

Autonomes Fahren

Die Zukunft der Mobilität

Veranstaltung WiTechWi

10.05.2023 Gunter Eger

Inhalt

- Visionen, Versprechungen, Prognosen
- Automationsstufen
- Technik und Voraussetzungen
- Sicherheit
- Situation in den USA
- Unfälle mit autonomen Fahrzeugen
- Gesetzliche Regelungen, Haftung und Strafrecht
- Ethische Aspekte
- Aktuelle Einsatzszenarien
- Fazit

Visionen und Versprechen

- Hoffnung auf enorme Potenziale für Wirtschaft und Gesellschaft in Europa
- Politische Ziele
 - Stärkung des Innovations- und Wirtschaftsstandorts Deutschland
 - Schaffung eines
 - sicheren,
 - erschwinglichen,
 - nachhaltigen,
 - intelligenten,
 - diskriminierungsfreien Verkehrssystems
- Digitalisierung für eine bessere Mobilität für alle

Visionen für den Verkehr

- Deutliche Steigerung der Verkehrssicherheit
 - reduzierte Unfallzahlen (90% haben menschliches Versagen als Ursache)
- günstigere Verkehrsmittel
- bessere Erschließung des ländlichen Raums
- Mobilität für leistungseingeschränkte Menschen (Ältere, Behinderte, ...)
- weniger Ressourcenverbrauch
- Lebenszeitgewinn
 - mehr Zeit zur Erholung oder
 - mehr produktive Zeit
 - Arbeiten während der Fahrt ins Büro – Lebenszeitgewinn?

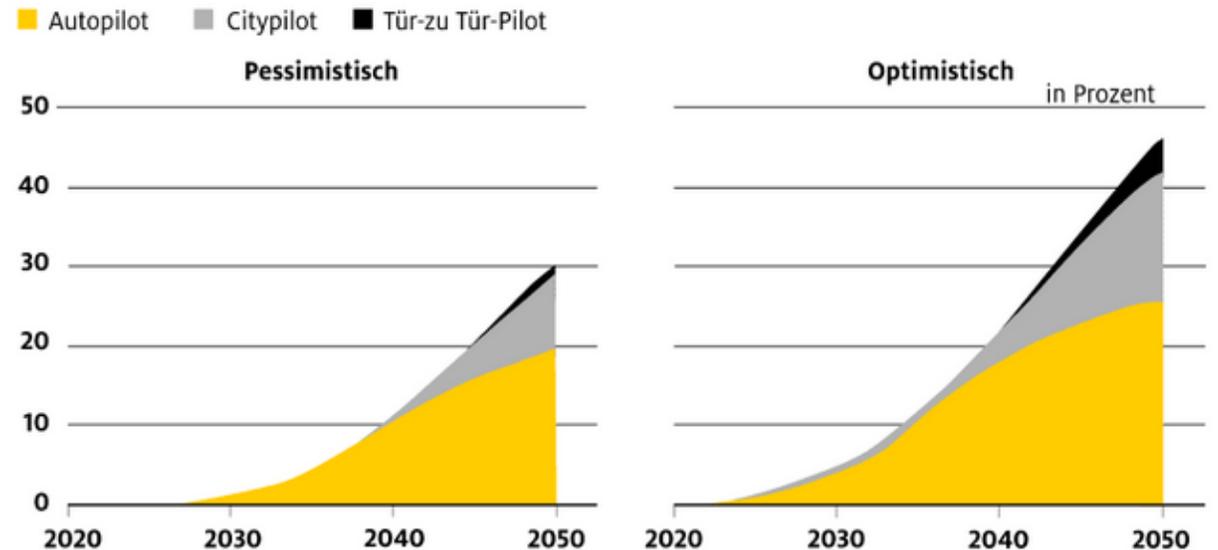
Weitere Visionen

- flüssigerer Verkehr, weniger Staus durch intelligente Verkehrslenkung
 - weniger Fahrzeuge auf den Straßen
 - mehr Platz in der Stadt
 - weniger (**Individual**) Verkehr (?)
 - Verkehrswende ?
- leistungsstarker öffentlicher Personen(nah)-Verkehr
 - autonome Bahnen, S- und U-Bahnen
 - autonome Busse, Taxis
 - Robo-Cars
 - die man per App rufen kann
 - Tür-zu-Tür-Mobilität
- **In Summe sehr widersprüchliche Ziele**

- **Prognostizierter Anteil der Neufahrzeuge, die autonom auf Autobahnen fahren**

- Für 2020 wurden 2,5% geschätzt – Ursprüngliche Zeitpläne viel zu ambitioniert
- 70 % in 2050
- Erste Pkw mit Citypilot sollen 2030 auftauchen
- Erst nach 2040 werden vermehrt Fahrzeuge erscheinen, die autonom von Tür zu Tür fahren und auch auf Landstraßen keinen Fahrer mehr benötigen (Prognos AG)
- Konsequenz
 - Weit über die erste Jahrhunderthälfte hinaus wird es einen Mix aus autonomen und konventionellen Fahrzeugen geben
 - Dieser Mix stellt erhöhte Anforderungen an autonome Fahrzeuge
 - Relativiert die Hoffnung auf schnelle Sicherheitsgewinne

Erst in den 2030er Jahren werden sich automatisierte Autos verbreiten



Quelle: Prognos AG 2018

©ADAC e.V. 12.2019

Übersicht über die erwartete Verbreitung automatisierter Autos • © ADAC e.V.

Konsequenzen für den Arbeitsmarkt

- Welche Konsequenzen hätte der vollkommen autonome Fahrbetrieb auf Straße und Schiene für den Arbeitsmarkt?
- Es werden
 - keine Taxifahrer
 - keine Lkw-Fahrer
 - keine Busfahrer
 - keine S- und U-Bahnfahrer
 - keine Lokführer
- mehr benötigt.
- Wie viele Millionen Arbeitsplätze werden wegrationalisiert?
- Abhilfe für den Fachkräftemangel?
- Entstehen stattdessen Arbeitsplätze in der IT oder in Werkstätten für autonome Fahrzeuge?
- Werden nur noch Hilfskräfte zum Be- und Entladen benötigt oder wird auch das automatisiert?

Sechs Automationsstufen (SAE-Level)

International durchgesetzt hat sich die Einteilung von Straßenfahrzeugen durch die Society of Automotive Engineers (SAE) in sechs Automatisierungsstufen (SAE-Level 0–5).

- Stufe 0 Heutige Situation
- Stufe 1 Assistiertes Fahren
 - Einzelne Assistenzsysteme unterstützen bei bestimmten Fahraufgaben
- Stufe 2 Teilautomatisiertes Fahren
 - Unter definierten Bedingungen hält das Fahrzeug die Spur, bremst und beschleunigt
 - Tempomat mit Abstandsregelsystem
 - Spurhaltesystem
 - Notbremssystem
 - automatisches Einparken

Stufe 3 Hochautomatisiertes Fahren

- Der Fahrer darf sich *vorübergehend* von Fahraufgabe und Verkehr abwenden, sobald er sein Fahrzeug in den hochautomatisierten Modus versetzt.
 - Man darf zum Beispiel Zeitung lesen, mit dem Handy spielen oder sich den Kindern auf den Rücksitzen zuwenden.
- Das Fahrzeug bewältigt *bestimmte* Fahraufgaben selbstständig und ohne menschlichen Eingriff, allerdings nur *für einen begrenzten Zeitraum* und unter geeigneten, vom Hersteller vorgegebenen Bedingungen.
- Wenn das System ein Problem erkennt und sich durch ein Signal meldet, muss der Fahrer *umgehend* das Steuer übernehmen.
- Wie lange dauert es, bis sich der Fahrer mit der (bedrohlichen) Situation vertraut gemacht hat und angemessen reagieren kann?
- Doppelverantwortung für den Verkehr und für die Assistenzsysteme: Widerspruch zu der versprochenen Entlastung. Überforderung durch zusätzliche, irritierende Systeme?

Verantwortung des Fahrers

Für Stufe 0 bis Stufe 2 / 3 gilt

Der Fahrer

- beherrscht ständig sein Fahrzeug
- muss den Verkehr fortwährend im Blick behalten
- muss die Assistenzsysteme stets überwachen und Fehlfunktionen korrigieren
- haftet für Verkehrsverstöße und Unfälle
- Es gibt rein rechtlich keinen Unterschied zum herkömmlichen Fahren.
- Bei Unfällen haftet zunächst die Versicherung des Halters
 - verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung
 - Versicherung wendet sich an den Hersteller

Stufe 4 Vollautomatisiertes Fahren

- Der Fahrer kann die Fahrzeugführung komplett abgeben und wird zum Passagier.
- Das Fahrzeug bewältigt Fahrten *auf bestimmten Strecken* (z.B. Autobahn, Parkhaus) völlig selbstständig. Es darf dann auch ohne Insassen fahren.
- Die Passagiere dürfen schlafen oder alkoholisiert sein.
- Das System erkennt seine Grenzen so rechtzeitig, dass es regelkonform einen sicheren Zustand erreichen kann. **Stillstand?**
- Die Passagiere haften während der vollautomatisierten Fahrt nicht für Verkehrsverstöße oder Schäden.

Auf diesem Level führen die technischen Systeme alle Fahraufgaben selbsttätig durch. Der Pkw kann auch längere Strecken ohne Eingriff zurücklegen.

Stufe 5 Autonomes Fahren - Endstufe

- Es gibt im Auto nur noch Passagiere ohne Fahraufgabe
- Fahrten ohne Insassen sind möglich
- Die Technik im Auto *bewältigt alle Verkehrssituationen*
- Der Pkw wird jetzt komplett vom „System“ geführt und erledigt alle dazu erforderlichen Aufgaben selbsttätig.
- Selbst komplexe Situationen – etwa das Queren einer Kreuzung, das Durchfahren eines Kreisverkehrs oder das richtige Verhalten an einem Zebrastreifen – kann der autonome Wagen bewältigen.

Auf dieser Stufe wird das Versprechen „Auto-mobil“ eingelöst.

Willkommen in der schönen neue Welt!

Vorschläge für nur drei Stufen

ADAC und Kraftfahrtbundesamt schlagen die Einteilung in nur noch drei Automatisierungsstufen vor:

Assistiertes Fahren

- der Fahrer ist jederzeit für das Fahren zuständig

Automatisiertes Fahren

- in genau definierten Szenarien fährt das Fahrzeug selbstständig
- der Fahrer darf sich vorübergehend von der Fahraufgabe lösen
- auf Anforderung des Systems muss der Fahrer kurzfristig übernehmen können

Autonomes Fahren

- der Fahrer wird zum Passagier
- Betrieb ohne Insassen wird möglich

Technik hinter der Automation – autonom vs. zentral

- Entwicklungsstrang mit Zentraler Leittechnik, die autonome Fahrzeuge und Infrastruktur überwacht
- Übertragung der vom Fahrzeug gesammelten Daten an eine Leitstelle, die die Kontrolle ausübt.
 - Industrie will diesen Weg nicht gehen
 - Riesiges drahtloses Kommunikationsaufkommen
 - Gigantische neue Rechenzentren notwendig
 - Genaugenommen ist das keine Autonomie des Fahrzeugs
 - Gläserne Autofahrer?!
- Gesetzliche Regelungen heute
 - ein verantwortlicher Sicherheitsfahrer im Fahrzeug, der in kritischen Situationen eingreift.
- Auch bei vollständiger Autonomie wird für lange Zeit eine Überwachung außerhalb des Fahrzeugs notwendig sein, um kritische Situationen zu bewältigen.
- In den USA: Autonomes Fahrzeug muss mit Polizei und Rettungsdiensten kommunizieren.

Technische Voraussetzungen

Das Fahrzeug muss genau „wissen“, wo es sich befindet.

- GPS ist maximal auf 8m genau, Galileo soll deutlich besser sein
- für autonome Fahrfunktionen können Positionsabweichungen von weniger als fünf Zentimeter(!) erforderlich sein
 - zusätzlich Nutzung von Referenzstationen
 - Landmarken und Markierungen
 - Kreiselkompass, Beschleunigungssensoren, Sensoren zum Abgleich der Straßengeometrie, ...
 - Virtuelle Schienen per RFID austrassiert – intelligente Infrastruktur
 - in bestimmten Verkehrsbereichen
- Es werden *stets aktuelle Karten* mit zentimetergenauer Auflösung benötigt
 - jede Baustelle, jede Sperrung, jedes Hindernis muss bekannt sein
 - jede Spur, jede Bushaltestelle, alle Verkehrsschilder
 - die gespeicherten Informationen müssen mit der tatsächlichen Situation abgeglichen werden und es muss eine adäquate Reaktion darauf erfolgen.
 - Der Kartendienst *Here* plant, alle 24 Stunden neue, aktuelle Karten herauszubringen

Technische Voraussetzungen

- Das Fahrzeug muss seinen Eigenzustand exakt kennen
 - Sensoren für die gesamte Fahrzeugtechnik werden benötigt
 - Reifen, Räder, Türen, Temperatur, Wegmesser (Hodometer)
 - Ggf. müssen Passagiere (Kinder, Tiere) erfasst werden
- Das Fahrzeug braucht ein genaues Bild seiner Umgebung
 - andere Fahrzeuge, Fußgänger, Zweiradfahrer, e-Roller, Tiere, ...
 - deren Position und Trajektorie (Weg, Richtung, Geschwindigkeit)
 - Ampelzustände müssen erfasst
 - Verkehrsschilder
 - Straßenmarkierungen
 - Unfälle, Pannen anderer Fahrzeuge müssen erkannt werden

Technik im Einzelnen

- Alle sicherheitstechnisch relevante Sensorik muss redundant vorhanden sein
- Standard sind fünf Rundum-Digitalkameras
 - Probleme: Nacht und Nebel, Regen, Eis und Schnee, Gegenlicht, Blendung durch die Sonne
- Radar- und Ultraschallsensoren
 - zur Redundanz bei Richtungs- und Abstandsmessungen
- Laserscanner (LiDAR)
 - zur optischen Messung von Entfernung und Geschwindigkeit von Objekten !
- Laser- und Radarsysteme dürfen nicht von anderen Fahrzeuge gestört/geblendet werden.
- Konflikte zwischen den einzelnen Sensorsystemen müssen gelöst werden.
- Aufgabe: Umwandlung eines zweidimensionalen in ein dreidimensionales dynamisches 360° Bild der Umgebung – eine echte Herausforderung für ein KI-System (neuronales Netzwerk)
 - Besonderer Herausforderung: Erkennung und Klassifikation von Objekten
 - Personen, Häuser, Schilder, Fahrzeuge, Fahrbahnmarkierungen, Mauern, Begrenzungen
 - Jeder Mülleimer, jedes Hindernis muss erkannt seine Gefährlichkeit beurteilt werden – ausweichen?

LiDAR Light detection and ranging

Funktionsweise – dreidimensionales Laserscanning

- Ein Elektromotor dreht 64 Laserquellen um die eigene Achse. Treffen die gebündelten Lichtstrahlen auf Gegenstände, werden sie reflektiert. Ein sich mitdrehender Spiegel im System sammelt sie wieder ein. Aus der Lichtlaufzeit, die die Strahlen dabei von einem zum anderen Punkt unterwegs sind, errechnet die Software die Abstände des Autos zu den Hindernissen.
- auf diese Weise können dreidimensionale Objekte erkannt werden
- Auch bewegliche Objekte, wie andere Fahrzeuge oder Fußgänger, „erkennt“ LiDAR und ihre genaue Position, ihre Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit.
- LiDAR Sensoren reichen 200 m weit - auch nachts
 - ein System kostet 70.000 €
- Neu: LiDAR - Systeme mit winzigen Spiegeln auf Siliziumbasis statt der beweglichen mechanischen Spiegel: Miniaturisierung und Kostenreduktion durch Skaleneffekte

Hohe Rechenleistung in Realzeit

- Pro Minute fallen ca. fünf Gigabyte an Daten von den einzelnen Sensoren an
- Rechenleistung entspricht etwa der von 15 leistungsfähigen Laptops
- Zukünftige Fahrzeuge sollen das Verkehrsgeschehen für rund zehn Sekunden im Voraus berechnen können
- Die aktuelle Fahrsituation muss **mehrmals pro Sekunde** mit der vorausberechneten verglichen, Abweichungen erkannt und die Reaktionen darauf angepasst werden.
- Alle möglichen Verkehrsszenarien und Verkehrszeichen sollen beherrscht werden.
 - überall auf der Welt
- Das Gesamtsystem muss nicht nur verkehrssicher, sondern auch datensicher entwickelt sein, um mögliche Cyberangriffe abwehren zu können.
- Die Anforderung an die Rechenleistung steigen durch die Notwendigkeit einer Vernetzung mit anderen Fahrzeugen oder einer Zentrale.

Digitale Vernetzung V2x – im Teststadium

Für den immensen stets aktuellen Informationsbedarf autonomer Fahrzeuge ist eine intensive Vernetzung notwendig V2x (vehicle to everything)

Hohe Bandbreite für die Kommunikation notwendig. 5G / 6G

- Spezielle Protokolle für den Informationsaustausch müssen entwickelt werden.
- **einen solchen weltweit einheitlichen Standard gibt es noch nicht.**
- mit anderen Fahrzeugen V2V (vehicle to vehicle)
 - z.B. Richtung, Beschleunigung, Verzögerung, Panneninformationen
- mit den Leitstellen (Verkehrsinformationen, Wetterbericht, ...)
- mit Sensoren am Straßenrand – vollkommen neue Infrastruktur
 - WLAN an Straßenlaternen, Schilderbrücken
 - „um die Ecke schauen“
- mit digitalen Ampeln, Verkehrsschildern
 - Bislang können die Ampelphasen herkömmlicher Ampeln nicht zuverlässig genug erkannt werden - d.h. in wirklich jeder Situation - **ausgefallene Ampeln?**
- Alle diese technischen Voraussetzungen müssten zuerst (**flächendeckend ?, weltweit?**) geschaffen werden.
Kosten für Installation und Wartung?

Sicherheit und menschliches Verhalten

- Potentiell gibt es unendlich viele Verkehrssituationen.
- Es ist nicht möglich, alle im realen Verkehr auftretenden Situationen zu testen. Fehler können nur mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit eingegrenzt werden.
- Fahren autonome Fahrzeuge besser? Sicherlich regelgetreuer. Sie fahren gewiss vorsichtiger und damit langsamer. Dabei müssten sie so programmiert werden, dass sie "menschlicher" fahren - aber es soll und darf nichts passieren.
- Menschen können Verkehrsregeln flexibel handhaben und gegen andere Ziele - wie etwa einen flüssigen Verkehr - abwägen.
- Autonome Fahrzeuge, die den Verkehrsfluss behindern, weil sie sich strikt an die Regeln halten, würden gesellschaftlich kaum akzeptiert werden.
- Nicht jeder möchte sich autonom chauffieren lassen.
- Generationenwechsel könnte die Bereitschaft zum Umstieg verändern.

Sicherheit im Mixbetrieb autonom-konventionell

- So lange noch menschliche Fahrer mit ihren Autos gleichzeitig unterwegs sind, potenzieren sich die Entscheidungsprobleme für die autonomen Fahrzeuge
 - Während sich die autonomen Fahrzeuge untereinander abstimmen können, funktioniert dies mit den konventionellen Fahrzeugen nicht
- Aber auch im vollautonomen Zeitalter werden weiterhin unberechenbare Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger, Kinder, Rad- und sonstige Zweiradfahrer, E-Roller, Tiere unterwegs sein, die ihre Richtung und Geschwindigkeit plötzlich und unvorhersehbar ändern können.
- Das Verhalten im Verkehr ist kulturabhängig
 - es ist ein Unterschied ob man in New York, Mexiko City, Mumbai oder Frankfurt unterwegs ist.
 - stellen wir uns die Hilflosigkeit eines autonomen Fahrzeuges vor, das mit völlig regellosem Verkehr oder massenhaften Regelverstößen anderer Verkehrsteilnehmer konfrontiert wird.

Subtile Entscheidungen sind gefordert

- Es muss im Detail gelöst werden, wie genau eine Regel, einzuhalten ist.
- beispielsweise Rechts vor Links; also wie schnell wird auf eine Kreuzung zugefahren oder bei welchem Abstand eines anderen Autos wird weitergefahren,
- ob die Vorfahrt auf jeden Fall wahrgenommen werden kann bzw. wann darauf verzichtet wird,
- was zu tun ist, wenn es keine Lösung gibt, etwa bei einer unbeschilderten Kreuzung: ein Fahrzeug kommt von rechts und der Gegenverkehr will links abbiegen : Deadlock
- Wie koordinieren sich die autonomen Fahrzeuge untereinander, vor allem, wenn mindestens ein Auto noch von einem Menschen gesteuert wird?
- Wie lange wird gewartet, um keinen Fehler zu machen, wie schnell wird abgebremst?
- Wie wird die Reaktion der nachfahrenden Fahrzeuge berücksichtigt?
- Wie sieht die Reaktion bei Blaulichteinsätzen von Polizei und Rettungsdiensten aus, die u.U. eine Regelübertretung (z.B. beim Ausweichen) erfordern?

Vulnerabilität

- Autonomes Fahren erfordert eine Vielzahl von (Funk-) Kommunikationskanälen, die allesamt kompromittiert werden können. Es gibt:
- unvermeidliche Lücken/Fehler/Pannen durch Softwarefehler, veraltete Protokolle oder Softwarestände, unsichere oder gestörte Kommunikation
 - der Gesetzgeber fordert Sicherheit in diesem Punkt ein
- bereits heute ist ein großer Teil der menschlichen Kommunikationsinfrastrukturen kompromittiert
- ständige Gefahr durch Hackerangriffe, Sabotage, Erpressung, Ausfälle
 - *schaffen wir eine ausknipsbare Infrastruktur?*
- Software und Hardware des Gesamtsystem müssen ständig aktuell gehalten werden (Vergleichbar mit den Sicherheitsanforderungen bei Flugzeugen)
- automatische Updateprozesse werden notwendig - Fehleranfälligkeit?
- Jeder Update muss getestet und zertifiziert werden - international?

Situation in den USA

- Marktführer sind die Firmen Waymo (google) und Cruise (GM), mobileEye (Intel- Tochter)
 - Im Dezember 2022 hatten 23 Firmen eine Lizenz *zum Testen* von autonomen Fahrzeugen
- Waymo berichtet von 3,7 Millionen autonom zurückgelegten km in 2021
 - Kein km davon ohne Fahrer – trotz Erlaubnis
 - Alle 13.000 km musste der Sicherheitsfahrer eingreifen
- Fa. Cruise betreibt 30 autonome Taxis in San Francisco
 - Von 10 Uhr abends bis 6 Uhr morgens – in verkehrsarmen Zonen- auf genau ausgemessenen Strecken – nicht bei Regen und Nebel
- Insgesamt (alle Hersteller) wurden 2021 etwa 6 Mio km autonom zurückgelegt
 - ∅ Jahresleistung von 400 Autos
 - davon 40.000 km voll-autonom – seit 2018 in Kalifornien erlaubt (zu Testzwecken und mit remote operator)
- Tesla spricht vom „Full self driving“ car
 - Diese Verwendung dieser Bezeichnung wurde Tesla am 23.12.2022 in Californien per Gesetz verboten

Unfälle mit autonomen Fahrzeugen

Im Jahr 2016 gab es in den USA einen berühmt gewordenen tödlichen Unfall.

- Ein Tesla fuhr mit eingeschaltetem Autopiloten unter einen Sattelschlepper, der die Fahrbahn kreuzte. Der Fahrer starb. Das Auto hatte die helle Plane des Lkws offenbar als über der Straße hängendes Verkehrsschild und den Laster nicht als solchen erkannt, dadurch kam es zu dem tragischen Zwischenfall.
- diese Erklärung ist nur eine Vermutung, was die KI eventuell erkannt haben könnte. Sicher kann man sich - insbesondere bei neuronalen Netzen - nicht sein. Die KI kann nicht mitteilen: ich habe eine helle Plane mit einer Schilderbrücke verwechselt.
- Selbst eine aufwändige Aufzeichnung des gesamten Verhaltens könnte darüber kaum Auskunft geben.

In 2021 verursachte in Paris ein Tesla-Taxi einen tödlichen Unfall mit 20 Verletzten.

- Das Fahrzeug rammte zuerst einen Radfahrer, dann drei Fußgänger bevor es in einen Lieferwagen krachte. Der Fahrer gab an, er hätte bremsen wollen, als das Fahrzeug beschleunigte.
- Tesla teilte mit, es gäbe keine Sicherheitswarnungen mit dem Modell 3, woraufhin die französische Regierung erklärte, es hätte kein technisches Versagen gegeben.
- Es blieb unklar, ob der Autopilot aktiviert war.
- Gegen den Fahrer wird wegen unfreiwilligen Totschlags ermittelt.

Aktuelle Unfälle (2022) in den USA mit Tesla Kfz

- Drei tödliche Unfälle mit Motorradfahrern im letzten Sommer.
 - in den Morgenstunden, wenn sich das Grau des Himmels kaum von dem der Fahrbahn unterscheiden lässt – überforderte Sensorik
- November 2022 Massenkarambolage mit acht Fahrzeugen auf der San Francisco Bay Bridge, weil ein Tesla eine unmotiviert Bremsung (Phantombremsung) hingelegt hat.
- Tesla Modell S ignorierte rote Ampel und raste in einen Honda. Die beiden Insassen starben.
 - Full Self Driving-System war aktiv
 - Der 27-jährige Fahrer ist wegen Totschlags angeklagt
 - Der erste Strafprozess in den USA in Zusammenhang mit Fahrerassistenzprogrammen
- Bilanz eines Testjahres (bis Mitte 2022): 392 gemeldete Unfälle, davon 273 mit Tesla-Beteiligung.

Rechtliche Regelungen

Im Mai 2021 wurde das **Straßenverkehrsgesetz (StVG)** erweitert, so dass vollständig autonome Fahrzeuge in Deutschland grundsätzlich am öffentlichen Straßenverkehr teilnehmen können.

- **Verordnung** zur Regelung des Betriebs von Kraftfahrzeugen mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion vom 23.2.2022 (123 Seiten)
- Damit steht der grundsätzliche rechtliche Rahmen
- Jedoch ist die Rechtslage offenbar komplexer als gedacht
- Die konkreten Ausführungsbestimmungen folgen nach und nach
- Die strafrechtliche Verantwortung für Verkehrsverstöße des autonomen Fahrzeugs muss jeweils im Einzelfall ermittelt werden.
- Es gibt noch viel Regelungsbedarf, bis die ersten autonomen Fahrzeuge tatsächlich ohne Fahrer im Regelbetrieb eingesetzt werden dürfen. (ADAC)

Forderungen des Straßenverkehrsgesetzes (StVG)

Das StVG wurde um einzelne Absätze erweitert, die den Betrieb von „Kfz mit autonomer Fahrfunktion“ regeln §1e und §1f

- Der Schutz menschlichen Lebens besitzt die höchste Priorität
- Forderung: Unfallvermeidung, Schadensvermeidung, Schadensreduzierung
- für den Fall einer unvermeidbaren alternativen Gefährdung von Menschenleben darf keine weitere Gewichtung anhand persönlicher Merkmale erfolgen (Ethik-Kommission)
- Sicherer Funkverkehr und Schutz der Elektronik vor Angriffen
- Hersteller müssen dem KBA gegenüber eine **Risikobeurteilung** vorlegen
- Betrieb der autonomen Fahrzeuge nur in genehmigten Bereichen
- Wenn ein erlaubtes Risiko vorliegt, ist ggf. niemand für einen Unfall strafrechtlich verantwortlich. Diese Entscheidung bleibt den Gerichten überlassen.

Wer haftet bei einem Schaden?

- Die 40 Jahre Produkthaftungsrichtlinie der EU soll reformiert werden
 - bisher müssen Opfer nachweisen, dass ein Schaden durch Verschulden des Herstellers eingetreten ist
 - zukünftig soll es teils eine Kausalitätsvermutung geben, wenn die Ursache „nach vernünftigem Ermessen“ beim Hersteller liegt
- Bei einem Unfall mit einem vollautonomen Fahrzeug zahlt die Versicherung
 - Sollte ein technischer Fehler vorliegen, nimmt sie den Hersteller in Regress.
- Das Straßenverkehrsgesetz von 2021 fordert die dauerhafte Überwachung autonomer Fahrten durch eine technische Aufsicht in Form einer natürlichen Person.
 - Das ist bei einem flächendeckenden Einsatz nicht vorstellbar
- Es existiert noch kein klarer Rahmen dafür, was bei der Entwicklung und Nutzung derartiger Systeme als angemessenes Verhalten zu werten und wie dieses zu überprüfen ist.

20 Regeln der Ethikkommission

1. Automatisierung dient zuallererst der Sicherheit
2. Der Schutz von Menschen hat Vorrang vor allen anderen Nützlichkeitsabwägungen.
5. Unfälle sollen so gut wie praktisch möglich vermieden werden.
6. Es darf keine gesetzlich auferlegte Pflicht zur Nutzung vollautomatisierter Verkehrssysteme auch kein Zwang durch die Herbeiführung einer praktischen Unentrinnbarkeit dieser Technologie geben
7. Der Schutz menschlichen Lebens besitzt in einer Rechtsgüterabwägung höchste Priorität
8. Eine komplexe oder intuitive Unfallfolgenabschätzung ist **nicht** so **normierbar**, dass sie die Entscheidung eines sittlich urteilsfähigen, verantwortlichen Fahrzeugführers ersetzen oder vorwegnehmen könnte.
9. Bei unausweichlichen Unfallsituationen ist jede Qualifizierung nach persönlichen Merkmalen (Alter, Geschlecht, körperliche oder geistige Konstitution) strikt untersagt.

Eine Aufrechnung von Opfern ist untersagt.

Eine allgemeine Programmierung auf eine Minderung der Zahl von Personenschäden kann vertretbar sein.
[Widerspruch](#)

Dilemma Situationen

Dilemma-Situationen treten bei unausweichlichen Kollisionen auf, in denen es darum geht, Leben gegen Leben abzuwägen. Sie sind eher selten.

- Ausweichdilemma - Variante des sog. Weichendilemmas
 - Alternative: Ausweichen und einen Menschen vorsätzlich töten oder den Tod einer Reihe von Personen durch Untätigbleiben in Kauf nehmen
 - Letzteres ist bisher die Position in der deutschen Rechtsprechung
 - Hier kollidieren angloamerikanische und deutsche Ethikvorstellungen bzw. Rechtsauffassungen
- Entschiedener Widerspruch kommt von philosophischer Seite
 - Es darf keine solche Abwägung geben – sie widerspricht der Würde des Menschen
 - BVG hat die Ermächtigung im Luftsicherheitsgesetz ein entführtes Flugzeug abschießen zu dürfen für nichtig erklärt (2006)
- Anders als ein menschlicher Fahrer kann ein Computersystem im Crashfall eine exakt berechnete Entscheidung zur Schadensminimierung herbeiführen
 - in einer Tausendstel Sekunde kann eine einzelne CPU bis zu fünf Millionen Instruktionen abarbeiten und ein komplexes Regelwerk abarbeiten und entsprechend eingreifen
 - Fahrzeuge könnten miteinander kommunizieren, welche Schaden der geringste wäre
- Die Entscheidung über die Funktionsweise des Algorithmus darf nicht einer Herstellerfirma überlassen werden – **gesellschaftliche Debatte notwendig**



Einsatzszenarien heute

- Mercedes ist der einzige Autohersteller mit Zulassung für ein Assistenzsystem auf Level 3.
- Seit Januar auch in Nevada
- In der S-Klasse (und EQS-Test) können Fahrer die Hände vom Steuer nehmen und den Blick abwenden!
- Aber ein Schauer reicht, um den Fahrautomaten außer Kraft zu setzen.
 - die vielen „Augen“ sind nicht mehr scharf genug
- ab 1.1.2023 bis Tempo 130 (UNECE Verordnung) – davor nur 60 km/h
- Fahrer müssen aber jederzeit zum Eingreifen bereit bleiben - 10 sec Reaktionszeit.
- Bislang keine Zulassung vom KBA für Tempo 130 – BMW bemüht sich ebenfalls mit dem I7.

Selbstständiges Einparken – Level 4

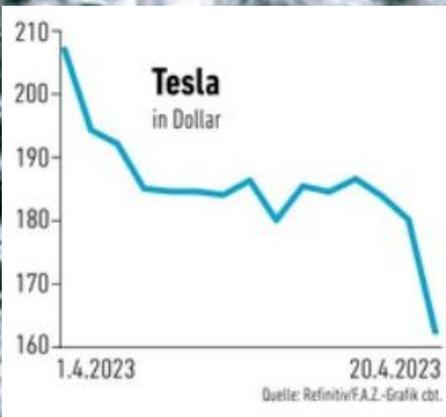
- automated valet parking - Intelligenter Park Pilot
- Seit Ende 2022 Level 4 Freigabe für Bosch und Mercedes
- die intelligente Steuerung – und damit die Rechenleistung - übernimmt das Parkhaus
- Fahrer stellt das Fahrzeug in Drop-off Zone ab. Fahrzeug sucht sich (scheinbar) selbsttätig seinen Parkplatz.
- Per App kann das Fahrzeug gerufen werden und in Pick-up Zone abgeholt werden
- Realisiert im Apoca Parkhaus P6 im Stuttgarter Flughafen
- Fahrzeug fährt von der Parkhaustechnik ferngesteuert über Rampen und kann Hindernisse erkennen. Kann leider nicht ausweichen.
- 200 Kameras im Parkhaus
- demnächst in mehreren hundert Parkhäusern
- Nur im Abo Modell.

10.05.2023

Autonomes Fahren

34





Technologie bei Tesla

- 8 Kameras - Kein Radar! Kein LiDar – „wird nicht benötigt – zu teuer“, Elon Musk
- Neuronales Netz zur Bildverarbeitung
- "Volles Potenzial für autonomes Fahren"
- erfordert einen aufmerksamen Fahrer, der die Hände am Lenkrad behält und jederzeit übernehmen kann
- „gegenwärtig keine Autonomie“
- Quelle: Tesla-Website

Assistenten in drei Stufen bei Tesla

- **Autopilot**

Tempomat mit Abstandsregelung: euphemistisch Autopilot genannt

Spurhaltekorrektur: Führt Lenkkorrekturen durch, um Ihr Fahrzeug in der vorgesehenen Spur zu halten.

- **Enhanced Autopilot**

Spurwechselassistent: Unterstützt den Spurwechsel auf der Autobahn, wenn der Blinker vom Fahrer betätigt wird.

Mit Autopilot navigieren (Beta): Diese Funktion erweitert den Spurwechselassistenten, Spurwechsel vorschlagen und ausführen sowie durch Autobahnkreuze navigieren.

Autoparken: Hilft beim parallelen oder rechtwinkligen Einparken Ihres Fahrzeugs nach Antippen der Schaltfläche.

Herbeirufen: Manövriert Ihr Fahrzeug nach Aufruf über die Mobile App in bzw. aus engen Parklücken oder Stellplätzen.

Smart Herbeirufen: Ihr Fahrzeug kann von allein komplexere Umfelder und Parkplätze meistern, um an Hindernissen vorbei zu manövrieren und Sie auf Parkplätzen zu finden – vorausgesetzt Sie befinden sich im Erfassungsbereich.

- **Volles Potenzial für autonomes Fahren** statt „Full self driving car“

- **Verkehrs- und Stoppschildassistent (Beta)** Erkennt Stoppschilder und Ampeln und bremst das Fahrzeug bei Annäherung mit aktiver Überwachung bis zum Stillstand ab.

Weitere Assistenten – Aktive Sicherheitsfunktionen

- **Notbremsautomatik:** Erkennt auslegungsgemäß Fahrzeuge und Objekte, die ein Kollisionsrisiko darstellen, und betätigt die Bremsen entsprechend.
 - **Auffahrwarnung:** Warnt vor drohenden Kollisionen mit langsameren oder stehenden Fahrzeugen.
 - **Seitenkollisionswarnung:** Warnt vor potenziellen Kollisionen mit Hindernissen neben dem Fahrzeug.
 - **Hindernisabhängige Beschleunigung:** Reduziert die Beschleunigung, wenn bei langsamem Fahren ein Hindernis vor dem Fahrzeug erkannt wird.
 - **Totwinkelwarnung:** Warnt, wenn ein Fahrzeug oder ein Hindernis beim Spurwechsel erkannt wird.
 - **Notfall-Spurhaltekorrektur:** Lenkt Ihr Fahrzeug in seine Fahrspur zurück, wenn die Funktion erkennt, dass Ihr Fahrzeug die Spur verlässt und eine Kollision droht.
-
- [Quelle](#)

Erste Anwendungsbereiche

- autonomes Fahren/Transport in geschlossenen Bereichen wie Häfen, Flughäfen oder Industriegeländen, Tagebergbau, Landwirtschaft, ...
 - Autonomer Verkehr mit weitgehend standardisierbaren Fahraufgaben und überschaubarer Komplexität in gesicherten Betriebsbereichen
 - z.B. Betretungsverbot für Personen in gewissen Sicherheitsbereichen
 - fest vorgegebene Fahrwege und Fahraufgaben, so dass
 - Störungen bereits im Vorfeld weitgehend ausgeschlossen werden können
 - Auf Fabrikgelände wäre der Betreiber im Schadensfall selbst der Betroffene – keine Dritten
- abgegrenzte Strecken für Personen-Shuttle im öffentlichen Verkehr
- LKW Konvois auf der Autobahn mit nur einem Fahrzeugführer im ersten Fahrzeug (Sicherheitsfahrer), die weiteren LKW folgen autonom
- Fortschreitende Weiterentwicklung verschiedenster Assistenten
- Endstufe: Autonomie im Individualverkehr

Shuttle im RMV: Projekt EASY

(Electric Autonomous Shuttle for You).

- Einsatz im Riederwald.
- Länge der Teststrecke: 2,7 km
- auf genau austrassierter Bahn
- Betriebszeitraum: Nov 22 - Juli 23
- Kostenlos und per App buchbar
- Video auf [facebook](#)



Shuttle in Hof

Vom Hauptbahnhof Hof über mehrere Haltestellen hinweg durch die Fußgängerzone in der Altstadt und dann über das Bahnhofsviertel wieder zurück.

Tempo: Etwa Schrittgeschwindigkeit

Der Shuttlebetrieb ist kostenlos.
Mitnahme ohne Garantie oder Gewähr.

Der Betrieb ist vom Wetter und der Verfügbarkeit der Fahrzeuge abhängig.
Bei schlechtem Wetter (starker Regen, Schnee, etc.) findet kein Betrieb statt.



Pilotprojekt von MOIA in Hamburg

Vom autonomen Fahrzeug zum autonomen Service (Mobility as a service MaaS).

- Hamburg als digitale Modellstadt – gefördert vom BMDV mit 30 Millionen Euro
- eine Art selbstfahrendes Anruf-Sammeltaxi (Ride-pooling)
- Fahrzeuge und Technik stammen von VW
- Binnen fünf Minuten Zugang zu ÖPNV Angebot
- soll Dienstwagen ablösen und Umstieg vom eigenen Auto motivieren
- Erste Ankündigungen in 2019: 1.000 Taxis in 2025, 10.000 in 2030
- Inzwischen geht MOIA selbst von „bis zu 30 Fahrzeugen“ in 2025 aus.
- Streckennetz östlich der Alster von 50 km Länge
 - wird in den nächsten Jahren genau vermessen
- Zentrales Control Center soll die gesamte Flotte steuern

Aufgaben des autonomen Shuttles

- Steigt die richtige Person zu?
- Ist die Anzahl der Personen richtig?
- Sitzen alle auf ihren Plätzen?
- Ist das Gepäck gut verstaut?
- Welche neuen Haltepunkte, Baustellen und Sperrungen gibt es?
- automatisierte Abfahrt
- Ladepause
- Rückfahrt zum Hub



Fazit - take away

- Autonomes Fahren hat das Potential, unsere Mobilität zu revolutionieren.
- Eine nachhaltige, d.h. ökologische Verkehrswende ist eine Frage der politischen Willensbildung, die allerdings durch einen rasanten technologischen Fortschritt dominiert werden könnte.
- Ein Milliardengeschäft entsteht vor allem durch autonomen Individualverkehr.
- Autonomes Fahren ist eine sehr aufwändige Zukunftstechnologie, der wir uns in kleinen Schritten nähern werden
- Es wird jedoch vermutlich noch Jahrzehnte dauern, bis
 - der Rechtsrahmen final ausgearbeitet ist
 - die Software so „intelligent“ geworden ist, dass sie einen Fahrbetrieb unter realen Bedingungen sicher möglich macht
 - es eine Entscheidung zur „ethischen Programmierung“ gibt
 - und bis die Mehrzahl der Fahrzeuge auf unseren Straßen autonom unterwegs sein wird (Level 5)
- Auf dem Weg dorthin werden uns mehr und mehr Assistenten unterstützen und unseren Fahrkomfort erhöhen
- Parallel dazu werden Anwendungen autonomer Technik in gesicherten Betriebsbereichen deutlich zunehmen und zu erheblichen Rationalisierungen führen.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Hinweis: Dieser Vortrag wurde ohne Hilfe einer „Künstlichen
Intelligenz“ erstellt 😊 😊

Quellen 1

- [Straßenverkehrsgesetz](#)
- [Verordnung](#) zur Regelung des Betriebs von Kraftfahrzeugen mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion
- [ADAC zum autonomen Fahren](#)
- Einzelne [Assistenzsysteme](#) unterstützen bei bestimmten Fahraufgaben ADAC (Abruf: 29.9.2022).
- [Prognos Studie](#) (PDF)
- [Definition der SAE Level](#) Norm SAE J3016: (Abruf: 29.9.2022).
- [Bericht der Ethikkommission](#) (pdf)
- [Tesla Autopilot](#)
- [V2X](#) (Continental)
- RMV Projekt EASY: Electric Autonomous Shuttle for You
- RMV Electronic autonomous shuttle for you
- <https://www.probefahrt-zukunft.de/>
- [<https://www.rmv.de/c/de/fahrplan/linien-netze/fahrzeugtypen/autonome-fahrzeuge>](https://www.rmv.de/c/de/fahrplan/linien-netze/fahrzeugtypen/autonome-fahrzeuge)

Quellen 2

- [Shuttle in Hof](#)
-
- Verantwortlichkeit und Strafrecht
- <https://www.informatik-aktuell.de/management-und-recht/it-recht/autonomes-fahren-und-strafrecht.html>
-
- Haftungsfragen und das Strafrecht: FAS vom 16.10.2022
-
- [Entscheidung des BVG zum Luftsicherheitsgesetz](#)
-
- [Autonomes Fahren Level 3 ab 1.1.2023 mit 130 km/h](#)
-
- [UNCE erlaubt Tempo 130 \(englisch\)](#)ss/un-regulation-extends-automated-driving-130-kmh-certain-conditions
-
- [UN Framework on autonomos vehicles](#)
-
- [Bericht über Autonomes Fahren und Kilometerleistung in Kalifornien](#)
-

Quellen 3

- **Modellprojekt Hamburg**
- <https://www.moia.io/de-DE/innovation>
- [Im Handelsblatt](#)
- [Bei NDR](#)
- **Bücher zum Thema**
- David Precht: Künstliche Intelligenz und der Sinn des Lebens
- Vince Ebert: Lichtblick statt Blackout
- E-Book Matthias Hartwig : [Autonomes Fahren](#) (Abruf: 29.9.2022).