Diese sind besonders in Städten gefährdet, da es hier aufgrund des Zusammenspiels aus Geschwindigkeit, Ablenkung und Überraschungsmomenten zu dramatischen Folgen kommen kann. Anhand der von der EU-Verordnung geforderten Fahrerassistenzsysteme lässt sich eine Verringerung der Unfallzahlen und ihrer Auswirkungen in unseren Städten erreichen.

## Korrekt eingestellte Sensoren sind fundamental für die Verkehrssicherheit

Größere Einschränkungen der Sensorik erkennt das Fahrzeug und warnt den Fahrer vor einem Systemausfall. Doch was ist, wenn die Sensoren so minimal verstellt sind, dass das Fahrzeug noch keinen Fehler meldet? Dieser Frage gingen DEKRA Experten im Rahmen von Fahrversuchen auf dem Gelände des DEKRA Technology Centers am Lausitzring in Brandenburg nach. Überprüft wurden die Konsequenzen sogenannter Sensor-Dejustagen. Im ersten Fall (A) manipulierten die Sachverständigen gezielt die Frontkamera unterhalb der Eigendiagnoseschwelle – durch die scheinbar fehlerfreie Eigendiagnose erwartet der Fahrer also keinerlei Einschränkungen – und bewerteten die Auswirkungen auf das Fahrzeugverhalten in standardisierten Notbremszenarien. Im zweiten Fall (B) wurde das Verhalten des Totwinkelassistenten bei falscher Einbaulage oder Dejustage des Heckradars, wie es etwa nach einem Parkrempler vorkommen kann, untersucht.

Fall A wurde mit drei verschiedenen Testfahrzeugen durchgeführt, die jeweils über einen Notbremsassistenten verfügten und mit hochpräziser Messtechnik ausgerüstet waren. Hierzu fuhren die DEKRA Experten zwei Standard-Euro-NCAP-Szenarien (Auffahren auf ein stehendes Fahrzeug respektive Target und Erkennung eines auf der Fahrbahn befindlichen Fußgänger-Dummys). Die Geschwindigkeiten betragen 20, 40 und 60 km/h. Bei richtig justierter Kamera warnten alle drei Fahrzeuge den Fahrer frühzeitig und bremsen bis zum Stillstand vor dem jeweiligen Target ab. Anschließend wurde die Ausrichtung der Frontkamera jeweils unterhalb der Eigendiagnoseschwelle verstellt. Einem der Fahrzeuge gelang es danach nicht einmal bei 20 km/h, einen Aufprall auf das stehende Fahrzeug zu verhindern, ein weiterer Testwagen hätte lediglich bei 20 und 40 km/h einen Aufprall verhindern können, und nur ein Testfahrzeug warnte und bremsete bei allen drei Geschwindigkeiten immer noch rechtzeitig ab. Der Fußgänger wäre mit minimal beeinträchtigter Sensorik bei 60 km/h von allen drei Fahrzeugen angefahren worden. Doch selbst bei 40 km/h zeigten zwei der drei getesteten Fahrzeuge weder Warnung noch Bremsengriffe des Assistenzsystems.

Eine nur minimal falsch justierte Frontkamera führt also ganz schnell zu einer sicherheits-

gefährdenden Funktionsstörung, die der Fahrer in dieser Form nicht erkennen kann, weil sie auch vom System nicht detektiert wird. Zu solchen Fehleinstellungen kann es zum Beispiel beim nicht fachgerechten Austausch von Windschutzscheiben kommen. Da die Sensorik, wie die DEKRA Versuche wieder einmal gezeigt haben, essenziell für die richtige Funktion der Assistenzsysteme ist, sollte diese deshalb im Rahmen der periodischen Fahrzeuginspektion unbedingt überprüft werden. Da die reine Sichtprüfung der meist verdeckt verbauten Sensoren ebenso wenig ausreicht wie das Auslesen der Eigendiagnose des Fahrzeugs, arbeitet DEKRA bereits an entsprechenden technologischen Prüfmethoden.

Die Notwendigkeit der Überprüfung der Sensorik im Rahmen der periodischen Fahrzeuginspektion gilt selbstverständlich nicht nur für die Frontkamera, sondern auch für das Heckradar, wie Fall B verdeutlicht. Die DEKRA Experten simulierten dabei ein Szenario, das auf Autobahnen immer wieder vorkommt: Ein Fahrzeug fährt auf dem linken Fahrstreifen mit höherer Geschwindigkeit, der Fahrer eines zweiten Fahrzeugs auf dem rechten Streifen plant einen Überholvorgang und möchte ausweichen. Für den Versuch wurde das Heckradar minimal quer zur Fahrtrichtung verstellt – erneut innerhalb der Kalibrierengrenzen ohne Fehlererkennung bei der Eigendiagnose. Der Totwinkelassistent warnte dabei erst bei viel zu geringem Abstand zum von hinten herannahenden Fahrzeug und somit deutlich zu spät, um bei einem tatsächlich durchgeführten Fahrspurwechsel einen Unfall zu verhindern.



Nach dem Wechsel der Windschutzscheibe müssen kamerabasierte Systeme wie Notbrems- und Spurhalteassistenten neu kalibriert werden.



Im Rahmen von Fahrversuchen mit Sattelzugmaschinen von drei Lkw-Herstellern testete DEKRA die Wirksamkeit des jeweils verbauten Notbremsassistenten.

## DEKRA Fahrversuche mit Lkw-Notbremsassistenten

Wenn es um die Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit geht, spielen Fahrerassistenzsysteme auch im Lkw eine wichtige Rolle. Das gilt vor allem bei Unfällen am Stauende, die für die Fahrzeuginsassen große Risiken bergen. Insbesondere unter Beteiligung schwerer Güterkraftfahrzeuge kommt es hier immer wieder zu schwer verletzten und getöteten Insassen. Fährt ein Lkw mit großer Differenzgeschwindigkeit auf einen stehenden oder langsam fahrenden Pkw auf, sind beim Pkw extreme Deformationen und verheerende Folgen für dessen Insassen zu erwarten. Häufig werden mehrere Fahrzeuge ineinander geschoben. Beim Auffahren eines Lkw auf einen anderen Lkw erleiden die Insassen des auffahrenden Lkw oftmals schwerste Verletzungen. Aber auch das Auffahren eines Pkw auf das Heck eines vergleichsweise langsam fahrenden oder stehenden Lkw endet nicht selten tödlich für die Pkw-Insassen.

Optimierungen im Bereich der Kompatibilität der Fahrzeugstrukturen können zwar bis zu einem gewissen Grad Abhilfe schaffen. Mit zunehmender Geschwindigkeitsdifferenz sind aber schnell physikalische Grenzen erreicht. Denn angesichts der großen Massen schwerer

Nutzfahrzeuge haben Maßnahmen der passiven Sicherheit nur ein eingeschränktes Potenzial zur Minderung von Unfallfolgen. Effektive Verbesserungen sind daher primär im Bereich der Unfallvermeidung beziehungsweise der Verringerung der Unfallschwere durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen zu erzielen. Dabei geht es darum, abgelenkte Fahrer in geeigneter Weise und rechtzeitig in die Realität des Verkehrsgeschehens zurückzuholen sowie – unmittelbar bevor eine Kollision unvermeidlich wird – automatisch eine Bremsung einzuleiten. Die Effizienz des Notbremsassistenten, der zum Beispiel in der EU schon seit ein paar Jahren gesetzlich vorgeschrieben ist, wurde erst wieder im Rahmen einer im März 2021 publizierten Studie des Insurance Institute for Highway Safety und des Highway Loss Data Institute nachgewiesen. Danach verringerte das System in den Jahren 2017 bis 2019 auf US-amerikanischen Highways die Zahl der Auffahrunfälle von Lkw um 41 Prozent.

Dessen ungeachtet stellt sich die Frage, warum es trotz Pflichtausstattung mit dem Notbremsassistenten immer wieder zu teilweise verheerenden Unfällen am Stauende kommt. Wird das technische Potenzial der Systeme aufgrund der aktuellen gesetzlichen Mindestanforderungen möglicherweise noch nicht voll ausgeschöpft? Um das herauszufinden und zugleich zu testen, ob die Assistenten in ihrer Wirkung durch das Verhalten des Fahrers unbeabsichtigt beeinträchtigt werden können, hat DEKRA ebenfalls auf dem Gelände seines Technology Centers am Lausitzring spezielle Fahrversuche mit drei Lkw verschiedener Hersteller durchgeführt. Die Fahrzeuge wurden hierfür mit Messtechnik und Robotik (Lenk- und Pedalaktuatoren) ausgestattet. Die Lkw fuhren dabei jeweils mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h geradlinig auf eine stehende Pkw-Attrappe zu – und zwar mit 100-prozentiger Überdeckung, also mittig auf das Heck des Targets.

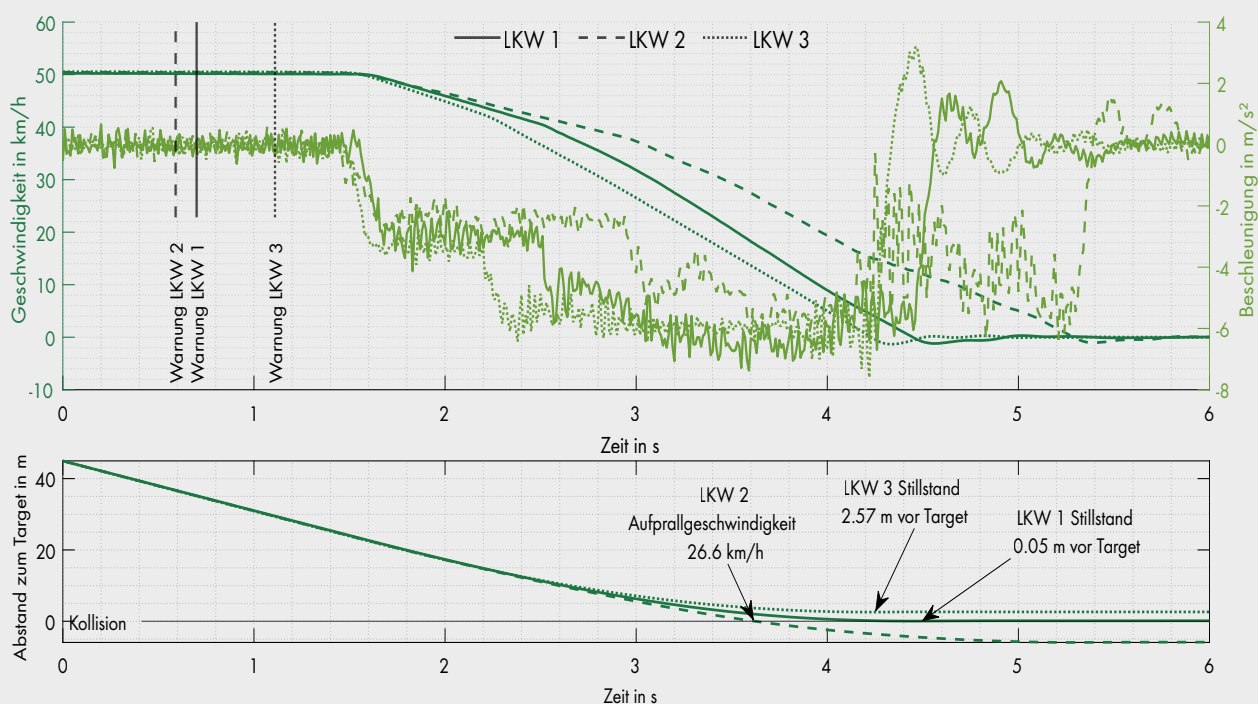


## Vergleich der drei getesteten Lkw-Notbremssysteme im Standardtestfall

Die Messdaten wurden so synchronisiert, dass alle Lkw zum gleichen Zeitpunkt mit gleicher Geschwindigkeit den dargestellten Bereich von 45 Metern vor dem Target befahren. Zu erkennen ist, dass die optischen Warnungen der Systeme zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgen. Lkw 2 warnt als erstes und Lkw 3 am spätesten vor dem Hindernis.

Im Anschluss erfolgt in der Kollisionswarnphase eine mäßige Verzögerung und somit eine Geschwindigkeitsreduktion. An diese schließt sich die Notbremsphase an, die bei allen Lkw durch Verzögerungen  $> 4 \text{ m/s}^2$  gekennzeichnet ist, wie gesetzlich gefordert.

Der Unterschied zwischen den Lkw besteht in den Zeitpunkten der genannten Systemaktivitäten sowie der Intensitäten der Bremsverzögerungen. Die Lkw von Hersteller 1 und 3 kamen dabei vor dem Hindernis zum Stehen, bei Hersteller 1 betrug der Abstand zur Attrappe allerdings nur noch fünf Zentimeter, bei Hersteller 3 immerhin 2,6 Meter. Das im Lkw von Hersteller 2 verbaute System verzögerte das Fahrzeug zwar, konnte jedoch einen Zusammenstoß mit der Attrappe nicht verhindern. Immerhin wurde die Kollisionsgeschwindigkeit auf 27 km/h reduziert.



Quelle: DEKRA

### Manuelle zusätzliche Bremsung kann die Wirksamkeit verbessern

Die Versuche wurden wiederholt in fünf Varianten durchgeführt. Zunächst als Test des jeweiligen Notbremsassistenten ohne Eingriff des Fahrers. Anschließend in Form von vier Simulationen eines Fahrereingriffs mit unterschiedlich starkem Bremspedaldruck und Lenkeingriff. Zur Reproduzierbarkeit wurden die Fahrereingriffe durch eine Robotik ausgelöst, sobald diese in der Kollisionswarnphase erkannte, dass der Notbremsassistent des Lkw die Geschwindigkeit bereits um 2 km/h reduziert hatte. Bei den Fahrten ohne Eingriff des Fahrers zeigte sich, dass die Assistenzsysteme je nach Lkw-Hersteller hinsichtlich des Warn- und Bremsverhaltens sehr unterschiedlich ausgelegt sind. Dies ist in

**Schaubild 8** näher beschrieben und verdeutlicht, dass im gleichen Verkehrsszenario von der Kollisionsvermeidung bis zum gesetzlich vorgeschriebenen Geschwindigkeitsabbau um 20 km/h Auslegungphilosophien für Notbremsassistenten im Feld sind.

In allen weiteren Simulationsfällen warnte und bremste der Lkw von Hersteller 1 verlässlich bis zum Stillstand ab und ließ sich auch durch Eingriffe des Fahrers nicht „aus der Ruhe bringen“. Beim Lkw von Hersteller 2 bewirkte der Fahrereingriff zumindest teilweise eine Verbesserung. Ein starker Bremsingriff reduzierte die Aufprallgeschwindigkeit auf 15 km/h. Ein starker Lenkeingriff führte angesichts des Geschwindigkeitsabbaus durch den Notbremsassistenten wenigstens dazu, an der Pkw-Attrap-

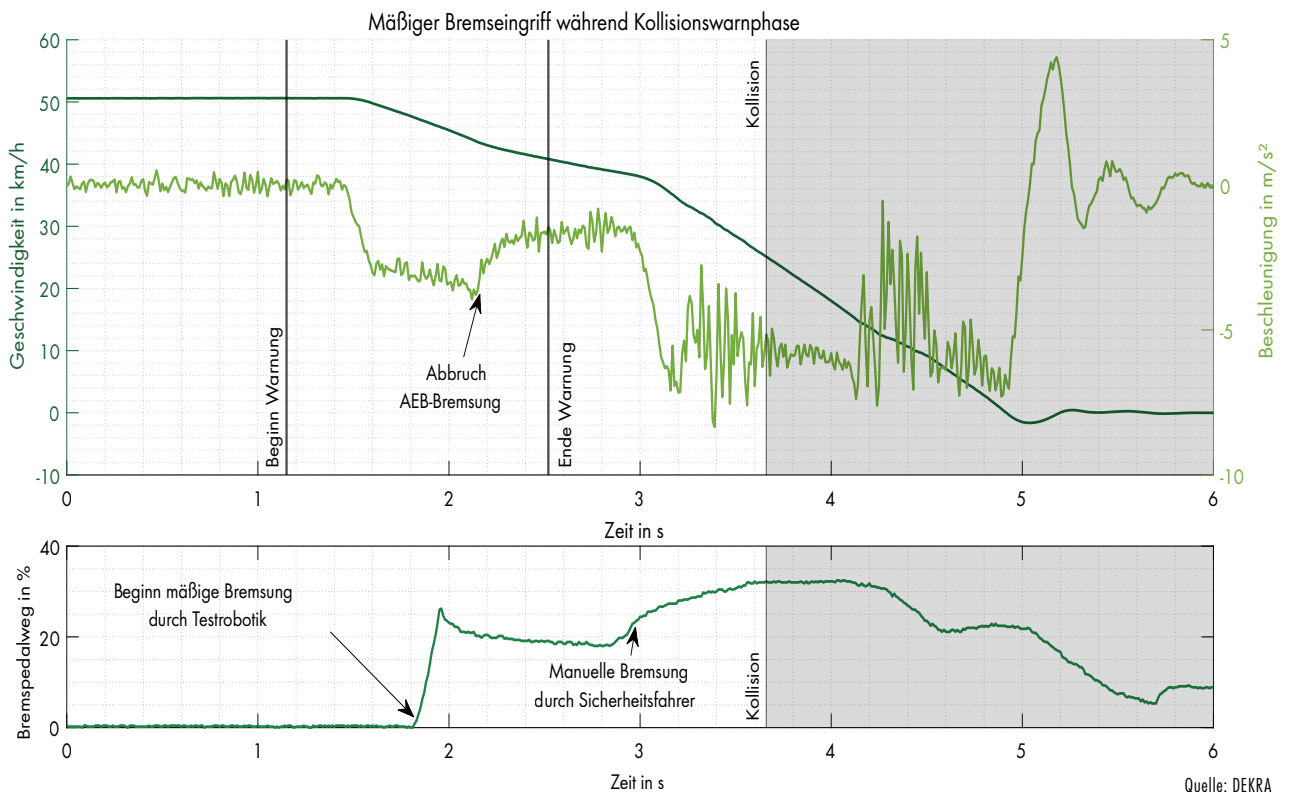
pe vorbeizufahren – ein mäßiger Lenkeingriff hätte hierfür nicht ausgereicht. Das System von Hersteller 2 erfüllt somit zwar gesetzliche Mindeststandards in Bezug auf die vorgeschriebene Reduktion der Geschwindigkeit um mindestens 20 km/h, kann Auffahrunfälle aber nicht zuverlässig verhindern. Durch die frühe Warnung bleibt dem Fahrer allerdings die meiste Zeit zum Reagieren. Das System im Lkw von Hersteller 3 warnte und bremste überwiegend zuverlässig. Allerdings führte bereits ein mäßiger Bremsengriff durch den Fahrer dazu, dass sich der Notbremsassistent abschaltete und somit seine sicherheitsrelevante Funktion außer Kraft setzte. Dieses für den Fahrer unerwartete Systemverhalten ist in **Schaubild 9** dargestellt und zeigt, dass die gesetzlich vorgeschriebene Übersteuerbarkeit je nach Auslegung zu Unfällen führen kann.

In einer weiteren Untersuchung wurden für einen der Lkw die Randbedingungen des standardisierten Tests verändert. So wurde zum einen das Szenario in einer leichten Kurve statt auf einer freien Geraden durchgeführt. Hierbei warnte das Notbremsystem mit 9 Metern vor dem Hindernis deutlich später als im Standardfall (27 Meter). Der Aufprall, der zuvor noch zuverlässig vermieden werden konnte, ereignete sich nun mit über 30 km/h. Auch die untersuchte Veränderung der Überdeckung führte zu erheblich schlechteren Versuchsergebnissen.

**Fazit:** Die verschiedenen getesteten Lkw-Notbremsassistenten sind zweifelsohne gesetzeskonform. Aber der Vergleich der Systemauslegungen zwischen

## 9 Abbruch der Notbremsung durch das Assistenzsystem trotz Gefahrensituation

Genau wie beim unbeeinflussten Testfall gibt das AEB-System (Autonomous Emergency Braking) im Lkw von Hersteller 3 zunächst ein Warnsignal (ab 1,2 Sekunden), danach erfolgt die Kollisionswarnbremsphase (ab 1,5 Sekunden). Ab 1,8 Sekunden und circa 20 Meter vor dem Target übt dann die Testrobotik einen mäßigen Bremsdruck auf das Bremspedal aus, was allerdings keine zusätzliche Verzögerung zeigt, da diese Bremswirkung unter der des Assistenzsystems in der Warnbremsphase liegt. Bei 2,2 Sekunden sinkt die Verzögerung auf das Niveau der mäßigen Bremsung durch die Robotik ab, was bedeutet, dass das AEB-System die aktive Bremsung beendet. Bei 2,5 Sekunden und circa 12 Meter vor dem Target erlischt dann auch die Warnleuchte des AEB-Systems, sodass das System vollständig inaktiv ist. Dieser Zustand bleibt für 0,5 Sekunden bestehen, bis der Sicherheitsfahrer unterstützend auf die Bremse tritt, um größere Schäden am Testequipment zu vermeiden, was am steigenden Pedalweg und der größeren Verzögerung erkennbar ist. Eine Kollision lässt sich dennoch nicht mehr verhindern, obwohl der gleiche Lkw dies zuvor ohne Betätigung des Bremspedals zuverlässig geschafft hat. Mit 25 km/h kommt es in diesem Fall zum Aufprall auf das Target.



den Herstellern und die Wirksamkeit einer manuellen zusätzlichen Bremsung zeigen, dass das technische Potenzial durch bestehende Regelungen nicht ausgeschöpft wird. Auch zeigten die Systeme teilweise starke sicherheitsrelevante Wechselwirkungen je nach Fahrerverhalten – im einen Fall etwa in Form des Abbruchs der Notbremsung bei Fahrereingriff trotz Gefahrensituation. Die von Fahrzeughersteller zu Fahrzeughersteller unterschiedliche Auslegung der gesetzlichen Vorgabe, dass Fahrerassistenzsysteme jederzeit durch den Fahrer übersteuert werden können, führt insbesondere dann zu großen Problemen, wenn etwa die Fahrer einer Spedition oder eines sonstigen Fuhrparks wechselnd auf Modellen unterschiedlicher Hersteller eingesetzt werden. Wünschenswert wäre es daher, eine Vereinheitlichung der Systemauslegungen zu diskutieren.

Darüber hinaus zeigten die Versuche von DEKRA, dass bei Abweichungen vom „Standard“ die Leistungsfähigkeit der Systeme deutlich sinkt. Daher sollten die Hersteller ihre für die Funktionsentwicklung nötigen Tests noch variabler gestalten und die Systeme in noch vielfältigeren Szenarien erproben. Für die Zukunft gilt es also, die gesetzlichen Anforderungen so zu erhöhen, dass die Systeme in realen Verkehrssituationen noch zuverlässiger funktionieren. Die auf UN-Ebene beschlossenen Änderungen bei den Mindestanforderungen gehen in die richtige Richtung, müssen jetzt aber zügig in die Gesetzgebung überführt werden.

## Potenzial und Optimierungsmöglichkeiten ausschöpfen

**Dr. Othmar Thann**

Direktor des Kuratoriums für Verkehrssicherheit



**Aktive Sicherheitssysteme und Fahrerassistenzsysteme (FAS) haben sich gegen Ende des 20. Jahrhunderts rasant weiterentwickelt. Hochentwickelte FAS können signifikant zur Unfallvermeidung und Unfallfolgenminderung beitragen und das Unfallrisiko signifikant verringern. Dennoch gilt es für die Zukunft zu prüfen, welche Sicherheitsmöglichkeiten, aber auch Risiken bestehen, vor allem wenn Systeme auf den Komfort und die langfristige Entlastung des Fahrers abzielen.**

Das grundsätzliche Potenzial aktiver Sicherheitssysteme für die Steigerung der Verkehrssicherheit wird nicht nur in zahlreichen Forschungsarbeiten bestätigt, sondern auch auf politischer und gesetzlicher Ebene erkannt. Für Fahrzeuge der Klassen M2, M3, N2 und N3 (Busse und Lkw) wurde die Ausrüstung mit Notbremsassistentensystemen mit Hinderniserkennung und Erkennung von fahrenden Fahrzeugen bereits ab November 2013 für neue Fahrzeugtypen und ab November 2015 für neue Zulassungen verpflichtend.

Informationen, die zum Beispiel in der österreichischen Bevölkerung noch nicht weit verbreitet sind, stellen hierbei ein hohes Defizit dar: Eine aktuelle KfV-Konsumentenbefragung zeigt, dass sich jeder fünfte österreichische Konsument rund um das Thema „automatisiertes Fahren“ (überhaupt) nicht informiert fühlt. Dass moderne technische Hilfsmittel dennoch eine große Rolle spielen und deren Bedeutung zukünftig auch weiter zunehmen wird, zeigt ein weiteres Ergebnis aus der KfV-Befragung: Bei einer Pkw-Neuanschaffung würde mehr als die Hälfte der Befragten Wert auf das Vorhandensein von FAS legen, wobei das Interesse am Einparkassistenten, dem adaptiven Tempomaten und dem Notbremsassistenten am größten ist.

Um das Potenzial der technischen Assistenten ausschöpfen zu können, ist auch entsprechendes Wissen rund um die Funktions- und Bedienungsweise dieser Tools erforderlich. Hier gilt es, die Gesellschaft abzuholen und mit dem notwendigen Wissen zu versorgen – dabei kommt mit Sicherheit auch den Medien und der Ausbildung eine große Bedeutung zu.

Das Informationsbedürfnis in der Bevölkerung hinsichtlich der FAS ist hoch. Ein großer Teil der Bevölkerung befürwortet auch, das Wissen zu FAS als Teil der allgemeinen Fahrerausbildung für die Zukunft zu verankern (praktischer sowie theoretischer Teil). Fast 60 Prozent wären sogar zukünftig bereit, eine halbtägige Schulung über FAS zu besuchen.

Die Fahrschüler von heute werden eine lange Zeit als aktive Verkehrsteilnehmer unterwegs sein. Wenn man bedenkt, dass Neufahrzeuge schon jetzt mit zahlreichen nützlichen Hilfssystemen ausgestattet sind, ist klar, dass Wissen und praktische Anwendung zu FAS in der Fahrausbildung berücksichtigt werden müssen. Hier ist Handlungsbedarf gegeben.

# Lichttechnische Einrichtungen bieten Potenzial zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

## Sehen und gesehen werden

Im immer dichter werdenden Verkehr auf unseren Straßen kommt auch den Beleuchtungs- und Lichtsignaleinrichtungen an Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern große Bedeutung zu. Andere Verkehrsteilnehmer zu sehen, von ihnen gesehen zu werden und bei Bedarf auch mit ihnen kommunizieren zu können, spielt für das Beherrschen von Verkehrssituationen eine große Rolle. Insbesondere bei Dunkelheit kommt es ganz entscheidend darauf an, das Signalbild eines Fahrzeugs schnell und eindeutig zu verstehen und seine speziellen Aufbau- und Einsatzarten zu identifizieren.

Diesbezüglich ergeben sich künftig auch neue Herausforderungen im Zusammenhang mit dem hoch- beziehungsweise vollautomatisierten Fahren. Damit dies – auch im internationalen Verkehr – zuverlässig funktioniert, führt kein Weg an der einheitlichen Festlegung von Art, Anzahl, Lichtfarbe und Anbaulage aktiver und passiver lichttechnischer Einrichtungen an Fahrzeugen vorbei. Grundlegende Anforderungen dazu wurden zunächst im „Internationalen Übereinkommen

über den Straßenverkehr“ (Wien 1968) niedergelegt. Für den Bau und das Inverkehrbringen von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern sind mittlerweile vor allem die wesentlich detaillierteren und international harmonisierten Regelwerke der EU und UNECE maßgeblich.

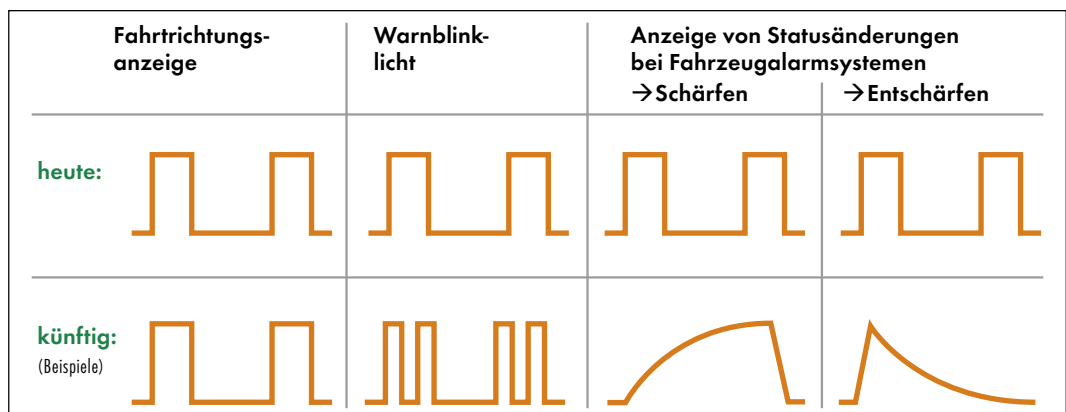
Auch wenn lichttechnische Einrichtungen an modernen Fahrzeugtypen heutzutage oft mit teilweise augenfälligen Design- und Funktionslösungen aufwarten, müssen diese immer im Rahmen geltender oder entsprechend fortgeschriebener Regelungen genehmigt sein. DEKRA macht sich in diesem Zusammenhang wiederholt dafür stark, das noch nicht in vollem Umfang erschlossene Potenzial herkömmlicher Standard-Lichtsignaleinrichtungen so weiter zu qualifizieren, dass ihre beabsichtigte Wirkung noch effektiver zum Tragen kommt. Etwa hinsichtlich der Optimierung der Signalisation mittels Fahrtrichtungsanzeiger, wie zwei Beispiele verdeutlichen sollen.

## Fortschritt ermöglicht weitere Verbesserungen

Im ersten Fall geht es um die situative Differenzierung der Lichtsignal-Impulsverläufe. Im Zusammenhang mit der besseren Verdeutlichung von Gefahrensituationen gab es bereits in den 1990er-Jahren Überlegungen zur Modifikation des Warnblinksignals mittels eines Doppelblinkimpulses. Neben der erhöhten Warnwirkung durch den optimierten Impulsverlauf kann zudem eine Differenzierung des Signalbildes erreicht werden.

So wird heute mittels des gelben Blinklichts entweder die beabsichtigte Änderung der Fahrtrichtung, eine allgemeine Gefahrensituationen (Warnblinklicht), neuerdings das Notbremsignal, aber genauso auch das Schärpen beziehungsweise Entschärfen der Diebstahlwarnanlage angezeigt. Aufgrund der Mehrfachbeaufschlagung der Fahrtrichtungsanzeiger mit unterschiedlichsten Funktionen ist für die Zukunft eine Differenzierung der vier unterschiedlichen Signalformen aus Sicht der DEKRA Experten anzustreben. Auch bei der – sowohl im stehenden als auch im fließenden Verkehr – regelmäßig auftretenden Situation einer halbseitigen Verdeckung des Fahrzeughecks oder der Front ergibt sich mittels Doppelblinkimpuls für die Warnblinklichtfunktion eine klare Differenzierbarkeit und damit ein Sicherheitsgewinn durch ein eindeutiges Signalbild.

Das bislang ungenutzte Potenzial bei der Optimierung der Lichtsignale, die von Fahrzeugen abgegeben werden müssen beziehungsweise dürfen, sollte vor dem Hintergrund neuer und erweiterter technischer Möglichkeiten der Darstellung differenzierter/harmonisierter Signalbilder in den internationalen Gremien erneut diskutiert werden.



Quelle: AG Technik i.R. des Lenkungsausschusses Verkehrssicherheit im Freistaat Sachsen

## Leben retten mit einfachen Mitteln

Der andere Fall hat die noch deutlichere Anzeige eines bevorstehenden beziehungsweise eingeleiteten Fahrstreifenwechsels beziehungsweise Abbiegevorgangs insbesondere bei großen Nutzfahrzeugen zum Thema. Hintergrund ist folgende Frage, die in den für die Fahrzeuglichttechnik zuständigen Gremien unbedingt wieder auf die Agenda gehört: Wie kann der nach wie vor akuten Gefährdung von Verkehrsteilnehmern in solchen Fahrsituationen auch mittels verbesserter Signalisation noch wirksamer begegnet werden?

Als mögliche Lösung wurde dazu in der UN-Regelung Nr. 48 der Absatz 6.5.3.1 eingefügt. Dieser sieht für neue Typpergenehmigungen bereits seit 8. Oktober 2015 eine Ausrüstungspflicht schwerer und langer Nutzfahrzeuge und deren Anhänger mit mindestens drei zusätzli-

chen seitlichen Fahrtrichtungsanzeigern der Kategorie 5 oder 6 vor. Die so beabsichtigte Verbesserung der Signalisation kann dabei aktuell auch durch „mindestens drei gelbe Seitenmarkierungsleuchten, die phasengleich und in der gleichen Frequenz mit den Fahrtrichtungsanzeigern leuchten“, erreicht werden.

Dieser unbedingt zu begrüßende Ansatz sollte im Hinblick auf eine weitere Verbesserung der optischen Wahrnehmungssicherheit dieser (Gefahren-)Signalisation dennoch auf den Prüfstand. So sollte die Gestattung der Ersatzvariante mittels mitblinkender Seitenmarkierungsleuchte vor dem Hintergrund des technischen Fortschritts ebenso zeitlich befristet werden wie die Verwendung von Fahrtrichtungsanzeigern der Kategorie 5. Diese haben mit einer vorgeschriebenen Mindestlichtstärke von gerade einmal 0,6 Candela eine deutlich geringere Wahrnehmbarkeit als solche der Kategorie 6 mit mindestens 50 Candela. DEKRA schlägt in diesem Zusammenhang vor, die Seitenmarkierungsleuchten (gegebenenfalls heute schon in Kombination mit seitlichen Rückstrahlern) hin zu kompakten seitlichen Positionsleuchten mit integrierter und vollwertiger Blinkfunktion mittels Fahrtrichtungsanzeiger der Kategorie 6 zu qualifizieren.

In Verbindung mit den Abbiegeassistenten würden Fahrzeuge damit zukünftig über ein sowohl an den Fahrer als auch an die gefährdeten Verkehrsteilnehmer gerichtetes, noch wirksames und möglicherweise lebensrettendes Gefahrenabwehrinstrumentarium verfügen.

## Technische Fahrzeugüberwachung wird zukünftig vermehrt datengetrieben sein

Klar ist: Immer wenn im Automobil Systeme des assistierten und automatisierten Fahrens verbaut sind, muss bestmöglich gewährleistet sein, dass sie – wie auch die sicherheitsrelevante Mechanik – über das ganze Fahrzeugleben hinweg zuverlässig funktionieren. Denn nur dann können sie auch ihre erhoffte Wirkung entfalten. Der periodischen Fahrzeugüberwachung, wie es sie in zahlreichen Staaten der Welt bereits seit vielen Jahren gibt, kommt daher in Zukunft eine noch größere Bedeutung zu als heute schon.

Angesichts der zunehmend wichtigen Rolle von Software, Sensoren und Steuergeräten für die Fahrzeugsicherheit wird es bald jedoch nicht mehr genügen, den Stand der Technik lediglich zum Beispiel alle zwei Jahre zu prüfen. Erforderlich wird mittelfristig

vielmehr eine ereignisgesteuerte, anlassbezogene Fahrzeuguntersuchung. Zumal zukünftig die Updates der Fahrzeughersteller für Firm- und Software weniger per Kabel in der Werkstatt, sondern vermehrt drahtlos „Over the Air“ erfolgen werden. Ein Fahrzeug kann innerhalb kürzester Zeit ein grundlegend anderes sein, wenn über ein Software-Update sicherheitsrelevante Fahrfunktionen mit Blick auf Assistenzsysteme oder automatisierte Fahrfunktionen verändert werden. Solche Over-the-Air-Updates bergen zudem ein nicht unerhebliches Risikopotenzial – allen voran die Gefahr von Hackerangriffen.

Insbesondere nach Verkehrsunfällen und Verkehrsverstößen wird es in Zukunft außerdem immer wichtiger werden, Ursachen und Verantwortlichkeiten zu klären. Ist ein Mensch gefahren? Oder hat das automatisierte System das Fahrzeug gesteuert? Und lag beim automatisierten System möglicherweise ein Fehler vor? Um jederzeit alle sicherheits- und umweltrelevanten Systeme über den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs auf Beschädigungen, Fehlfunktionen und Manipulationen unabhängig prüfen zu können und damit ihrer hoheitlichen Aufgabe gemäß der EU-Richtlinie 2014/45 gerecht zu werden, benötigen Prüforganisationen wie DEKRA den direkten, ungefilterten und diskriminierungsfreien Zugang zu den originären, also unveränderten, sicherheits- und umweltrelevanten Daten aus dem Fahrzeug. Die Daten sollten dabei auch die Fahrzeughistorie abbilden.

*Die periodisch-technische Inspektion deckt technische Mängel an Fahrzeugen auf und reduziert so die Unfallgefahr.*





Die Probandenversuche der DEKRA Unfallforschung haben teilweise erhebliche Schwierigkeiten im Umgang mit den Bedienfunktionen im Fahrzeug aufgedeckt.



## Konsequenzen moderner Bedienkonzepte

Die fortschreitende Digitalisierung der Gesellschaft hat längst auch die Cockpits in Fahrzeugen erreicht. Wo noch vor wenigen Jahren physische (Dreh-)Schalter und Knöpfe mit haptischem Feedback zur Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug dienten, überwiegen in modernen Fahrzeugen Touchdisplays und berührungssensitive Schaltflächen. Aus Sicht der Unfallforschung stellt sich allerdings die Frage: Führt diese Entwicklung aufgrund der nicht selten erschwerten Erreichbarkeit der Bedienelemente, die mitunter irgendwo im Menü versteckt sind, und aufgrund der Ablenkung, die aus dem Suchen und Finden der jeweiligen Funktion resultiert, zu einem erhöhten Risiko im Straßenverkehr?

Um Antworten hierauf zu finden, hat die DEKRA Unfallforschung in einem Test 80 Personen vor sicherheitsrelevante Bedieneaufgaben in zwei Versuchsfahrzeugen gestellt. Exemplarisch wurden hierfür zwei Generationen eines Modells mit hohen Verkaufszahlen und Neuzulassungen in Deutschland ausgewählt. So wurde sichergestellt, dass die Probanden nicht mit zwei vollkommen unterschiedlichen Bedienphilosophien konfrontiert werden. Die beiden Versuchsfahrzeuge hatten einen Altersunterschied von zehn Jahren (älteres Modell Baujahr 2012/neueres Modell Baujahr 2022). Die Versuche wurden im Stand bei eingeschalteter Zündung durchgeführt.

Die Stichprobe teilte sich in 35 weibliche und 45 männliche Probanden auf. Das Durchschnittsalter lag bei 36,5 Jahren, 50 Prozent der Probanden waren zwischen 29 und knapp 52 Jahre alt. Die eigenen Fahrzeuge der Probanden waren mit Zulassung nach 2015 überwiegend jünger als das ältere Versuchsfahrzeug. Knapp 54 Prozent der Probanden fahren mehr als 10.000 Kilometer pro Jahr, etwa 24 Prozent zwischen 5.000 und 10.000 Kilometer, jeweils circa 11 Prozent fahren weniger als 5.000 Kilometer oder besitzen kein Fahrzeug.

Folgende zehn Bedieneaufgaben waren zu bewältigen:

1. Einschalten des Scheibenwischers und Einstellung auf die schnellste Stufe beziehungsweise das schnellste verfügbare Wischintervall.
2. Einschalten der Frontscheibenbelüftung auf maximale Stufe.
3. Einschalten des Radios, Anwahl eines vorgegebenen Senders und danach Herunterdrehen der Lautstärke auf null.
4. Einschalten der Heckscheibenheizung.
5. Einschalten des Abblendlichts.
6. Einschalten der Nebelscheinwerfer und der Nebelschlussleuchte.
7. Einschalten der Warnblinkanlage.
8. Einmaliges Betätigen der Lichtlupe und danach Einschalten des Fernlichts.
9. Einschalten der Spiegelheizung.
10. Absenken der Temperatur im Fahrzeug um zwei Grad.

## Die Abgabe der Kontrolle an ein Steuerungssystem erfordert ein radikales Umdenken

**Prof. Dr. Markus Caspers**

Professor für Design und Medien, Leiter des Studiengangs „Communication and Design for Sustainability“ und des Kompetenzzentrums „Corporate Communications“ an der Hochschule Neu-Ulm



Die Nutzererfahrung beziehungsweise User Experience (UX) in Fahrzeugen ist bereits seit einigen Jahren ein zentrales Thema des Interior Designs. Mit der fortschreitenden Automatisierung von Fahrzeugen – Stichwort „Autonomes Fahren“ – wird der Wechsel von einer passiven Fahrgast- zu einer aktiven Fahrsituation zur großen Herausforderung. Das Innenraumlayout von Personenkraftwagen mit Lenkrad, Anzeigenkonsole und zwei Sitzreihen in Fahrtrichtung ist uns über Jahrzehnte zu einer „zweiten Natur“ geworden.

Die Abgabe der Kontrolle an ein Steuerungssystem beim autonomen Fahren erfordert daher ein radikales Umdenken und absolutes Vertrauen in die Sicherheit und Zuverlässigkeit solcher Systeme. Ähnlich den Not-Aus-Schaltern an Maschinen sind Bereiche in den Innenraumdisplays denkbar, die im kritischen Fall sofort aktiviert werden können und den Passagieren die Kontrolle über das Fahrzeug zurückgeben. Auf künstlicher Intelligenz basierte Sprachsteuerungen werden den Dialog zwischen Insassen und Fahrzeug moderieren und als Interface zwischen Mensch und Maschine agieren.

Auch beim Interior Design werden wir uns umstellen müssen: Innenräume von Fahrzeugen werden in Zukunft per App modifiziert werden können – bis hin zu persönlich konfigurierten und bespielbaren Displays, die den ganzen Innenraum einnehmen. Das Fahrzeug wird eine neue Rolle als erweiterter Wohnraum, mobiles Büro oder persönlicher Rückzugsort bekommen, die UX wird auf Wohlbefinden und Komfort fokussiert sein. Hier den Wechsel von Komfort auf eine plötzliche Selbststeuerung zu designen, ist eine große Herausforderung.

Wenn in 20 Jahren kaum noch jemand einen Führerschein hat, weil es eine ausreichende Infrastruktur autonomer Fahrzeuge gibt, wie kann gewährleistet werden, dass im Bedarfsfall auf manuelle Steuerung umgestellt werden kann? Für Designerinnen und Designer wird die Herausforderung sein, ein multimediales und multisensuelles Erlebnis zu entwerfen. Also zum Beispiel Steuerungsbefehle per Sprachassistent, Dachpanels als wandelbare Licht- und Farbräume oder Fahrinformationen, die über Touchscreens bedient werden.

### Teilweise Überforderung im moderneren Fahrzeug

Für alle gestellten Bedienungsaufgaben benötigten die Probanden im neueren Fahrzeug im Durchschnitt deutlich mehr Zeit – teilweise sogar mehr als doppelt so lange, wie im Fall der Aufgaben 2 bis 5. Und zwar vermutlich deshalb, weil die Anordnung der Bedienschalflächen im neuen Fahrzeug sich zu der vielleicht bisher gewohnten Anordnung unterschied. Beispielsweise ließ sich die maximale Frontscheibenbelüftung beim modernen Fahrzeug zwar durch eine sensitive Schaltfläche beziehungsweise einen Schaltknopf aktivieren. Diese Touchknöpfe lagen aber auf der linken Seite des Cockpits – also nicht wie gewohnt in der Mittelkonsole – und wurden von den meisten Probanden nicht sofort erkannt, da der Blick bei dieser Frage immer zuerst in die Mittelkonsole ging. Hier konnten sie über das Menü (Klima) und Untermenüs auf dem Touchscreen ebenfalls die maximale Frontscheibenbelüftung einschalten, zeitlich war dies jedoch deutlich aufwendiger und vor allem mit deutlicher längerer Blickzuwendung und somit Ablenkung (im Realverkehr von der Fahraufgabe) verbunden.

## Moderne Bedienkonzepte erfordern häufig eine intensive Einarbeitung

Bei anderen Aufgaben wie zum Beispiel 1, 7 oder 9 wurden im neuen Fahrzeug ähnliche Zeiten oder leicht kürzere Bedienzeiten erzielt. Dies lag aber vornehmlich am Lerneffekt der Probanden durch die Voreinstellung im älteren Fahrzeug. Bei Frage 8 zur Aktivierung des Fernlichts war ebenfalls ein Lerneffekt zu erkennen. Dieser war zum Teil größer, da viele Probanden schon im älteren Fahrzeug nicht wussten beziehungsweise erst durch Probieren feststellten, dass das Fernlicht nur – der Vorschriftenlage entsprechend – mit aktiviertem Abblendlicht oder Standlicht eingeschaltet werden konnte. Diese Erkenntnis nahmen sie ins neuere Fahrzeug mit. **Schaubild 10**

Die Probanden hatten für das Lösen jeder Bedienungsaufgabe ein Zeitfenster von 30 Sekunden. Konnte die Aufgabe in dieser Zeit nicht gelöst werden, erfolgte der Abbruch des Versuchs. Auch hier lässt sich ein eindeutiges Bild erkennen. Deutlich mehr Probanden konnten die Aufgaben im neueren Fahrzeug im Vergleich zum alten Fahrzeug nicht nach 30 Sekunden lösen. Negativ hervorzuheben sind dabei wieder die Aufgaben 2 bis 4 im neuen Fahrzeug (Frontscheibenbelüftung, Radio, Heckscheibenheizung). Das Alter der Probanden spielte für die Zeitdauer bei der Lösung der Bedienungsaufgaben eine eher untergeordnete Rolle. **Schaubild 11**

Interessant ist auch der Blick auf die Ergebnisse, wenn man die Probanden dahingehend unterteilt, ob sie privat mit Fahrzeugen des gleichen Herstellers wie der Versuchsfahrzeuge unterwegs sind oder nicht. Dabei zeigte sich, dass die Probanden, bei denen dies der Fall ist, beim älteren Versuchsfahrzeug im Durchschnitt in fast allen Aufgaben schneller waren als die Probanden, die sonst mit einem Fahrzeug eines anderen Herstellers unterwegs sind. Beim neueren Versuchsfahrzeug zeigt sich ein ausgeglicheneres Bild. Dies ist einerseits einem gewissen Lerneffekt zuzuschreiben und andererseits dem Bedienkonzept des neueren Fahrzeuges, mit dem sich alle Probanden schwerer vertraut machten, da es möglicherweise zu weit weg von den Vorgängermodellen ist. **Schaubild 12**

*In vielen Fahrzeugen findet sich der Schalter für die Warnblinkanlage mittig auf dem Armaturenbrett – allerdings nicht einheitlich bei allen.*

### Jüngere arbeiten sich eher in das moderne Bedienkonzept ein

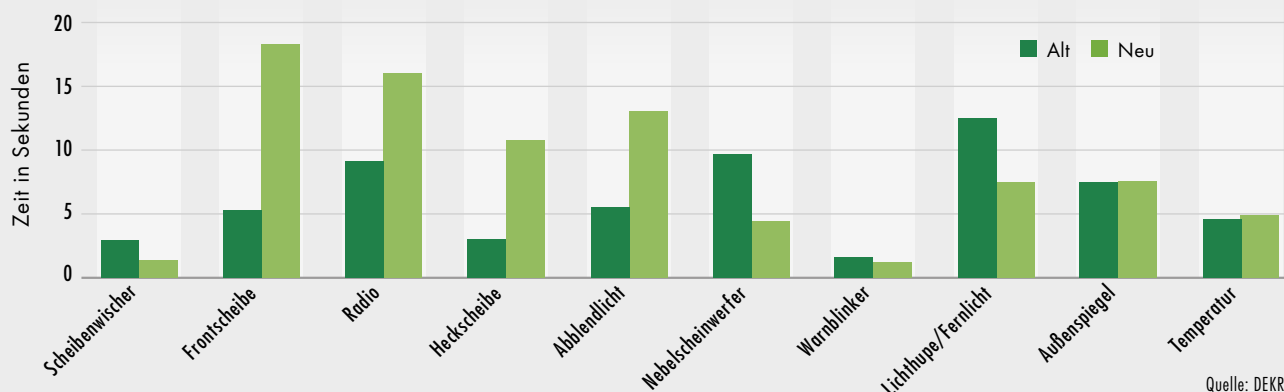
Die Frage, welches der beiden Bedienkonzepte die Probanden bevorzugen würden, ergab ein mehrheitliches Votum für dasjenige des älteren Versuchsfahrzeugs. Ein Grund hierfür könnte im „Cognitive Overload“ zu finden sein. Mit diesem Begriff bezeichnet man die Überlastung des Arbeitsgedächtnisses, die in diesem konkreten Fall durch die vom neuen Fahrzeug ausgelösten Eindrücke verursacht wurde. Tatsächlich war die Mehrzahl der Probanden vom Bedienkonzept des neueren Versuchsfahrzeugs verwirrt. Beklagt wurden die Reaktionszeit des Touchdisplays und der berührungssensitiven Schaltflächen ebenso wie das fehlende haptische Feedback insbesondere der sensitiven Schaltflächen.

Der Lernaufwand, den die neuen Bedienkonzepte von den Fahrern verlangen, wird von den Probanden als recht hoch eingeschätzt – insbesondere für ältere Menschen. Das neuere Bedienkonzept kann insbesondere für Menschen, die eine Lesebrille tragen, ein sicherheitsrelevantes Problem darstellen. Denn ohne diese Brille erkennen sie die Bedienelemente nicht, mit dieser Brille können sie aber dem Verkehrsgeschehen nicht mehr folgen, weil sie praktisch auf größere Entfernungen nichts mehr sehen. Verbesserungsvorschläge seitens der Probanden gehen in Richtung einer Mischung aus beiden Konzepten. Beispielsweise könnte das Touchdisplay erhalten bleiben, die Lautstärkeregelung des Fahrzeugs jedoch durch einen herkömmlichen Drehknopf übernommen werden.

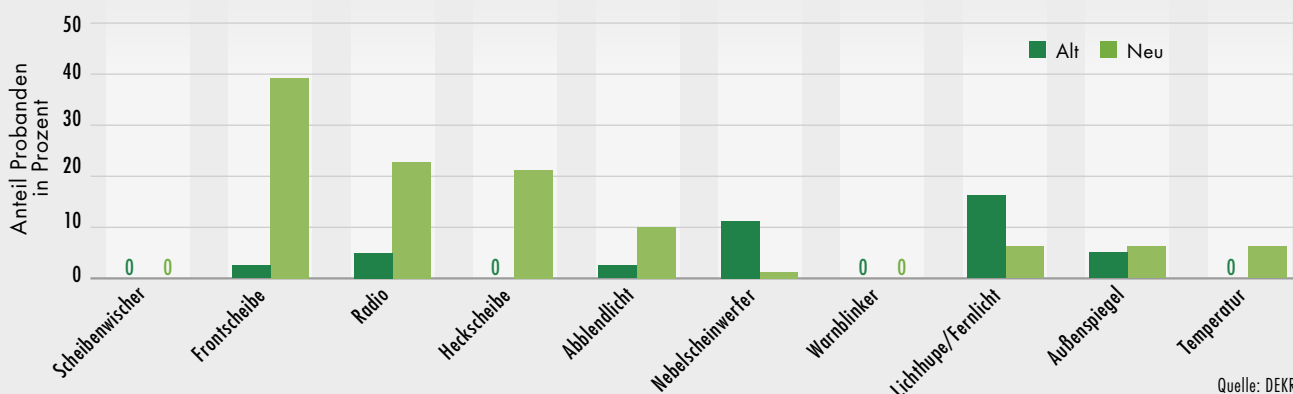




**10** Zeit pro Bedienungsaufgabe im Durchschnitt



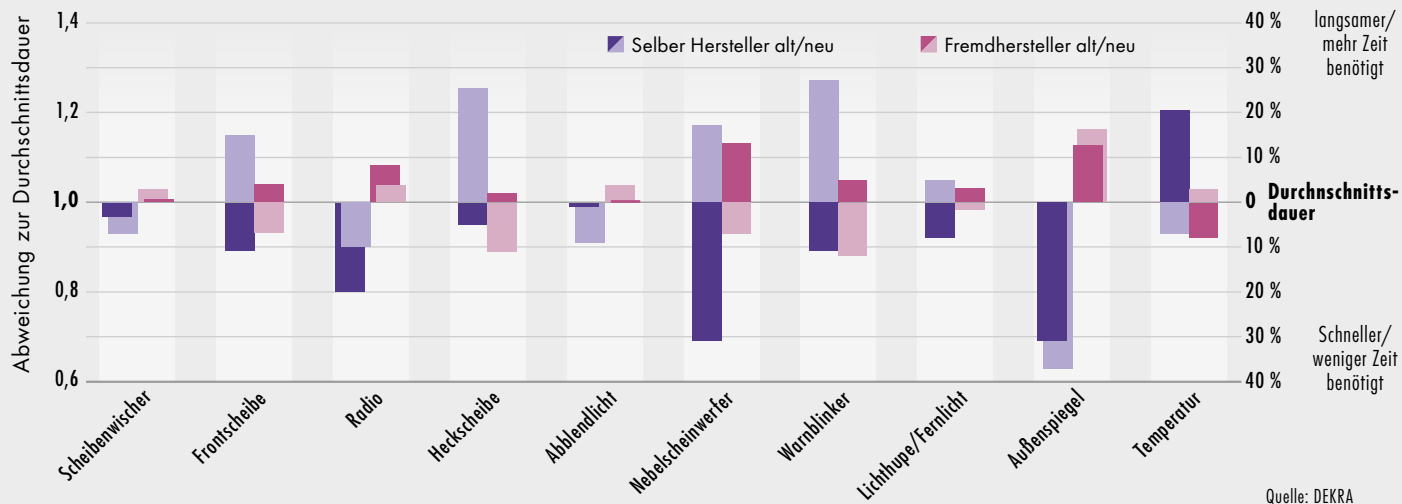
**11** Probanden, die für die Bedienungsaufgabe über 30 Sekunden gebraucht haben oder die Bedienungsaufgabe nicht lösen konnten



**12** Zeitbedarf in Abhängigkeit des privat gefahrenen Fahrzeugherstellers



Die 1 als horizontale Mittelachse ist die Durchschnittsdauer. Befindet sich die Säule über 1, hat diese Gruppe entsprechend länger bei der Lösung der Aufgabe gebraucht. 1,2 bedeutet also, dass diese Gruppe zwanzig Prozent mehr Zeit im Vergleich zur Durchschnittsdauer für diese Aufgabe benötigt hat. 0,8 bedeutet zwanzig Prozent weniger Zeit.





Insbesondere für sicherheitsrelevante Einstellungen wäre eine herstellerübergreifende Standardisierung der Bedienfunktionen dringend erforderlich.

**Fazit:** Trotz stehender Fahrzeuge und Testbedingungen waren viele Probanden mit dem Bedienkonzept im modernen Fahrzeug überfordert. Auch wenn die Funktion bekannt war, blieben viele Probanden zu lange auf dem Touchknopf, sodass dieser an- und wieder ausgeschaltet oder andere Touchknöpfe in der Nähe versehentlich betätigt wurden. Vor allem bei sicherheitsrelevanten Funktionen oder Einstellungen haben sich Knöpfe und Regler mit haptischem Feedback bewährt. Weil dieses Feedback bei den Touchflächen und -screens fehlt und deshalb meist – wie beim Tippen auf dem Smartphone – eine längere Blickzuwendung notwendig ist, vergrößert sich die Ablenkungszeit. Auch sind Eingabefehler häufiger, weil man bei kleinen Schaltflächen leicht danebentippt – vor allem während der Fahrt. Dessen ungeachtet bleibt grundsätzlich festzuhalten, dass jüngere Menschen trotz Schwierigkeiten bei der Bedienung das neuere Fahrzeug bevorzugen und eher gewillt sind, sich in das moderne Bedienkonzept einzuarbeiten.

## Superhelden im Dienst der „Vision Zero“

Für die Unfallforschung und die Fahrzeugentwicklung sind sie unerlässlich, weil sie für uns ihre stählernen Knochen hinhalten: Crashtest-Dummys. Um die bestmöglichen Ergebnisse aus den Crashtests zu erhalten, müssen die lebensgroßen „Anthropomorphic Test Devices“, so die offizielle Bezeichnung von Dummys, möglichst biofidel, also lebensecht, sein. Allerdings stellen fast alle heute verwendeten Modelle einen typischen Mann dar: Der häufigste, in den 1970er- und 1980er-Jahren entwickelte Hybrid III Dummy (HIII50M) ist einem damals durchschnittlichen Mann mit einer Körpergröße von 1,75 Metern und ei-

nem Gewicht von 78 Kilogramm nachempfunden.

Fakt ist jedoch, dass heute – wie auch damals – das Unfallgeschehen und somit auch die daran Beteiligten nicht einfach dieser einen Personengruppe zugeordnet werden kann. Die Bandbreite an Körpergröße und Gewicht ist riesig und in ihrer Ausprägung stetigen Schwankungen unterlegen. Auch ändern sich die körperlichen Eigenschaften im Verlaufe des Lebens – ein im Hinblick auf den demographischen Wandel mit einer zunehmend älteren Gesellschaft in vielen Teilen der Welt bedeutender Aspekt. Nahezu komplett unberücksichtigt bleibt das weibliche Geschlecht. Frauen haben einen anderen Körperbau als Männer – sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Anatomie zum Beispiel am Becken, weisen in der Regel eine schwächere Nackenmuskulatur auf und sind an den Armen, Beinen, Hand- und Fußgelenken sowie am Bauch verletzlicher. Dies führt bei einem Verkehrsunfall zu einem anderen Verletzungsrisiko als bei Männern. Auch sind Frauen statistisch gesehen häufiger von Osteoporose betroffen. Der bis dato verwendete „Frauen“-Dummy HIII5F ist aber direkt vom männlichen HIII50M abgeleitet und mehr oder weniger eine geschrumpfte Version – er würde heute bezüglich Größe und Gewicht eher ein 12- bis 14-jähriges Mädchen repräsentieren als eine erwachsene Frau. Um diesem Problem gerecht zu werden, wird aktuell ein

Dummys halten im Dienst der Verkehrssicherheit kompromisslos ihre „Knochen“ hin und bergen in sich überaus feinfühligere Messinstrumente.



Das entspricht auch den Ergebnissen der in der Einleitung dieses Reports bereits erwähnten, von DEKRA beauftragten forsa-Befragung. Danach würden es 90 Prozent der befragten Autofahrer befürworten, wenn sich die verschiedenen Funktionen und Systeme bei unterschiedlichen Fahrzeugtypen beziehungsweise -herstellern gleich bedienen lassen würden. Weitere interessante Erkenntnisse der Befragung: 86 Prozent der Befragten quer durch die verschiedenen Altersgruppen wussten nicht auf Anhieb, wie bestimmte Funktionen oder Systeme in einem ihnen gar nicht oder weniger vertrauten Fahrzeug bedient beziehungsweise genutzt werden. Dies betraf insbesondere den Tempomaten, die Lichtenlage, den Scheibenwischer und das Navigationssystem. Knapp 25 Prozent der Befragten mit Bedienungsschwierigkeiten von bestimmten Funktionen oder Systemen gaben an, dass sie aufgrund dessen schon einmal abge-

lenkt waren und es zu einer kritischen Situation im Straßenverkehr kam.

Insgesamt stehen Fahrzeughersteller und Entwickler vor einer großen Herausforderung: Auf der einen Seite soll die Bedienung so intuitiv wie möglich sein, gleichzeitig müssen immer mehr Funktionen und Einstellmöglichkeiten im Bedienkonzept Platz finden. Vor allem sicherheitsrelevante Einstellungen, etwa bezüglich der Sicht und des Lichts, müssen dabei eine Sonderrolle einnehmen und schnell erkennbar sein. Dringend erforderlich wäre insgesamt eine weitere Standardisierung der Bedienfunktionen und der Anordnung der Bedienelemente. So fänden sich Fahrer auch in Fahrzeugen verschiedener Hersteller schneller zurecht. Eine Sprachsteuerung als Alternative kann ein gutes Bedienkonzept grundsätzlich nicht ersetzen, aber eine gute Ergänzung sein – wenn man damit vertraut ist.

völlig neuer weiblicher Dummy entwickelt, der auch die weibliche Anatomie berücksichtigt. Der THOR5F berücksichtigt hierbei die geringere Muskelmasse, die fragileren Gelenke, das breitere Becken und die schmalere Schultern.

In der Entwicklung befindet sich auch ein Dummy für Seniorinnen. Der Elderly Female Dummy soll hierbei eine 70-jährige Frau mit einer Körpergröße von 1,61 Metern und einem Gewicht von 73 Kilogramm repräsentieren. Der Dummy unterscheidet sich von aktuellen Dummies auch durch eine andere Verteilung der Körpermasse und ist zum Beispiel an der Hüfte schwerer. Erste DEKRA Crashversuche mit einem Prototypen haben gezeigt, dass sich dieser Dummy anders verhält als der aktuell verwendete „Frauen“-Dummy HIII5F. Durch das schwerere Becken taucht der Elderly Female Dummy mit seinem Becken tiefer in das Sitzkissen ein und der das Becken umschließende Teil des Sicherheitsgurts rutscht in den Bauchraum, was zu schweren Verletzungen führen kann. Auch bewegt sich der Oberkörper nicht so weit nach vorne, was zu einer anderen Belastungsart im Bereich der Lendenwirbelsäule führt.

Ein weiteres in Entwicklung befindliches Modell ist der sogenannte Obese Dummy. Dieser repräsentiert einen übergewichtigen Fahrzeuginsassen und wiegt 124 Kilogramm. Erste Crashversuche mit einem Prototyp hat DEKRA auch hier bereits durchgeführt. Die Auswertung der Messdaten dauert noch an, aber erste Erkenntnisse zeigen, dass die Rückhaltesysteme an ihre Grenzen stoßen. Der Sicherheitsgurt kann den Obese Dummy als Fahrer nicht mehr adäquat zurückhalten und die Beine des Dummies schlagen hart gegen das Armaturenbrett und deformieren dieses sogar.

## Die Fakten in Kürze

- Die Grenzen der Physik lassen sich selbst mit dem besten System nicht verschieben.
- Zahlreiche technische Errungenschaften des 20. Jahrhunderts wie etwa Radialreifen, Scheibenbremse, Servobremse und Servolenkung haben wichtige Grundlagen für die Effizienz der heutigen Systeme des Insassen- und Partnerschutzes geschaffen.
- Schon minimal verstellte Sensoren, die so weder vom Fahrer noch von den Fahrzeugsystemen erkannt werden, können zu einer sicherheitsgefährdenden Funktionsstörung führen.
- Die verschiedenen Lkw-Notbremsassistenten sind zwar gesetzeskonform, die qualitativen Unterschiede der einzelnen Systeme zeigen für die Zukunft aber noch deutliches Entwicklungspotenzial.
- Herkömmliche Standard-Blinker am Kraftfahrzeug sollten so weiter qualifiziert werden, dass ihre beabsichtigte Wirkung noch effektiver zum Tragen kommt.
- Die technische Fahrzeugüberwachung wird zukünftig vermehrt auf im Fahrzeug oder in einer virtuellen Fahrzeugakte gespeicherte Daten angewiesen sein.
- Aufgrund des fehlenden haptischen Feedbacks bei Touchscreens in modernen Fahrzeugen vergrößert sich die Ablenkungszeit, weil meist eine längere Blickzuwendung notwendig ist.
- Da jeder Hersteller für sich selbst definiert, wie eine intuitive Benutzerführung bei der Fahrzeugbedienung via Touchscreen aussieht, unterscheiden sich diese bezüglich Menüführung und Benennung erheblich. Werden Fahrzeuge unterschiedlicher Hersteller gefahren (Mietwagen, Carsharing, etc.), sind Probleme vorprogrammiert.



## Digitalisiert, vernetzt – und regelkonform

Rund um das automatisierte Fahren gibt es eine ganze Reihe regulatorischer und infrastruktureller Herausforderungen, die es zeitnah zu bewältigen gilt. Das betrifft Fragen der Kommunikationstechnologie und der Cybersicherheit ebenso wie gesetzliche Regelwerke, den Straßenbau und die Verkehrszeichenerkennung oder die Rolle einer „Technischen Aufsicht“ zur Überwachung des Betriebs vollautomatisierter Fahrzeuge.

Die vorhergehenden Kapitel haben deutlich gemacht, dass die intelligente Vernetzung und die Digitalisierung innerhalb und außerhalb von Fahrzeugen zukünftig eine immer wichtigere Rolle spielen werden. Die Fahrzeuge kommunizieren dabei untereinander (Vehicle to Vehicle, V2V) ebenso wie mit der Infrastruktur (Vehicle to Infrastructure, V2I) – etwa mit Ampelanlagen oder Verkehrsleitsystemen. Ein entscheidender Vorteil dieser auch sogenannten Car-to-X-Kommunikation besteht darin, dass sie den Fahrer in Sekundenbruchteilen über Gefahrensituationen entlang der Route informieren und warnen kann, selbst wenn diese Gefahren für den Fahrer noch gar nicht sichtbar sind. Während der hoch- oder vollautomatisierten Fahrt würde das Fahrzeug in diesen Fällen sogar selbstständig bremsen oder die Spur wechseln, um die Gefahrenstelle mit ausreichendem Abstand zu umfahren, ohne dass der Fahrer eingreifen muss. Von der vernetzten Mobilität dürften in hohem Maße auch ungeschützte Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger und Zweiradfahrer profitieren.

Um dies gewährleisten und die dafür notwendige Konnektivität bereitstellen zu können, bedarf es entsprechender Kommunikationstechnologien. Dazu zählen neben standardisierten Kurzstreckentechnologien für allgemeine Zwecke (Bluetooth, Wi-Fi, Wireless Power, Near Field Communication usw.) sowie dem Mobilfunk (GSM, UMTS, LTE und alle zugehörigen Varianten) auch speziell für die Vernetzung von Fahrzeugen entwickelte Technologien. Das sind beispielsweise der WLAN-Standard IEEE 802.11p oder der Mobilfunk-Standard C-V2X

## Vernetzte versus menschenfreundliche Straßen

**Jacobo Díaz Pineda**

Generaldirektor der Asociación Española de la Carretera (AEC)



**Die Begriffe Digitalisierung, Konnektivität, Automatisierung und Cybersicherheit sind heute in aller Munde. Im Kontext der Straßeninfrastruktur verschmelzen diese Begriffe zunehmend und vermitteln eine Wirklichkeit, die nach einer echten Transformation der Mobilität von Personen und Gütern strebt.**

Die vernetzte und autonome Mobilität sowie die Digitalisierung der Infrastruktur stehen derzeit im Mittelpunkt dieser digitalen Revolution. Die Einführung von 5G eröffnet einen neuen Rahmen vielfältiger Möglichkeiten, dessen Dreh- und Angelpunkt in der Vernetzung zwischen den Fahrzeugen selbst sowie zwischen den Fahrzeugen und der Infrastruktur besteht. Hieraus werden riesige Datenmengen resultieren, welche die dynamische Verwaltung von Verkehrsinformationen sowie des Straßennetzes ermöglichen.

Obwohl noch ein weiter Weg vor uns liegt, gibt es bereits zahlreiche Projekte, die nach einer erfolgreichen Pilotphase nun erste Schritte mit dem Angebot von neuartigen Diensten wagen. In diesem Zusammenhang steht die Interaktion zwischen Technologie und Nutzer im Vordergrund, weshalb es von entscheidender Bedeutung ist, dass Fahrzeuge und Infrastruktur parallel zueinander weiterentwickelt werden. Nur so wird es möglich sein, den Mobilitätsanforderungen unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeits- und Sicherheitsziele gerecht zu werden.

Die gesellschaftliche Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen, das Vertrauen in vernetzte Mobilitätslösungen beziehungsweise die Akzeptanz der autonomen Mobilität sind nur einige der Bereiche, in denen noch weitere Arbeit vonnöten ist, um all diese technologischen Weiterentwicklungen zum Erfolg zu führen.

Dabei darf jedoch keinesfalls die Cybersicherheit außer Acht gelassen werden. Erst kürzlich bezeichnete das Weltwirtschaftsforum in seinem „Global Risks Report 2022“ die Bedrohung durch Cyberangriffe als eines der größten Risiken der kommenden Jahre und brachte die Notwendigkeit einer Zusammenarbeit der Regierungen mit dem Ziel einer koordinierten und nahtlosen Steuerung dieser Risiken zur Sprache.

Die Digitalisierung der Mobilität ist heute eine Tatsache. Unabdingbar ist jedoch für die Entscheidungsträger in diesem Bereich eine Entwicklung hin zu ihrer Humanisierung sowie zu maximaler Effektivität. Weil die Nutzer Menschen sind und bleiben.

(Cellular-Vehicle-to-Everything) auf der Basis von 4G beziehungsweise 5G. Der vom Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) bereits 2010 veröffentlichte Standard 802.11p nutzt die WLAN-Technik, die sich für die echtzeitfähige Kommunikation über Entfernungen von wenigen hundert Metern eignet. C-V2X ist ein Standard des 3rd Generation Partnership Projects (3GPP) zur Verkehrsvernetzung. Die Technologie ermöglicht sowohl die direkte Kommunikation ohne Mobilfunknetz als auch die netzbasierte Kommunikation. Für die direkte Kommunikation kommt dabei ein Frequenzspektrum im Bereich von 5,9 Gigahertz zum Einsatz. Welcher Standard sich am Ende durchsetzen wird, ist noch unklar. Vieles spricht derzeit aber für C-V2X. In den USA und in China zumindest sind die Würfel schon für diesen Standard gefallen.

Ein wichtiger Aspekt in diesem Zusammenhang ist die zuverlässige Signalabdeckung. Schließlich hängen die meisten Anwendungen rund um „Connected Cars“ stark von der funktionierenden Kommunikation ab. Bei nicht-

sicherheitsbezogenen Anwendungen ist ein Verlust der Signalabdeckung nicht kritisch – der Anwender kann leicht feststellen, ob die Konnektivität vorhanden ist oder nicht. Bei sicherheitsrelevanten Diensten oder Anwendungen wie eCall sollten jedoch Warnanzeigen ausgelöst werden, um den Anwender über Ausfälle der Kommunikation zu informieren. Außerdem sollte das System in der Lage sein, die Funktion selbstständig erneut aufzunehmen, sobald das Signal wieder stabil ist.

### Manipulationssichere Konnektivität und Datenübertragung

Vor dem Hintergrund der riesigen Datenmengen, die Fahrzeuge mit ihren vielen Steuergeräten und Sensoren generieren, kommt dabei insbesondere dem Kommunikationsstandard 5G als Schlüsseltechnologie für die vernetzte Mobilität ein hoher Stellenwert zu. Denn mit 5G lassen sich Daten deutlich schneller, zuverlässiger und in größerer Menge transportieren als mit 4G. Während 4G (auch LTE) lediglich Datenraten von bis zu 100 Megabit pro Sekunde ermöglicht, sind es beim 5G-Standard bis zu

## Die Informationsverarbeitung aktueller Systeme ist noch stark ausbaufähig

10 Gigabit pro Sekunde – und das bei einer sogenannten Latenzzeit von maximal einer Millisekunde. Wenn Fahrzeuge untereinander und mit ihrer Umgebung permanent in Echtzeit Daten austauschen sollen, ist eine so ultrakurze Verzögerungszeit unabdingbar. Es dürfte allerdings noch eine Weile dauern, bis diese Technologie auf breiter Ebene zur Anwendung kommt. Denn sie ist erst dann sinnvoll, wenn sie massenweise eingesetzt wird und entsprechende Investitionen in die (Straßen-)Infrastruktur erfolgen.

Angesichts der immer stärkeren Vernetzung der Fahrzeuge gewinnt zugleich der Schutz gegen Cyberkriminalität mehr und mehr an Bedeutung. Um Angriffe von außen möglichst zu verhindern, müssen die Hersteller seit Juli 2022 für alle neuen Fahrzeugtypen dafür sorgen, dass diese hinsichtlich Konnektivität und Datenübertragung manipulationsicher sind. Ab Juli 2024 gilt diese Vorschrift dann für sämtliche Neufahrzeuge in der EU. Grundlage hierfür ist das im Jahr 2020 vom Weltforum für die Harmonisierung von Fahrzeugvorschriften der Vereinten Nationen (UNECE WP.29) entwickelte Regelwerk, wonach Hersteller über die gesamte Entstehungs- und Lebensdauer eines Fahrzeugs ein zertifiziertes Managementsystem sowohl für Cyber Security (UN-R 155) als auch für Software-Updates (UN-R 156) betreiben müssen.

### Begrenzte Interpretation komplexer Verkehrssituationen

Vor enorme Herausforderungen sehen sich die IT-Entwickler auch durch die Grundregeln der verschiedenen gesetzlichen Regelungen zum

Straßenverkehr in den Staaten dieser Welt gestellt. Denn die jeweiligen Regelwerke müssen über elektronische „Wenn-Dann-Verknüpfungen“ operationalisiert werden. Dazu gehört zum Beispiel die Forderung nach ständiger Vorsicht und gegenseitiger Rücksicht im Straßenverkehr sowie die Vermeidung von Schädigung, Gefährdung, Behinderung oder Belästigung anderer Verkehrsteilnehmer. Die Auslegung etwa der deutschen Straßenverkehrsordnung (StVO) richtet sich an den konventionellen Fahrer und erweist sich in Anbetracht vielfältiger Einzelfalllösungen als „detailverliebt“. Die hohen Anforderungen an die elektronische Entscheidungslogik sollen an zwei Beispielen aufgezeigt werden: dem sogenannten Sichtfahrgebot und dem Vertrauensgrundsatz.

Das Sichtfahrgebot verpflichtet den Fahrer, dafür Sorge zu tragen, dass er innerhalb der für ihn überschaubaren Strecke jederzeit anhalten kann. Der Vertrauensgrundsatz besagt, dass alle Verkehrsteilnehmer darauf vertrauen können, dass andere die geltenden Vorschriften einhalten. Übersetzt in die Welt des vollautomatisierten Fahrens bedeutet das Fahren auf Sicht, dass das Sensorium des Fahrzeugs – trotz bauartbedingter Reichweitenbeschränkung von derzeit circa 250 Metern – jederzeit die relative minimale Sichtweite erkennen können muss. Denn dies ist die Voraussetzung für die notwendige Geschwindigkeitsanpassung in der jeweiligen Verkehrssituation. Die relevante Sichtweite kann durch den Straßentwurf, durch Witterungsbedingungen, vorausfahrende Fahrzeuge oder situative Einschränkungen



*Für die Geschwindigkeitsanpassung in der jeweiligen Verkehrssituation muss das Sensorium des Fahrzeugs die Sichtweite von derzeit 250 Metern jederzeit einhalten können.*

wie eine Tages- oder Wanderbaustelle beeinträchtigt sein.

Unter Berücksichtigung der für die Automatisierung relevanten Reaktionszeit von etwa 0,2 Sekunden und unter Einbeziehung einer Sicherheitsreserve für ungünstige Rahmenbedingungen schlagen Experten in Deutschland deshalb eine deutliche Reduktion der zulässigen Fahrgeschwindigkeit um bis zu 20 Prozent sowie eine Vergrößerung des Sicherheitsabstands vor. Dies stört aber die „Harmonie des Verkehrsflusses“ und verleitet Fahrer konventioneller Fahrzeuge möglicherweise zum

Überholen oder zum Einfahren in eine Lücke zwischen zwei Fahrzeugen.

Darüber hinaus kritisieren zahlreiche Verkehrsexperten, dass es derzeit der Technik noch an der Fähigkeit mangle, die aus dem Vertrauensgrundsatz erforderliche Informationsverarbeitung korrekt umzusetzen. Mit anderen Worten: Die Systeme können eine komplexe Verkehrssituation aktuell noch nicht adäquat entschlüsseln und interpretieren. Das jedoch ist fatal. Denn obwohl jeder Straßenbenutzer darauf vertrauen darf, dass alle anderen Verkehrsteilnehmer die einschlägigen

Rechtsvorschriften einhalten, gibt es von dieser Regel doch die nach geltendem Recht erlaubte Ausnahme zum Schutz schwächerer Verkehrsteilnehmer wie Kinder, Fußgänger oder Radfahrer. Zudem können tagtäglich unzulässige Abweichungen beobachtet werden.

### Sicherheitskritische Wahrnehmungsfehler der Sensorik

Folglich müssen Sensoren und die nachgelagerte Systemtechnik zuverlässig jene Personen identifizieren, für die der Vertrauensgrund-

## Cellular-Vehicle-to-Everything: Nutzen wir jetzt die bisherigen Entwicklungsergebnisse

**Johannes Springer**

Generaldirektor, 5G Automotive Association



**Mehr als sechs Jahre nach ihrer Gründung arbeitet die 5G Automotive Association (5GAA) weiter unermüdlich daran, unsere Straßen sicherer und den Verkehr effizienter zu machen sowie den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren.**

Wohin der Verband strebt, ist in unserer 5GAA-Roadmap klar verankert: Im Zentrum unserer Tätigkeit steht die C-V2X-Technologie (Cellular-Vehicle-to-Everything) und die Festlegung mehrerer Meilensteine bis 2030. Diese – Ende 2022 aktualisierte – C-V2X-Roadmap ist für uns bei 5GAA eine Richtschnur, an der wir unser Engagement und Bemühen ausrichten, damit aus einer Reihe von Anwendungsfällen, darunter auch Sicherheitsanwendungen, Realität wird. Zu diesen Bemühungen gehören natürlich auch die Investitionen, die es von den verschiedenen Akteuren im 5G-Ökosystem braucht: von Kfz-Herstellern, Telekommunikationsanbietern und Netzwerkbetreibern. Sie alle bringt 5GAA zusammen, um die Umsetzung in die Praxis zu erleichtern.

Aktuell stehen wir am Scheideweg: Die Technologie ist da, seit Jahren. So sind Fahrzeuge seit geraumer Zeit bereits mit mobilen Netzwerk-Features ausgestattet, und eine große Flotte vernetzter Fahrzeuge ist am Markt. Jeden Tag kommen neue Modelle heraus, die mit 4G- und 5G-Technologie ausgestattet sind. Ein Teil der Investitionen ist somit bereits erfolgt. Jetzt ist die Zeit reif, die vorhandenen C-V2X-Entwicklungen zu nutzen und die Funktionalität zu erweitern, die Infrastruktur aufzubauen und die Zuverlässigkeit der Anwendungsfälle weiter zu verbessern. Wie unser Verband tritt auch das Ökosystem niemals auf der Stelle. Innovationen wie 5G-V2X-Direktkommunikation, Edge Computing oder der Einsatz nicht terrestrischer Netze zeigen, dass technologisch kein Stillstand herrscht. Im Gegenteil, die Serie an Innovationen, die auf Initiativen wie 3GPP (deren stolzer Partner 5GAA ist) zurückgeht, schafft für Anwendungszwecke im automobilen Bereich vielversprechende Perspektiven.

Die Investitionen der Industrie reichen jedoch eventuell nicht aus, wenn zugleich der geeignete Regulierungsrahmen fehlt. Von staatlicher Seite muss für Technologieneutralität gesorgt werden, damit das Ökosystem in seinen Entscheidungen frei ist. Unter sonst gleichen Bedingungen setzt sich dann am Ende die nach rein marktbasieren Kriterien beste Lösung durch. Die Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und privatwirtschaftlichen Akteuren hat sich unser Verband schon immer auf die Fahnen geschrieben: Uns ging es von Beginn an darum, Räume für den Dialog zwischen Experten und Entscheidern zu schaffen. Daneben wird 5GAA auf der Suche nach Best Practices und Empfehlungen auch weiterhin Straßenbetreiber konsultieren. Konsens zu erreichen, ist ein schwieriges Geschäft. Aber genau dieser Austausch beflügelt uns.

satz nicht gilt. Zudem muss die Sensortechnik in der Lage sein, potenzielle Konfliktsituationen korrekt zu erfassen und den Entwicklungsverlauf im Verhalten der Verkehrsteilnehmer richtig zu prognostizieren. Potenzielle Konfliktsituationen betreffen unter anderem den Zu- und Abfahrtsbereich von Parkplätzen und Raststätten, Haus- und Grundstücksausfahrten, Haltestellenbereiche für Straßenbahnen und Busse oder den Fußgängerüberweg. Für diese Problemstellung stecken die Lösungen noch in den Kinderschuhen, es existiert somit auch hier ein großer Forschungsbedarf.

Zudem sind die gegenwärtige Funktionsweise der Sensortechnik sowie die programmierte Entscheidungslogik noch fehleranfällig. Einer Analyse der Universität London von 2021 zufolge tritt bei vollautomatisiert fahrenden Fahrzeugen alle 288 Meilen ein sicherheitskritischer Wahrnehmungsfehler der Sensorik auf. Gründe hierfür bestehen in Hardwaremängeln (Fehler in Bauteilen, Verschleiß,

Manipulation, Beschädigung), in der Erkennung situativer Kontextbedingungen (zum Beispiel Tages- oder Wanderbaustellen), in der zuverlässigen Überwachung von Umgebungsbedingungen trotz erschwelter Wahrnehmbarkeit (infolge von Witterungsbedingungen wie Schnee, Nebel oder Regen) sowie in schadhafter Infrastruktur (Schlaglöcher oder unterbrochene Fahrbahnmarkierungen).

Neben einer zuverlässigen Objekterkennung muss die Automation auch in der Lage sein, vorausschauendes Fahren abzubilden. Voraussetzung hierfür ist eine abrufbare Wissensbasis über die Interaktion von Einzelobjekten in verschiedenen Verkehrssituationen und Zusammenhänge über Bewegungsabläufe als Grundlage für eine adäquate Fahrentscheidung. Dies lässt sich an folgendem Beispiel veranschaulichen: Sobald ein Ball aus einer Sichtverdeckung auf die Straße rollt, würde ein menschlicher Fahrer aufgrund seiner Erfahrung erwarten, dass kurze Zeit spä-

ter eine Person aus der Sichtverdeckung heraus auf die Straße laufen könnte. Dieses Verkehrsszenario erfordert neben der Vermeidung der Kollision mit dem Ball auch Vorsicht im Hinblick auf eine plötzlich auftauchende Person, beispielsweise ein Kind, das dem Ball hinterherläuft. Ein automatisiertes Fahrzeug ohne Fähigkeit zur Interpretation einer solchen Verkehrssituation würde dagegen durch fehlendes zugrundeliegendes Wissen lediglich die Kollision mit dem Ball zu verhindern versuchen, höchstwahrscheinlich nicht jedoch eine eventuell plötzlich auftretende Person auf der Straße berücksichtigen.

## Verständliche Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern

Um das Versprechen von mehr Sicherheit durch vollautomatisierte Fahrzeuge einlösen zu können, muss zusätzlich die Frage beantwortet werden, wie diese Fahrzeuge

## Cybersicherheit ist ein wesentlicher Bestandteil der Verkehrssicherheit

**Eines der Probleme, mit denen Italien und die italienische Bevölkerung konfrontiert sind, betrifft die Qualität der städtischen als auch außerstädtischen Straßen. Die Verkehrssicherheit ist also ein sehr besorgniserregendes Thema, dem mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.**

Vor diesem Hintergrund ist klar, dass eine stärkere Digitalisierung die Verbesserung des italienischen Straßennetzes garantieren kann. Man muss sich daher unbedingt bewusst machen, dass die Cybersicherheit ein wesentlicher Bestandteil der Verkehrssicherheit ist. Bei der Weiterentwicklung der Automobilindustrie darf deshalb die Cybersicherheit nicht vernachlässigt werden. Dies ist die enorme Herausforderung, vor der alle Autohersteller stehen, die sich bewusst sind, dass immer stärker vernetzte Fahrzeuge ein mögliches Ziel von Cyberangriffen sein werden.

Institutionen und Privatpersonen müssen verstehen, dass die „Straße“ eine Gefahr für die Gesundheit und Sicherheit der Bevölkerung darstellt, und es wäre sinnvoll, alle praktikablen Maßnahmen zu ergreifen, um die mit der Nutzung von Kraftfahrzeugen verbundenen Risiken einzudämmen. In einer stark wettbewerbsorientierten Welt, in der Cyberbedrohungen zu einer Waffe für illegale Zwecke und zu einem Instrument geworden sind, mit dem andere geschädigt werden können, wird Cybersicherheit tatsächlich entscheidend für die Verteidigung und Förderung von Wohlstand und Freiheit sein.

Dies ist eine unverzichtbare Erkenntnis, denn nur ein effektiver und gemeinsamer Schutz vor Cyberrisiken kann die nötige Ruhe wiederherstellen, um sich in der digitalen Welt unbeschwert bewegen zu können. Die digitale Sicherheit, die eng mit der Verkehrssicherheit verbunden ist, darf nicht mehr als Kostenfaktor betrachtet werden, sondern stellt eine soziale Investition von gemeinsamem Interesse dar: Sie bedeutet, Bürger, Firmen und Institutionen weniger anfällig für böswillige Angriffe zu machen und die daraus resultierenden, potenziell sehr hohen sozialen und wirtschaftlichen Kosten zu senken und die Vorteile und Chancen des Internets zu maximieren.

**Prof. Giuseppe De Rita**  
Präsident des Centro Studi  
Investimenti Sociali (Censis)





im Mischverkehr etwa mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern oder konventionell betriebenen Fahrzeugen interagieren können. Die Interaktion zwischen den Verkehrsteilnehmern stellt dabei eine der größten Herausforderungen dar. Denn bis dato liegt wenig Wissen darüber vor, wie sie sich in Situationen verständigen, die kooperatives Verhalten erfordern – beispielsweise beim Einfädeln von der Auffahrt auf die Autobahn oder an gleichrangigen Kreuzungen. In derartigen „Pattsituationen“ können Gesten, besondere Signale im Blickkontakt oder vorsichtig defensives Fahren zur Klärung der Situation beitragen.

Genau wie in der alltäglichen Kommunikation gibt es auch im Straßenverkehr die explizite sowie die implizite Kommunikation. Explizit heißt, dass eine ausdrücklich und unmissverständlich formulierte Botschaft gesendet wird. Implizit beschreibt Sachverhalte, die nicht aus sich selbst heraus zu verstehen sind, sondern logisch erschlossen werden müssen. Explizite Kommunikation kommt im Straßenverkehr selten bis gar nicht vor, implizite Kommunikation wie Bewegungsmuster und -dynamiken von Fahrzeugen spielen dagegen vor allem für Fußgänger eine wichtige Rolle für effizientes Verkehrsverhalten. Dies konnte durch eine niederländische Studie belegt werden, denn an Fußgängerüberwegen zeigten lediglich 2,7 Prozent der Fußgänger mit Gesten an, dass sie die Straße überqueren möchten. Fußgänger und Autofahrer nutzen nur selten explizite Kommunikation, sondern verlassen sich eher auf „Hinweise“ wie Abstand, Geschwindigkeit oder Bremsverhalten.

In einer Feldstudie, die die Fahrer-Fußgänger-Interaktion in verschiedenen europäischen Städten aufzeichnete und analysierte (n = 701 Interaktionen), konnte herausgefunden werden, dass nur vier Prozent der Fahrer per Gesten und weniger als ein Prozent durch (Licht-) Hupen (explizit) mit Fußgängern kommunizierten. Nur sechs Prozent der Fußgänger nutzten

## Interaktion zwischen Verkehrsteilnehmern erhöht die Sicherheit

Gesten als Zeichen, dass sie die Straße überqueren möchten. Das Erkennen der Absicht der Fußgänger, die Straße zu überqueren, ist somit insbesondere für vollautomatisierte Fahrzeuge ein schwierig abzubildender Wahrnehmungsprozess, der weitere Forschung erfordert.

Zur Verbesserung der Kommunikation werden verschiedene Mensch-Maschine-Schnittstellen weiterentwickelt und optimiert. Diese Human Machine Interfaces (HMI) erfüllen unterschiedliche Funktionen – je nachdem, mit wem sie kommunizieren sollen. Zunächst gibt es HMIs, die Botschaften an andere Fahrzeuge mit Informationen über das eigene Verhalten oder den Status senden (externe HMIs beziehungsweise eHMIs). Bremsleuchten und Blinker stellen beispielsweise eHMIs dar. In der Erforschung und Erprobung sind weitere Prototypen wie etwa Projektionen auf die Straße, Lichtstreifen oder Displays. Da die meisten solcher eHMIs bisher jedoch noch keine Standards oder Mindestanforderungen darstellen, sind mehrere Problemfelder zu erkunden. So ist zum Beispiel unklar, welche Farben optimal sind, wo die eHMIs platziert werden sollten und welches Medium sich überhaupt am besten eignet. Zudem ist noch zu klären, ob die eHMIs andere Verkehrsbeteiligte

Weiter auf Seite 76 »»

Head-up-Displays zeigen auf der Frontscheibe wichtige Informationen wie zum Beispiel auch Verkehrszeichen.



## Juristische Überlegungen zu Kerninhalten von § 1d StVG

**Prof. Dr. jur. Dieter Müller**

Leiter des Studienbereichs Verkehrswissenschaften an der Hochschule der Sächsischen Polizei (FH) in Rothenburg/Oberlausitz und Vorsitzender des juristischen Beirats des Deutschen Verkehrssicherheitsrats (DVR)



**Automatisiertes und autonomes Fahren sind die Zukunft unserer automobilen Mobilität, sagt man. Aber welche realen Chancen bietet diese neue, revolutionäre Art der Fortbewegung und wo liegen ihre Grenzen? Der Gesetzgeber und der Verordnungsgeber haben jedenfalls schon normativ ein gutes Stück Arbeit vorgelegt und die verkehrsjuristischen Rahmenbedingungen (vorerst) festgeschrieben. In welchem Umfang und in welcher Tiefe? Diese Fragen versuchen die folgenden Ausführungen einzuordnen.**

„Ein Blick ins Gesetz erleichtert die Rechtsfindung“, lautet ein geflügeltes Wort unter Juristen. Das ist jedoch nur die halbe Wahrheit. Denn nicht selten sind Gesetzestexte in verklausuliertem Juristendeutsch verfasst und damit allgemein schwer verständlich. Das gilt auch für den vom Gesetzgeber ins Straßenverkehrsgesetz (StVG) mit Wirkung zum 28. Juli 2021 neu eingefügten § 1d in Bezug auf „Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen“. Im ersten Absatz wird dabei zunächst einmal der Begriff „Kraftfahrzeug mit autonomer Fahrfunktion“, also eines Level-4-Kraftfahrzeugs, verbindlich definiert. Der Gesetzgeber fordert von einem Kraftfahrzeug mit autonomer Fahrfunktion, dass es allein aufgrund der vorhandenen Fahrzeugtechnik die Fahraufgabe ohne eine fahrzeugführende Person selbstständig in einem festgelegten Betriebsbereich erfüllen kann.

Unter dem Begriff der „Fahraufgabe“ sind die verschiedenen während einer Fahrt zu bewältigenden Fahrsituationen wie zum Beispiel Abbiegen, Überholen oder Einparken zu verstehen.

Für die Bewältigung der Fahraufgaben ist keine „fahrzeugführende Person“ mehr erforderlich. Diese kann sich vielmehr beim räumlichen Eintritt in den Betriebsbereich während des Prozesses des autonomen Fahrens zeitweise in die Position eines Fahrgastes zurückziehen, der generell nicht als ein Verkehrsteilnehmer gilt, weil er sich nicht verkehrserheblich verhält. Verkehrserheblich verhält sich also ausschließlich das autonom fahrende Kfz, was mit dem Begriff „selbstständig“ ausgedrückt wird. Der Begriff der Selbstständigkeit ist dabei nicht im menschlichen Sinne zu verstehen, weil es stets eine vom menschlichen Programmieren abgeleitete und technisch gesteuerte Selbstständigkeit ist. Im hier relevanten „autonomen Modus“ des Levels 4 können Kfz selbstständig fahren, ohne dass deren Fahrer übernehmen können müssen – die Funktionen handeln damit also quasi autonom bei der Ausführung der jeweiligen Fahraufgabe. Quasi autonom deshalb, weil die Software der Fahrzeuge durch Menschen für nahezu alle nur denkbaren bekannten Fahraufgaben programmiert worden ist und es allein dem willensfreien Menschen vorbehalten ist, wirklich autonom zu handeln. Der Begriff „autonom“ passt für programmierte Kfz also nicht wirklich, sondern beinhaltet eine verkehrspolitische Wunschvorstellung.

Ein Kfz mit autonomer Fahrfunktion muss darüber hinaus über eine technische Ausrüstung gemäß § 1e Abs. 2 StVG verfügen. Die verwiesene Vorschrift beinhaltet in nicht weniger als zehn Ziffern dezidierte technische Voraussetzungen, die von dem Kfz-Halter erfüllt werden müssen. Zentrales Merkmal ist dabei die neu geschaffene Institution einer „Technischen Aufsicht“, die im § 1d Abs. 3 StVG näher erläutert wird.

### Vorschriften mit vielen Lücken

Der Inhalt von § 1e Absatz 2 StVG ist schnell erklärt. Es handelt sich hierbei lediglich um eine genauere Beschreibung des Einsatzbereiches von Kfz mit autonomer Fahrfunktion. Die ausfüllende Vorschrift von § 7 Abs. 2 der Autonome-Fahrzeuge-Genehmigungs- und Betriebs-Verordnung (AFGBV) vom 24. Juni 2022 bestimmt, dass es dem Kfz-Halter obliegt, den Betriebsbereich festzulegen. Ein solcher Betriebsbereich ist allerdings von der nach Landesrecht „zuständigen Behörde“ gemäß § 7 Abs. 2 Satz 2 AFGBV bislang noch nicht genehmigt worden, sodass derzeit keine Praxiserfahrungen vorliegen.

Die neuen Vorschriften sollen unter anderem für Shuttle-Verkehre gelten, People-Movern den führerlosen Einsatz erleichtern und den führerlosen Verkehr zum Beispiel beim Einparken für Dual-Mode-Kraftfahrzeuge bei einem Vorgang des „Automated Valet Parking“ zulassen. Im Wesentlichen gilt das neue Gesetz also für den gewerblichen Personentransport im Öffentlichen Personennahverkehr. Überhaupt scheint das autonome

Fahren nach aktueller Anschauung für private Anwendungen (noch) gänzlich ungeeignet und für diesen auch nicht konzipiert worden zu sein, weil private Fahrzeughalter insbesondere durch die in § 13 AFBGV zu erfüllenden fachlichen Voraussetzungen und auferlegten Pflichten deutlich überfordert würden.

Selbstredend weisen neue Vorschriften immer Lücken auf, von denen manche hinsichtlich der Verkehrssicherheit sogar bedenklich sind. So bleibt es weitestgehend unklar, wie sich das in § 1d Abs. 3 vorgestellte und in § 1f Abs. 2 näher definierte und durch eine natürliche Person zu gewährleistende Modell der „Technischen Aufsicht“ in Zukunft bewähren wird. Deren Aufgabe ist es immerhin, die Sicherheit des autonomen Fahrens ständig zu überwachen, um in diesem Sinne jederzeit eingreifen zu können, wenn die Technik versagen sollte. Es bleibt unklar, warum diese Person überhaupt von außerhalb besser reagieren kann als eine Aufsichtsperson, die sich gemeinsam mit den Fahrgästen im Fahrzeug befindet. Erhebliche Risiken dürften sich auch mit Blick auf jederzeit mögliche Cyberangriffe ergeben, weil das Fahrzeug ständig mittels Cloud-Anwendungen kontrolliert und begleitet wird, also ständig online sein muss. Das eröffnet Chancen für Angriffe etwa möglicher Erpresser der Unternehmen, die diesen Betrieb auf die Straße bringen.

Die näheren Voraussetzungen für die Tätigkeit der Technischen Aufsicht werden durch § 14 AFBGV festgelegt und schreiben persönliche und fachliche Eignungsvoraussetzungen ebenso fest wie sie tatsächlich bereits ein neues Berufsbild beschreiben, für das aktuell noch kein geeigneter Personenkreis an Bewerbern existiert. Vor dem Hintergrund der kleinteilig definierten Berufsvoraussetzungen erscheint die Schaffung eines neuen Studienganges beziehungsweise einer gleichwertigen Fachqualifizierung unausweichlich.

## Ungeklärte Rahmenbedingungen

Der in § 1d Abs. 4 schließlich definierte „risikominimale Zustand“ eines Kfz mit autonomer Fahrfunktion unternimmt bildlich gesprochen nicht weniger als die Quadratur des Kreises, indem mittels diverser unbestimmter Rechtsbegriffe versucht wird, eine auftretende gefährliche Fahrsituation zu lösen. Bereits die vom Gesetzgeber ins Stammbuch geschriebene Aufgabe: „Das Kfz hat angemessen zu reagieren“ bleibt bewusst vage, weil der dem Verfassungsrecht entlehnte Begriff der Angemessenheit so vielschichtig ist wie das Leben an sich und mehr offenlässt, als es Rechtsanwendern lieb sein darf. Die Vorschrift selbst beschreibt mit „auf eigene Veranlassung“ und „auf Veranlassung der Technischen Aufsicht“ zwei von mehreren möglichen Startmomenten des Überführens eines Kfz in einen risikominimalen Zustand.

Der Ort im Verkehrsraum, an dem dieser Wunsch in die verantwortungsbewusste Tat umgesetzt werden soll, ist „eine möglichst sichere Stelle“, was bei Betrachtung der Vielschichtigkeit in der Gestaltung des öffentlichen Verkehrsraums überall und nirgends sein könnte, jedenfalls de facto bedeuten wür-

de, dass das Kfz aus der bisher gefahrenen Geschwindigkeit bis zum Stillstand heruntergebremst wird. Dass dieser Vorgang unter „angemessener Beachtung der Verkehrssituation“ umgesetzt werden soll und dabei „größtmögliche Sicherheit für die Fahrzeuginsassen, andere Verkehrsteilnehmende und Dritte zu gewährleisten“ hat, legt die Messlatte für die Durchführung bewusst hoch und dient im Ergebnis lediglich zur normativen juristischen Absicherung des Gesetzgebers.

Es ist schier unmöglich, neue Rechtsvorschriften in ihrer erforderlichen Anwendungsbreite und fachlichen Tiefe auszulegen, wenn es an einer notwendigen Konkretisierung der bestimmenden Faktoren fehlt. Das neue Recht des autonomen Fahrens geht sicherlich einen Schritt in die richtige Richtung und könnte auch für die Steigerung der Verkehrssicherheit ein wegweisender Mosaikbaustein sein. Es bleibt aber abzuwarten, was die in Gesetz und Verordnung genannten Institutionen und Behörden aus dem neuen Ansatz praktisch machen werden, zumal die Fahrzeughersteller bei ihren technischen Innovationen ständig weiter voranschreiten.

## Publicityträchtiger gesetzgeberischer Versuch

Ungeklärt ist zum Beispiel, wie die Leistungsfähigkeit der automatisierten und autonomen Kfz über die Jahre im Verkehr validiert werden soll, um spezifische Gefahren und notwendige Verbesserungen frühzeitig erkennen zu können und gegebenenfalls aus Sicherheitsgründen eingreifen zu können. Ob das Kraftfahrtbundesamt (KBA) die aus fachlichen Gesichtspunkten geeignete Institution wäre, die Leistungsfähigkeit der autonomen Fahrfunktion im Rahmen einer Feldüberwachung kontinuierlich zu überwachen, darf bezweifelt werden. Besser geeignet wären wohl Organisationen, die sich mit der technischen Überprüfung von Fahrzeugen in ihrer Funktion als staatlich Beliehene seit Jahrzehnten auskennen.

Sollten im Rahmen einer zu fordernden ständigen Qualitätskontrolle in Echtzeit potentiell sicherheitskritische Fehler erkannt werden, muss das KBA die Betriebserlaubnis im Bedarfsfall unverzüglich so lange entziehen, bis der Fehler durch ein Hard- oder Softwareupdate nachweislich behoben wurde. Zudem erscheint das autonome Fahren in deutschen Innenstädten aufgrund der komplexen Interaktionen mit „analogen“ Verkehrsteilnehmern wie Fußgängern und Radfahrern auf der Basis heutiger Technologien nicht möglich zu sein. Die dafür erforderlichen Rechenkapazitäten und die immer noch regelmäßig für einen Schönwetterbetrieb ausgelegte Fahrzeugsensorik bilden dabei vorerst noch unüberwindliche Hindernisse. Meiner Ansicht handelt es sich daher bislang lediglich um einen publicityträchtigen gesetzgeberischen Versuch, dessen Ausgang angesichts der ungeklärten Rahmenbedingungen noch vollkommen ungewiss ist.

## Neue Herausforderungen durch Einflussnahme auf die Steuerung eines Fahrzeugs von außerhalb

» Fortsetzung von Seite 73

über die eigene Absicht informieren oder sie sogar zum Handeln auffordern sollen. Ebenso ist ein universelles Design notwendig, das über Modalitäten funktioniert, die auch Seh- oder Hörbehinderte ansprechen.

### Stärken und Schwächen der Verkehrszeichenerkennung

Ein wichtiger Bestandteil eines intelligenten Informationssystems ist die zuverlässige Verkehrszeichenerkennung, die heute maßgeblich mit bildgebenden beziehungsweise videobasierten Verfahren erfolgt. Eine hundertprozentig zuverlässige Klassifikation kann allerdings mit der Methodik der Mustererkennung aus Bilddaten nicht garantiert werden. Zumal Witterungsbedingungen (Schnee, Nebel oder blendendes Sonnenlicht), Verdeckung durch andere Objekte (zum Beispiel der Ast eines Baumes), Vandalismus oder Bewegungsunschärfe dazu führen können, dass Verkehrszeichen vom jeweiligen System nicht sicher erkannt werden. Allerdings zeigen Studien mit vier europäischen Datensätzen wie etwa dem „German Traffic Sign Recognition Benchmark“, dass gängige Klassifizierungsmethoden Erkennungsleistungen zwischen 95 und 98 Prozent erreichen. Das entspricht nahezu der menschlichen Leistung von knapp 99 Prozent.

In einer chinesischen Studie aus dem Jahr 2022 wurden die Effekte von extremen Wetterbedingungen auf die Verkehrszeichenerkennung untersucht. Bei Sonnenschein, einer hellen Winterlandschaft ohne Niederschlag sowie bei Wolken waren die Präzisions- und Abrufdaten der Erkennungsalgorithmen relativ hoch und lagen bei Sonne zwischen rund 82 und 97 Prozent. Bei Regen, Nebel und in der Nacht waren die Raten dagegen eher niedrig. So schwankte die Präzision einer korrekten Verkehrszeichenerkennung bei Regen je nach Helligkeit und Kontrast sowie Art und Intensität des Regens zwischen 22 und 91 Prozent.

Algorithmen zur Verkehrszeichenerkennung sind also effektiver, wenn keine extremen Wetterbedingungen herrschen. Forschende haben bereits verschiedene Systeme entwickelt, um die Auswirkungen einzelner typischer Fehlerquellen wie Bewegungsunschärfe oder beschädigte Schilder zu minimieren, indem sie eine Kombination von Methoden vorschlagen. Die 3D-Rekonstruktionsmethode kann beispielsweise beschädigte und teilweise verdeckte Verkehrsschilder in Echtzeit erfassen, da der Algorithmus auf der automatischen Erkennung von vertikalen Verkehrszeichen aus Punktwolken und Bildern basiert, die von einem mobilen Mapping-System erfasst werden. Diese 3D-Rekonstruktionsmethode ermöglicht eine globale Trefferquote von fast 98 Prozent.

### Fernsteuerung per Teleoperation

Die Automatisierung des automobilen Straßenverkehrs und die zunehmende Digitalisierung unserer Lebensräume führen zu neuen Visionen gerade auch von der künftigen urbanen Mobilität. Ein mögliches Szenario sieht so aus, dass die Menschen, die in der Peripherie einer Metropole leben, ihre Elektroautos in Parkhäusern am Stadtrand abstellen und umsteigen in dort bereitstehende „People Mover“ – also in fahrerlose Kleinbusse, die in einem Netzwerk fahren, wie man es von U-Bahnen kennt. Ein anderes Szenario überträgt das Konzept der „People Mover“ auf den Individualverkehr in Analogie zu Taxis oder Mietfahrzeugen. So kann sich mit einem vollautomatisierten Fahrzeug die ganze Familie einfach und bequem zum Flughafen bringen lassen. Neben vollautomatisierten Shuttles zum Personentransport befinden sich darüber hinaus verschiedene Fahrzeuge zum vollautomatisierten Gütertransport (sogenannte Lieferroboter sowie auch Lkw) in Entwicklung und Erprobung, wobei auch bereits vollautomatisiert fahrende Lkw mit anderen Verkehrsträgern verknüpft werden.

Bei vollautomatisierten Fahrzeugen muss von großen Unterschieden hinsichtlich der sensorischen Ausstattung, der Fahrzeugmassen und Fahrgeschwindigkeiten sowie der anvisierten Verkehrsnutzungsbereiche ausgegangen werden. Im Fahrzeug selbst gibt es üblicherweise keinerlei Möglichkeiten zur Steuerung und Bedienung. Es handelt sich also um ein Kraftfahrzeug ohne Lenkrad, bei dem ein Eingriff durch die Fahrgäste weder vorgesehen noch möglich ist. Die gesetzlichen Grundlagen für diese Entwicklung wurden zumindest in Deutschland bereits geschaffen: Im Juli 2021



Fahrerlos fahrende Kleinbusse, so genannte People Mover, werden zukünftig auf den Straßen öfter zu sehen sein.



**Michael Kadow**

Geschäftsführer der House of Logistics and Mobility (HOLM) GmbH

## Städte fit machen für ein Mehr an Mobilität

**Für lebenswerte Städte muss Verkehr in Zukunft neu gedacht werden. Hier setzt „Campus FreeCity“ an: Bei dem von HOLM als Konsortialführer verantworteten und vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr geförderten Projekt wird ein ganzes Mobilitäts- und Logistik-Ökosystem auf Basis autonomer Fahrzeuge im Labormaßstab erforscht. Die acht Projektpartner aus Wissenschaft und Wirtschaft sorgen dafür, dass in dem ganzheitlichen, nachhaltigen Ansatz alle wesentlichen Fragestellungen aus technischer, ökonomischer, ökologischer und gesellschaftlicher Sicht berücksichtigt werden.**

In dem Projekt werden Logistik, Mobilität und Robotik gemeinsam gedacht, um neue Chancen für den innerstädtischen Verkehr zu entwickeln. Personenbeförderung, Gütertransport und kommunale Arbeitsaufgaben im urbanen Raum werden durch eine vernetzte Flotte autonomer Roboterfahrzeuge mit modularem Aufbau für unterschiedliche Einsatzzwecke realisiert. Durch optimierte Routenplanung und Flottenauslastung kann die Zahl der Fahrzeuge in Städten verringert und Parkraum anderweitig genutzt werden.

Damit dieses Bild einer neuen Stadt nicht nur Vision bleibt, laufen die Vorbereitungen für das Reallabor auf Hochtouren. Ab Herbst 2023 werden auf dem Gelände des Deutsche Bank Park in Frankfurt am Main zahlreiche Anwendungsfälle wie Personenbeförderung, Gütertransport und kommunale Arbeiten wie Grünpflege und Wegereinigung erprobt. Dabei wird das Reallabor als vereinfachtes Innenstadtmodell gedacht, um im Anschluss eine Skalierung in den urbanen Kontext zu ermöglichen.

Mit „Campus FreeCity“ verfolgen wir einen Ansatz, um Städte fit zu machen für ein Mehr an Mobilität und Logistik bei gleichzeitiger Reduzierung von Verkehr, Stau und Emissionen. Unser Ziel: lebenswerte Städte für eine nachhaltige und mobile Gesellschaft.

ist das von Bundestag und Bundesrat beschlossene „Gesetz zum autonomen Fahren“ in Kraft getreten.

Das Gesetz wird ergänzt durch Ausführungsvorschriften und angedachte Festlegungen zu Verfahrensregelungen über die Erteilung von Betriebserlaubnissen für Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion, über die Genehmigung von festgelegten Betriebsbereichen sowie zu Anforderungen und Sorgfaltsvorschriften für die am Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion beteiligten Personen. Dieses opulente Vorschriftenwerk soll einen sicheren Betrieb von vollautomatisierten Fahrzeugen auch dann sicherstellen, wenn die technische Fahrzeugsteuerung nicht mehr weiter weiß, beispielsweise weil ein Hindernis oder eine Tagesbaustelle die Fahrbahn blockieren. In solchen Fällen muss das Problem per Fernsteuerung im Zuge einer Teleoperation gelöst werden.

Unter dem Begriff der Teleoperation ist die Einflussnahme auf die Steuerung eines Fahrzeugs von außerhalb zu verstehen. Insbesondere im Bereich des vollautomatisierten Fahrens sehen gegenwärtige Absicherungs-

konzepte den Einsatz eines (menschlichen) Teleoperators in einer besonderen Arbeitsumgebung (dem Teleoperatorarbeitsplatz beziehungsweise einem Fahrerstand) vor. Dabei wird zwischen „Remote Assistance“ und „Remote Driving“ unterschieden. Unter „Remote Assistance“ ist eine anlassbezogene Bereitstellung von steuerungsrelevanten Empfehlungen oder die Freigabe beziehungsweise Initiierung von fahrzeugseitig durchgeführten (alternativen) Fahrmanövern zu verstehen. „Remote Driving“ hingegen umfasst die vollständige (Fern-)Steuerung des Fahrzeugs auf Navigations-, Fahrbahnführungs- und Stabilisierungsebene.

### Zur Rolle der „Technischen Aufsicht“

Der Mensch als Teleoperator wird so mit ganz neuartigen Aufgaben konfrontiert, die sich erheblich von denen einer (ihm bekannten) manuellen Steuerung im Fahrzeug unterscheiden. Diese neuartige Tätigkeit wird in Deutschland in dem neu geschaffenen Vorschriftenwerk für autonomes Fahren als Technische Aufsicht (TA) bezeichnet. Wie ein

Fahrerstand für die TA aufgebaut sein sollte, ist gegenwärtig noch unklar. In jedem Fall muss die TA Verkehrsinformationen aus dem (direkten) Umfeld des operierenden Fahrzeugs erhalten, wobei ihr zunächst lediglich Einrichtungen zur indirekten Sicht (Kamerabilder auf Monitoren) zur Verfügung stehen. Die Datenübertragungstechnik wird in der Regel eine zeitverzögerte Fahrzeugsteuerung nach sich ziehen, wodurch das Kontrollempfinden und die Steuerungsleistung erheblich beeinträchtigt sein können. Im Luftverkehr werden für zeitkritische Szenarien, die eine präzise Steuerung des Flugzeuges erfordern, Verzögerungen von insgesamt maximal 100 Millisekunden als annehmbar betrachtet. Bei über 240 Millisekunden kann die Kontrolle des Flugzeuges nicht mehr gewährleistet werden. Eine derart schnelle Informationsübertragung – gerade bei der zu erwartenden Komplexität an erforderlichen sensorischen Daten – setzt eine entsprechende und störungsfreie Infrastruktur voraus, beispielsweise schnelle und sichere Mobilfunk-Netzwerke auch in ländlichen Gebieten.

Um die TA mit allen für die sichere Fernsteuerung relevanten Informationen in einem

zeitlich angemessenen Rahmen versorgen zu können, ist zudem umfangreiches Wissen über die Prinzipien der menschlichen Wahrnehmung und des zielgerichteten Verhaltens in der neu geschaffenen Mensch-Maschine-Interaktion erforderlich. Die TA verfügt zeitversetzt lediglich über limitierte Informationen hinsichtlich der Fahrzeugumgebung, der Verkehrssituation und der Handlungen der Verkehrsbeteiligten. Hier besteht derzeit noch großer Forschungsbedarf. Da sich die TA gänzlich außerhalb des Fahrer-Fahrzeug-Umgebungs-Regelkreises vor Ort befindet, ist mit einem stark verzögerten Aufbau eines realitätsnahen Situationsbewusstseins zu rechnen. Entsprechend wurde in Studien für einen „Remote Operator“ in Abhängigkeit von der Problemstellung ein verzögertes Situationsbewusstsein von 29 bis über 162 Sekunden festgestellt.

Neben der Problematik des verzögerten Situationsbewusstseins und dessen Auswirkungen auf die Handlungsfähigkeit einer TA bleibt ebenfalls unklar, inwiefern durch den Gesetzgeber eine gleichzeitige Überwachung und/oder Unterstützung mehrerer Fahrzeuge erlaubt beziehungsweise vorgesehen sein wird. Folglich sind Regelungen dahingehend notwendig, wie die Überwachung weiterer Fahrzeuge im Fall einer Übernahme-situation erfolgen soll.

Tatsache ist: Verständnis und Interpretation objektiver Bedingungen einer Fahraufgabe hängen ganz wesentlich von der aktuellen Wahrnehmung, dem Feedback während des Fahrens sowie von Erfahrungen und Erwartungen des Fahrers und von den Kontextbedingungen ab. Unter den potenziell negativen Risiken und Nebenwirkungen ist auch zu berücksichtigen, dass die TA die Bedeutung ihrer Handlungen ähnlich wie in einem Computerspiel nicht fühlen können wird. Dies kann mit einem reduzierten Verantwortungsgefühl einhergehen, vor allem aber zu Missverständnissen durch Fehleinschätzung der Bedeutung einzelner Informationen wie etwa der Geschwindigkeit führen. Mit möglicherweise fatalen Folgen.

*So könnte der zukünftige Arbeitsplatz einer „Technischen Aufsicht“ aussehen.*

## Autonomes Fahren in der Zukunft: Betrachtungen zur Rolle der Technischen Aufsicht

**Prof. Dr. Sebastian Pannasch**

*Professor für Ingenieurpsychologie und angewandte Kognitionsforschung, Fakultät Psychologie, Technische Universität Dresden*



**Aktuelle Diskussionen beschäftigen sich intensiv mit der zukünftigen Gestaltung von Mobilität. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Entwicklung des autonomen Fahrens, wobei hier noch eine Vielzahl von Fragen zu klären sind. Im Jahr 2021 wurde von der Bundesregierung das Gesetz zum autonomen Fahren verabschiedet. Demnach können autonome Fahrzeuge in festgelegten und vorab genehmigten Betriebsbereichen ohne physisch anwesende Fahrer am öffentlichen Straßenverkehr teilnehmen. Dabei muss eine dauerhafte Überwachung des Betriebs des autonomen Fahrzeugs durch eine Technische Aufsicht erfolgen. Aus ingenieurpsychologischer Perspektive stellen die Aufgaben der Technischen Aufsicht interessante Herausforderungen dar, denn es geht um zentrale Fragen der Mensch-Maschine-Interaktion im Kontext von komplexen Situationen: Innerhalb sehr kurzer Zeitintervalle müssen Entscheidungen getroffen und sicherheitsrelevante Handlungen ausgeführt werden. Vor diesem Hintergrund nehmen Aspekte wie Gefahrenwahrnehmung, Aufgabenkomplexität sowie die arbeitspsychologische Gestaltung der Tätigkeit einer Technischen Aufsicht eine besondere Rolle ein.**



Gefahrenwahrnehmung erfordert die Erkennung der relevanten Informationen einer Situation, ein Verständnis über die vorliegenden Schwierigkeiten und die Ableitung möglicher Handlungsoptionen. Folglich muss eine Technische Aufsicht in der Lage sein, die Bedeutsamkeit einzelner Elemente zu erfassen, um eine Situation zu verstehen und daraus zukünftige Handlungen sowie mögliche Konsequenzen abzuleiten. Damit dies zuverlässig gelingt, ist die aktive Aufgabenbearbeitung von zentraler Bedeutung. Die Technische Aufsicht hat aber eher den Status eines passiven Beobachters mit nur selektivem Informationsangebot. Die Gefahrenwahrnehmung unterscheidet sich somit quantitativ, qualitativ und in der zeitlich-dynamischen Entwicklung stark von der eines aktiven Kraftfahrers. Während die eigene Fahrzeugsteuerung eine fortlaufende Verarbeitung von Informationen zum Verkehrsgeschehen erfordert, wird eine Technische Aufsicht plötzlich mit einem Problem konfrontiert, ohne vorherige Einbindung in den Prozess. Die Orientierung erfolgt dann anhand relativ abstrakter Parameter, wobei auf fehlende Informationen und Ereignisse geschlossen werden muss. Dadurch wird die Gefahrenwahrnehmung der Technischen Aufsicht fehleranfällig. Der Gesetzgeber ist sich offenbar dessen bewusst und hat dies einkalkuliert, denn für die Technische Aufsicht wird eine Haftpflichtversicherung mit Haftungsgrenzen verlangt, die dem Doppelten der Grenzen bei konventionellen Fahrzeugen entsprechen (zehn Millionen Euro bei Personenschäden und zwei Millionen Euro bei Sachschäden).

Was die Aufgabenkomplexität anbelangt, ist dieser Aspekt im Gesetz zum autonomen Fahren bislang nur unzureichend spezifiziert. So ist zum Beispiel unklar, welche Aufgaben konkret übernommen werden sollen. Mögliche einfache Szenarien wie das Überfahren von Ampeln auf Dauer-Rot sind im Gesetz abgebildet und es wird davon ausgegangen, dass Fahrzeuge ihre Systemgrenzen kennen, wodurch sie in der Lage sind, sich selbstständig in einen risikominimalen Zustand zu versetzen. Die Grenze der Leistungsfähig-

keit von Fahrzeugen wird voraussichtlich stark variieren, wobei aufgrund der Komplexität von Aufgaben und Situationen keine perfekte Zuverlässigkeit erreicht werden wird. Anders formuliert wird das Machbare automatisiert werden und Aufgabenteile mit zu hoher Komplexität hat zukünftig die Technische Aufsicht zu erfüllen. Dieser Widerspruch wurde bereits in den 1980er-Jahren als „Ironie der Automatisierung“ beschrieben. Die Entlastung durch Automatisierung führt zu Veränderungen in der mentalen Belastung: Längerfristige mentale Unterforderung wird unterbrochen von kurzzeitigen Überlastungsperioden. Somit bleiben grundlegende Risiken im Straßenverkehr auch beim autonomen Fahren bestehen. Die Vision von weniger Verkehrsunfällen wird ad absurdum geführt, denn die Ursachen für Unfälle verschieben sich vom menschlichen Versagen des Fahrers im Auto zum menschlichen Versagen des Designers.

Die arbeitspsychologische Gestaltung der Tätigkeit einer Technischen Aufsicht sollte ein menschengerechtes Arbeiten ermöglichen. Dafür müssen die vier Humankriterien Ausführbarkeit, Schädigungslosigkeit, Beeinträchtigungsfreiheit und Persönlichkeitsförderlichkeit gegeben sein, wobei die ersten drei Kriterien der Gesundheitsprävention und somit dem Erhalt der Leistungsfähigkeit dienen, das vierte stellt die persönliche Entwicklung sicher. Die Organisation der Arbeit sollte durch vollständige, durchschaubare, sinnhafte und gesundheitsförderliche Tätigkeitsinhalte mit hohem Handlungsspielraum geprägt sein. Diese Gestaltung wirkt sich unmittelbar auf die Sicherheit aus, denn die Tätigkeitsinhalte beeinflussen entscheidend die subjektive Arbeitsleistung sowie das Arbeitsengagement. Technische Entwicklungen und Lösungsansätze im Bereich der virtuellen beziehungsweise erweiterten Realität können dazu beitragen, dass der Technischen Aufsicht ein möglichst vollständiges Abbild der Verkehrssituation vermittelt wird und es die dafür zuständige Person leichter hat, sich in die jeweilige Verkehrssituation hineinzusetzen.

## Die Fakten in Kürze

- Die meisten Anwendungen rund um „Connected Cars“ hängen stark von der funktionierenden Kommunikation beziehungsweise einer guten Signalabdeckung ab.
- Angesichts der immer stärkeren Vernetzung der Fahrzeuge gewinnt auch der Schutz gegen Cyberkriminalität mehr und mehr an Bedeutung.
- Die für das vollautomatisierte Fahren notwendigen Systeme können eine komplexe Verkehrssituation aktuell noch nicht adäquat entschlüsseln und interpretieren.
- Die Interaktion zwischen den Verkehrsteilnehmern stellt eine der größten Herausforderungen des vollautomatisierten Fahrens dar.
- Diverse Studien zeigen, dass Algorithmen zur Verkehrszeichenerkennung effektiver sind, wenn keine extremen Wetterbedingungen herrschen.
- Um eine Technische Aufsicht mit allen für die sichere Fernsteuerung relevanten Informationen in einem zeitlich angemessenen Rahmen versorgen zu können, ist umfangreiches Wissen über die Prinzipien der menschlichen Wahrnehmung und des zielgerichteten Verhaltens in der neu geschaffenen Mensch-Maschine-Interaktion erforderlich.

## Technik im Dienst des Menschen

Wie Statistiken immer wieder zeigen und in den vorhergehenden Kapiteln dieses Reports ausführlich thematisiert wurde, ist der Mensch für über 90 Prozent der Unfälle verantwortlich. Nicht ohne Grund setzt daher die Automobilindustrie schon seit Jahren verstärkt auf Fahrerassistenzsysteme, die in der Lage sind, kritische Fahr- und Verkehrssituationen frühzeitig zu erkennen, vor Gefahren zu warnen und im Bedarfsfall auch aktiv in das Geschehen einzugreifen.

Ergänzend hierzu kommt auch den Schlüsseltechnologien der Mobilität 4.0 ein wichtiger Part zu. Diese können mit intelligenter Infrastruktur und Vernetzung von Fahrzeugen respektive der Kommunikation zwischen den Fahrzeugen selbst (Car-to-Car) und von Fahrzeugen zu zentralen und dezentralen Systemen (Car-to-Infrastructure) zusätzlich helfen, die Zahl der unfallkritischen Situationen und damit auch die Zahl der schweren Unfälle mit Getöteten und Schwerverletzten noch weiter zu reduzieren. Als Zusatznutzen propagiert automatisierte Mobilität gleichzeitig die Teilhabe von Personen mit körperlichen oder geistigen Einschränkungen respektive von Personen mit altersbedingt reduzierter Leistungsfähigkeit am gesellschaftlichen Leben.

Also eine „Win-win-Situation“ für alle? Das ist nur die eine Seite der Medaille. Neben enormen Erwartungen an die Erschließung von ungenutztem Sicherheitspotenzial durch die Technik respektive an die digitale Evolution werden im gleichen Atemzug auch Zweifel hinsichtlich potenzieller Risiken geäußert. Hierbei ist es wichtig, das gesamte Mobilitätssystem und die wechselseitige Wirkungsdynamik zu berücksichtigen, vor allem aber die Neuordnung der Rolle des Fahrers im Mensch-Maschine-Umgebungs-Regelkreis.

Darüber hinaus zu bedenken: Bislang ist kein technisches System in der Lage, die aktuelle Umgebungssituation so gut zu erfassen und daraus die richtigen Rückschlüsse zu ziehen wie der Mensch. Das klassische Beispiel eines über die Fahrbahn rollenden Balls zeigt dies besonders deutlich. Die Fahrzeugsysteme erkennen den Ball und berechnen, dass er bis zum Erreichen der Stelle nicht mehr im Fahrweg des Fahrzeugs ist. Der Mensch am Steuer weiß, dass kurz darauf ein Kind an die Stelle des Balls läuft. Und auch die Kommunikation der Verkehrsteilnehmer untereinander funktioniert von Mensch zu Mensch einfach besser. Die Seniorin, die freundlich lächelnd am Zebrastreifen steht und durch Handzeichen signalisiert, man möge weiterfahren, wird bei hochautomatisierten Fahrzeugen vergeblich winken.

Bei allen technischen Weiterentwicklungen im Kraftfahrzeugbereich darf außerdem nicht vergessen werden, dass die Akzeptanz und die Beachtung der entsprechenden Verkehrsregeln für jede Art von Verkehrsteilnahme ganz essenzielle Sicherheitsbausteine sind. In jedem Moment erfordert die Teilnahme am Straßenverkehr ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksicht. Nicht zuletzt ist und bleibt es der Mensch, der durch sein Verhalten den wesentlichen Beitrag zur Sicherheit im Straßenverkehr leistet.

## Die DEKRA Forderungen

### Faktor Mensch

- Um den Nutzen von Assistenzsystemen sicherzustellen, müssen Fahrzeugführer besser über den jeweiligen Anwendungsbereich sowie über die Systemgrenzen und die Bedienung informiert sein. Diese Informationen müssen nicht nur Erst-, sondern auch Zweit- oder Drittnutzern der Fahrzeuge zur Verfügung stehen.
- Der Ansatz einer kooperativen Assistenz, bei dem die Technik den Menschen unterstützt und seine Schwächen ausgleicht, sollte Vorrang haben vor technologielastrigen Lösungen, die den Menschen nur noch als Problemlöser („Troubleshooter“) benötigen.
- Jedem Fahrer muss klar sein, dass die Verantwortung für das Fahrzeug und das Fahren bei ihm liegt – unabhängig davon, wie viele Assistenzsysteme genutzt werden und was die Werbebotschaften einiger Hersteller suggerieren.
- Eine ergonomisch-effektive Cockpitgestaltung muss die jeweiligen Informationen zeitgerecht, relevant, situationspezifisch und klar verständlich darstellen.
- Bei der Crashtest-Dummy-Entwicklung und ihrer Implementierung in die Vorschriften sind Unterschiede bezüglich Geschlecht, Größe, Gewicht und Gewichtsverteilung, Alter sowie Körperhaltung angemessen zu berücksichtigen.
- Was Studien zur Verkehrssicherheit automatisierter Fahrfunktionen anbelangt, sollte verstärkt berücksichtigt werden, dass der Mensch in vielen Situationen – speziell auch unter schwierigen Witterungsbedingungen – „fehlerfrei“ weiterfährt, während technische Systeme möglicherweise allein wegen verschmutzter Sensoren „aussteigen“.
- Anbieter von Carsharing, Leih-Scootern u.ä. sollten ihre Angebote so gestalten, dass die Nutzungszeit als Kostenfaktor nicht im Mittelpunkt steht. So können Nutzer sich genügend Zeit nehmen, um sich vor Fahrtantritt mit der Fahrzeugausstattung und -bedienung zu befassen. Auch während der Fahrt ist der Ansatz „Zeit ist Geld“ für die Verkehrssicherheit kontraproduktiv.
- Für Konzepte, bei denen vollautomatisierte Fahrzeuge durch eine Leitstelle überwacht werden und das Personal in bestimmten Situationen per Fernzugriff die Steuerung übernehmen kann (Technische Aufsicht), bestehen hohe Anforderungen an das Personal. Entsprechend muss das Tätigkeitsprofil analysiert werden, um die nötigen Qualifikationen sowie Trainings- und Unterstützungsmaßnahmen abzuleiten.





## Technik



- Auch bei den heutigen Systemen der aktiven und passiven Sicherheit muss das sich noch bietende Potenzial zur Unfallvermeidung oder Verminderung der Unfallfolgen konsequent erschlossen werden. Die Automatisierung ist kein schnelles Allheilmittel.
- Die Funktionsfähigkeit mechanischer und elektronischer Komponenten der Fahrzeugsicherheit muss über das gesamte Fahrzeugleben hinweg gewährleistet sein und systematisch im Rahmen der technischen Fahrzeugüberwachung geprüft werden. Die dafür erforderlichen Informationen müssen bereitgestellt werden.
- Hochautomatisierte Systeme in Kraftfahrzeugen müssen auch komplexe Verkehrssituationen einschließlich der Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern (inklusive Radfahrer, Fußgänger, Kinder) adäquat entschlüsseln und schlussfolgernd interpretieren können. Der Fokus zukünftiger Forschung sollte daher auch auf der Kommunikation der Verkehrsteilnehmer liegen.
- Wenn ein System die Fahraufgabe übernommen oder auch wieder abgegeben hat, muss dies dem Nutzer am Steuer eindeutig angezeigt werden.
- Dringend erforderlich ist die herstellerunabhängige Standardisierung sicherheitsrelevanter Bedienfunktionen bezüglich der Anordnung, des Anbringungsorts und der Handhabung der Bedienelemente im Fahrzeugcockpit. Diese Bedienfunktionen müssen einfach mittels herkömmlicher Bedienelemente mit haptischem Feedback einstellbar sein – auch im Hinblick auf einen möglichen Ausfall eines Touchscreens.
- Moderne großformatige Displays sollten in Bezug auf den Umfang der nutzbaren Bedienfunktionen für Sicherheit und Komfort zwischen den jeweiligen Modi des assistierten oder automatisierten Fahrens (Level 2 versus Level 3) unterscheiden.
- Da fahrfremde Tätigkeiten in einem automatisierten Fahrzeug mit einem hohen Gefahrenpotenzial im Falle einer erforderlichen Fahrzeugübernahme verbunden sind, muss die Übergabe durch eindeutige und einheitliche Gestaltungslösungen, angemessene Übernahmezeiten, rechtzeitige Übernahmeaufforderungen und flankierende Warnfunktionen (zum Beispiel mittels Gurtstrafferaktivierung) unterstützt werden. Entsprechende Übernahmeaufforderungen des Fahrzeugs müssen für spätere Analysen aufgezeichnet oder angemessen dokumentiert werden.
- Es bedarf weiterer Forschung bezüglich sich verändernder Verletzungsmechanismen aufgrund von neuartigen Sitzkonzepten, wie sie in hochautomatisierten Fahrzeugen zum Einsatz kommen könnten, um weiterhin den bestmöglichen Schutz für die Fahrzeuginsassen zu gewährleisten.

## Infrastruktur und gesetzliche Regelungen

- Die Mindestanforderungen an die von den Herstellern definierten Betriebsbereiche für automatisierte Fahrzeuge müssen eindeutig geregelt werden. Dazu sind Festlegungen über Parameter wie Geschwindigkeit, Straßenklasse und Witterungsbedingungen erforderlich.
- Um den Anforderungen des Mobilitätswandels durch eine sicherheits- und nutzerorientierte Infrastrukturgestaltung gerecht werden zu können, muss auch die Dunkelziffer der bei Alleinunfällen verunglückten Radfahrer und Fußgänger inklusive der Unfallorte erfasst werden.
- Grundsätzlich zu überdenken ist das System der vielerorts ausschließlich auf polizeilichen Unfallmeldungen basierenden Verkehrsunfallstatistik. Zusätzlich können Statistiken der Versicherungen und Krankenkassen herangezogen werden. Zudem sollten die Erfassungskriterien und -prozesse regelmäßig den aktuellen Erfordernissen und technischen Möglichkeiten angepasst werden.
- Im Bereich der Unfallstatistik sollten einheitliche, möglichst mit internationalen Standards korrespondierende Definitionen angewandt werden.
- Im Sinne der Vision Zero muss aktiv nach Gefahrenstellen gesucht werden, um diese dann schnellstmöglich mittels baulicher und/oder nachvollziehbarer verkehrsregelnder Maßnahmen zu entschärfen. Dabei müssen die Anforderungen moderner Assistenzsysteme berücksichtigt werden.



# Noch Fragen?

## Ihre Ansprechpartner bei DEKRA

### Fahrzeugprüfungen

Florian von Glasner  
Tel.: +49.711.78 61-23 28  
florian.von.glasner@dekra.com

DEKRA SE  
Handwerkstraße 15  
70565 Stuttgart

### Unfallforschung

Markus Egelhaaf  
Tel.: +49.711.78 61-26 10  
markus.egelhaaf@dekra.com

Andreas Schäuble  
Tel.: +49.711.78 61-25 39  
andreas.schaeuble@dekra.com

Luigi Ancona  
Tel.: +49.711.78 61-23 55  
luigi.ancona@dekra.com

DEKRA Automobil GmbH  
Handwerkstraße 15  
70565 Stuttgart

### Unfallanalytische Gutachten

Michael Krieg  
Tel.: +49.711.78 61-23 19  
michael.krieg@dekra.com

DEKRA Automobil GmbH  
Handwerkstraße 15  
70565 Stuttgart

### Grundlagen/Prozesse

André Skupin  
Tel.: +49.357 54.73 44-257  
andre.skupin@dekra.com

Hans-Peter David  
Tel.: +49.357 54.73 44-0  
hans-peter.david@dekra.com

DEKRA Automobil GmbH  
Senftenberger Straße 30  
01998 Klettwitz

### Verkehrspsychologie

Dr. Thomas Wagner  
Tel.: +49.357 54.73 44-230  
thomas.wagner@dekra.com

DEKRA e.V. Dresden  
Senftenberger Straße 30  
01998 Klettwitz

### Internationale Gremien

Walter Niewöhner  
Tel.: +49.711.78 61-26 08  
walter.niewoehner@dekra.com

DEKRA e.V.  
Handwerkstraße 15  
70565 Stuttgart

### Unternehmenskommunikation

Wolfgang Sigloch  
Tel.: +49.711.78 61-23 86  
wolfgang.sigloch@dekra.com

DEKRA e.V.  
Handwerkstraße 15  
70565 Stuttgart

## Unsere Dienstleistungen für mehr Sicherheit

### Fahrzeugprüfungen



### Schadenregulierung & Gutachten



### Digital & Product Solutions



### Industrieprüfung



### Advisory & Training



### Audits



### Zeitarbeit



## IMPRESSUM – DEKRA Verkehrssicherheitsreport 2023 „Technik und Mensch“

### Herausgeber:

DEKRA Automobil GmbH  
Handwerkstraße 15  
70565 Stuttgart  
Tel. +49.711.78 61-0  
Fax +49.711.78 61-22 40  
www.dekra.de  
Juni 2023

### Verantwortlich für den Herausgeber:

Uta Leitner

### Projektleitung:

Wolfgang Sigloch

### Redaktion:

Matthias Gaul,  
Annika Züske (CvD)

### Layout:

Florence Frieser, Frank  
Haug, Oswin Zebrowski

### Realisation:

EuroTransportMedia  
Verlags- und Veranstaltungs-GmbH  
Corporate Publishing  
Handwerkstraße 15, 70565 Stuttgart  
www.etm.de

### Leitung ETMcp:

Andreas Techel

### Geschäftsführung:

Bert Brandenburg, Oliver Trost

### Bildnachweise:

5GAA 71; Antonio Avenoso 9; Karl-Heinz Augustin 10, 12; Automóvel Club de Portugal 43; Wolfgang Bellwinkel 11, Alexander Berg 8; Hanno Boblenz 7; BMW 10; Brandenburgischen Landesinstitut für Rechtsmedizin (BLR) 23; Markus Caspers 63; Censis 72; Mark Chung 15; Daimler 7, 8, 9, 12; DEKRA 50, 56, 61, 76; DEKRA/Thomas Küppers 3, 38, 62 (2), 64, 66 (2); Deutsches Patent- und Markenamt 7; Presse- und Informationsamt der Bundesregierung/Jesco Denzel 4, European Commission 7; Alexander Fischer 9; HOLM 77; Honda 10; KBA 12; KFV/ APA: Juhasz 59; Hubert P. Klotzeck | Bildfläche 35; Juan Carlos Ayago Merchan 37; Robert Michalk 74; Sebastian Pannasch 78; Privat 21, 47, 54, 69; Dorian Prost 16; Rodrigo Reyes - Audiovisual Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones 53; skrbd 40; Vay 78; Getty Images/iStockphoto: anyaberkut 44, Bereško 5, 14, Boylso 18, Chesky\_W 55, dragana991 34, 80 felixmizioznikov 17, franckreporter 36, frantic00 24, hiphotos35 52, 81, LeoPatrizi 22, metamorworks 5, 46, 68, 70, 81, nantonov 48, ollo 73, ricochet64 41, simonkr 42, Traminio 41; Michelin 7; Museum Kopenhagen 6; Volvo 7; Wikipedia/AlfvanBeem 6; Archiv 6, 9.

## Literaturhinweise

- ADAC e.V. (2022). Bedienkonzept: Ablenkungs- und Gefahrenpotenzial in der Fahrzeugbedienung. München.
- Ahmad, B. I., Langdon, P.M., Godsil, S. J., Hardy, R., Skrypchuk, L., & Donkor, R. (2015). Touchscreen usability and input performance in vehicles under different road conditions: an evaluative study. In Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI, 15), 47-54. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19 (6), 775-779.
- Becker, F., & Axhausen, K. W. (2017). Literature review on surveys investigating the acceptance of automated vehicles. *Transportation*, 44(6), 1293-1306.
- Bengler, K., Rettenmaier, M., Fritz, N., & Feierle, A. (2020). From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving. *Information*, 11(2), 61.
- Biondi, F., Rossi, R., Gastaldi, M., & Mulatti, C. (2014). Beeping ADAS: Reflexive effect on drivers' behavior. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 25, 27-33.
- Boggs, A. M., Arvin, R., & Khattak, A. J. (2020). Exploring the who, what, when, where, and why of automated vehicle disengagements. *Accident Analysis & Prevention*, 136, 105406.
- Carney, C., Harland, K. K., & McGehee, D. V. (2018). Examining teen driver crashes and the prevalence of distraction: Recent trends, 2007-2015. *Journal of Safety Research*, 64, 21-27.
- Cassarino, M., & Murphy, G. (2018). Reducing young drivers' crash risk: Are we there yet? An ecological systems-based review of the last decade of research. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 56, 54-73.
- Choi, H. S., Lee, M., & Lee, H. (2019). Two Faces of Car Sharing: An Exploration on the Effect of Car Sharing on Car Accident. 25. Americas Conference on Information Systems, Cancun.
- Dey, D., Habibovic, A., Lücken, A., Wintersberger, P., Pfleging, B., Riener, A., et al. (2020). Taming the eHMI jungle: A classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, 1-24.
- Dix, A., Helmer, J.R., Wagner, T., & Pannasch, S. (2021). Autonom und unfallfrei - Betrachtungen zur Rolle der Technischen Aufsicht im Kontext des autonomen Fahrens. *Journal Psychologie des Alltagshandelns / Psychology of Everyday Activity*, Vol. 14 / No. 2, ISSN 1998-9970, 5-18.
- Dixit, V. & Rashidi, T. H. (2014). Modelling crash propensity of carshare members. *Accident analysis and prevention*, 70, 140-147.
- Donges, E. (2015). Fahrerhaltensmodelle. In: Winner, H.; Hakuli, S.; Lotz, F.; Singer, C. (Eds.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (pp. 17-26). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Fastenmeier, W., Schlag, B., Kubitzki, J., Risser, R., & Gstalter, H. (2016). Hochautomatisiertes oder autonomes Fahren als wünschenswerte Zukunftsvision? Offene Fragen mit Blick auf die Mensch-Maschine-Interaktion. Positionspapier 03/2016 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie e.V. Berlin: DGVP.
- Fastenmeier, W. & Risser, R. (2020). Ergonomische Ansätze der Verkehrspsychologie - Verkehrspsychologische Grundlagen für die menschengerechte Verkehrsraum- und Fahrzeuggestaltung. Positionspapier 03/2020 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie e.V. Berlin: DGVP.
- Fastenmeier, W. (2021). Die schöne neue Welt des automatisierten und autonomen Fahrens - der Mensch als Störfaktor? In Fastenmeier, W., Ewert, U., Kubitzki, J., & Gstalter, H. *Die kleine Psychologie des Straßenverkehrs - Mythen, Vorurteile, Fakten*. Bern: Hogrefe, 7-29.
- Fu, M.-Y., & Huang, Y.-S. (2010). A survey of traffic sign recognition. 2010 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, 119-124.
- George, A. M., Brown, P. M., Scholz, B., Scott-Parker, B., & Rickwood, D. (2018). „I need to skip a song because it sucks“: Exploring mobile phone use while driving among young adults. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 382-391.
- Gershon, P., Sita, K. R., Zhu, C., Ehsani, J. P., Klauer, S. G., Dingus, T. A., et al. (2019). Distracted Driving, Visual Inattention, and Crash Risk Among Teenage Drivers. *American Journal of Preventive Medicine*, 56(4), 494-500.
- Gershon, P., Zhu, C., Klauer, S. G., Dingus, T., & Simons-Morton, B. (2017). Teens' distracted driving behavior: Prevalence and predictors. *Journal of Safety Research*, 63, 157-161.
- Gold, C., Damböck, D., Lorenz, L., & Bengler, K. (2013). „Take over!“ How long does it take to get the driver back into the loop? Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 57(1), 1938-1942.
- Graichen, L., Graichen, M., & Krems, J. F. (2019). Evaluation of Gesture-Based In-Vehicle Interaction: User Experience and the Potential to Reduce Driver Distraction. *Human Factors*, 61(5), 774-792.
- Gruber, C. J., & Sammer, G. (2019). Erwartungen, verkehrspolitische Auswirkungen und Handlungsbedarf für automatisierte Fahrzeuge und Mobilitätsdienste. *Straßenverkehrstechnik Themenheft Automatisierte Mobilität*, 245-254.
- Guo, X. & Zhang, Y. (2022). Maturity in Automated Driving on Public Roads: A Review of the Six-Year Autonomous Vehicle Tester Program. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*.
- Hayashi, Y., Foreman, A. M., Friedel, J. E., & Wirth, O. (2018). Executive function and dangerous driving behaviors in young drivers. *Transportation Research, Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 52, 51-61.
- Hasenjäger, M., & Wersing, H. (2017). Personalization in Advanced Driver Assistance Systems and Autonomous Vehicles: A Review. 2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 1-7.
- Hungund, A. P., Pai, G., & Pradhan, A. K. (2021). Systematic Review of Research on Driver Distraction in the Context of Advanced Driver Assistance Systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2675(9), 756-765.
- Jannusch, T., Shannon, D., Völler, M., Murphy, F., & Mullins, M. (2021). Smartphone Use While Driving: An Investigation of Young Novice Driver (YND) Behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 77, 209-220.
- Jung, S., Park, J., Park, J., Choe, M., Kim, T., Choi, M., & Lee, S. (2021). Effect of Touch Button Interface on In-Vehicle Information Systems Usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 37(15), 1404-1422.
- Khan, A. B., Agrawal, R., Jain, S. S., & Choudhary, A. (2021). Review of distracted driving in young drivers: strategies for management of behavioural patterns. *International Journal of Crashworthiness*, 35(4), 1-13.
- Khattak, Z. H., Fontaine, M. D., & Smith, B. L. (2021). Exploratory Investigation of Disengagements and Crashes in Autonomous Vehicles Under Mixed Traffic: An Endogenous Switching Regime Framework. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(12), 7485-7495.
- Kidd, D. G., Cicchino, J. B., Reagan, I. J., & Kerfoot, L. B. (2017). Driver trust in five driver assistance technologies following real-world use in four production vehicles. *Traffic Injury Prevention*, 18, 44-50.
- Kita, E. & Luria, G. (2018). The mediating role of smartphone addiction on the relationship between personality and young drivers' smartphone use while driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 59, 203-211.
- Landau, K. (2002). Usability criteria for intelligent driver assistance systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(4), 330-345.
- Lee, Y. M., Madigan, R., Giles, O., Garach-Morcillo, L., Markkula, G., Fox, C., et al. (2021). Road users rarely use explicit communication when interacting in today's traffic: implications for automated vehicles. *Cognition, Technology & Work*, 23, 367-380.
- Li, R., Chen, Y. V., Sha, C., & Lu, Z. (2017). Effects of interface layout on the usability of In-Vehicle Information Systems and driving safety. *Displays*, 49, 124-132.
- Luo, H., Yang, Y., Tong, B., Wu, F., & Fan, B. (2018). Traffic Sign Recognition Using a Multi-Task Convolutional Neural Network. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(4), 1100-1111.
- Lyon, C., Mayhew, D., Granié, M.-A., Robertson, R., Vanlecar, W., Woods-Fry, H., et al. (2020). Age and road safety performance: Focusing on elderly and young drivers. *IATSS Research*, 44(3), 212-219.
- Mayer, E., Sodl-Niederrecker, V., Trommet, M., Soteropoulos, A., Zuser, W., Schneider, F., Robatsch, K., & Berger, M. (2021). Carsharing-Nutzungsverhalten und Verkehrssicherheit. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 67(3), 147-157.
- Mathias, M., Timofte, R., Benenson, R., & Van Gool, L. (2013). Traffic sign recognition—How far are we from the solution? The 2013 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 1-8.
- Müller, K., Reimann, C., & Wagner, T. (2018). Automatisiertes Fahren - Neue Anforderungen an die Kraftfahrtaugung? *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 3/2018, 228-238.
- Mutzenich, C., Durant, S., Helman, S., & Dalton, P. (2021). Updating our understanding of situation awareness in relation to remote operators of autonomous vehicles. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 6(1), 9.
- Parr, M. N., Ross, L. A., McManus, B., Bishop, H. J., Wittig, S. M. O., & Stavrinos, D. (2016). Differential impact of personality traits on distracted driving behaviors in teens and older adults. *Accident, analysis and prevention*, 92, 107-112.
- Patel, S., Liu, Y., Zhao, R., Liu, X., & Li, Y. (2022). Inspection of In-Vehicle Touchscreen Infotainment Display for Different Screen Locations, Menu Types, and Positions. In: Krömker, H. (Eds.), *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. HCII 2022. Lecture Notes in Computer Science*, 13335. Springer, Cham.
- Pei, S., Tang, F., Ji, Y., Fan, J., & Ning, Z. (2018). Localized Traffic Sign Detection with Multi-scale Deconvolution Networks. 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 01, 355-360.
- Pitts, M. J., Skrypchuk, L., Attridge, A., & Williams, M.A. (2014). Comparing the User Experience of Touchscreen Technologies in an Automotive Application. In Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI, 14), 1-3. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
- PrognosAG. (2018). Einführung von Automatisierungsfunktionen in der Pkw-Flotte - Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit. Forschungsbericht erstellt im Auftrag des ADAC e. V. München.
- Rahman, M. M., Strawderman, L., Lesch, M. F., Horrey, W. J., Babski-Reeves, K., & Garrison, T. (2018). Modelling driver acceptance of driver support systems. *Accident Analysis & Prevention*, 121, 134-147.
- Rahman, M.M., Deb, S., Carruth, D., & Strawderman, L. (2020). Using Technology Acceptance Model to Explain Driver Acceptance of Advanced Driver Assistance Systems. In: N. Stanton (Eds.), *Advances in Human Factors of Transportation*, (44-56). AHFE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, 964. Springer, Cham.
- Schlag, B. & Roßiger, L. (2019). Car-sharing - Motive und Intentionen. *Report Psychologie* 45, 02/2019, 10-21.
- Sinha, A., Vu, V., Chand, S., Wijayarathna, K. & Dixit, V. (2021). A Crash Injury Model Involving Autonomous Vehicle: Investigating of Crash and Disengagement Reports. *Sustainability*, 13(14), 7938.
- Solán, M., Riveiro, B., Martínez-Sánchez, J., & Arias, P. (2016). Traffic sign detection in MLS acquired point clouds for geometric and image-based semantic inventory. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 92-110.
- Ulrich, L., Nonis, F., Vezzetti, E., Moos, S., Caruso, G., Shi, Y., & Marcolin, F. (2021). Can ADAS Distract Driver's Attention? An RGB-D Camera and Deep Learning-Based Analysis. *Applied Sciences*, 11(24).
- Vogelpohl, T., Vollrath, M., Kühn, M., Hummel, T., Gehlert, T. (2016). Übergabe von hochautomatisiertem Fahren zu manueller Steuerung (Forschungsbericht Nr. 39). Berlin, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
- Wali, S., Hannan, M. A., Husain, A., & Samad, S. A. (2015). Comparative Survey on Traffic Sign Detection and Recognition: A Review. *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, 11(2), 40-44.
- Wilde, G. J. S. (1982) The theory of risk homeostasis: implications for safety and health. *Risk Analysis*, 2 (4), 209-225.
- Winner, H., Hakuli, S., & Wolf, G. (Hrsg.). (2009). *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*; mit 45 Tabellen (1.). Vieweg + Teubner.
- Yu, B.-M., & Roh, S.-Z. (2002). The effects of menu design on information-seeking performance and user's attitude on the World Wide Web. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 53(11), 923-933.
- Zhang, B., de Winter, J., Varotto, S., Happee, R., & Marfens, M. (2019). Determinants of take-over time from automated driving: A meta-analysis of 129 studies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 285-307.
- Zhang, J., Zou, X., Kuang, L.-D., Wang, J., Sherratt, R. S., & Yu, X. (2022). CCTSDB 2021: A More Comprehensive Traffic Sign Detection Benchmark. *Human-Centric Computing and Information Science*.
- Zhang, Y., Yang, X. J., & Zhou, F. (2022). Disengagement Cause-and-Effect Relationships Extraction Using an NLP Pipeline. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.



DEKRA  
Handwerkstraße 15  
70565 Stuttgart  
Telefon +49.711.7861-0  
Telefax +49.711.7861-2240  
dekra.de

88595