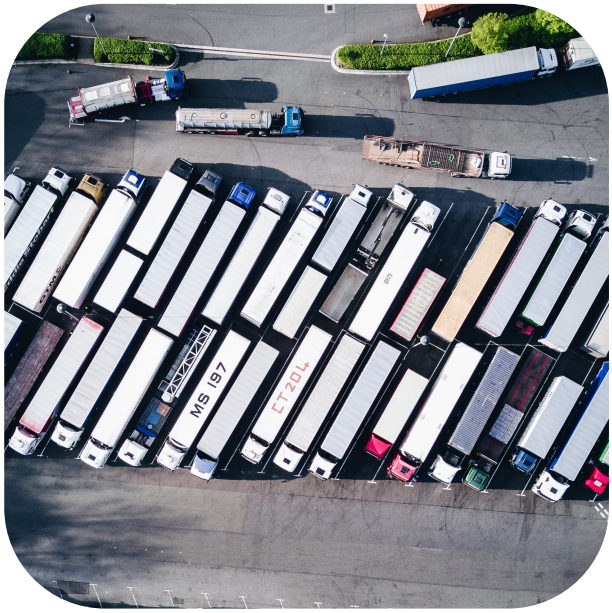
Autonome Mobilität



Informationen und Aufklärung zum Thema Autonome Mobilität

Inhaltsverzeichnis

- Was ist autonomes Fahren?
- Wie ist der Stand der Technik?
- Chancen und Herausforderungen
  - Autonome Mobilität im privaten Bereich
  - Autonome Mobilität im Bereich Wirtschaft
  - Nachhaltigkeit der Technik
  - Verkehrssicherheit und IT-Sicherheit
  - Auswirkungen auf den Verkehr
  - Ethische Herausforderungen
- Fazit

Was ist autonomes Fahren?

Der technologische Fortschritt, den die Menschheit in den letzten Jahren erreichen konnte, ist enorm. Vor einigen Jahren wäre es noch undenkbar gewesen, HD-Videokonferenzen mit Menschen aus der ganzen Welt zu führen, einen vollarbeitsfähigen, portablen Computer von der Größe einer Cola-Dose in der Hosentasche zu tragen oder aber, dass sich Autos, Flugzeuge, Schiffe usw. ohne einen aktiven Fahrer autonom, im Straßenverkehr bewegen können. Aber genau dies wird in naher Zukunft der Fall sein können und kann momentan schon teilweise beobachtet werden. Das zurzeit wohl populärste Beispiel dafür liefert wohl der US-Amerikanische Elekroautomobilhersteller Tesla mit seinem sogenannten „Autopilot".

Aber was genau ist autonome Mobilität und durch welche Faktoren wird dies bedingt bzw. ermöglicht? Als Grundvoraussetzung benötigen Fahrzeuge, welche sich ohne Fahrereinwirkung bewegen sollen, einen hochleistungsfähigen Computer, welcher Daten schnell aufnehmen und weiterleiten kann. Diese Daten stammen von vier verschiedenen Sensorsystemen, die die Umgebung des Fahrzeugs aufnehmen und an die Recheneinheit weiterleiten. Am Fahrzeug verbaute Videokameras liefern reale Bilder der Umgebung mit Straße, Verkehrszeichen und anderen Verkehrsteilnehmern. Zudem werden diese dazu verwendet, die Entfernung zu Objekten in der Umgebung einzuschätzen. Mit Hilfe von Radarsensoren werden diese Abstandmessungen konkretisiert, wobei es zwei verschiedene Arten, nämlich Low- und Highrange-Sensoren gibt, welche unterschiedliche Entfernungen messen. Sogenannten Lidar-Sensoren (Light Detection and Ranging) auf dem Dach tasten die vorausliegende Strecke ab. Diese schicken Laserstrahlen ab, welche dann von Objekten in der Umgebung zum Sender reflektiert werden, welcher dann die genaue Entfernung messen und ein Bild der Umgebung erstellen kann. Der Vorteil dieser Sensoren liegt darin, dass sie auch bei Nacht funktionieren und eine höhere Reichweite als die Radar-Sensoren besitzen. Um die genaue Position eines Fahrzeugs bestimmen zu können, ist außerdem ein sehr genaues GPS-System notwendig, welches die Position eines Fahrzeugs auf bis zu zwei Zentimeter genau orten kann.

Was ist autonomes Fahren?

Diese Systeme müssen gemeinsam zuverlässig arbeiten und dem Computer dauerhaft Daten liefern. Der Computer berechnet anhand von Bewegung und Geschwindigkeit eines gescannten Objektes Wahrscheinlichkeiten dafür, was als Nächstes passieren könnte. Das verlangt eine schnelle und intelligente Datenverarbeitung. Mittels Deep Learning oder auch Künstlicher Intelligenz (KI) sollen die Systeme künftig immer mehr Situationen erleben, erlernen und die richtige Handlung daraus abspeichern.

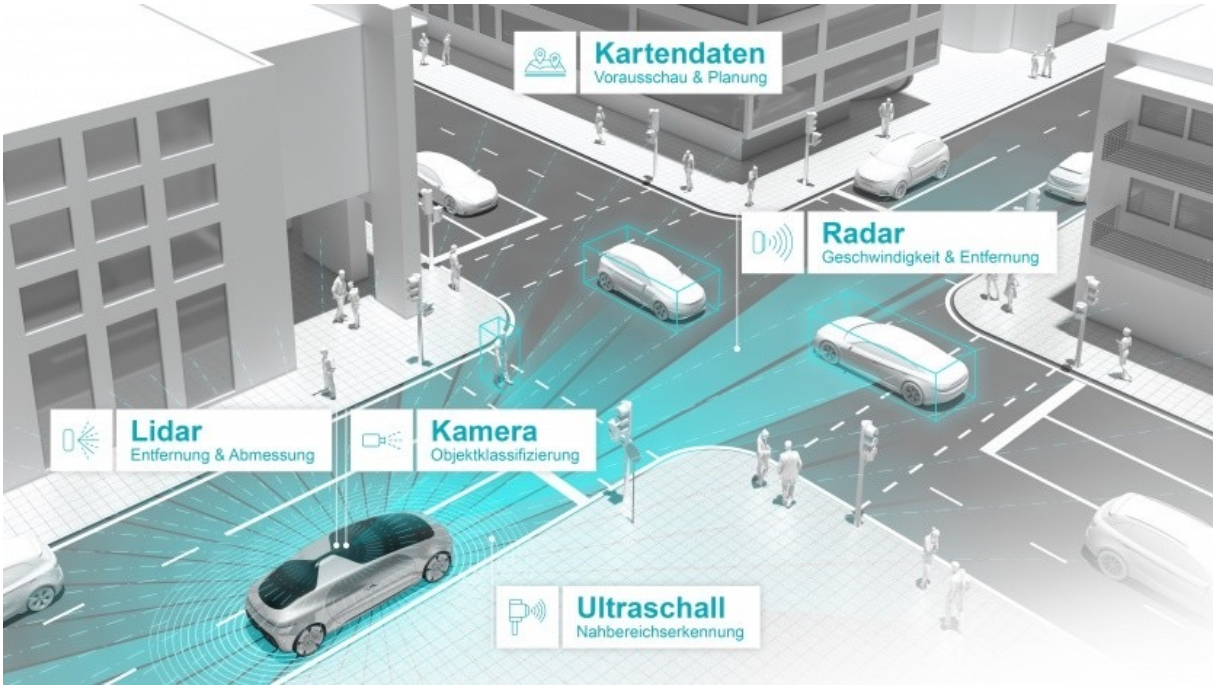


Abbildung 1: Sensortechniken bei autonomen Autos

Neben der internen Kommunikation ist für die autonome Mobilität auch die externe von immenser Bedeutung. Also die Kommunikation zwischen den verschiedenen Fahrzeugen im Verkehr, sodass z. B. weitervorausfahrende Fahrzeuge über Unfälle oder Staus informieren können und somit andere Fahrzeuge sich dementsprechend anpassen. Würden in Zukunft alle Verkehrsteilnehmer- und Systeme komplett vernetzt, könnten sich die Systeme untereinander abstimmen und warnen. Bei der Car-to-X-Kommunikation über Funk oder WLAN weiß das Auto schon vor der nächsten Kreuzung, dass ein Radfahrer um die Ecke kommt.

Wie ist der aktuelle Stand?

Aber wo befinden wir uns momentan in Bezug auf die autonome Mobilität? Hier gibt es zwei Perspektiven, die zu betrachten sind, zum einen die des Gesetzgebers und die der technologischen Machbarkeit. Als Bewertungskriterium, wie der aktuelle Stand des autonomen Fahrens momentan ist, können die Automatisierungsgrade des automatisierten Fahrens, welche in fünf Stufen aufgeteilt sind, herangezogen werden.

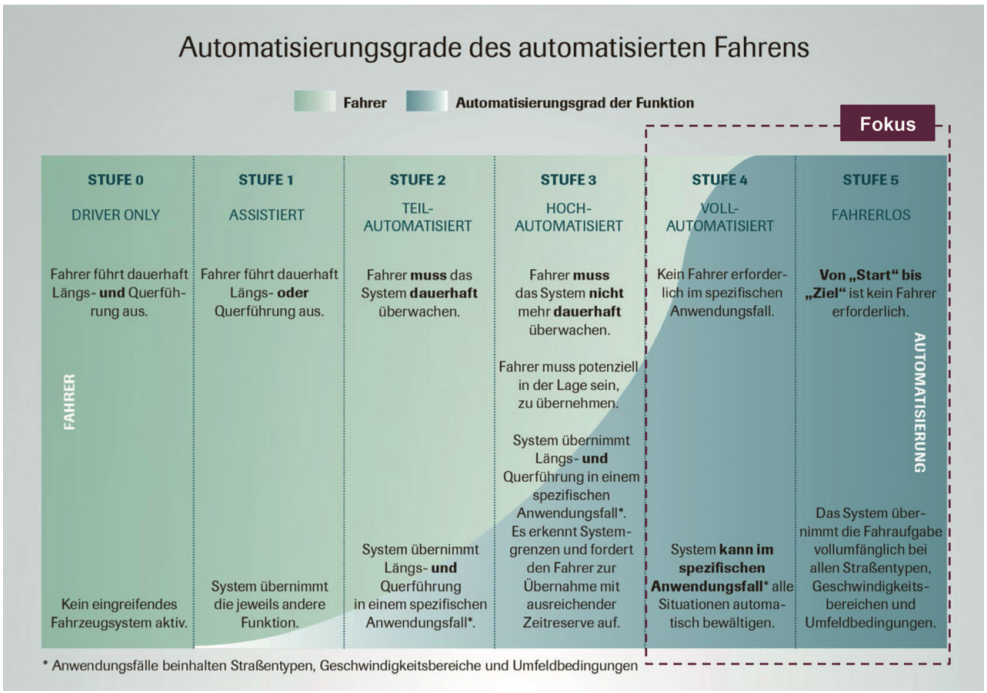


Abbildung 2: Stufen des autonomen Fahrens

Auf der technischen Seite ist heute bereits völlig autonomes Fahren möglich, also die letzte Stufe fünf. Allerdings nur unter vier Bedingungen, welche erfüllt sein müssen.

1. Die Sensoren im Fahrzeug müssen ein verlässliches digitales Abbild der Umwelt liefern.
2. Eine sichere und schnelle Datenverbindung muss hochauflösende Straßenkarten und aktuelle Verkehrsmeldungen liefern.
3. Die Straße muss für autonome Fahrzeuge ausgestattet sein. Fahrbahnmarkierungen und Verkehrsschilder müssen einwandfrei erkannt werden.
4. Gute Wetterverhältnisse, d. h. kein Nebel, starker Regen oder Schnee

Wie ist der aktuelle Stand?

Da diese Bedingungen vor allem eine sichere und schnelle Datenverbindung, einwandfreie Fahrbahnmarkierungen und Straßenschilder und gute Wetterbedingungen nicht immer gegeben sind, gehen Schätzungen von einer Verbreitung des autonomen Fahrens zwischen den Jahren 2030 und 2040 aus.
In anderen Mobilitätsfeldern, wie z. B. der Bahn ist autonomes Fahren hingegen schon eher möglich, da hier weniger Faktoren den Verkehr beeinflussen und die standortgenaue Überwachung der Fahrzeuge bereits Standard ist.

In Deutschland gilt aktuell das Gesetz zum autonomen Fahren aus dem Jahr 2017. Kern waren hierbei geänderte Rechte und Pflichten des Fahrzeugführers während der automatisierten Fahrphase. Das heißt: Automatisierte Systeme (Stufe 3) dürfen die Fahraufgabe unter bestimmten Voraussetzungen übernehmen. Ein Fahrer ist dabei aber weiterhin notwendig, der sich jedoch im automatisierten Modus vom Verkehrsgeschehen und der Fahrzeugsteuerung abwenden darf. Nun folgte im Jahr 2021 der nächste Schritt, in dem ein neues Gesetz zum autonomen Fahren entworfen wurde. Mit diesem wird der Rechtsrahmen geschaffen, damit autonome Kraftfahrzeuge in der Stufe 4 in festgelegten Betriebsbereichen im öffentlichen Straßenverkehr im Regelbetrieb fahren können. Damit wird Deutschland der erste Staat weltweit, der Fahrzeuge ohne Fahrer aus der Forschung in den Alltag holt. Dies gilt allerdings zunächst für einige Einsatzszenarien, wie z. B.:

- Shuttle-Verkehre von A nach B,
- People-Mover (Busse, die auf einer festgelegten Route unterwegs sind),
- Hub2Hub-Verkehre (z. B. zwischen zwei Verteilzentren),
- Nachfrageorientierte Angebote in Randzeiten,
- Die Beförderung von Personen und/oder Gütern auf der ersten oder letzten Meile,
- „Dual Mode Fahrzeuge“ wie zum Beispiel beim Automated Valet Parking (AVP)

Diesem Gesetzesentwurf am 28.05.2021 vom Bundesrat zugestimmt und wartet nun auf die Ausfertigung durch den Bundespräsidenten.

Autonome Mobilität im privaten Bereich
Privatfahrzeuge und Carsharing

Die Technik des autonomen Fahrens wird insbesondere im Bereich der privaten Fahrzeugnutzung und -haltung vieles verändern. Bei unseren Überlegungen gehen wir davon aus, dass die Fahrzeuge in der Lage sind, komplett autonom, also ohne menschliches Eingreifen und daher auch ohne Fahrer zu verkehren.

Zunächst wird sich vor allem das Besitzverhältnis im Bereich der privaten Pkw verändern. Der Trend der Sharing Economy wird sich auch im Kraftfahrzeugumfeld durch die Autonomisierung der Fahrzeuge fortsetzen. So gehen Studien davon aus, dass sich die Anzahl der Pkw in privatem Besitz deutlich reduzieren wird. Stattdessen wird ein Großteil der Fahrzeuge im Besitz von Unternehmen sein, die diese als Carsharing-Dienst zur Verfügung stellen. Diese Geschäftsmodelle bestehen für normale Pkw bereits heute, vertreten durch Unternehmen wie SHARE NOW, Flinkster und MILES. Dabei lässt sich durch den Nutzer ein Fahrzeug seiner Wahl für ein individuelles Zeitfenster mieten. Das Fahrzeug wird dann entweder an einer festen Station abgeholt und nach der Nutzung wieder abgestellt oder flexibel an dem Ort, an dem der letzte Nutzer das Fahrzeug abgestellt hat. Bei letzterem Modell kann das Fahrzeug an einer beliebigen Stelle im Geschäftsbereich wieder abgestellt werden.

Abbildung 3: Carsharing-Station des Anbieters Car2Go

Privatfahrzeuge und Carsharing

Das Geschäftsmodell bietet durch die Einführung autonomer Fahrzeuge ein großes Entwicklungspotenzial. So können die Nutzer schnell und bequem ein Fahrzeug mieten. Zu diesem müssen sie sich jedoch nicht eigenständig hinbewegen. Es holt sie direkt an ihrem Standort ab und bringt sie fahrerlos zu ihrem Wunsch-Ziel, vergleichbar mit einer Taxifahrt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Fahrten mit einem autonomen Taxi deutlich günstiger sein werden und daher die heutigen Taxifahrten mit Fahrer vollständig ersetzen. So können etwa Unterhaltskosten der Fahrzeuge durch eine große Masse an Nutzern aufgeteilt und die Personalkosten für den Fahrer eingespart werden. Darüber hinaus werden von Carsharing-Diensten angebotene autonome Taxis nicht nur günstiger sein als heutige Taxis, sondern vor allem auch günstiger als der private Besitz eines autonomen Fahrzeugs. Des Weiteren wird auch damit gerechnet, dass die autonomen Taxis etwa 25 Prozent günstiger sein werden als der heutige öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV). Die folgende Abbildung 4 zeigt ein Zukunftskonzept für ein autonomes Taxi.

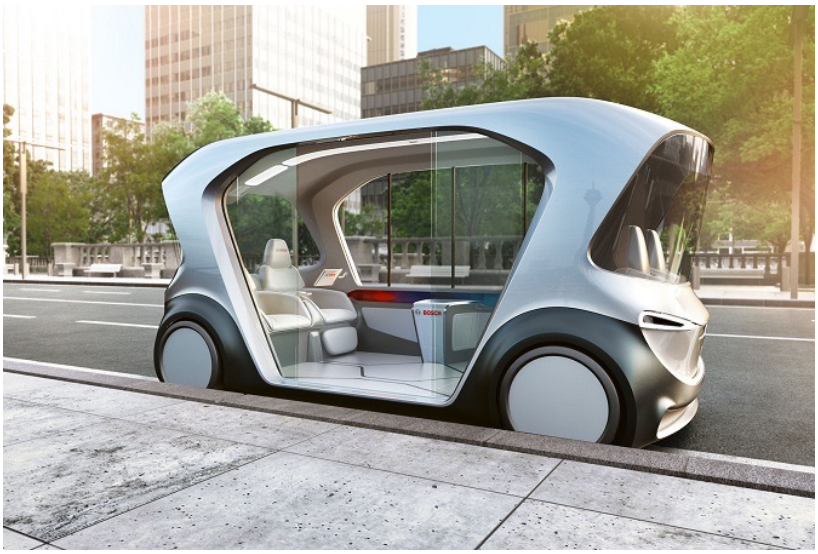


Abbildung 4: Autonomes Taxi-Konzeptfahrzeug von Bosch

Video: Sozialexperiment: So reagieren wir auf Autonomes Fahren

Privatfahrzeuge und Carsharing

Dadurch, dass die Fahrzeuge im Besitz der Carsharing-Unternehmen sein werden und von mehr Menschen am Tag genutzt werden als ein heutiger Pkw im Privatbesitz, der sehr hohe Standzeiten aufweist, wird geschätzt, dass ein autonomes Fahrzeug etwa 9 bis 13 Fahrzeuge für den privaten Gebrauch ersetzen kann. Das könnte die Anzahl der Fahrzeuge in Städten um etwa 30 Prozent reduzieren. Insgesamt könnte so der Fahrzeugbestand bis 2035 um etwa 20 Prozent sinken.
Auch die Nutzung der Fahrzeit wird sich durch die Einführung autonomer Fahrzeuge verändern. Durch die Substitution des Fahrers können die Innenräume der Fahrzeuge anders gestaltet werden. Diese werden auf einen höheren Fahrkomfort und bessere Produktivität ausgelegt sein. Die folgende Abbildung 5 zeigt einen Innenraum, wie er in Zukunft aussehen könnte.

Abbildung 5: Zukunftsvision des Innenraums eines autonomen Fahrzeugs von Volvo

Durch die veränderten Innenräume kann die Fahrzeit sinnvoll genutzt werden. So könnte die Autofahrt für eine ausgeprägtere Kommunikation mit den Mitmenschen sorgen oder genutzt werden, um beispielsweise Filme zu schauen und zu arbeiten.

Privatfahrzeuge und Carsharing

Darüber hinaus bieten autonome Fahrzeuge weitere Vorteile für die Mobilität der Nutzer. So können etwa Personengruppen in den Verkehr integriert werden, die aktuell selbstständig kein Fahrzeug führen dürfen oder können. Dies betrifft vor allem Kinder und Jugendliche sowie alternde und körperlich benachteiligte Menschen. Für das Nutzen eines autonomen Fahrzeugs wird zum Beispiel kein Führerschein mehr erforderlich sein, wodurch auch junge Menschen eigenständig mobil sein können. Auch ältere Menschen und solche mit körperlichen Beeinträchtigungen werden mobiler. So spielt etwa die Angst vor dem Fahren, fehlende körperliche und geistige Befähigung zum Fahren und das schwierige Erreichen von öffentlichen Verkehrsmitteln keine Rolle mehr. Die Gesamtmobilität wird damit sowohl in der Stadt als auch auf dem Land deutlich steigen. Jedoch führt die erhöhte Mobilität, trotz deutlich weniger Fahrzeuge, zu einem stärkeren Verkehrsaufkommen auf den Straßen. Auch der Verkehrsfluss wird zunächst, vor allem durch die Mischung autonomer und nicht-autonomer Fahrzeuge, nicht optimiert werden können. Allerdings könnte ein Großteil der Parkplätze insbesondere in den Innenstädten nicht mehr benötigt und der Platz anders genutzt werden.
Für die Entlastung der Straßen könnten aber autonome Flugtaxis sorgen. Diese werden für Kurz- und Langstreckenflüge geeignet sein. Die folgende Abbildung 4 zeigt das Konzept eines Flugtaxis.

Abbildung 6: Flugtaxikonzept von Airbus

Privatfahrzeuge und Carsharing

Jedoch wird zunächst eine Start- und Landeinfrastruktur notwendig sein. Der Betrieb von Flugtaxis wird daher erstmal den Charakter eines individuellen Linienverkehrs haben. Dabei sind die Fahrzeuge an feste Routen und damit an die Beförderungen zwischen einzelnen Knotenpunkten, jedoch nicht an Abflugzeiten gebunden. Ein ähnliches Konzept werden wir auch im folgenden Kapitel für den öffentlichen Nahverkehr vorfinden. Darüber hinaus wird die Nutzung von Flugtaxis anfangs jedoch sehr teuer und daher nur einer wohlhabenden Zielgruppe wie zum Beispiel Geschäftsleuten oder Touristen zugänglich sein. Ein weiterer Verwendungszweck könnte zudem das Durchführen von Rettungstransporten sein.

Video: Per Flug-Auto in die Zukunft?

Vor der Einführung stehen den autonomen Fahrzeugen jedoch noch einige Herausforderungen bevor. Neben der technischen Eignung müssen vor allem die infrastrukturellen und politisch rechtlichen Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Öffentliche Verkehrsmittel

Auch im öffentlichen Verkehr werden durch die Einführung autonomer Fahrzeuge wesentliche Änderungen möglich sein. Eine Entwicklung, die mit den autonomen Taxis aus dem vorherigen Kapitel einhergehen könnte, ist die Durchsetzung autonomer Shuttlebusse.

Abbildung 7: Autonomer Shuttlebus

Diese dürften einen Großteil der aktuellen Linienbusse ersetzen. Das Prinzip des Linienverkehrs wird sich jedoch von dem Heutigen unterscheiden. Die autonomen Shuttlebusse werden vermutlich kleiner sein als heutige Busse, was vor allem daran liegt, dass sich der Linienverkehr zu einer höheren Individualisierung wandeln wird. Das bedeutet, dass die Shuttlebusse keinen strengen Fahrplänen mehr unterliegen, sondern nur dann fahren, wenn eine Nachfrage besteht. Das Zusteigen in Busse wird also weiterhin über Stationen erfolgen und auch die Routen werden vermutlich annähernd gleich bleiben, jedoch fahren die Busse zu keinen festen Zeiten, sondern nur dann, wenn es durch die Passagiere, die sich zum Beispiel über eine App anmelden, nachgefragt wird. Dabei können dann die gewünschten Abfahr- oder Ankunftszeiten angegeben werden. Das Konzept lehnt sich also an das der autonomen Taxis an mit den Unterschieden, dass man nicht an Wunsch-Ort und -Ziel abgeholt bzw. abgesetzt wird und dass hierbei auch fremde Personen zusteigen können.

Ein ähnliches Konzept sieht vor, dass auf online vereinbarten Routen mit autonomen Taxis weitere Personen hinzusteigen können. Dabei bleibt die Flexibilität höher als bei autonomen Shuttlebussen, man nimmt jedoch etwas mehr Zeit in Anspruch dadurch, dass weitere Personen an unterschiedlichen Orten ein- und aussteigen. Dies wird wiederum den Preis für die Mobilität weiter senken.

Öffentliche Verkehrsmittel

Darüber hinaus könnte es mehr Shuttlebusse geben, die nur für spezifische Personengruppen zur Verfügung stehen. Das könnten zum Beispiel Busse sein, die die Mitarbeiter eines Unternehmens abholen und zur Arbeit bringen.
Bereits heute gibt es Pilotprojekte für die Nutzung autonomer Shuttlebusse. Eines davon läuft in der bayrischen Kommune Bad Birnbach. Bereits seit 2017 werden dort automatisierte Shuttlebusse für den Linienverkehr zwischen dem Bahnhof und der Ortsmitte durchgeführt.

Abbildung 8: Autonomer Shuttlebus in Bad Birnbach

Der Bus kann bis zu sechs Personen aufnehmen und fährt den Großteil der Strecke selbstständig. Dennoch ist ein Fahrer dabei, der in einigen Situationen eingreifen kann. Der Bus lässt sich jedoch nicht als autonomes Fahrzeug einstufen, da es technisch noch nicht ausgereift genug ist. Trotzdem ist das Projekt ein enorm wichtiges Projekt für die Zukunft autonomer Fahrzeuge.

Video: Autonome Busse sind bald startklar
(Modellprojekt in Mohnheim)

Öffentliche Verkehrsmittel

Durch die Einführung autonomer Fahrzeuge wird zudem die Intermodalität, also der Wechsel zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln bei der Nutzung des ÖPNV, steigen. Der Grund liegt in der vereinfachten Erreichbarkeit der Hauptverkehrsmitteln, wie zum Beispiel Züge und Flugzeuge, durch die autonomen Taxis und Shuttlebusse. Die aktuellen Hauptrouten und auch deren Befahrung durch die jeweiligen Verkehrsmittel werden sich zunächst nicht besonders verändern, jedoch wird der Zu- und Abgang zu diesen vor allem dadurch besser, dass kaum Umsteigezeiten beim Wechsel der Verkehrsmittel entstehen. Zusätzlich dazu wird nahezu jeder Ort durch autonome Fahrzeuge erreichbar sein, was vor allem in suburbanen Regionen sowie weitläufigen Wohn- und Gewerbegebieten mit aktuell mangelhafter Anbindung an öffentliche Verkehrsmittel eine große Entwicklung darstellt. Insbesondere dort werden autonome Shuttlebusse gegenüber den aktuellen Busverbindungen zudem einen klaren Kostenvorteil haben, da der ÖPNV dort meist von weniger Menschen genutzt wird als in Städten.

Aus den genannten Gründen wird die autonome Mobilitätswende daher weniger die bestehenden Sternverbindungen beeinflussen, sondern vor allem den Tangentialbetrieb und die Zubringer zu den Hauptrouten ergänzen. Eine Studie des Fraunhofer-Instituts geht darüber hinaus davon aus, dass bis 2050 75 Prozent der Reisebusse fahrerlos unterwegs sein werden und dabei eine Kostenersparnis von etwa einem Drittel des aktuellen Fahrpreises entstehen wird.

Auch für den Schienenverkehr wird der Schwerpunkt immer mehr auf fahrerlose Fahrzeugkonzepte gelegt. Die Tendenz geht im Moment noch lediglich zum automatisierten Fahren. Dabei fahren die Fahrzeuge zwar fahrerlos, werden jedoch von einer zentralen Leitstelle gesteuert. Bereits heute gibt es über 60 U-Bahnsysteme, die vollautomatisch betrieben werden. Auch in Hamburg ist ein solches Projekt geplant. Ab Oktober 2021 soll eine Linie der S-Bahn vollautomatisch verkehren. Der Vorteil bei Schienenfahrzeugen ist, dass sie sich meist in geschlossenen Systemen bewegen, was eine Automatisierung deutlich einfacher macht als im Straßenverkehr. Ein höherer Anteil an automatisierten Schienenfahrzeugen ist daher bereits ab 2025 denkbar.

Ähnlich wie bei autonomen Shuttlebussen könnte bei steigender Automatisierung auch im Schienenverkehr der Trend dahin gehen, dass die Züge kleiner werden und nicht mehr an feste Fahrzeiten gebunden sind und der Schienenverkehr damit individualisierter wird.

Öffentliche Verkehrsmittel

Unterdessen ereignet sich in Potsdam folgende Szene: Im letzten Augenblick zieht die junge Frau den Kinderwagen von den Gleisen. Passanten sind entsetzt über den Leichtsinn. Das Mutter-Kind-Gespann scheint knapp der Katastrophe entkommen zu sein, mutmaßen die Zeugen des Beinahe-Unfalls. Doch die Szenerie täuscht. Die vermeintliche Mutter ist eine Mitarbeiterin von Siemens und lenkte den leeren Kinderwagen absichtlich ins Gleis. Die Straßenbahn Nummer 400 der Potsdamer Verkehrsbetriebe hat genau das gemacht, was von ihr erwartet wurde: Sie hat die Gefahr rechtzeitig erkannt und angehalten – und das ohne Fahrer.

Seit mehreren Monaten ist die Straßenbahn auf dem Netz der Stadt unterwegs, gesteuert von Kameras, Radar, Sensoren und Software. Einen Straßenbahnfahrer gibt es zwar auch noch, aber der sitzt auf einem Notsitz und greift nur ein, wenn das System überfordert ist. Siemens testet gemeinsam mit den örtlichen Verkehrsbetrieben die weltweit erste autonom fahrende Straßenbahn. Alle Abläufe geschehen automatisch: Das Fahren und Anhalten des Zugs, das Öffnen und Schließen der Türe und der unverzügliche Stopp an einem sicheren Standort im Falle einer Störung.

Auch in anderen Orten gibt es fahrerlose Schienenfahrzeuge schon länger, zum Beispiel die U-Bahn-Linien U2 und U3 in Nürnberg oder der Sky Train am Flughafen Düsseldorf. Es handelt sich hier um U-Bahn- und People-Mover-Systeme, von denen weltweit mehr als 80 Linien fahrerlos und vollständig automatisiert und nur von außen gesteuert betrieben werden.

Ein Projekt, das als Alternative zum heute bekannten Fernverkehr der Bahn dienen könnte, ist der Hyperloop. Auch dieses Fortbewegungsmittel soll autonom betrieben werden.

Abbildung 9: Konzeptdarstellung des Hyperloops

Öffentliche Verkehrsmittel

Der Hyperloop ist eine Kapsel, die auf Magnetfeldern durch eine nahezu luftleere Röhre gleitet. Dabei entsteht kaum Luft- und Reibungswiderstand, wodurch sich sehr hohe Geschwindigkeiten bei einer hervorragenden Energieeffizienz erreichen lassen. Bis 2028 könnten bereits Passagiere auf fünf innereuropäischen Strecken transportiert werden. Der Hyperloop würde damit eine gute Alternative zu Hochgeschwindigkeitszügen und Kurzstreckenflügen bieten. Ein großes Problem ist jedoch, dass die gesamte Infrastruktur dafür neu errichtet werden muss.

Video: Der Traum vom Hyperloop | Projekt Zukunft

Mit Blick auf die Flugbranche gibt es noch viel Passagiere, die sich vor dem unbemannten Cockpit fürchten, dabei fliegen im Militär schon seit Jahrzehnten Flugzeuge per Computer. Auch wenn große Teile des Fluges bereits jetzt vom Autopiloten übernommen werden, sehen viele in den anwesenden Piloten im Cockpit eine Beruhigung. Laut einer Studie des IT-Branchenverbandes Bitkom würden derzeit neun von zehn Passagiere nicht in ein Flugzeug ohne Piloten steigen. Das größte Problem dabei sehen die Leute darin, dass sie einer Künstlichen Intelligenz nicht zutrauen, genau so gut auf Triebwerksausfälle, schlechtes Wetter oder andere Probleme reagieren zu können, wie ein Pilot es kann. Namhafte Unternehmen der Luftfahrt wie Boeing und Airbus forschen aber dennoch bereits am autonomen Fliegen von Passagierflugzeugen.
Darüber hinaus herrscht weltweit ein Mangel an Piloten. Das US-Startup Xwing strebt eine Teillösung an: autonome Frachtflüge mit Cessna Grand Caravan für Distanzen von bis zu 800 Kilometern. Bei gutem Wetter hat Xwing bereits gezeigt, dass sein Computer eine Cessna Grand Caravan 208B vom Gate autonom zur Startbahn fahren, starten, fliegen, landen und wieder zum Gate zurückkehren kann.

Öffentliche Verkehrsmittel

Abbildung 10: Autonom fliegende Cessna von Xwing

Vorteile vom autonomen Fliegen gegenüber dem autonomen Fahren werden darin gesehen, dass zum einen größere Staus vermieden werden können. Zum anderen wird das autonome Fliegen auch als sicherer angesehen, sofern die Technik ausgereift ist. Außerdem soll eine Fahrt genau so teuer sein, wie mit einem normalen Taxi jedoch deutlich schneller gehen.
Bisher konnten autonome Flugzeuge noch nicht ausreichend getestet werden und auch die rechtlichen Rahmenbedingungen fehlen noch. Laut Umfrage sehen viele Befragte aber die Vorteile, dass durch den Einsatz der Technologie Probleme durch körperliche Beeinträchtigungen des Piloten verhindert werden und die Technik wesentlich präziser und intelligenter agieren kann. 93 Prozent der Befragten sagten jedoch, dass kein Programm die Erfahrung eines langjährigen Piloten ersetzen kann und 87 Prozent hätten Angst vor cyberterroristischen Attacken auf eines dieser Fluggeräte.

Autonome Mobilität im Bereich Wirtschaft

Aktueller Stand und Projekte beim Autonomen Fahren bei LKWs

Wie auch im Bereich der Pkw, spielt das autonome Fahren auch bei den Lkws eine große Rolle. Doch bis sich die Fahrer entspannt zurücklehnen können und das Fahrzeug alles selbst macht, werden noch einige Jahre ins Land ziehen. So wird davon ausgegangen, dass im Jahre 2030 nur 10 Prozent der leichten Nutzfahrzeuge und 20 Prozent der schweren Nutzfahrzeuge autonom fahren werden. Diese Prognosen decken sich auch mit dem des Pkw-Bereichs, wo davon ausgegangen wird, dass es bis zum Jahre 2030 weniger als 10 Prozent sein werden und eine Prozentzahl von 10 bis 20 Prozent erst im Jahre 2040 erreicht werden kann. Das bisher größte Potenzial für autonom fahrende Lkws wird im Bereich der Langstrecken und in abgesperrten Bereichen, wie zum Beispiel einem Hafen gesehen. Volvo und der US-Chipspezialist Nvidia wollen in Kooperation autonome Lkws, mit Anwendung im Güterverkehr, der Müllentsorgung und der Bau- und Forstwirtschaft entwickeln. Neben den komplexen Situationen im Straßenverkehr und den wechselnden Witterungsbedingungen, die momentan noch die größte Herausforderung darstellen, gibt es neben diesen technischen Anforderungen auch noch rechtliches zu klären. So dürfen nach dem Straßenverkehrsgesetz 2017, bereits Assistenzsysteme der Stufe 3 und 4 in Lkws verbaut werden, aber Stufe 5 ist bisher noch vollkommen ausgeschlossen, somit muss immer ein Fahrer an Bord sein.

Wird das autonome Fahren den Nutzfahrzeugmarkt revolutionieren?

Autonome LKW

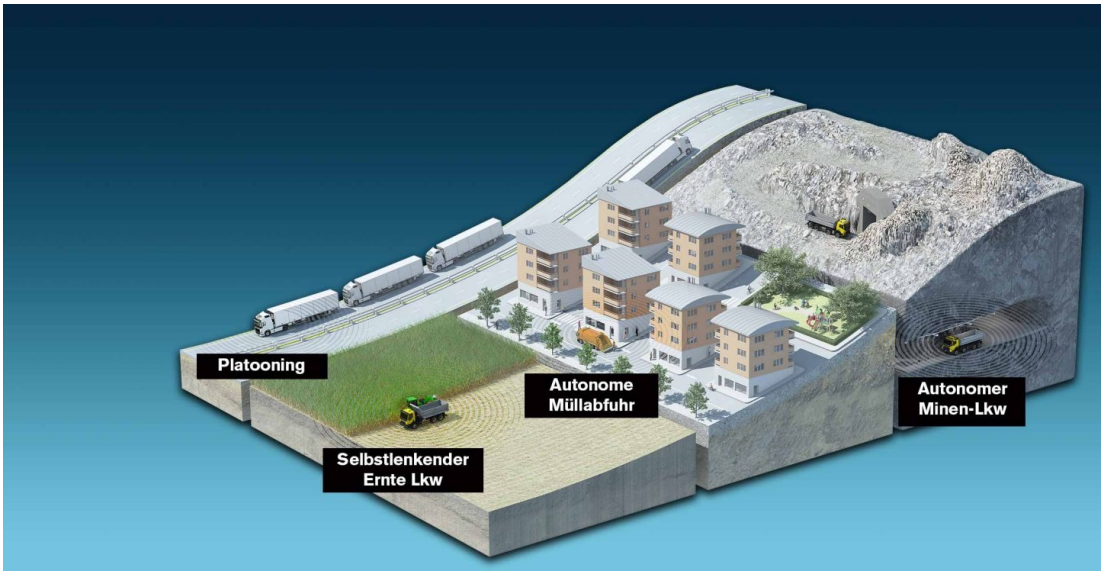


Abbildung 11: Autonomes Fahren

Doch während im Pkw-Bereich das autonome Fahren ehr eine Frage der Bequemlichkeit darstellt, geht es im Bereich der Lkws um Kosten. Hierbei geht es aber nicht nur um die Personalkosten, denn ein Maschine fährt 24 Stunden und das 7 Tage die Woche ohne Leistungsverlust, während die Berufskraftfahrer strengen Regeln unterliegen, was die Lenk- und Pausenzeiten angeht. Es geht hier aber auch in erster Linie nicht um den stellen Abbau, denn zur Wahrheit gehört auch, dass LKW-Fahrer in Deutschland immer schwerer zu finden sind. So gehen Experten davon aus, dass bis zum Jahre 2030 der Branche Rund 185.000 Mitarbeiter fehlen werden. Bis zum Jahre 2027 gehen allein in Deutschland 40 Prozent der LKW-Fahrer in den Ruhestand. In Dänemark sieht es ähnlich aus, dort ist jeder zweite Trucker über 50 Jahre alt und fast jeder fünfte über 60 Jahre alt. Sodass der dänische Transportarbeitgeberverband ATL Alarm schlägt. Auch in England ist dies ein großes Thema, sodass der Beruf des LKW-Fahrers in die Liste der bedrohten Berufe aufgenommen werden soll. Diesem Personalmangel könnte durch die Autonomie von Lkws entgegengewirkt werden. Gerade in der zunehmend automatisierten Logistikwelt würde sich dies einbinden lassen. Diese Branche setzt schon lange auf digitalisierte Effizienz, was es autonomen Nutzfahrzeugen besonders leicht machen könnte. Ähnlich wie heute schon Roboter Regale in Großlagern ein- und ausräumen, könnten

Autonome LKW

Lkws künftig durch Häfen und Logistikzentren fahren. Im sogenannten Systemverkehr ist der Transport im hohen Maße standardisiert und somit leicht zu automatisieren.

Vera - Die Zukunft des autonomen Transports von Volvo Trucks

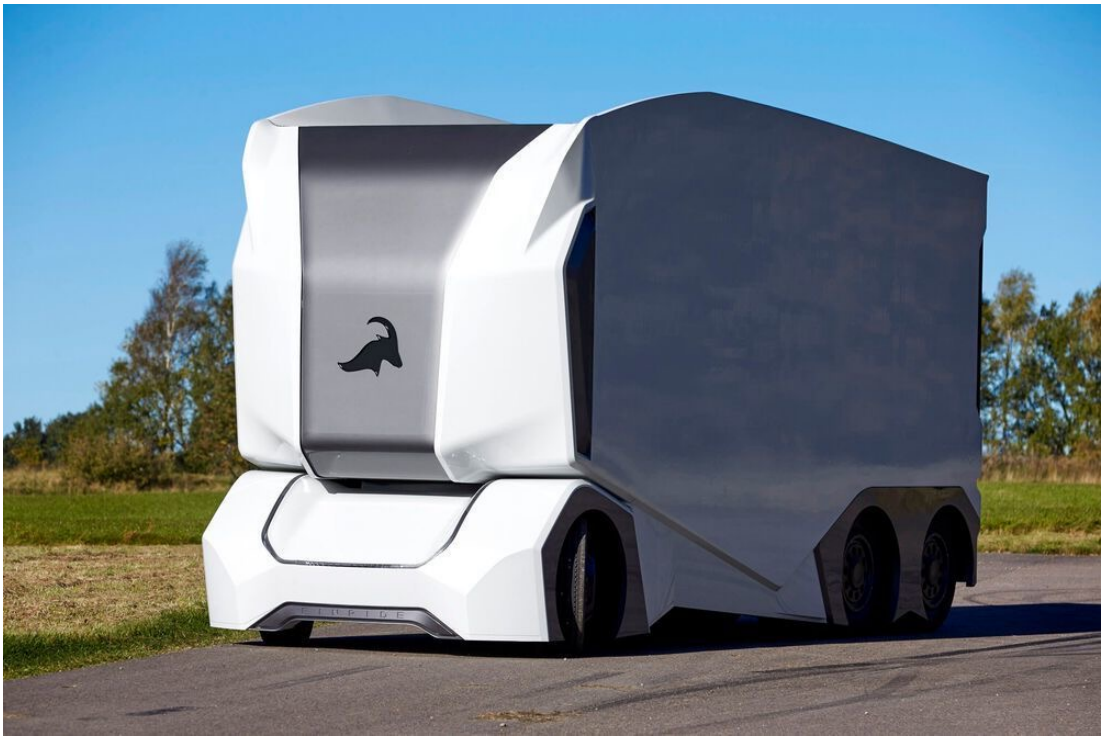


Abbildung 12: T-Pod der Firma Einride

Auf den öffentlichen Straßen sieht dies aber ganz anders aus. Hier wird es als sehr unrealistisch angesehen, dass auf allen Strecken autonome Lkws fahren dürfen. Dies wird sich mehr Beschränken auf Fernstraßenabschnitt, wo jedoch menschliche Fahrer für die Teilabschnitte auf nicht frei gegebenen Straßen benötigt würden. Es müssten somit an der Autobahn spezielle Abstellflächen geschaffen werden, wo der menschliche Insasse aussteigen kann und der Autonomie-Modus übernehmen kann. Ein solches Modell wird aber für das dicht besiedelte Mitteleuropa als ehr fragwürdig angesehen. Sein Potenzial entfalten könnte dieses sich eher in dünn besiedelten Hinterlande der USA oder auch Australien. In den USA wird dies auch schon erfolgreich getestet.

Autonome LKW

Der US-amerikanische Mobilitätsdienstleister Uber hat damit begonnen, autonome Lkws über den Highway 40 in Arizona zu schicken. Bemannte Lkws übergeben an den Grenzen Arizonas den Sattelauflieger an die selbstfahrenden Lkws und wenn diese die Autobahn verlassen, wird wieder an bemannte Lkws übergeben. Ein weiteres Modell, an das momentan gearbeitet wird, ist das sogenannte Platooning. Hierbei schließen sich mehrere Lkws zu einer eng gestaffelten Kolonne zusammen und ein Fahrer wird höchstens noch im ersten Lkw benötigt, die anderen folgen vollautomatisch. Hierdurch werden nicht nur die Personal-, sondern auch die Kraftstoffkosten gesenkt. Eine Studie des Logistikunternehmens DB Schenker, MAN und der Hochschule Fresenius hat ergeben, dass der Spritbedarf um mindestens drei bis 4 Prozent gesenkt werden kann. Für das Modell des Platooning gilt aber das Gleiche, wie auch der autonomen Lkws. Die Vorteile zeigen sich am besten auf den Langstrecken in den USA oder Australien, aber nicht unbedingt in Europa.

Platooning in der Logistikbranche

Ob und wann die autonomen Lkws das Logistik-Geschäft übernehmen, ist noch vollkommen offen, aber im Jahre 2019 wurde in Schweden mit dem T-Pod der Firma Einride (Abb. 13) ein erster fahrerlose Truck für den Straßenverkehr zugelassen. Dieser Lkw ohne Fahrerkabine soll zwischen zwei nahe gelegenen Lagerhallen eingesetzt werden.

Abbildung 13: Platooning

Autonome LKW

Auch weitere Modelle von Einride sollen in den nächsten Jahren auf den Markt kommen, die genau wie der T-Pod, über keine Fahrerkabine verfügen, sondern von einem Kontrollzentrum aus überwacht werden (Stufe 4 der Automatisierung). Außerdem sollen diese Trucks nicht verkauf werden, sondern vermietet. Dies ist ein weiterer Trend, der für die Branche vorausgesehen wird. Auch Daimler möchte künftig die ersten Modelle auf die Straße bringen und investiert in den kommenden Jahren bis zu einer halbe Milliarde Euro in die Technik, um dies bis zum Jahre 2025 zu erreichen.

U-Shift – modulares, autonomes Fahrzeugkonzept der Zukunft

Auch der Fahrzeughersteller Scania hat mit dem AXl, einen autonom fahrenden Lkw vorgestellt. Dieser soll auf Großbaustellen, im Tagebau oder in Minen eingesetzt werden. Während die meisten Pilotprojekte im Ausland stattfinden, soll noch in diesem Jahr (2021) das Hamburger Truckpilot starten. Hierbei erprobt die Hamburger Hafen Logistik zusammen mit MAN den Einsatz von autonomen Lkws auf dem Containerterminal in Hamburg-Altenwerder. In diesem Projekt sollen zwei Prototypen vollautomatisch (Stufe 4 des automatisierten fahren) die Anfahrt auf die A7 leisten, ein Teilstück von 70 km befahren und innerhalb des Containerterminals das Be- und Entladen autonom abwickeln. Auch Lkw, die im Platooning fahren, sind mittlerweile in Deutschland unterwegs. Dreimal täglich fahren in einem Test von MAN und DB Schenker die Lkw auf der A9 zwischen Nürnberg und München. Sie sind in einer Kolonne unterwegs und befördern normale Fracht zwischen zwei Logistikzentren hin und her.

The Making of Scania AXL – Autonomous Truck Documentary

Autonome LKW

Abbildung 14: Scania AXL

Auch wenn autonome Lkw viele Vorteile bieten, wie die Kostensenkung für Unternehmen, einen geringeren Kraftstoffverbrauch, ein Ausweg aus dem Fahrermangel und eine erhöhte Sicherheit, gibt es noch viele Hindernisse zu überwinden auf den Weg dahin. Eines dieser Hindernisse ist das Vertrauen der Menschen in die Technik. So haben laut einer Umfrage aus dem Jahre 2019, nur 35 Prozent der Menschen ein Vertrauen dazu. Aus derselben Umfrage geht hervor, dass zusätzlich 69 Prozent der befragten Angst vor dem Eingriff von Hackern haben. Bei einem so großen Anteil an Misstrauen, ist es schwer die Technologie in den Alltag zu bringen. Ein weitere Hinderniss ist die Rechtsgrundlage für das autonome fahren. Es ist im letzten Jahr zwar die Erlaubnis für Stufe 4 Fahrzeuge gelegt worden, doch für die Stufe 5 müssten noch viele Fragen geklärt werden, wie z.B. wer bei einem Unfall haftet und ethische Fragen, wie entscheidet ein Lkw über Leben und Tod. Außerdem ist allein schon für die Stufe 3 des autonomen Fahrens ein 5G-Netz von Nöten.
Die Lkw-Fahrer werden noch sehr lange gebraucht. Das autonome Fahren wird ihnen den Job erstmal erleichtern, so können Sie Pausenzeiten besser einhalten und Fahrunfälle vermieden werden. Ein Fahrer ist sogar unabkömmlich sagen einige, da Sie Problemlöser sind und mehr Tätigkeiten erledigen müssen, als nur das reine Lkw-Fahren. Diese Tätigkeiten sind nach derzeitigen Stand der Technik, nicht von einem Computer zu bewerkstelligen.

Autonome LKW

Allerdings wird sich der Tätigkeitsbereich auch verändern, so könnte bei gleichbleibender Gesetzeslage die Überwachung der Ladung und Datenpflege von Protokollen im Vordergrund stehen. Bei sich ändernder Gesetzlage die Fernüberwachung, was weniger Überstunden und einen Arbeitsplatz nahe des Wohnorts zur Folge hätte. Als Beispiel für den Job erhalt, wird in diesem Zusammenhang immer gerne der Flugverkehr hinzugezogen, wo Flugzeuge schon längst autonom starten, fliegen und landen können, doch immer noch Piloten mit an Bord sein müssen. Ein weiterer Vorschlag zum Erhalt der Jobs sieht vor, dass Unternehmen autonome Lkws nur einsetzen dürfen, zum Ausgleich des Fachkräftemangels, aber nicht zum Ersatz der Lkw-Fahrer.

Abbildung 15: Fracht-Shuttle

Ein weiteres Projekt, dass der immer größer werdenden Paketflut entgegenwirken möchte, sind die autonomen Lieferwagen der Intel-Tochter Mobileye und Udelv. Bereits 2028 sollen 35.000 Exemplare auf den Weltmarkt kommen. Bis 2030 wird davon ausgegangen, dass das Volumen an Kurierzustellungen in Städten um 75 bis 80 Prozent steigen könnte, was die Gesamtanzahl an Lieferwagen um 36 Prozent erhöhen würde. Angesicht des jetzt schon vorherrschenden Fahrermangel, wird es schwierig eine solche Flotte aufzustellen, was durch autonome Lieferwagen gelöst werden könnte.

Autonome Schifffahrt

Autonomes Schiff: Anlegemanöver Forschungsprojekt

Auch im Bereich der Schifffahrt macht das autonome Fahren immer größere Fortschritte. Doch während mancherorts bereits selbstfahrende Autos unterwegs sind, sind autonom navigierende Schiff noch ein Novum. Das eine große Ziel in der Schifffahrt ist das „Smart Ship", das vollständig digitalisierte und autonome Schiff ohne Besatzung. Das andere große Ziel ist die Sicherheit, denn 75 bis 95 Prozent aller Unfälle auf See sind auf Fehler des Menschen zurückzuführen, welche mit KI vermieden werden könnten. Bis ein kommerzieller Einsatz von autonomen Schiffen erreicht wird, dauert es noch 20 bis 25 Jahre. Die Expertenmeinung von Dr. Evelin Engler vom deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Neustrelitz zu diesem Thema ist, dass bevor ein vollautonomer Betrieb von Schiffen auf allen Weltmeeren denkbar wird, muss noch ein Berg an Arbeit, durch Generationen von Menschen, bewältigt werden. Ein teil- oder vollautomatisierter Betrieb ist aber schon früher möglich. In den letzten 20 Jahren ist das Forschungsinteresse an autonomen oder unbemannten Schiffen stark angestiegen. So sind im Jahre 2019 knapp 800 wissenschaftliche Beiträge in Form von Journalpublikationen; Konferenzbeiträgen oder Buchbeiträgen zu diesem Thema veröffentlicht worden. Diese Entwicklung ist in der Abbildung 16 zu betrachten.

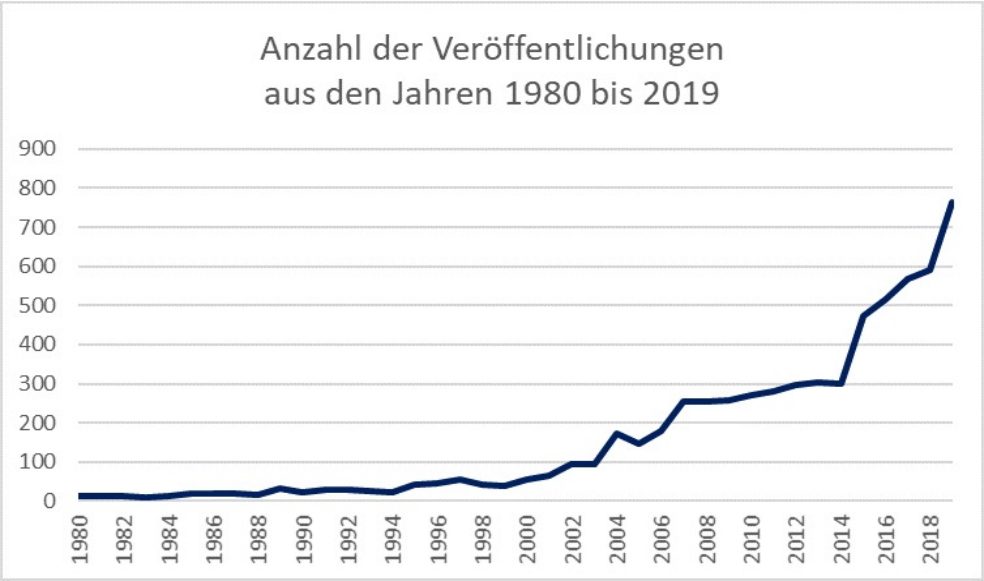


Abbildung 16: Wissenschaftliche Veröffentlichungen zum Thema autonome und unbemannte Schiffe

Autonome Schifffahrt

Nutzen und Herausforderungen der autonomen Schifffahrt

Es gibt aber schon heute einige Projekte. Eines der wenigen Pilotprojekte momentan ist die Mayflower 400, die in diesem Jahr zu ihrer Jungfernfahrt über den Atlantik startet. Die Fahrt geht vom britischen Plymouth nach Plymouth an der US-Küste und soll 3 Wochen lang dauern. Dabei ist das Schiff komplett unbemannt und die Rolle des Kapitäns übernimmt eine künstliche Intelligenz (KI). Neben der Überfahrt soll das Schiff die Verschmutzung des Meeres untersuchen, Plastik im Wasser analysieren und Meeressäuger aufspüren. Der Bau dieses Schiffes hat nur ein Jahr gedauert, doch die Programmierung des „Smart Captains", also der künstlichen Intelligenz, hat länger gedauert. Der Computer wurde dabei durch 1000 Fotos dazu trainiert, Hindernisse auf dem Meer zu erkennen und Zusammenstöße zu vermeiden. Durch das Trainieren unterschiedlichste Szenarien, kann das Schiff auch zwischen sicheren und unsicheren Manövern unterscheiden und bei Fehlern kann es sich selbst korrigieren und dadurch selbstständig dazulernen. Die Mayflower 400 wurde aber noch nicht in rauer See getestet, konnte in Simulationen aber auch 50 Meter hohe Wellen meistern.

Abbildung 17: Mayflower 400

Autonome Schifffahrt

Da der Onlinehandel boomt und das bedeutet, dass immer mehr Lieferwagen unterwegs sein müssen. Werden autonome Lieferschiffe entwickelt, um die Innenstädte in Zukunft zu entlasten. An einem solchen Schiff wird im Testkanal der Schiffbau Versuchsanstalt Potsdam geforscht. Der Prototyp „A-Swarm“ bietet Platz für drei Tischtennisplatten und fährt ganz allein durch den Kanal ohne Besatzung. Weitere beteiligt an dem Projekt sind die TU Berlin, die Uni Rostock und Firmen wie der Chip herstelle Infineon. Gesteuert wird das Schiff mit Hilfe von GPS, Sensoren und 3D-Lasern. Das KI-System muss noch lernen, eine Brücke zu durchsteuert und eine Kurve zu erkennen. Auch für den Berliner Westhafen und die Spree sind bereits Testfahrten geplant. Dies kann allerdings nur für Orte geschehen, die nahe am Wasser liegen. Des Weiteren wird es nötig sein, kleine neue Binnenhäfen und Wasser nahe Verteilerzentren zu errichten. Außerdem müssten alle Beteiligten ihre Daten, wie Pegelstände, Wetter und den Status der Lieferung teilen, damit das System funktionieren kann. An dieser Stelle sei aber auch erwähnt, dass bei allen den guten Absichten und Vorteilen wie, Personaleinsparung, verbrauch von weniger Treibstoff und einem geringeren Unfallrisiko, gibt es auch kritische Stimmen. Ein Beispiel hierfür ist der Mobilitätsexperte Andreas Knie vom Wissenschaftszentrum Berlin, der die große Entfernung von Wohnhäusern und Geschäften in Berlin anmerkt und daher nicht die große Lösung in dieser Technik sieht. Ein Vorreiter in diesem Bereich, stellt das Projekt „Roboat“ in Amsterdam da, dies soll Müll sammeln, Waren liefern, Menschen transportieren und soll auch hier die Straßen entlasten, um dabei zu helfen Amsterdam bis 2025 emissionsfrei zu machen. Auch wenn es kritische Stimmen gibt, so wird von dem Deutschen Zentrum für Raum- und Luftfahrt (DLR) auf der Spree-Oder-Wasserstraße zwischen Königs Wusterhausen und Eisenhüttenstadt ein „digitales Testfeld“ eingerichtet, wo demnächst teilautonome Schiffe fahren und von einem Kontrollzentrum überwacht werden. Ein kleiner Ausschnitt der möglichen Binnengewässer ist in Abbildung 19 zu sehen.

Roboat - Full-scale

Autonome Schifffahrt

Abbildung 18: Autonome Lieferschiffe

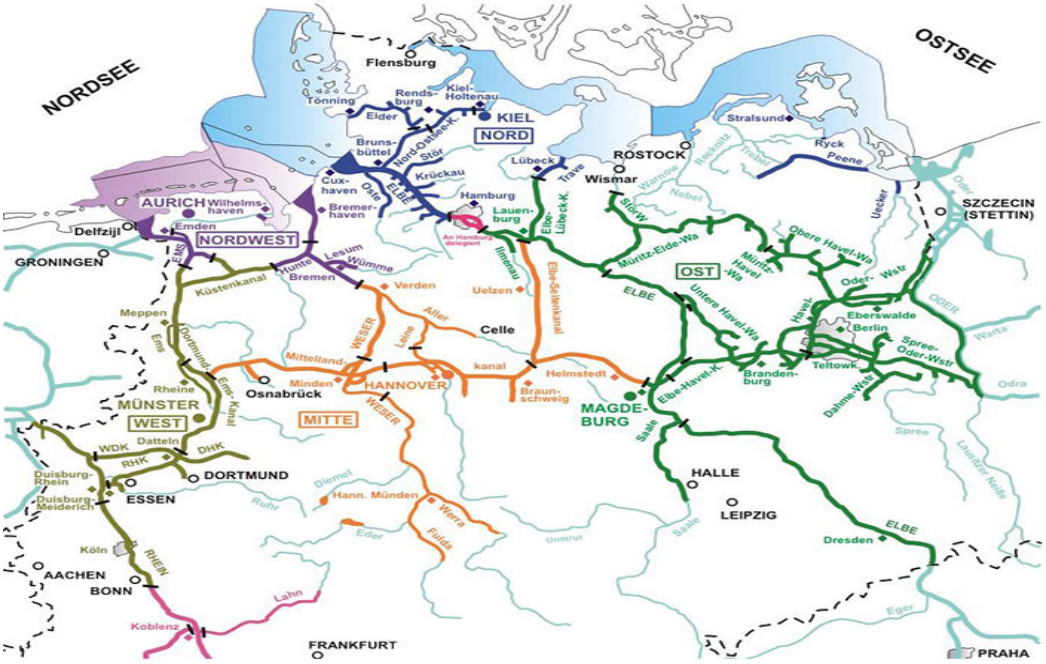


Abbildung 19: Binnenwasserstraßennetz

A-SWARM - Initial Operation of the SWARM-Control System

Autonome Schifffahrt

Ein weiteres Projekt ist in Finnland zu finden. Hier betreibt Rolls-Royce zusammen mit dem finnischen Fährendienst Finferries bereits seit 2018 eine autonome Fähre, die von einem 50 km weit entfernten Operator überwacht wird. Des Weitern forscht Roll-Royce mit der Forschungsinitiative „Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative“ (AAWA) an einem autonomen, ozeanfähigen Schiff mit dem Ziel 2035. Nachfolgend einmal der Zeitplan von Rolls-Royce.

Abbildung 20: Zeitplan Rolls-Royce

Ein weiteres Projekt im autonomen Schiffsverkehr stellt Yara Birkeland da. Das erste autonome und elektrisch angetriebene Containerschiff der Welt, dass jährlich 40.000 Lkw-Transporte ersetzen soll und somit die CO2-Emission reduziert. Dabei erfolgt das Be- und Entladen automatisch über elektrische Kräne und Geräten. Eingesetzt wird das Schiff in Norwegen, wo es innerhalb von ca. 25 Kilometern von der Küste, zwischen 3 Häfen in Südnorwegen hin- und herfährt und dabei Düngemittel geladen hat. Anfangs noch mit Besatzung und später, sobald die autonome Steuerung ausgereift und für den Seeverkehr zugelassen ist, ohne. Dann soll eine Leitstelle an Land die Yara Brikeland überwachen. Planmäßig sollt das Schiff 2020 in See stechen, aber wurde aufgrund der Corona Pandemie ausgebremst. Das Schiff navigiert mithilfe von GPS und erkennt anderen Schiffen über das „Automatic Identification System“ (AIS). Dieses sendet ständig Rufzeichen eines Schiffes sowie Angaben über Abmessung, Ladung, Kurs, Geschwindigkeit und Zielhafen. Zur Überwachung der näheren Umgebung ist das Schiff mit Radar, Kameras, Infrarotsensoren und Laserabtaster ausgestattet. Durch die Kameras können auch Bojen, Kanus und Windsurfer erkannt werden. Es wird davon ausgegangen, dass der Erfolg oder Misserfolg dieses Projekts, Auswirkungen auf den weiteren Weg der autonomen Schifffahrt haben wird.

Autonome Schifffahrt

Abbildung 21: Yara Birkeland

Von der Straße auf das Wasser - Yara Birkeland

Für weiter interessierte gibt es hier einen QR-Code zu dem Projekt Munin mit einem entsprechenden Erklärvideo. Dies ist ein europäisches Forschungsprojekt, wobei an einem Konzept für unbemannte Schiffe gearbeitet wird. An dem Projekt beteiligt ist unter anderem das Fraunhofer CML in Hamburg.

Projekt Munin - Fraunhofer CML

Autonome Schifffahrt

Ein anderes Wort für "autonom" ist selbstbestimmt oder eigenständig. Fachleute unterscheiden bei autonomen Schiffen zwischen ferngesteuerten Schiffen und voll autonom fahrenden Schiffen. Voll autonom bedeutet, dass der Schiffsbetrieb ganz ohne menschliche Entscheidungen stattfindet. Die Internationale Seeschifffahrtsorganisation IMO sieht vier Stufen autonomer Schiffe:

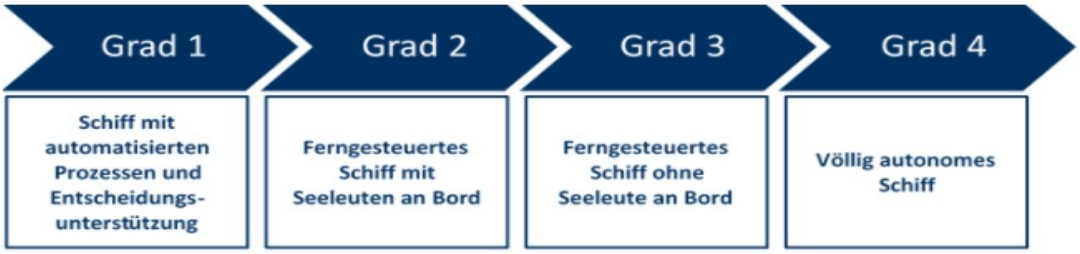


Abbildung 22: Schritte der autonomen Schifffahrt

Der Weg hin zum vollautonomen Schiff verläuft also in mehreren Schritten - und er ist lang.

Wo liegen die Herausforderungen für autonome Schiffe?
Die Internationale Seeschifffahrtsorganisation IMO und die einzelnen Staaten müssen einen klaren Rechtsrahmen für den weltweiten Betrieb von autonomen Schiffen schaffen. Dafür müssen aber noch viele Rechtsfragen geklärt werden, unter anderem: Wer trägt die Verantwortung bei einem Schiffsunfall, wenn kein Kapitän an Bord ist?
Die Technik an Bord muss noch viel zuverlässiger als heute werden. Bei einem Ausfall an Bord wäre kein Mechaniker zur Stelle, der das Problem schnell lösen könnte. Dasselbe gilt bei Notfällen wie bei einem Brand an Bord. Die heutigen Antriebstechniken sind für einen voll-autonomen Betrieb noch zu fehleranfällig.
Die Navigationsinstrumente müssen auch unter extremen Wetterbedingungen wie Eis, Nebel, Sturm, Gischt und Seegang so zuverlässig funktionieren, dass sie Menschen ersetzen können.
Die hochsensiblen Steuerungsinstrumente an Bord müssen sicher und zuverlässig gegen Hacker-Angriffe von außen geschützt werden. Selbst bei einem Pkw, der im Vergleich zu einem Seeschiff technisch viel einfacher ist, klappt das derzeit noch nicht. In der Seefahrt fehlen zudem verbindliche Sicherheitsstandards in der Satellitenkommunikation und stabile globale Datenverbindungen.
Alle Seegewässer müssten durch ein lückenloses maritimes Verkehrsüberwachungssystem abgedeckt sein. Bis jetzt gibt es aber nur Verkehrszentralen für die jeweiligen nationalen Küstengewässer.

Autonome Schifffahrt

Es wird auch bereits fleißig daran geforscht, die technischen Herausforderungen zu lösen. So forschen bereits verschiedenste Unternehmen an Systemen für das autonome Andocken zur Berechnung der besten Route, Kommunikationssystemen zwischen den Schiffen, Kollisionswarnungen und noch vielem mehr.

Wird der Mensch durch autonome Schiffe überflüssig?

Nein, nach jetzigem Stand werden es auch zukünftig Menschen sein, welche die Schifffahrt am Laufen halten.

Dr. Evelin Engler, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Neustrelitz, schätzt es so ein: "Technik wird vom Menschen für den Menschen gemacht. Der Einsatz von Technik verändert Arbeitsprozesse und erleichtert auch die Arbeit der Menschen. Arbeitsprozesse ohne den Menschen sind jedoch undenkbar."

In Zukunft werden gerade in Überwachungszentren für die Fernüberwachung und Fernsteuerung von Schiffen hochqualifizierte Nautiker*innen gesucht – zu anderen Arbeitsbedingungen als heute und mit neuen Aufgaben. Neue Techniken wie zum Beispiel Virtual Reality werden neue Fähigkeiten erfordern. Und die Überwachung ganzer Schiffsflotten anstelle eines einzelnen Schiffs birgt neue komplexe Herausforderungen, aber auch viele Chancen für die Nautiker*innen der Zukunft.

Prof. Carlos Jahn, Leiter des Fraunhofer-Center für Maritime Logistik in Hamburg, sagt dazu: "Die autonome Schifffahrt hat das Potenzial, das Berufsbild des Nautikers, wie wir es kennen, grundlegend zu verändern. Anstelle in monatelangen Einsätzen bei Wind und Wetter auf den Weltmeeren werden viele Nautiker in ferner Zukunft in Überwachungszentren an Land tätig werden. Und die Verantwortung eines nautischen Offiziers wird von einem Schiff auf einer vorbestimmten Route auf eine Flotte und ein Seegebiet mit vielen unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern ausgeweitet."

Auch für Techniker*innen ergeben sich neue Chancen. Autonome Schiffe benötigen deutlich mehr informationstechnische Systeme an Bord als heute – und die müssen durch gut geschultes Technikpersonal gewartet und instandgehalten werden. Im Inland- und Kurzstreckenseeverkehr werden diese Arbeiten vermehrt in den Häfen durch dort stationierte Techniker*innen von Reedereien, Maschinenherstellern und IT-Dienstleistern übernommen werden. Im Seeverkehr zwischen den Kontinenten sind dagegen nach Einschätzung der Fachleute auch auf lange Sicht hochqualifizierte Techniker*innen an Bord von (autonomen) Schiffen unverzichtbar.

Autonomes Fliegen

Allein im Bereich des Flugverkehrs und dem derzeit bereits stattfindenden Einsatz von Autopiloten steht die Diskussion zur Klassifizierung dieser Automatisierungsstufe noch aus. Neben dem Bereich der Passagierflugzeuge und Flugtaxis, die bereits erwähnt wurden, wird auch an Projekten zum autonomen Fliegen im gewerblichen Bereich geforscht. So ist im Mai 2021 der spartenstich in Kamenz gesetzt worden, für ein Kompetenzzentrum für autonome elektrisches Fliegen. In diesem Zentrum soll an autonomen Drohnen geforscht werden, die im gewerblichen Bereich eingesetzt werden. Zum Beispiel in der Land- und Forstwirtschaft, wo sie beim Erkunden und Vermessen von Gebieten eingesetzt werden sollen. Außerdem ist geplant, in Zusammenarbeit mit dem Krankenhaus Hoyerswerde, den Transport von Medikamenten zu erproben.

AEF- Forschungs- und Flugerprobungszentrum für autonomes & elektrisches Fliegen

Ein Beispiel für den Einsatz in der Landwirtschaft stellt die VoloDrone des deutschen Start-Ups Volocopter da.

Abbildung 23: Velocopter

VoloDrone, Heavy-lift Utility Cargo Drone, Introduced – Agriculture & Construction

Autonomes Fliegen

Doch auch im Bereich des Gütertransports per Flugzeug wird schon seit längerer Zeit am autonomen Fliegen geforscht. Wie zum Beispiel das Projekt „UFO“ (Unmanned Freight Operations) vom Deutschem Zentrum für Luft- und Raumfahrt zeigt. Die Probleme und Herausforderungen hier sind aber ähnlich zu denen im Passagiertransport.

Güter transportieren ohne Pilot (DLR)

Autonomer Schienenverkehr

Abbildung 24: Automatisierungsgrade beim Schienenverkehr

Autonomes Fahren bei der Bahn: Automatisierungsgrade (Quelle: UITP)

Autom. Grad	Betrieb	Anfahrt	Halt	Türen schließen	Störfall
1	manuell	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer
2	teilautomatisch	automatisch	automatisch	Fahrer	Fahrer
3	vollautomatisch	automatisch	automatisch	Zugbegleiter überwacht	Zugbegleiter überwacht
4	selbstfahrend	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch

Die autonom fahrende Rangierlok

Bei uns in Deutschland wird zum Einsatz autonomer Güterzüge in Rangierbahnhöfen geforscht. Der Rangierbahnhof funktioniert dann wie ein Hochregallager aus der Industrie, wo automatisch Paletten gefahren, über Stockwerke zwischengelagert, vorsortiert und umgeladen werden. Ein Problem beim automatisieren der Bahn besteht darin, das Personal und Güterzüge auf den gleichen Schienen fahren. Außerdem ist autonomes Fahren nur möglich, wie auch bei Straßenbahnen, wenn geringe Geschwindigkeiten gefahren werden (60 km), dann kann autonom auf Sicht gefahren werden, aber die Strecke müsste weiter abgesichert werden. Aktuell sind aber keine spezifischen Projekte zu autonomen (Güter-)Zügen auf der Webseite der Deutschen Bahn beschrieben. Dies überrascht, da der Güterverkehr auf der Schiene wächst. Laut einer Prognose um 43 % bis zum Jahre 2030, im Vergleich zum Jahr 2010.

Autonomer Schienenverkehr

Ein weiteres Problem besteht aber auch darin, dass Deutschland dies nicht allein Bewerkstelligen kann, da auch Züge aus anderen Ländern auf unseren Schienen fahren.
In Australien sind schon autonome Züge anzutreffen, sowie bei dem australische Bergbaukonzern Rio Tinto, dieser setzt beispielsweise zum Eisenerztransport auf fahrerlose Güterzüge. Seit 2014 werden die ersten fahrerlosen Güterzüge getestet. Die Züge binden Eisenerzminen in der Pilbararegion an drei Verladehäfen an und verkehren auf dem etwa 1.500 km langen Schienennetz. Bis Ende 2018 sollten 40 Güterzüge automatisiert im eigenen privaten Schienennetz unterwegs sein.

Fahrerlose Güterzüge von Rio Tinto

Doch auch wenn der Gütertransport über die Schiene wachsen soll, fällt der Anteil jener Waren, die auf Schienen transportiert werden, bereits jetzt zurück. Es gibt zwar Länder wie die Schweiz oder die baltischen Staaten, die ihre Warentransporte fast ganz auf die Schiene verlagert haben, im restlichen Europa wird der Schienentransport aber zum Auslaufmodell. In Spanien beträgt der Anteil der Schiene an der Gesamttransportleistung im Frachtverkehr gerade einmal 5 %. Großbritannien und Italien kommen auf 13 %, Frankreich auf 15 %. In Deutschland sind es immerhin noch knapp 20 %. Die Automatisierung der Lkw wird die Anbieter schienengestützter Transporte weiter unter Druck setzen. Spätestens dann, wenn einzelne Länder aus dem System ganz aussteigen, wird die Straße alternativlos. Es ist also zu erwarten, dass auch die bisherigen Schienentransporte langfristig auf der Straße landen werden. Ob es dann Ausnahmen geben wird, z. B. für Kohle oder chemischen Zwischenprodukte, bleibt abzuwarten.
Mehr zum Thema autonomer Gütertransfer unter folgendem QR-Code:

Autonomer Güterverkehr auf Straßen, Schienen und Wasserwegen vom TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB))

Autonomer Schienenverkehr

Vorteile
Flexibilität: Vollautomatische Metrosysteme sind enorm flexibel, sie reagieren wesentlich schneller auf zu- und abnehmende Fahrgastaufkommen. Bei Großveranstaltungen etwa können so unkompliziert zusätzliche Züge in den Fahrplan eingespeist werden, ohne die reguläre Personalplanung durcheinander zu bringen. Aber auch die alltäglichen Stoßzeiten sind mit selbstfahrenden Bahnen besser zu bewältigen.
Kapazität: Weil selbstfahrende Bahnen in einem ständigen gegenseitigen Austausch stehen, können bisher statische Sicherheitsabstände kleiner werden. Das führt zu einer höheren Auslastung des Netzes und ermöglicht eine engere Taktung. Im Ergebnis fahren mehr Bahnen: Man kommt schneller an sein Ziel und es können mehr Fahrgästen befördert werden. Die Verkürzung der Sicherheitsabstände bedeutet dabei kein Sicherheitsrisiko, weil die selbstfahrenden Bahnen stets in Echtzeit den benötigten Bremsweg berechnen.
Pünktlichkeit: Durch die zentrale Steuerung und Überwachung der Züge in Kombination mit den berechenbaren Beschleunigungs- und Fahrtkurven ist es möglich, die Pünktlichkeit der Bahnen zu verbessern und Ankunfts- und Abfahrzeiten genauer zu berechnen – und zwar bis auf die Sekunde. Schon jetzt gibt es in U-Bahnhöfen autonomer Metrosysteme elektronische Anzeigen, die die Ankunft eines Zuges sekundengenau herunterzählen.
Verfügbarkeit & Verlässlichkeit: Autonome Bahnen bremsen und beschleunigen sehr konstant. Zudem sammeln sie für den Fahrbetrieb ständig Daten – auch über ihren eigenen Zustand. Verschleiß oder Defekte können so reduziert werden. Durch Wartungssensoren in modernen Zügen können Fehler schon frühzeitig erkannt und behoben werden. Auch die Wartungszeiten sind kürzer. Das spart Kosten und beugt dem Risiko von Ausfällen vor. Autonomes Fahren auf der Schiene ist dadurch in besonderem Maße ressourcenschonend.
Energieeffizienz: Wie fahre ich sparsam und effizient? Autonome Systeme können die optimale Beschleunigung eines Zuges berechnen. Dabei nutzen sie viele unterschiedliche Daten: Sensoren erfassen zum Beispiel das Gewicht der Fahrgäste. Auch Informationen über die Strecke – Steigung, Kurven, Geschwindigkeitsbegrenzungen – fließen in die Berechnungen mit ein. In Kombination mit der üblichen Rückgewinnung von Energie beim Bremsen können fahrerlose Bahnen so bis zu 30 Prozent Energie einsparen.

Autonomer Schienenverkehr

Was wird aus den Lokführern?

Triebfahrzeugführer werden auch in Zukunft den größten Teil der Fahrgäste und Güter auf der Schiene transportieren. Autonomes fahren löst den Fahrer nicht ab, vielmehr schaffen die selbstfahrenden Bahnen zusätzliche Kapazitäten und Angebote. Aktuell fehlen den Eisenbahnverkehrsunternehmen mehr als 1.500 Lokführer. Trotz hervorragender Berufsaussichten entscheiden sich immer weniger Menschen für diesen anspruchsvollen Beruf.

Allerdings wird die Nachfrage an Verkehrsdienstleistungen immer größer, sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr. Vollautomatische Metrosysteme helfen, das erhöhte Verkehrsaufkommen auch tatsächlich zu bewältigen. Insbesondere wenn wir aufgrund der Klimafreundlichkeit der Eisenbahn die Verkehrswende beschleunigen und mehr Verkehr von der Straße auf die Schiene verlagern wollen.

Darüber hinaus können durch autonomes Fahren weitere Angebote entwickelt werden, die heute mit hohen Personalkosten und Einschnitten im Privatleben verbunden sind: Etwa ein durchgängiger U-Bahnbetrieb auch während der Nacht oder ein uneingeschränkter Verkehr an Feiertagen. Im Güterverkehr könnten die Rangierfahrten von selbstfahrenden Loks erledigt werden.

Teilautomatische Systeme brauchen immer Personal an Bord und letztlich wird auch ein autonomes System nicht ohne menschliche Kontrolle auskommen. Hier ergeben sich neue Berufsbilder und Aufstiegschancen, zum Beispiel mit dem Wechsel in die Leitstelle.

Autonome Landmaschinen

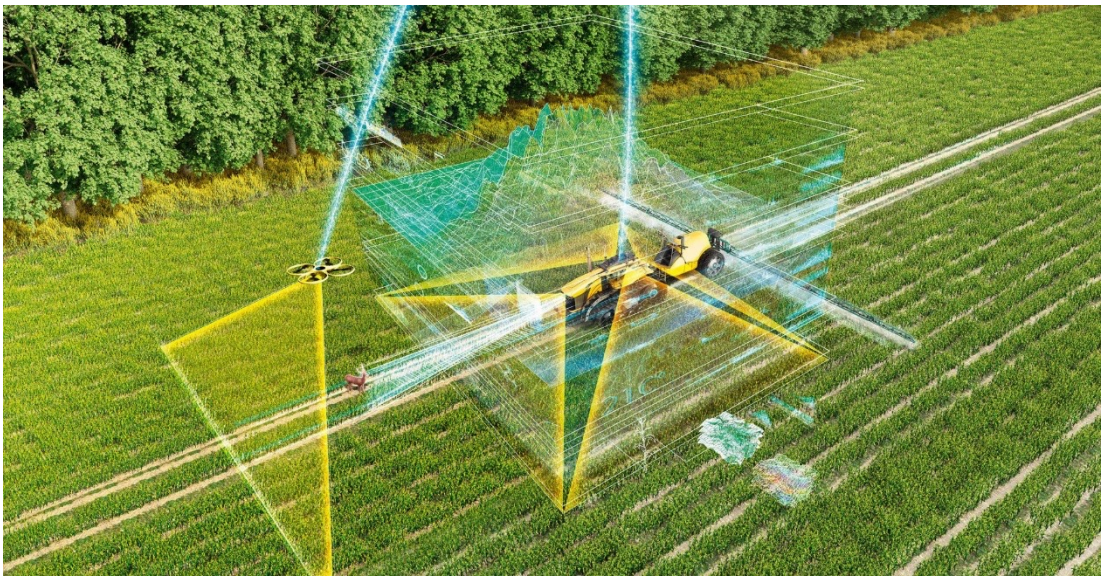


Abbildung 25: Autonomer Traktor

In der Landwirtschaft findet momentan ein Wandel des alten Leitprinzips „größer, schneller, stärker“, hin zu „automatisiert, nutzerfreundlich, präzise“ statt. In diesem Wandel spielt natürlich auch das autonome fahren eine große Rolle. Digitale und autonome Technologien sollen die Landtechnik verändern und Sie verbessern. Die Effizienz soll gesteigert werden und der Umweltschutz erhöht. Wie erfolgreich ein Landwirt in Zukunft sein wird, entscheidet sich also nicht mehr nur auf dem Feld oder im Stall. Ein Hindernis hierbei stellt allerdings erneut die Gesetzgebung da. Während in Asien, Süd- und Nordamerika schon autonome Traktoren unterwegs sind, ist dies in Deutschland noch nicht erlaubt. Man befürchtet, dass Leute auf dem Feld liegen könnten und vom Traktor überfahren werden. Daher sind neben optischen Sensoren, auch Wärmebildkameras, Infrarot, Mikrowellen oder andere Sensortechniken von Nöten, weil reine Wärmebildkameras dem Gesetzgeber nicht ausreichen. Dabei fürchten Maschinenhersteller und Bauern den Anschluss in der modernen Landwirtschaft zu verlieren, da der autonome Traktor als wichtiges Element des Smart Farming oder in Deutschland auch Landwirtschaft 4.0 genannt, gilt.

Smart Farming: Landwirtschaft im Wandel

Autonome Landmaschinen

Technisch möglich ist das selbstfahrende Arbeitsgerät längst, satellitengestützte Navigation ermöglicht schon heute ein zentimetergenaues Fahren. Durch Kameras und Sensoren erhöht sich die Präzision mittlerweile sogar in den Millimeterbereich. Daher ist auch hier, für das autonome Fahren, das 5G-Netz von Nöten. Technisch ist die Landwirtschaft hier sogar am weitesten und kann der Automobile Industrie viel lehren. Wo die Landwirtschaft allerdings noch hinterher hängt, ist die Elektromobilität, denn eine Batterie, die für viele Landmaschinen nötig wäre, würde gut 20 Tonnen wiegen und dies wäre unwirtschaftlich und schlecht für den Bodenschutz. Des Weiteren stellt sich die Frage, wie der Strom zum Acker kommt. So wird auf das Konzept „eAutoPoer" gesetzt, bei dem der Traktor noch mit Diesel fährt, aber die Gerätschaften dahinter werden elektrisch angetrieben. Auch bei der Datenverarbeitung wurde schon erste Schritte für das autonome Fahren gemacht, so haben große Hersteller wie John Deere, Claas und Case New Holland zusammengetan und die DataConnect-Cloud entwickelt, damit auch autonome Fahrzeuge der verschiedenen Hersteller miteinander kommunizieren können. Auch wenn es noch einige Hindernisse gibt, wird für das Jahr 2030 erwartet, dass jeder 2 Traktor bereits Fahrerlos fährt. Dabei kann der Vollautonome und satellitengesteuerte Traktor, Drahtlos vom Heimischen Büro per Internet überwacht werden. In der Landwirtschaft unterscheidet man auch in 4 Kategorien beim autonomen Fahren.

- ausschließlich menschengesteuerte Maschinen (d.h. ohne oder mit geringer technologischer Unterstützung),
- menschengesteuerte Maschinen mit Assistenzsystemen (d.h. mit technologischer Unterstützung, z.B. GPS-gestütztes Fahren),
- überwachte autonome Maschinen (d.h. mit autonomen Funktionen, die direkt von einem Menschen überwacht werden)
- völlig autonome Maschinen (d.h. ohne menschliche Aufsicht)

Autonome Landmaschinen

Year 2045	Entirely human driven (no technological assistance)	Assisted human driven (with technological assistance, e.g. GPS)	Supervised autonomous	Entirely autonomous machine
High technology, large-scale markets (North America & Australia)				
Western European markets				
Small-scale Asian markets				
Low technology, large-scale markets (Latin America)				
Eastern European market				
African & Middle East Markets				

Tabelle 1: Marktanteil der Automatisierungstypen für das Jahr 2045, Schätzung basierend auf Expertenmeinungen

Legend				
Market share	> 80%	50 – 80%	10 – 50%	< 10%

Abbildung 26: Marktanteil der Automatisierungstypen für das Jahr 2045, Schätzung basierend auf Expertenmeinungen.

Wie in der Tabelle zu erkennen ist, wird die Automatisierung der Stufe 3 bis zum Jahre 2045 vor allem in Nord-Amerika, Australien und dem West europäischen Markt eine Rolle spiele. Die Stufe 4 wird bis dahin noch eine kleine Rolle einnehmen. Dies ist einer Studie des Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE zu entnehmen.

Scouting the Autonomous Agricultural Machinery Market

Autonome Landmaschinen

Demnach sein gerade für kleine und mittelständische Unternehmen der Einsatz von autonomen Landmaschinen interessant, da hier oft die finanziellen und personellen Ressourcen nicht vorhanden sind. So können sich viele Betriebe keine ganzjährigen Vollzeit-Arbeitskräfte leisten, könnten diese aber gut gebrauchen, um den wachsenden Umweltauflagen und Regularien gerecht zu werden, sowie dem Arbeitskräftemangel entgegenzuwirken. Doch momentan sind auch autonome Landmaschinen für diese Höfe noch zu teuer. Die Landwirtschaft steht also vor einer Vielzahl an Herausforderungen, auf der einen Seite wächst die Weltbevölkerung immer weiter und der Bedarf an Nahrungsmitteln wird immer größer. So lebten Mitte 2020 etwa 7,8 Mrd. Menschen auf der Welt und diese Zahl soll bis zum Jahre 2050 auf knapp 10 Mrd. steigen. Auf der andern Seite führen verschärfte Nachhaltigkeitsvorschriften zu einer Verringerung der landwirtschaftlich genutzten Flächen und des Einsatzes von Pflanzenschutz- und Düngermitteln. Geringere Maschen für landwirtschaftliche Erzeugnisse, der Mangel an Fachkräften und der daraus entstehende Kostendruck erfordert eine erhöhte Automatisierung. Die Erledigung der Feldarbeit ist bislang nur durch gut geschultes Fachpersonal möglich, diese Fachkräfte sind aber aufgrund des sinkenden Interesses an dem Beruf „Landwirt“ schwer zu finden. Laut einer Studie vom „Söstra Institut für sozialökonomische Strukturanalyse“ zum Thema „Fachkräftebedarf in der Landwirtschaft im Land Brandenburg bis 2030“ werden bis dahin 20.000 neue Fachkräfte benötigt. Davon werden maximal 5.000 Stellen besetzt werden können.

Fachkräftebedarf in der Landwirtschaft im Land Brandenburg bis 2030

Daher gibt es viele verschiedene Projekte zum Thema autonome Landwirtschaft, wovon nun einige kurz erwähnt werden sollen. So gibt es zum Beispiel das Projekt GridCON, indem die Firma John Deere, sowie die B.A.U.M Consult GmbH und die Technische Universität Kaiserslautern, an einem autonomen Elektro-Traktor forschen. Das Innovative an diesem E-Traktor ist, dass er nicht über eine Batterie angetrieben wird, sondern per Kabel. Dieses wird an einem festen Standpunkt angeschlossen, ist 1000 Meter lang, wird automatisch ab- und aufgerollt, wird selbstständig in die passenden Positionen neben der Fahrspur gelegt und man kann so 16 Hektar bewirtschaften.

Autonome Landmaschinen

Ein Zentralcomputer berechnet die optimalen Fahrbahnen und benutzt zur genauen Standort Bestimmung ein GPS.

GridCon

Abbildung 27: GridCon

Ein weiteres Projekt im Bereich der autonomen Landmaschinen stellt der autonome Feldroboter AgBot von dem niederländischen Start-Up AgXeed dar und soll 2022 in den Vertrieb gehen. Beteiligt an diesem Projekt ist auch die deutsche Firma Claas, die in das Start-Up investiert. Claas startet eine Kooperation mit AgXeed und unterstreicht diese per Minderheitsbeteiligung im Rahmen einer internationalen Finanzierungsrunde des Start-Ups. Ganz konkret steigert das Ökosystem rund um das webbasierte Planungs- und Analysetool die Effizienz durch eine automatische, optimierte Routenplanung und Maschineneinstellung.

Vorstellung des autonomen Feldroboter von AGXEED - der AgBot

Autonome Landmaschinen

Abbildung 28: AgBot von AgXeed

Die Firma John Deere hat allerdings noch weitere autonome Systeme für die Landwirtschaft. Eines davon ist der autonome elektrische Traktor.

Abbildung 29: Autonomer elektrische Traktor

Autonomer Traktor von John Deere

Autonome Landmaschinen

Weitere autonome Konzepte im Landwirtschaftsbereich werden in dem Video, dass unter folgendem QR-Code zu erreichen ist, vorgestellt.

8 automatische Agrartechnologien

Autonome Mobilität im Militär

Auch im Bereich des Militärs spielt die autonome Mobilität eine immer größer werdende Rolle. So wird die US Army Fort Carsonn in Zusammenarbeit mit der Nachbarstadt Colorado Springs und der University of Colorado Reseach and Engineering zum Test- und Pilotprojekt zur Einführung von autonomer Mobilität. Hierbei liegt der Fokus auf der Senkung der Transportkosten, der Verbesserung des Verkehrs und der Bereitstellung von Transportdiensten. Hierbei beginnt man mit autonomen E-Shuttles und autonome Zustellfahrzeuge für die Post. Dazu wird auch die Verkehrsstruktur zwischen Militärbasis und der Stadt ausgebaut. Intelligente Sensoren, die den Verkehr, das Parken und die öffentliche Sicherheit überwachen gehören dazu. Mithilfe von maschinellem Lernen werden diese Datensätze dann ausgewertet. Auch im Bereich des autonomen Fliegens gibt es schon Projekt im Militärbereich. So baut Boing zusammen mit Korean Air an autonomen Kampfhubschraubern. Gemeinsam bauen diese Flugzeughersteller gebrauchte Kampfhubschrauber zu autonom fliegenden Hubschraubern um. Das Hauptanliegen hierbei liegt bei der Kostenersparnis, durch Verzicht auf einen Piloten. KUS-VH ist die neue Bezeichnung dieses Hubschraubers. Dadurch, dass keine Piloten benötigt werden, können mehr Tanks verbaut werden, was die Flugzeit von 2 auf 6 Stunden steigen lässt. Des Weiteren wird dieser Hubschrauber auf Wunsch mit Lenkwaffen und Maschinengewehren ausgestattet, um Einsätze zu fliegen die für einen Menschlichen Piloten zu gefährlich seien. Dieser Hubschrauber soll gegnerische Stellungen aus der Nähe mit größer Präzision beschießen können, egal ob bei Nacht, Tag, Nebel, Schnee oder Regen. Potenziale sehen die Entwickler aber nicht nur im Militär, sondern auch im zivilen Bereich z.B. zum Warentransport.

Autonome Mobilität im Militär

Abbildung 30: KUS-VH Korean Air

„Krieg ist ein zu ernstes Geschäft, als dass man ihn den Computern überlassen dürfte“. Mit diesem Satz beendete im Jahre 2014 der Politikwissenschaftler Niklas Schöring einen Vortrag zur automatisierten Kriegsführung. Viele Expertinnen und Experten zeigen sich wie er besorgt angesichts der zunehmenden Automatisierung von Militär- und Waffensystemen. Autonomie bedeutet in der Rechts-, Moral- und politischen Philosophie, dass ein Akteur aus eigenen Gründen, also nicht fremdbestimmt, handelt. Eine derart hochentwickelte künstliche Intelligenz, die dazu in der Lage wäre, gibt es bisher nicht. Daher sind auch hochgradig automatisierte Systeme höchstens operationell, nicht aber moralisch autonom: Sie sind von einem Menschen für eine bestimmte Tätigkeit programmiert, die sie selbstständig ausführen können; die Gründe für ihre Handlungen liegen jedoch in ihrer Bauweise und Programmierung und sind somit durch den Nutzer oder zumindest durch den Hersteller bestimmt und begrenzt. Diese Abgrenzung wird allerdings problematisch zu moralischer Autonomie bei lernfähigen Systemen, deren künstliche Intelligenz über sogenannte learning algorithms verfügt, sodass sie sich neue, nicht programmierte Fähigkeiten aneignen können.

Autonome Mobilität im Militär

Die Möglichkeit besteht, dass das System auf eine Art und Weise handelt, die seine Hersteller und Programmierer nicht mehr nachvollziehen können. Doch selbst ein solches System kann nur in dem ihm von der Programmierung zugewiesenen Bereich lernen.
In der öffentlichen Diskussion über die fortschreitende Automatisierung in der Kriegführung speilen diese technischen und philosophischen Nuancen jedoch eine untergeordnete Rolle. Das Hauptaugenmerk richtet sich auf sogenannte lethal autonomous weapons systems (LAWS) – Waffensysteme, die hochgradig automatisiert bis autonom sind und ein Ziel selbstständig suchen, finden und ohne menschliches Zutun auch ausschalten können. Autonomie im Allgemeinen wird also nicht als problematisch angesehen, sondern letale autonome Systeme im Speziellen, obwohl es diese bisher nur als Science-Fiction gibt. Bereits heutzutage erreichen Marschflugkörper oder Raketen ihr Ziel schneller, als ein Mensch reagieren kann, um sie abzufangen. Das Flugabwehrraketensystem Patriot, das die Bundeswehr einsetzt, ist bereits in der Lage, automatisch und ohne menschliche Intervention feindliche Flugzeuge, taktische ballistische Raketen und Marschflugkörper abzufangen. Während des Gaza-Konflikts im November 2012 konnte das israelische Raketenabwehrsystem Iron Dome über 90 Prozent der aus dem Gazastreifen abgefeuerten Raketen abfangen. Weder Patriot noch Iron Dome könnten funktionieren, wenn auf die Autorisierung des Abschusses durch einen Menschen gewartet werden müsste. Allerdings handelt es sich in beiden Fällen um defensive Systeme, die sich nicht gegen Menschen richten und deren Autonomie stark begrenzt ist. Zwei häufig angeführte Argument für die Automatisierung in der Militär- und Waffentechnik sind, dass autonome Systeme auf Radaranlagen schwere zu entdeck und abzufangen sind als ferngesteuerte. Des Weiteren, dass die Gefahr für Soldaten reduziert werden soll. Drohen Piloten haben oft posttraumatischen Belastungsstörungen, da Sie Ziele über einen längeren Zeitraum beobachten müssen und auch nach dem Abschuss noch über dem Ziel kreisen. Auch das kann ein Grund sein, warum der Wunsch nach einer weiteren Automatisierung besteht. Zur Entstehung von letalen autonomen Waffensystemen kann zivile Forschung im Bereich der Automatisierung und Autonomie beitragen, ohne dass aktiv an ihnen gearbeitet wird. Die Gefahr, ohne viel Zutun in eine Welt zu stolpern, in der Computer über das Leben und Sterben von Menschen entscheiden, ist größer, als oft angenommen wird.

Autonome Mobilität im Militär

Doch Armen, ausgestattet mit autonomen Killerrobotern sind längst kein Science-Fiction mehr. Es könnte schon bald so weit sein, dass Algorithmen über Leben und Tod im Kriegsfall entscheiden können. So geht die EU-Rüstungspolitik davon aus, dass zukünftig zu Land, Luft, Wasser, Weltraum und Cyber unbemannte und autonome Systeme in großer Zahl zum Einsatz kommen werden. So hat sich schon vor ein paar Jahren eine Kooperation, zwischen dem Technologiekonzern Rheinmetall und dem Weltmarktführer im Bereich der Drive-by-wire Technologien Paravan GmbH, gebildet. Zusammen wollen sie global an dem Thema autonomes Fahren forschen. Bereits heute sind unbemannte Waffensysteme im Einsatz, die über hochautomatisierte bzw. autonome Funktionen verfügen, z.B. zur Navigation, zur Zielerkennung oder zur präzisen Ansteuerung von Zielen. Bislang liegt jedoch die Zielauswahl, die Angriffsentscheidung und schließlich die Freigabe des Waffeneinsatzes noch in der Verantwortung eines menschlichen Kommandeurs bzw. Operators. Diese Entwicklung geht fast ausschließlich auf das Konto ferngesteuerter fliegender Kampfdrohnen. Fortschrittliche Kampfdrohnen können diverse autonome Funktionen besitzen, u. a. zur Flugkontrolle sowie für Navigations- und Aufklärungsaufgaben. Der Waffeneinsatz geschieht jedoch in der Regel per Fernsteuerung und unterliegt somit in letzter Instanz immer noch menschlicher Kontrolle. Auch moderne Lenkwaffen verfügen über weitreichende autonome Funktionen. Einmal gestartet, können sie im Prinzip völlig eigenständig auf Basis von gespeicherten Signaturen nach Zielen suchen und diese bekämpfen. Einige Modelle sollen darüber hinaus die Fähigkeit besitzen, die Angriffsstrategie selbstständig mit anderen Flugkörpern in einer Salve oder einem Schwarm zu koordinieren. Zu diesem Thema gibt es bereits ein sehr interessantes Video der New York Times, was unter folgendem QR-Code anzusehen ist.

Die autonomen Killer

Autonome Mobilität im Militär

Für alle Leute, die sich noch mehr für dieses Thema interessieren, unter den folgenden QR-Codes sind weitere Videos, sowie Internetseiten der Bundesregierung zu diesem Thema verlinkt.

Autonome Waffen: Töten ohne Gewissen

Sicherheitspolitik einfach erklärt | Drohnen und autonome Waffen - Fluch oder Segen?

Automatisierte und autonome Systeme in der Militär- und Waffentechnik von der BPB (Bundeszentrale für politische Bildung)

Künstliche Intelligenz in der Europäischen Verteidigung: Eine autonome Aufrüstung?

Nachhaltigkeit der Technik

Beim Gedanken an autonome Fahrzeuge entsteht gleichzeitig die Annahme, dass diese den Verkehr deutlich nachhaltiger und ökologischer machen. Tatsächlich besteht beim Umstieg auf autonome Fahrzeuge das Potenzial, die Mobilität umweltfreundlicher zu gestalten. Man muss jedoch auch den Mobilitätswandel berücksichtigen, den die Entwicklung mit sich bringt. Dazu hilft es, die Auswirkungen autonomer Mobilität auf die Umwelt in primäre und sekundäre Effizienzpotenziale zu unterteilen. Dabei sei berücksichtigt, dass sich dies im Wesentlichen auf Autos und Busse bezieht.

Die primären Effizienzpotenziale beinhalten die Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit, die direkt durch die Technik des autonomen Fahrens entstehen. Durch selbstfahrende und optimalerweise vernetze Fahrzeuge können Brems- und Beschleunigungsvorgänge optimierter durchgeführt werden. So wird das Fahrzeug etwa auf eine ausgewogene Art beschleunigt und die Bewegungsenergie möglichst lange ausgenutzt und spät abgebremst. Zudem wird weniger häufig beschleunigt, da sich alle Verkehrsteilnehmer in einem einheitlichen Verkehrsfluss befinden. Des Weiteren wird auch die Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge geringer sein. Das Fahren mit hoher Geschwindigkeit ist durch den exponentiell ansteigenden Luftwiderstand grundsätzlich besonders energieaufwändig. Autonome Fahrzeuge werden zudem eine optimierte Routenwahl haben, wodurch zum Beispiel hoch frequentierte Straßen und unnötige Umwege vermieden werden können. Durch die schonendere Fahrweise könnte zudem der Verschleiß des Fahrzeuges abnehmen, wodurch seltener Fahrzeugteile ausgetauscht werden müssten und das Auto eine höhere Lebensdauer bekommt. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass durch die primären Effizienzpotenziale der Kraftstoffverbrauch um bis zu 17 Prozent reduziert werden kann. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass autonome Fahrzeuge elektrisch betrieben werden, was grundsätzlich schon als umweltfreundlicher gilt.

Nachhaltigkeit der Technik

Wenn man nun die sekundären Effizienzpotenziale betrachtet, fällt jedoch auf, dass nicht alles an autonomer Mobilität nachhaltiger wird. Die sekundären Potenziale beschreiben die Auswirkungen, die indirekt durch die Technik verursacht werden. Dazu zählt etwa die Änderung des Nutzungsverhaltens. Wenn die Mobilität durch autonome Fahrzeuge einfacher, günstiger und mit weniger Zeitaufwand nutzbar wird und darüber hinaus mehr Personengruppen die Fahrzeuge in Anspruch nehmen können, wird die Gesamtmobilität steigen, es wird also mehr gefahren. Zudem werden die Fahrzeuge auch Strecken fahren, auf denen sie überhaupt keine Personen oder Güter transportieren, sondern um zum Beispiel vom Zielort eines Nutzers zum Abholort eines anderen Nutzers zu gelangen.

Mit der Verrechnung der primären und sekundären Effizienzpotenziale stellt sich heraus, dass autonome Fahrzeuge nur in geringem Umfang umweltfreundlicher sind als heutige Fahrzeuge. Es werden etwa sieben bis elf Prozent der Treibhausgasemissionen eingespart werden können.

Was jedoch auch noch berücksichtigt werden muss, ist der Energieaufwand, der bei der Produktion der Fahrzeuge eingespart werden kann. Zwar wird sich die Mobilität insgesamt erhöhen, die Anzahl der produzierten Fahrzeuge wird aber durch die gemeinsame Nutzung über Carsharing-Dienste zurückgehen. Geht man davon aus, dass der gesamte Fahrzeugbestand um etwa 20 Prozent sinkt, würde dies einen beträchtlichen Anteil ausmachen.

Verkehrssicherheit

2.245.078 – das ist die Zahl der Unfälle, die innerhalb Deutschlands im Jahre 2020 auf den Straßen passiert sind. Die Folgen von Unfällen können gravierend sein und Menschenleben folgenschwer beeinflussen. Darunter fallen Sachschäden, aber vor allem auch gesundheitliche wie körperliche Schäden. In besonders schweren Fällen führen Unfälle sogar zum Tod des Betroffenen. Unfälle werden zwar als plötzlich auftretende, unvermutete Ereignisse definiert, aber trotzdem ist es möglich, Vorbeugungsmaßnahmen zu treffen, um die Anzahl von Unfällen so gering wie möglich zu halten. Zu den Maßnahmen gehören Sicherheitsvorschriften, technische Hilfen, Regeln der Straßenverkehrsordnung, technische Fortschritte und auch das verantwortungsbewusste Handeln von den fahrenden Personen. Die Anzahl der Verkehrstoten konnte durch verbesserte Sicherheitsvorkehrungen in Deutschland kontinuierlich gesenkt werden, trotzdem starben weiterhin 2719 Menschen im Jahr 2020 an Straßenverkehrsunfällen. Einige wichtige Änderungen waren zum Beispiel die Gurtpflicht, das Handyverbot oder die Entwicklung von Airbags. Heute scheinen die Einführungen selbstverständlich, da die Verbesserungen für die Sicherheit unverzichtbar geworden sind. Das große Ziel ist die Vision Zero, das bedeutet keine Toten im Straßenverkehr. Die Vision Zero ist eine präventive Strategie des Arbeitsschutzes, welche verschiedene Ansätze beschreibt, mit dem Ziel, Unfälle und Verletzungen des Menschen zu verhindern. Dabei liegt ein besonderer Fokus darauf, dass Systeme so eingesetzt werden, sodass menschliche Fehler keine schwerwiegenden Folgen haben. Denn menschliche Fehler sind nicht abzustellen und stellen auch in der Zukunft eine große Gefahr für den Verkehr dar.

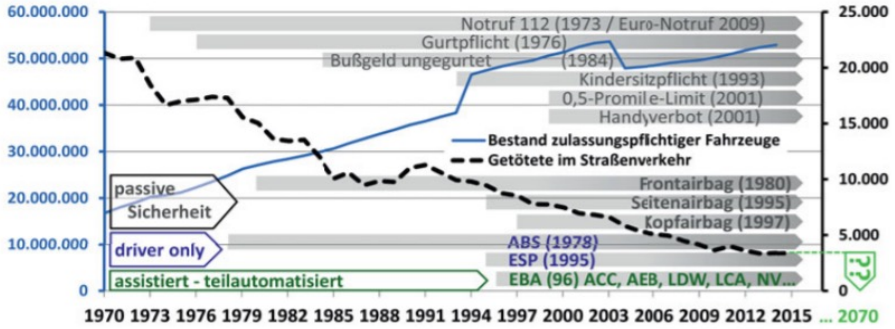


Abbildung 31: Rückgang der Verkehrstoten trotz Zunahme des Verkehrs in Deutschland und die wichtigsten Sicherheitsvorkehrungen

Verkehrssicherheit

Die Einführung von autonomer Mobilität könnte in Zukunft erhebliche Auswirkungen auf verschiedenste Bereiche haben. Ein großes Potenzial eröffnet sich dabei in der Erhöhung der Verkehrssicherheit. Besonders mit Hinblick auf die Akzeptanz in der Gesellschaft kann die Steigerung der Verkehrssicherheit ein wichtiger Punkt bedeuten. Die autonome Mobilität kann einen großen Beitrag zur Erfüllung der Vision Zero darstellen, denn die Technik unterstützt den Menschen und soll in Zukunft Unfälle durch menschliche Fehler gänzlich vermeiden. Denn das menschliche Fehlverhalten war in der Vergangenheit die häufigste Verkehrsursache im Straßenverkehr. Aus Unfallanalysen geht hervor, dass aktuell 93,5 % Prozent aller Unfälle aus menschlichen Fehlern resultieren. Das große Potenzial von autonomen Fahrzeugen wird hier ersichtlich, denn die Unfälle, die auf menschliche Fehler zurückzuführen sind, können durch den Einsatz von autonomen Fahrzeugen vermieden werden. In der folgenden Tabelle sieht man die verschiedenen Unfallursachen, die durch den Menschen in Deutschland im Jahre 2020 entstanden sind. Die häufigsten Fehler waren demnach falsches Abbiegen, missachten der Vorfahrt oder auch die Nichteinhaltung des vorgeschriebenen Abstands. Die Auswertung der zugrunde liegenden Unfallursachen in Deutschland kann dabei dazu beitragen, die Straßen noch sicherer zu machen. Anhand einer Analyse der Unfallursachen werden negative Entwicklungen erkannt. Auf Basis der Ergebnisse kann auf die Trends reagiert und sinnvolle Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, damit ähnliche Fehler verringert werden können.

Unfallursache	Zahl der Unfälle in Prozent
Falsches Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- oder Anfahren	15,9 %
Vorfahrt missachtet	14,4 %
Abstand nicht eingehalten	13,9 %
Geschwindigkeitsüberschreitung	11,6 %
Falsche Benutzung von Straßen	6,7 %
Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern	4,4 %
Alkohol am Steuer	3,8 %
Falsches Überholen	3,7 %
Sonstige Ursachen	25,5 %

Abbildung 32: Auflistung der häufigsten Unfallursachen im Jahr 2020 in Deutschland

Verkehrssicherheit

Schon auf dem Weg zum vollständig autonomen fahren kann durch die technische Weiterentwicklung von Assistenzsystemen mit leistungsfähigeren Sensor- und Informationstechnologien eine weitere Reduktion von Verkehrsunfällen erwartet werden. Aus Ergebnissen der Analyse von Verkehrsunfällen kann erschlossen werden, dass die Automatisierungen von Fahrfunktionen in den Kategorien „driver only“ über „assistiert“ bis zum „teilautomatisierten“ Fahren als Schlüsseltechnologie zur Milderung der Folgen menschlichen Versagens beigetragen hat. Die assistierenden und teilautomatisierten Funktionen tragen somit erheblich zur Verkehrssicherheit bei. Meistens bewahren die Funktionen den Fahrer vor einer drohenden Gefahr durch optische bzw. akustische Hinweise oder kurze Eingriffe mit Warncharakter. Erfolgreiche Beispiele sind Abstands-, Brems- oder Spurhaltungsassistenten. Allerdings sind die Funktionen ohne die rechtzeitige und folgerichtige Reaktion des Fahrers nicht genügend und es entstehen weiterhin Unfälle durch menschliche Fehler.

Bei der autonomen Mobilität wird der Mensch nicht nur durch verschiedene Funktionen unterstützt, sondern die technischen Systeme ersetzen Wahrnehmungen, Erfahrungen sowie das Urteils- und Reaktionsvermögen des Menschen. Dabei kann angenommen, dass die maschinelle Leistungsfähigkeit höher ist als die des Menschen. Denn die Maschinen verfügen durch die Technik über eine uneingeschränkte Aufmerksamkeit, einen 360°-Rundumblick sowie der Möglichkeit, für Menschen noch nicht wahrnehmbare Umstände zu erfassen. Während der Mensch Abstände oder Geschwindigkeiten schlecht bewerten, nicht immer aufmerksam sein und nur in einem begrenzten Sichtfeld wahrnehmen kann. Außerdem halten sich die autonomen Fahrzeuge immer an die Verkehrsregeln und gehen keine Risiken ein, die sie nicht einschätzen können. Dazu können die Fahrzeuge miteinander und mit der Umwelt kommunizieren, sodass alle relevanten Informationen übertragen werden und keine Abstimmungsschwierigkeiten untereinander auftreten können. Und bei einer unvermeidbaren Situation wird die beste mögliche Entscheidung gewählt, damit es zum niedrigeren Schaden kommt.

Verkehrssicherheit

Die Leistungsfähigkeit wird durch die verschiedenen Komponenten erreicht. Dabei bildet die Umfeldsensorik den Grundbaustein für das autonome Fahren. Dafür werden ausreichend Kameras, Radare und ein Lidar („Light-Detection-and-Ranging“,3D-Laserscanner) - System, welches sowohl stehende als auch bewegende Objekte unter allen möglichen Umgebungsbedingungen hochaufgelöst erfassen kann, verwendet. So kann die Fahrzeugumgebung mittels der Sensorik aus unterschiedlichen Blickwinkeln und mit verschiedenen Messmethoden erfasst werden. Die für das autonome Fahren erforderlichen Komponenten wie Sensoren sind mit diesem Zentralsteuergerät über ein internes Netzwerk verbunden. Die Möglichkeit der Kommunikation wird über den schnellen und sicheren Datenaustausch zwischen dem Fahrzeug und seiner digitalen Umgebung geschaffen. Außerdem sollen autonomen Systeme stetig hinzulernen, fehlertolerant und vorausschauend sein. Damit ist es Ihnen möglich, in unbekannten Situationen unter Unsicherheit oder Unvollständigkeit sinnvolle Entscheidungen anhand der adaptierten Handlungsmuster zu treffen.

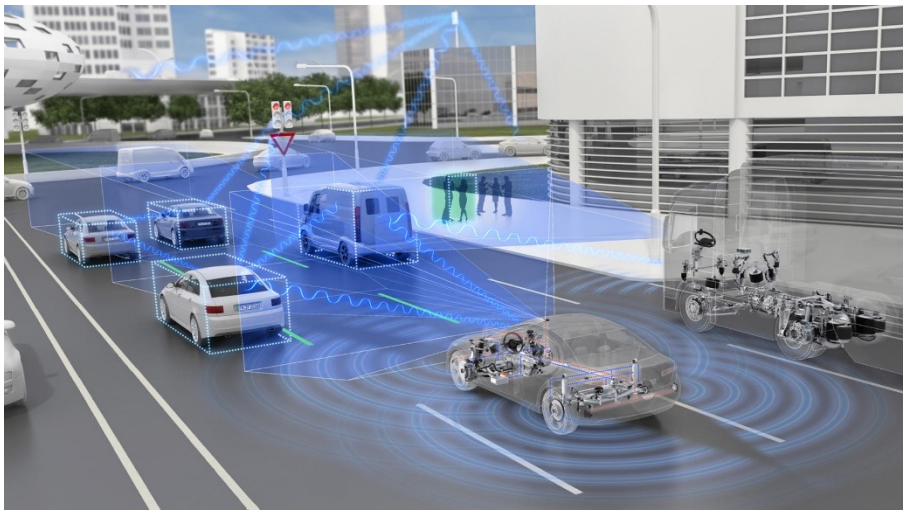


Abbildung 33: Autonomer Verkehr mit Kommunikation zwischen den Fahrzeugen und der Infrastruktur

Dafür gilt allerdings die Voraussetzung, dass die Technik so weit fortgeschritten ist, dass die Fahrzeuge ein Höchstmaß an Sicherheit und Zuverlässigkeit bieten. Da bei der autonomen Steuerung von Kraftfahrzeugen ein Systemfehler offensichtlich direkt zu einer gravierenden Gefährdung der Fahrzeugnutzer oder weiterer Verkehrsteilnehmer führt, sind die Anforderungen hinsichtlich der funktionalen Sicherheit bei autonomen Fahrzeugen dementsprechend hoch. Die Fahrzeugsteuerung wird deshalb in die höchste Risikogruppe eingestuft und es wird ein Höchstmaß an Ausfallsicherheit gefordert.
Trotz der empfindlichen Sicherungsanforderungen ist auch bei vollautomatischem Fahren mit technischen Fehlern selbstfahrender Fahrzeuge zu rechnen. Eine zuverlässige Prognose zur Ausprägung der technischen Fehler ist noch nicht möglich. Der Anteil von technischen Fehlern wird von technischen Fähigkeiten und den Funktionsmöglichkeiten bestimmt. Besonders die Lösung von komplexen Verkehrssituationen stellen erhebliche technische Herausforderungen dar. Das Potenzial der Verbesserung der Verkehrssicherheit durch vollautomatische Fahrzeuge basiert schließlich auf der Annahme, dass die meisten heutiger Verkehrsunfälle auf menschliches Versagen zurückzuführen sind.

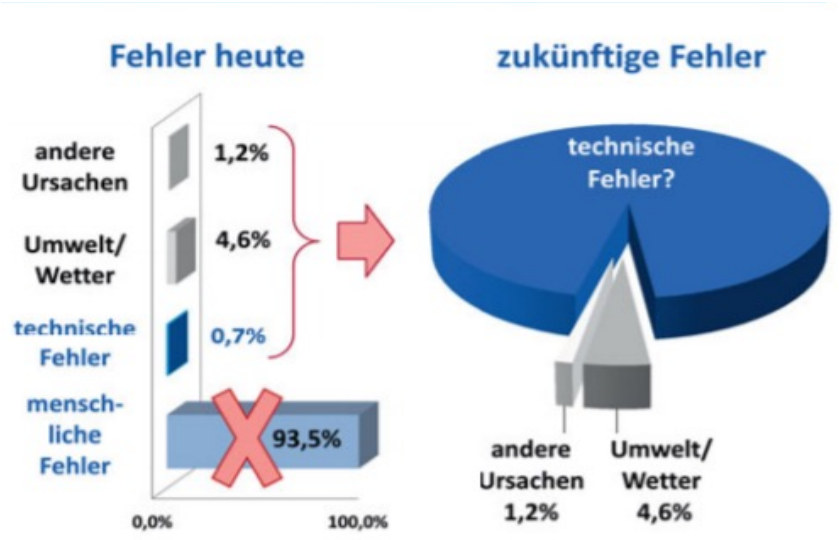


Abbildung 34: Möglicher Anstieg der technischen Fehler im Zuge der Vollautomatisierung

Verkehrssicherheit

Anhand von Prognosen kann man ermitteln, in welchem Maß das Potenzial der Erhöhung der Verkehrssicherheit erschlossen werden könnte. Laut diesen Prognosen ist durch die zunehmende Automatisierung bis 2030 eine Reduzierung der Unfälle von bis zu 15 % möglich. Die Reduktion lässt sich bis 2050 auf 50 % steigern. Im Jahr 2070 soll es nach den Prognosen kaum noch Unfälle geben und die Fahrzeuge wären widerstandsfähiger, sodass schwere Gefahren vermieden werden können. Die Realisierung der Vision Zero wäre dann mit der autonomen Mobilität nahezu möglich.

Wenn die autonome Mobilität nachhaltig zeigt und beweist, dass die Verkehrssicherheit eindeutig gesteigert werden kann, wird die Befürwortung in der Gesellschaft stark ansteigen. Allerdings muss dieses Vertrauen erst aufgebaut werden, bis die Mehrheit die große Verantwortung an die Technik übergibt. Nach Umfragen ist die Verbesserung der Verkehrssicherheit die Motivation, die die Menschen im Hinblick auf die autonome Mobilität am positivsten stimmt. Werden die Menschen also die Freiheit selbst zu fahren, aufgeben, damit die Sicherheit im Straßenverkehr garantiert werden kann?

IT-Sicherheit, Datenschutz und Vernetzung

Ein weiterer wichtiger Schritt, um die Akzeptanz in der Gesellschaft zu erhöhen, ist der zuverlässige Schutz des Systems. Bei der Entwicklung von autonomen fahren verdient die IT-Sicherheit besondere Beachtung, denn sie bietet auch viele Risiken. Zum einen besteht in der Gesellschaft die Angst vor einem Hacker- bzw. Cyberangriff auf das System. So könnten durch einen Fremdeingriff die Steuerungsfunktionen manipuliert werden und dies würde zu einer gravierenden Gefährdung führen. Durch die Abhängigkeit vom Fahrzeug wären die Insassen der Gefahr hilflos ausgeliefert, da ein Eingreifen nicht mehr möglich wäre. Würden solche Vorfälle auftreten und an die Öffentlichkeit gelangen, wird das Vertrauen in die autonome Mobilität verschwinden. Die Aufgabe der IT-Sicherheit ist es, dass solche Angriffe vermieden werden und keine Chance haben, die Kontrolle über das System zu erlangen.

Zusätzlich gibt es viele skeptische Meinung gegenüber der Handhabung mit dem Datenschutz. Durch die ständige Vernetzung und den Kameras werden große Daten über die Mitfahrer und auch die anderen Verkehrsteilnehmer gesammelt. Zum einen besteht die Möglichkeit, dass die Daten durch unbefugten Zugriff auf das System gestohlen werden könnten. Neben den Klau von Daten müssen aber auch die Informationen, die über das System über den Fahrer erfasst werden, geschützt werden. Die Gesellschaft stellt sich die Frage, wie mit den Daten umgegangen wird und wer auf diese empfindlichen Daten zugreifen darf. Die Hersteller erheben Anspruch darauf, die Kontrolle über die erfassten Informationen zu haben, um diese für Ihr Geschäft zu nutzen. Die Nutzung der Daten könnte allerdings die Privatsphäre von Autofahrern durchaus einschränken und die Regierung gab bereits an, dass die unternehmerische Freiheit dann aufhört, wo sie in die Selbstbestimmung des Einzelnen eingreift. Weiterer Klärungsbedarf ergibt sich durch die Datenerfassung bei Rekonstruktionen von Unfällen. Einheitliche Regeln müssen den Datenschutz bei vernetzten Autos absichern, sodass keine Daten über die Personen missbraucht werden können. Eine Struktur für die Anonymisierung von Nutzerdaten, die Definition von Aufbewahrungs- und Speicherfristen sowie die Festlegung von Einsichts- und Zugriffsrechten ist notwendig. Die Person muss sich trotz der intensiven Überwachung, die mit der zunehmenden Technisierung auf sie zukommt, durch die Datenstandards wohlfühlen.

IT-Sicherheit, Datenschutz und Vernetzung

Eine notwendige Voraussetzung für die Einführung der autonomen Mobilität ist eine digitale Infrastruktur, die es ermöglicht, dass die Kommunikation im Verkehr einwandfrei läuft. Hierfür müssen alle notwendigen Elemente im Straßenverkehr mit dem Netzwerk verbunden werden. Außerdem muss die Datenübertragung auch bei hohen Geschwindigkeiten und hohen Verkehrsaufkommen funktionieren. Die digitale Infrastruktur benötigt dafür ein flächendeckendes 5G Netz, denn sonst können die Anforderungen der autonomen Mobilität nicht erfüllt werden. Die Anforderungen sind, dass das Netzwerk bis zu einer Million Verbindungen mit einer Latenz von einer Millisekunde gewährleisten soll. Nur mit einer geringen Verzögerungszeit und der schnellen Verarbeitung und Weiterleitung der Daten in Echtzeit kann eine präzise und exakte Positionsangabe und die Sicherheit im Verkehr garantiert werden. Neben der Erweiterung des Netzwerks muss die Vernetzung der Fahrzeuge optimiert werden. Aktuell benötigt ein Fahrzeug noch zu viel Kapazität, um ein Fahrzeug vollständig zu vernetzen. Eine weitere Aufgabe ist die Erweiterung von intelligenten Stromnetzen, damit der Energiebedarf ausgeglichen werden kann.

Abbildung 35: Vernetzungsmöglichkeiten im Autonomen Verkehr

IT-Sicherheit, Datenschutz und Vernetzung

Schlussfolgernd kann man sagen, dass zur breiteren Einführung von autonomen Fahrzeugen noch einige Voraussetzungen geschaffen werden müssen. Für Sicherheitslösungen gegen anspruchsvolle Cyberangriffe werden bereits Ansätze entwickelt. Dabei erkennt das System die potenziell schädlichen Aktivitäten durch die Kombination von deterministischen und maschinellen Lernfähigkeiten. Durch die Erkenntnisse aus den vorherigen Angriffen lernt das System immer weiter und verhindert erneute Angriffe. Diese Ansätze werden weiterentwickelt und sollen in Zukunft die Sicherheit der Insassen gewährleisten. Das erforderliche 5G Netz soll in Deutschland bis Ende 2025 flächendeckend genutzt werden können. In Bezug auf den Datenschutz fordern einige Experten, dass klar definierte Regeln geschaffen werden und diese Länder- und herstellerübergreifend Anwendung finden. Ein Vorschlag von Verbraucherschützern empfiehlt, dass die Daten von einem neutralen Trust Center verwaltet und nur die relevanten Daten für den sicheren Verkehr verarbeitet werden. Durch Verwischen von erfassten Gesichtern oder anderen personenbezogenen Daten von weiteren Verkehrsteilnehmern können die Daten von Dritten anonymisiert werden. Der Datenschutz besitzt eine hohe Priorität, denn ohne die eindeutigen Rahmenbedingungen für den Datenschutz wird die autonome Mobilität bei vielen Skeptikern einen schweren Stand haben.

Auswirkungen auf den Verkehr

Autonomes Fahren wird nicht nur die Fahrzeuge verändern, sondern auch Einfluss auf den gesamten Verkehr nehmen. In der Vergangenheit führte in vielen Ländern ein Wandel von einer lokalen, landwirtschaftlich orientierten Gesellschaft zu einem Industriestaat zu ansteigenden Verkehrsflüssen. Die Reurbanisierung, welche zu steigenden Bevölkerungsdichten in den Städten führt, verstärkt den Trend zusätzlich. Daraus folgt, dass Straßennetze vieler Städte überlastet sind. Die Folgen der Überlastung sind Staus, eine hohe Umweltbelastung, Luftverschmutzung, Lärm, Unfälle und hoher Platzbedarf für Fahrbahnen und Parkflächen. Auch das Fernstraßennetz ist regelmäßig überlastet und besonders an typischen Urlaubstagen entstehen lange Wartezeiten. Durchschnittlich steht jeder Deutsche jährlich über 60 Stunden im Stau. Ein weiterer Ausbau der Flächen für den ruhenden und fließenden Verkehr ist finanziell nicht möglich und auch keine nachhaltige Lösung des Problems. Die Aufgabe ist es, die Verkehrsleistung durch strukturelle Änderungen zu reduzieren, die Verkehrsnachfrage effektiv zu verlagern und die vorhandene Infrastruktur effizient zu nutzen. Allerdings nicht die Mobilität von Personen und Gütern einzuschränken.

Eine zukunftsweisende Technologie für diese intelligente Mobilität ist die Entwicklung der autonomen Technik. Die Verkehrsflüsse können harmonisiert und damit effizienter gestaltet werden, sodass die mögliche Kapazität der Verkehrsinfrastruktur erhöht werden kann. Die Stabilität wird dadurch gestärkt und es entstehen zukünftig weniger Staus. Außerdem ist es möglich, dass durch die komplette Vernetzung aller Fahrzeuge und der Infrastruktur die Fahrzeuge optimal auf die Straßen verteilt und Routen perfekt geplant werden können. Die gleichmäßige Verlagerung und die Reduzierung der unnötigen Stopps an Ampeln und Kreuzungen reduzieren die Wartezeiten innerhalb des Verkehrs. Durch Verbesserung der Verkehrssicherheit würden sich die Engpässe, die durch Unfälle entstehen, auf den Straßen verringern. Allgemein ermöglichen autonome Fahrzeuge eine umweltverträglichere Fahrweise, da unnötige Brems- und Beschleunigungsvorgänge entfallen und auch bei Staus und Parkvorgängen weniger Kraftstoff verbraucht wird.

Auswirkungen auf den Verkehr

Die Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten werden ebenso Auswirkungen auf Entscheidungen zur Nutzung von Flächen und Raumstrukturen haben. Durch effizientere Nutzung der vorhandenen Infrastruktur können Verkehrs- und Parkflächen für andere Bereiche genutzt werden.

Es wird allerdings ein langer Weg von der Einführung von automatisierten Fahrzeugen bis hin zur kompletten Marktdurchdringung der autonomen Fahrzeuge. Die Marktdurchdringung hängt auch stark von der Akzeptanz der autonomen Fahrzeuge in der Gesellschaft ab. Es wird von einem zeitaufwendigen Prozess ausgegangen, wo der Mischverkehr präsent ist. Es können auch hier einige der oben genannten Potenziale erreicht werden, doch nicht in dem gleichen Ausmaß. Zur Veranschaulichung, wie sich der Verkehrsfluss durch die autonome Mobilität verändert, wird ein Simulationsergebnis aufgezeigt.

Der effizientere Verkehrsfluss kann wesentlich durch die Verringerung der Abstände zwischen den Fahrzeugen erzielt werden. Sowohl die Abstände im fließenden Verkehr als auch die Anfahrzeitlücken an Kreuzungen können deutlich reduziert werden. Die Zeitlücke zwischen zwei Fahrzeugen liegt im Durchschnittsverkehr bei 1,4s, währende bei einem erhöhten Verkehr dieser Wert auf ungefähr 1,1s sinkt. Eine Zeitlücke unter 0,9s gilt als gefährlich, da eine langsame Reaktion zu einem Unfall führen könnte. Gesetzlich liegt die Zeitlücke sogar bei 2s.

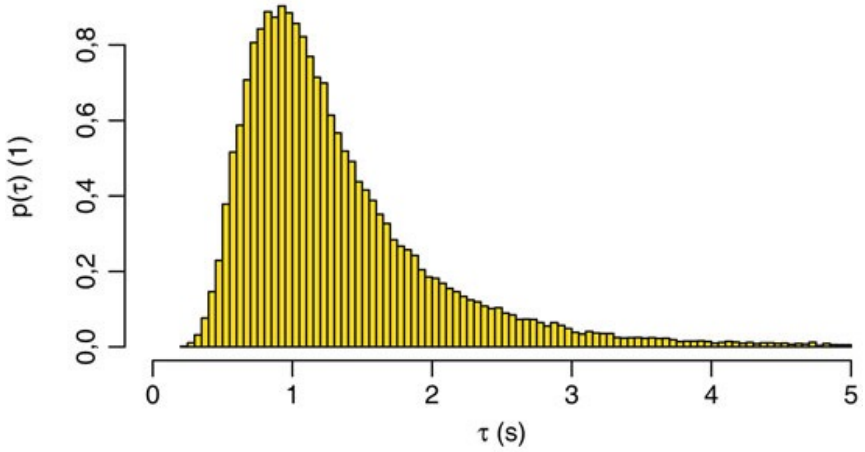


Abbildung 36: Abstandsverteilung der Zeitlücke zwischen den Fahrzeugen auf einer Autobahn.

Auswirkungen auf den Verkehr

Durch die Leistungsfähigkeit der autonomen Fahrzeuge lässt sich bei diesen eine Zeitlücke von 0,3s bis 0,5s erreichen. Die Maschinen können den Abstand besser einschätzen, sind ständig aufmerksam und können die Aktionen der vorausfahrenden Aktionen antizipieren. Dazu ist die Bandbreite bei autonomen geführten Fahrzeugen viel kleiner. Sie werden alle optimal eingestellt, sodass Sie alle mit einem kleinen ähnlichen Abstand fahren. Beim Menschen ist der Abstand sehr inkonstant und die Zeitlücke reicht im Beispiel auf einer Autobahn von 0,5s bis über 3s. Der Abstand ist oft vom Fahrer abhängig und selbst bei demselben Fahrer schwankt der Abstand während der Fahrt stark. Zudem erfolgt bei Menschen die Kontrolle eines Fahrzeugs über die Korrektur der Beschleunigung mit einem Gaspedal in unregelmäßigen Zeitabständen. Diese Unregelmäßigkeit entfällt bei autonomen Fahrzeugen, da sie konstant die Geschwindigkeit anpassen und nicht mit punktuellen Impulsen. Selbst im Mischverkehr kann ein autonomes Fahrzeug einem von Menschen geführten Fahrzeug mit deutlich kleinerer Zeitlücke folgen, auch wenn der Mensch sehr wechselhaft fährt. Durch zügigeres Anfahren und höherer Geschwindigkeit der Fahrzeugflotte, ermöglicht durch die Kommunikation mit den anderen Fahrzeugen und der Infrastruktur, kann noch mehr Potenzial erschöpft werden. Allerdings wird dieser Effekt im Mischverkehr deutlich geringer ausfallen, da die Kolonne durch die von Menschen gesteuerten Fahrzeuge verlangsamt wird.

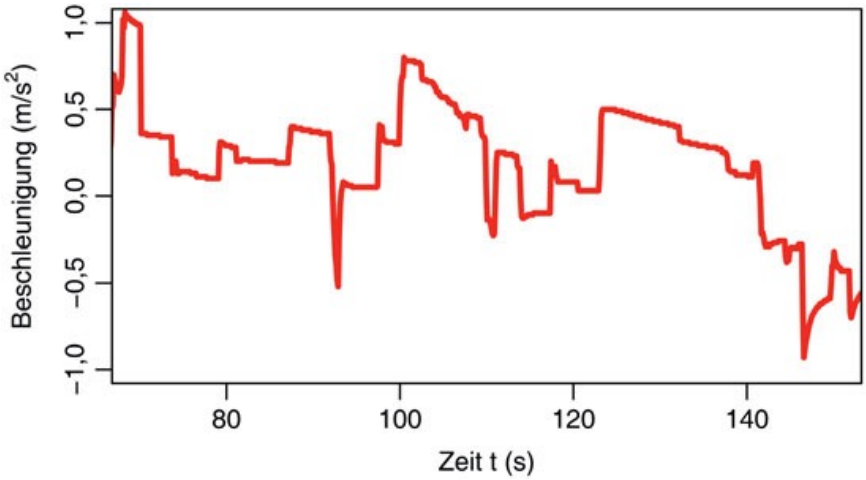


Abbildung 37: Sprunghafte Beschleunigung eines menschlichen Fahrers an Aktionspunkten.

Auswirkungen auf den Verkehr

In der Simulation wurde über einen längeren Zeitraum eine Situation an einer Ampel mit Festzeitsteuerung simuliert, denn die Kapazität innerhalb einer Stadt hängt gravierend von den Knotenpunkten ab. Dabei wurden verschiedenen Durchläufe mit unterschiedlichem Anteil an autonomen Fahrzeugen berechnet. Die Umstände waren für jeden Simulationsdurchlauf die gleichen. Während der Simulation wurden die Verlustzeiten pro Fahrzeug aufgezeichnet. Das Ergebnis zeigt, dass durch den Einsatz der autonomen Fahrzeuge deutlich mehr Fahrzeuge mit geringen Verlustzeiten fahren konnten und es erst mit einem erhöhten Verkehrsaufkommen zu einem stockenden Verkehr kommt. Während bei normalen Fahrzeugen schon bei 800 Fahrzeugen pro Stunde jedes Auto mindestens 1 Minute warten musste, wird die Verlustzeit bei einem 20 %-Anteil von autonomen Fahrzeugen bei 920 erreicht und bei nur autonomen Fahrzeugen erst bei 1750 Fahrzeugen.

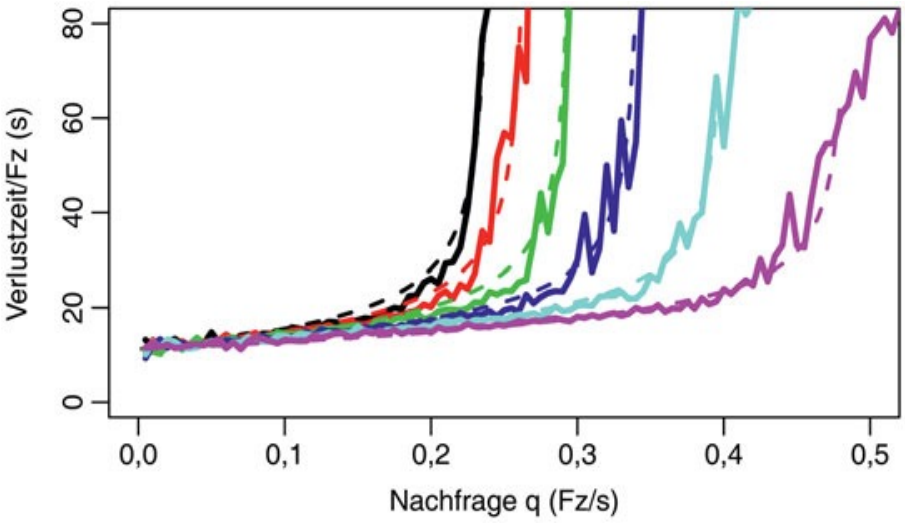


Abbildung 38: Verlustzeit an einer Ampel bei Veränderung der Nachfrage. Der Anteil der autonomen Fahrzeuge ist von links nach rechts: 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100%.

Auswirkungen auf den Verkehr

Mit Hilfe der Erhöhung der Kapazität gibt es die Möglichkeit, die Freigabezeiten an einer Ampel kürzer zu schalten, um die Zeit noch effizienter zu nutzen. Dies ist bei adaptiven Ampeln von entscheidender Bedeutung, wo die Freigabezeiten nach der aktuellen Nachfrage eingestellt werden. Für den Einfluss auf die Freigabezeiten wurde eine weitere Simulation auf einer Kreuzung vorbereitet. Dabei wird die Kreuzung gleichmäßig beansprucht und es gibt eine typische Spitzenstundengruppe, sodass zu der Zeit das Nachfragemaximum der Anlage erreicht wird. Das Ergebnis zeigt, dass sich besonders zur Spitzenstunde sowohl die Verlustzeit als auch die Freigabezeit rasant erhöht. Allerdings hat der Einsatz von autonomen Fahrzeugen das Potenzial, die Freigabezeiten und die Verlustzeiten zu verringern. Besonders wenn die Belastung am Maximum ist, lässt sich eine Effizienzsteigerung feststellen. Auch ein kleiner Anteil von autonomen Fahrzeugen im Mischverkehr kann bereits eine Effizienzsteigerung bewirken. Außerdem kann durch die Vernetzung zwischen den Verkehrsanlagen eine optimale Koordinierung geschaffen und die „grüne Welle" verfeinert werden.

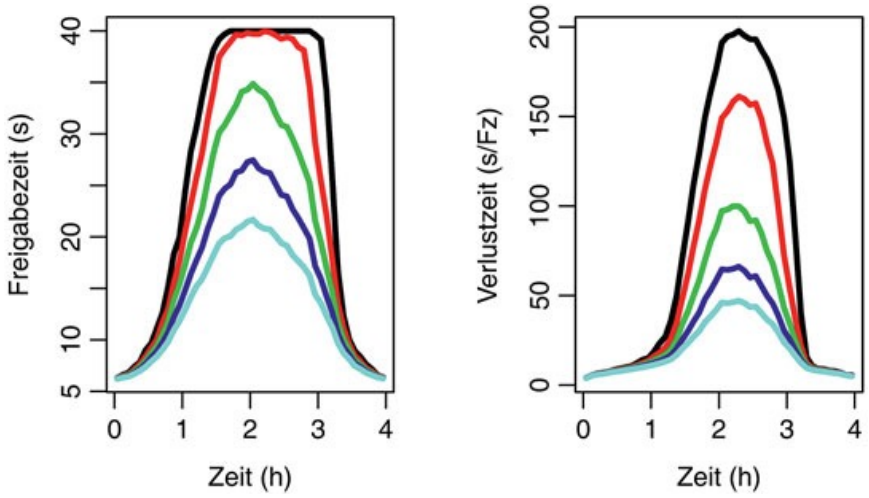


Abbildung 39: Freigabezeiten und Verlustzeiten an einer adaptiven Ampel mit unterschiedlichem Verkehrsaufkommen. Anteile der autonomen Fahrzeuge von oben nach unten: 0 %,25 %, 50 %, 75 %, 100 %.

Auswirkungen auf den Verkehr

Während die Kapazität vom Stadtverkehr maßgebend von den Knotenpunkten abhängt, bestimmt der maximal mögliche Verkehrsfluss auf den Streckenabschnitten die Kapazität im Fernverkehr. Die Komplexität für die autonome Mobilität ist im Vergleich zum Stadtverkehr deutlich geringer, da die Verkehrssituationen nicht so schwierig wahrzunehmen sind. Die Geschwindigkeit ist insofern der wesentliche Einfluss auf die Kapazität. Um die Stabilität vom Fernverkehr zu gewährleisten, darf die Verkehrsbelastung nicht die mögliche Kapazität übersteigen. Durch die Erhöhung der Kapazität mithilfe von autonomen Fahrzeugen kann dazu noch die Stabilität gestärkt werden.

Der Blick auf die Wirkung autonomer Fahrzeuge im Straßenverkehr verspricht erhebliche Steigerungspotenziale für die Effizienz im Verkehrsgeschehen, sowohl für die Streckenabschnitte im Fernverkehr als auch für die Knotenpunkte in Städten. Zwecks der Reduktion der Zeitlücken zwischen den autonomen Fahrzeugen und der gleichmäßigeren Geschwindigkeitserhöhung des gesamten Verkehrs kann eine Kapazitätssteigerung erreicht werden. Dazu trägt die Kommunikation untereinander zur Stärkung des Verkehrs und somit zur Stabilität bei. In Folge der erwarteten Erhöhung der Kapazität und Stabilität für bestehende Verkehrsinfrastrukturen reduzieren sich Staus und Verlustzeiten, womit die Qualität des gesamten Verkehrs erhöht werden kann. Durch Simulation gestützte Annahmen gehen von einer Kapazitätserhöhung von ca. 40 % im Stadtverkehr und von 80 % im Fernverkehr aus. Zudem wird bei einem rein autonomen Verkehr davon ausgegangen, dass eine vollständige Stabilität erreicht wird und ein Kapazitätsabfall vermieden werden kann. Angesichts der effizienteren Straßenausnutzung der aktuellen Infrastruktur können an einigen Stellen benötigte Ausbaumaßnahmen erspart werden, da die aktuelle Infrastruktur schließlich ausreicht. An anderen Flächen können Umbaupotenziale geschaffen werden, da die Fahrfläche und Parkfläche reduziert werden kann. Die autonomen Fahrzeuge haben zum einen die Möglichkeit, schmaler zu parken. Außerdem können die Fahrzeuge nach erreichen des Ziels weiterfahren und dann entweder außerhalb des Stadtzentrums parken oder von anderen genutzt werden. Ansonsten können die Zusatzbreiten bei Fahrstreifen entfallen, da keine Lenktoleranz bei autonomen Fahrzeugen notwendig ist. Damit steigen die Möglichkeiten zur Umgestaltung und Aufwertung der Straßenräume durch zusätzliche Nutzungsoptionen. Letztlich hat die autonome Mobilität das Potenzial, die Zukunftsfähigkeit der Städte und überörtlichen Raumstrukturen zu sichern, trotz des Städtewachstums und den Herausforderungen durch die Globalisierung und Digitalisierung.

Autonome Mobilität und Ethik
Wer soll im Zweifelsfall geschützt werden?

Ethik betrifft und begegnet uns Menschen in allen Lebelagen und -situationen und so natürlich oder auch gerade, wenn es um das Thema Autonome Mobilität geht. Diese Thematik bzw. Technik hat in den letzten Jahren das Thema Ethik sehr stark in den Vordergrund der Gesellschaft gerückt, da es jeden Menschen direkt oder indirekt betrifft und die aktuellen technischen Fortschritte autonome Mobilität in naher Zukunft flächendeckend ermöglichen könnten. Aber was genau an dieser Technik ist es, was einen so starken gesellschaftlichen Diskurs ausgelöst hat, an dem sich Wissenschaftler*innen, Automobilkonzerne und Regierungen beteiligen. Es ist die Frage, ob eine Künstliche Intelligenz (KI) oder vorab programmierter Algorithmus, welcher in einem Fortbewegungsmittel implementiert wurde, über das Leben und den Tod von Menschen entscheiden darf. Diese Kernfrage lässt sich in viele weitere Bereiche aufteilen, wie z. B. wer soll im Falle eines Unfalls geschützt werden oder wer trägt die Verantwortung in solchen Fällen. Im Folgenden soll betrachtet werden, wie oder ob solche Fragen überhaupt beantwortet werden können und ob ethische Entscheidungsprinzipien einen Einsatz von KI in der autonomen Mobilität rechtfertigen und möglich machen können.

Die oben gestellte Frage „Wer soll im Zweifelsfall geschützt werden?“, drückt die Möglichkeit, dass eine KI diese Entscheidung in einer Dilemma-Situation treffen soll, sehr positiv aus. Etwas härter formuliert könnte diese auch lauten „Wer soll im Zweifelsfall durch eine vorab programmierte KI getötet werden?“. Hier offenbart sich nämlich das zentrale ethische Problem der autonomen Mobilität, nämlich, dass mit der Programmierung einer solchen KI die Kurzschluss- bzw. Zufallshandlung eines Menschen in einer Gefahrensituation durch einen vorab festgelegten Algorithmus ersetzt wird, welcher aktiv und berechnet eine Person in einer Dilemma-Situation töten kann.

Wer soll im Zweifelsfall geschützt werden?

Zunächst soll aber eine solche mögliche Dilemma-Situation veranschaulicht dargestellt werden. Eine der wohl bekanntesten dieser Situationen ist wohl das sogenannte Trolley-Problem, bei dem ein Zug, der sich nicht bremsen lässt, auf eine Weiche zufährt und man selber diese Weiche umstellen kann. Fährt der Zug weiter, ohne das die Weiche gestellt wird, würde er eine Gruppe von fünf Personen töten, welche auf den Gleisen liegen und nicht gerettet werden können. Wird die Weiche umgestellt, fährt der Zug auf ein Gleis, auf dem eine Person liegt und getötet werden würde. Eine letzte Möglichkeit, den Zug aufzuhalten, wäre es, eine sehr füllige Person von einer Brücke zu werfen, sodass der Zug vor der Weiche zum Stehen kommt. Dieses Beispiel zeigt sofort, dass keine der Auswahlmöglichkeiten zu 100 % zufriedenstellend ist und es in einer Affektsituation möglich wäre zu entscheiden, jedoch diese Situation vorab zu planen sich als ethisch sehr schwierig darstellt.

Für den Fall der autonomen Mobilität wird folgendes Beispiel dienen, welches dem Trolley-Problem sehr ähnelt, jedoch etwas anschaulicher in Bezug auf die Technik der autonomen Mobilität ist.

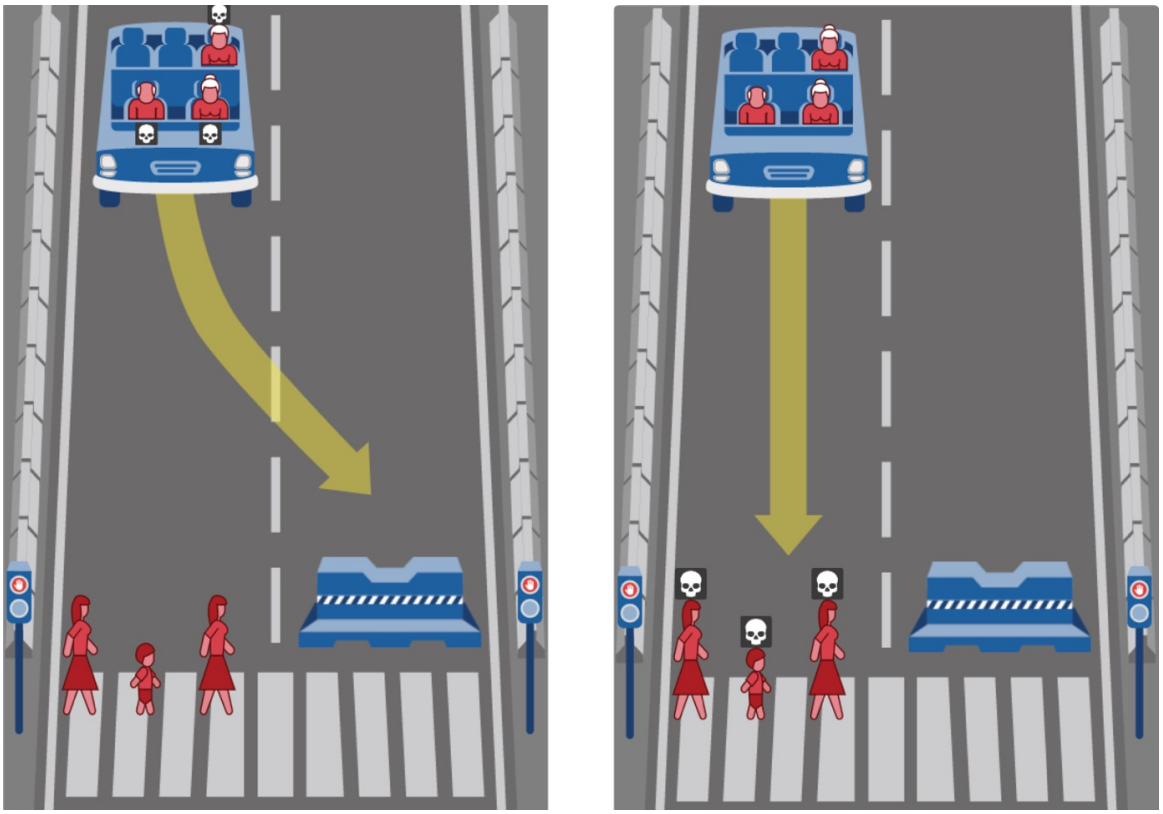


Abbildung 40: Dilemma Situation

Wer soll im Zweifelsfall geschützt werden?

In diesem Beispiel bewegt sich ein Auto mit insgesamt drei Insassen auf eine Gruppe mit drei Personen zu. Das Auto ist nicht mehr in der Lage zu bremsen, da die drei Personen kurz über die Straße gehen, obwohl die Fußgängerampel rot angezeigt. In dem Auto sitzen zwei ältere Damen und ein Mann mittleren Alters, die Gruppe, welche die Straße überquert, besteht aus zwei Frauen mittleren Alters und einem Jungen. Das autonome Fahrzeug hat in diesem Fall nur zwei Handlungsalternativen. Die erste wäre auf das Hindernis zuzufahren, was den Tod der Fahrzeuginsassen zur Folge hätte oder in der zweiten Variante die Fahrtrichtung beizubehalten und somit die drei Fußgänger zu töten. In diesem Fall stellt sich nun die Frage, wer sollte geschützt werden? Genau diese Frage müssen Unternehmen bzw. schlussendlich die jeweiligen Programmierer beantworten und klären, da es im Straßenverkehr zu solchen Situationen kommen wird und voll autonome Fahrzeuge für diese vorbereitet sein müssen. Klar ist es möglich, eine Entscheidung in einer solchen Situation zu fällen, aber ist eine Entscheidung unter ethischen Gesichtspunkten möglich?

Würde man dieses Dilemma nach utilitaristischen Gesichtspunkten, also zweckorientiert mit der Maxime vom größtmöglichen Glück der größtmöglichen Zahl betrachten, würden sich einige Begründungen für die beiden Situationen finden lassen. Eine mögliche Begründung für den zweiten Fall wäre z. B., dass die Fußgänger die Straße bei Rot übertreten haben und sich somit selbst in diese Gefahrensituation gebracht haben. Auf der anderen Seite könnte behauptet werden, dass das Kind in jeden Fall geschützt werden müsse, da es ja noch sein gesamtes Leben vor sich habe, wohingegen die beiden älteren Menschen schon sehr viele Erfahrungen machen durften. Oder es würde die Regel geben, dass die Menschen, die ein autonomes Fahrzeug in den Straßenverkehr einführen für diese Aktion haften und somit in solchen Dilemma Situationen die Entscheidung immer für den Schutz von Außenstehenden und gegen die Fahrzeuginsassen fällt.

Weitere Extremsituationen könnten sein, dass ein Algorithmus die Überlebenswahrscheinlichkeit von verschiedenen Verkehrsteilnehmern berechnet und auf Basis dieser Werte eine Entscheidung trifft. So könnte es z. B. dazu führen, dass eine Person auf einem Motorrad mit Helm eher von einem Auto angefahren wird als ohne Helm, da diese Person die größere Überlebenschance besitzt.

Moral Machine des MIT

Wer soll im Zweifelsfall geschützt werden?

Man merkt bei dieser Thematik und den „Argumenten“ für oder gegen eine der beiden Situationen relativ schnell, dass es hier keine wirklich richtige Lösung gibt und sich jede Entscheidung ein wenig falsch anfühlt. So können nach utilitaristischer Vorgehensweise nie alle Faktoren, die einen Menschen ausmachen und betreffen, wie z. B. das Leid von Angehörigen usw. ausgemacht werden. In der Studie „The social dilemma of autonomous vehicles“ wurde den Teilnehmern genau die Frage gestellt, nämlich wie autonome Fahrzeuge in solchen Dilemma Situationen handeln sollen. Auffällig war hierbei, dass in Befragungen zu verschiedenen Dilemma Situationen immer die gewählt wurde, welche das „größtmögliche“ Glück oder das „geringste Leid“ herbeiführen würde, also z. B. die Variante mit der geringsten Opferzahl. Diese Entscheidung wurde aber nicht in den Fällen getroffen, in denen Sie selber oder Angehörige im Auto saßen, sondern hier wurden ausschließlich die Fahrzeuginsassen geschützt, unabhängig von der Opferzahl. Dies zeigt noch einmal gut, dass eine rein utilitaristische Entscheidungsfindung keine Zukunft für das autonome Fahren hat, weil welche Person würde sich in ein Fahrzeug setzen, welches einen nicht selbst schützt und im Zweifelsfall sogar für andere opfert?

Dieser Punkt argumentiert vor allem mit der Umsetzbarkeit und Akzeptanz solcher utilitaristischer KI-Lösungen in Bevölkerung. Ein viel wichtigerer Punkt und einer der Gründe warum eine rein utilitaristisch geprägte KI eigentlich nicht die richtige Lösung sein kann ist, dass jeder Mensch gleichwertig ist, unabhängig vom Alter, der Herkunft, des Geschlechts oder möglicher Krankheiten und somit eine Aufrechnung bzw. Abwägung zwischen verschiedenen Menschen unmöglich macht. (Die Würde eines Menschen ist unantastbar)

Betrachtet man diese Dilemma Situationen unter den Gesichtspunkten des kategorischen Imperativs nach Immanuel Kant ergebt sich eine ähnliche Schlussfolgerung. Nach Kant wird eine Handlungsalternative nach einer zugrundeliegenden Maxime bewertet, welche im Vorhinein festgelegt ist.

Das Konzept des kategorischen Imperativs folgt dem Leitsatz:

„Handle so, dass Du wollen kannst, dass die Maxime deines Handelns, zum allgemeinen Gesetz werde.“

Wer soll im Zweifelsfall geschützt werden?

Nach diesem Leitsatz wäre eine mögliche Maxime, dass die Menschenwürde nicht verletzt werden soll, wie es bereits im Artikel eins des Grundgesetzes verankert ist. Mit dieser Maxime als Grundlage wäre der Grundsatz des Utilitarismus, so wenig Menschen, wie möglich zu töten, nicht möglich, da bei dieser Entscheidung Menschenleben gegeneinander aufgewogen werden.

Weitere Maximen, die dem kategorischen Imperativ folgen, können einzelnen Dilemma Situation lösen, geben allerdings keine zufriedenstellende Lösung für jede theoretisch aufkommende Dilemma Situation.

Die Frage „Wer soll im Zweifelsfall geschützt werden?“ ist unter ethischen Gesichtspunkten nicht abschließend zu klären. Dies liegt in erster Linie daran, dass durch die vorab programmierte Entscheidung für oder gegen ein Menschenleben die Spontanitätsentscheidung wegfällt, welche im Falle eines Unfalls auftritt. Der Mensch entscheidet in solchen Fällen reflexartig ohne eine genaue Berechnung der Situation, wodurch kein Mensch vorsätzlich benachteiligt oder bevorzugt wird. Mit der Berechnung von solchen Situationen im Voraus durch Algorithmen und Künstliche Intelligenz werden zwangsläufig Menschen bevorzugt oder benachteiligt, was unter dem Grundsatz, dass jeder Mensch gleich ist und dessen Würde unantastbar ist, ein großes Problem darstellt. Jedoch zeigt der folgende Abschnitt, warum es ethisch unkorrekt wäre, aufgrund dieser Dilemma Situationen, die Einführung autonomer Mobilitätslösungen zu verhindern.

Autonome Mobilität und Ethik
Reicht der Faktor Sicherheit als ethische Grundlage für den Einsatz der Technik?

Im Jahr 2019 kam es auf deutschen Straßen zu insgesamt 2,6 Millionen Autounfällen, bei denen insgesamt über 380.000 Menschen verletzt und 3000 Menschen getötet wurden. In 88 % dieser Unfälle ist ein Personenschaden auf das Fehlverhalten des Autofahrers zurückzuführen, sei es durch Alkoholeinfluss, eine falsche Straßenbenutzung oder nicht angepasste Geschwindigkeiten.
Laut einer Studie von McKinsey könnten durch einen voll-autonomen Verkehr und die damit verbundene Elimination der Fehlerquelle Mensch bis zu 90 Prozent aller tödlichen Unfälle verhindert werden, was die Zahl der Toten auf ein paar Hundert reduzieren könnte.

Auch im Flugverkehr zeigt sich ein ähnliches Bild wie im Straßenverkehr. So passieren vor allem dann Unfälle, wenn Menschen am Steuer sind, also bei Start und Landung des Flugzeugs (ca. 80 Prozent). Auch dies zeigt klar, dass die Einführung autonomer Mobilität im Flugverkehr viele Unfälle, welche auf menschliches Versagen zurückzuführen sind, verhindern kann und hier ein großes Potenzial besteht.

Im Bericht der Ethik-Kommission, welcher im Folgenden näher dargestellt wird, ist ein zentraler Punkt, der den Einsatz von KI in der Mobilität rechtfertigen würde, die Vermeidung bzw. Verringerung von Unfällen und damit verbundenen Verletzten und Toten im Straßenverkehr, was einer „positiven Risikobilanz“ entspreche. Diese würde auf jeden Fall in den Bereichen greifen, in denen Menschen die Vielzahl der Unfälle verursachen, da diese durch die KI-Steuerung zum Großteil eliminiert werden können und somit eine Vielzahl an Menschenleben gerettet werden kann.

Autonome Mobilität und Ethik
Wie beschäftigt sich der Regierung mit den ethischen Fragen der autonomen Mobilität?

Nachdem zuvor beleuchtet wurde, wie schwer es ist, in naher Zukunft eine Entscheidung über die Programmierung von KI für autonome Fahrzeuge zur Schutzfrage in Dilemma Situationen zu finden, stellt sich nun die Frage, wie und ob sich die Regierung mit diesem Thema auseinandersetzt.

Für diese Thematik wurde vom Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur im Jahr 2016 die Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren ins Leben gerufen. Das Ziel dieser Kommission ist es „die notwendigen ethischen Leitlinien für das automatisierte und vernetzte Fahren zu erarbeiten". Als Ergebnis dieser Kommission wurden insgesamt 20 ethische Regeln für den automatisierten und vernetzen Fahrzeugverkehr aufgestellt, die sich auf die Automatisierungsgrade der Stufen 4 und 5 beziehen.
Im Folgenden sind die Kernpunkte des Berichts dargestellt:

- Das automatisierte und vernetzte Fahren ist ethisch geboten, wenn die Systeme weniger Unfälle verursachen als menschliche Fahrer (positive Risikobilanz).
- Sachschaden geht vor Personenschaden: In Gefahrensituationen hat der Schutz menschlichen Lebens immer höchste Priorität.
- Bei unausweichlichen Unfallsituationen ist jede Qualifizierung von Menschen nach persönlichen Merkmalen (Alter, Geschlecht, körperliche oder geistige Konstitution) unzulässig.
- Eine Aufrechnung von Menschenleben ist untersagt.
- In jeder Fahrsituation muss klar geregelt und erkennbar sein, wer für die Fahraufgabe zuständig ist: Der Mensch oder der Computer. Wer fährt, muss dokumentiert und gespeichert werden (u. a. zur Klärung möglicher Haftungsfragen).
- Der Fahrer muss grundsätzlich selbst über Weitergabe und Verwendung seiner Fahrzeugdaten entscheiden können (Datensouveränität).

Autonome Mobilität und Ethik - Regierung

Diese Punkte zeigen eine klare Haltung der Kommission bezüglich der Aufrechnung und des Vergleichens von Menschenleben auf, nämlich dass dies nicht zulässig sein darf. So sagt der Bericht weiterhin aus, dass eine Programmierung auf die Minimierung der Opfer nur dann gerechtfertigt werden kann, wenn das Risiko jedes einzelnen Verkehrsteilnehmers in gleichem Maße reduziert wird. Allerdings weicht die Ethik-Kommission in der weiteren Erklärung der 20 ethischen Regeln etwas von dieser Position ab bzw. relativiert diese etwas. Es geht in diesem Fall, um ein Dilemma-Beispiel, in dem mehrere Leben bereits unmittelbar bedroht sind und es nur darum geht, so viele Unschuldige wie möglich zu retten, wie es ähnlich vorab dargestellt wurde. Hier betont die Ethik-Kommission, dass in solchen Fällen das Ziel sein solle, so viele Menschen, wie möglich zu retten und die Handlungsalternative gewählt werden solle, welche die wenigsten Menschenleben koste. Dies würde allerdings einer utilitaristischen Ethik entsprechen, welche in Bezug auf das Aufrechnen von Menschenleben nicht zielführend ist. Jedoch betont die Kommission, dass diese „Diskussion noch nicht befriedigend und auch nicht in jeder Hinsicht konsensual zu Ende geführt werden konnte, sodass weitere vertiefende Untersuchungen angeregt werden."

Dies zeigt abermals die Komplexität jener Dilemma-Situationen, welche sich durch die autonome Mobilität ergeben werden, da selbst eine Kommission aus 14 Wissenschaftler*innen und Expert*innen diese Fragestellung nach ethischen Gesichtspunkten noch nicht zufriedenstellend und abschließend beantworten konnte.

Neben der Regierung sollten sich auch Hersteller von autonomen Fahrzeugen zur Ethik dieser äußern, jedoch geschieht dies momentan noch sehr wenig und wenn Äußerungen getätigt werden sind diese sehr allgemein und bieten keine konkreten Lösungen zu den Dilemma Situationen.

Bericht der Ethikkommission

Fazit

Im Rahmen dieser Arbeit wollen wir Menschen über die Möglichkeiten von autonomen Mobilitätskonzepten und deren Auswirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft informieren. Die Vision vom autonomen, also fahrerlosen Fahrzeug hat die Menschen schon immer fasziniert. Die autonome Mobilität ist heute nicht nur noch eine Zukunftsvision, sondern sie wird in naher Zukunft Wirklichkeit. Dabei wird die autonome Mobilität die Zukunft in vielen Bereichen maßgebend verändern und bedeutende Chancen hervorbringen. Um diese Chancen wahrzunehmen, müssen allerdings zunächst die Herausforderungen bewältigt werden.
An den technischen Voraussetzungen und der Funktionsfähigkeit arbeiten die Entwickler und Unternehmen. Die Umsetzung wird dabei mit Prototypen und Projekten auf Teststrecken geprüft. Eine hohe Priorität besitzen die Sicherheitsanforderungen an das System, denn nur mit einem zuverlässigen Schutz gegen Hackerangriffe und Systemabstürze ist der Einsatz im Verkehr möglich. Weiterhin müssen klare einheitliche Regeln zum Datenschutz und der Datensicherheit definiert werden, weil durch die Vernetzung viele hochsensible Daten über die Verkehrsteilnehmer gesammelt werden. Um den Anforderungen der digitalen Infrastruktur gerecht zu werden, muss das Netzwerk auf ein flächendeckendes 5G Netz ausgebaut werden. Die Schuldfrage im Falle eines Unfalles muss neu definiert werden, da der Fahrzeugführer keine Schuld mehr trägt. Es müssen gesellschaftlich akzeptierte Verhaltensweisen integriert werden, wie sich das autonome Fahrzeug in einer Dilemma-Situation zu verhalten hat. Die rechtlichen Grundlagen geschaffen sind eine Grundlage, sodass ein autonomes Fahrzeug am Verkehr teilnehmen darf. Zum Schluss muss das Vertrauen in der Gesellschaft gewonnen werden, denn ohne die Akzeptanz in der Gesellschaft scheint eine flächendeckende Einführung unmöglich.

Wenn die Voraussetzungen für die autonome Mobilität zufriedenstellend gelöst werden, können durch den Einsatz von autonomen Systemen viele Möglichkeiten eröffnet werden. Die Verkehrssicherheit kann durch die Eliminierung von menschlichen Fehlern erheblich gesteigert werden. Durch den Entfall der Verantwortung kann die Fahrtzeit für sinnvolle Aktivitäten genutzt werden. Personen mit eingeschränkter Mobilität oder verminderter Fähigkeit zur Teilnahme können am Verkehrsgeschehen aktiv teilnehmen.

Fazit

Die Kapazität der Infrastruktur kann durch den effizienteren Verkehrsfluss aufgrund der Reduzierung des Abstands erhöht werden. Die Kapazitätssteigerung sorgt für eine Entlastung der Fahrbahnen und ermöglicht weitere Potenziale für die Raumnutzung innerhalb einer Stadt. Die autonome Mobilität kann den Verkehr umweltverträglicher gestalten, aufgrund der vorausschauenden Fahrweise. Der öffentliche Verkehr wird individueller und flexibler auf Personen ausgerichtet. Außerdem können Transportdienste wie Carsharings günstiger angeboten werden, da Lohnkosten eingespart werden können. Autonome Flugtaxis ebnen einen neuen Weg der Mobilität innerhalb einer Stadt. Der Entfall eines Fahrzeugführers eröffnet auch in der Wirtschaft große Potenziale. In vielen Bereichen der Wirtschaft kann durch die autonome Mobilität die Effizienz gesteigert und Kosten reduziert werden. Viele Projekte innerhalb der Wirtschaft erforschen die Möglichkeiten, die sich durch die autonome Mobilität etablieren. Beispielprojekte sind das Platooning, autonome Rangierlok oder auch autonome Drohnen.

Zusammenfassend gibt es noch viele Herausforderungen zu bewältigen, damit autonome Systeme sich endgültig durchsetzen. Allerdings arbeiten Forscher, Entwickler, Politiker und Unternehmen intensiv an Lösungen zu den Herausforderungen. Die Möglichkeiten und Chancen, die sich durch die autonomen Konzepte sind ein erstrebenswertes Ziel und werden die Zukunft in vielen Bereichen revolutionieren.

Weiterführende Literatur und Websiten

„Autonomes Fahren"; M. Maurer, J. Gerdes, B. Lenz, H, Winner; Springer; 2015

„Neue Dimension der Mobilität"; H. Proff; Springer; 2020; Wiesbaden

„Mobilität der Zukunft"; W. Siebenpfeiffer; Springer; 2021; Berlin

„Autonome Shuttlebusse im ÖPNV"; A. Riener, A. Appel, W. Dorner, T. Huber, J. Christopher, H. Wagner; Springer; 2020; Berlin

„Künstliche Intelligenz"; Wittpahl, Volker; Springer 2019; Berlin

„Autonomes Fahren"; https://www.quarks.de/technik/mobilitaet/autonomes-fahren-was-sind-die-technischen-herausforderungen/

„Deutschland soll Vorreiter beim autonomen Fahren werden"; https://www.zeit.de/mobilitaet/2021-05/bundestag-autonomes-fahren-gesetz-verkehrspolitik-strassenverkehr

„Wann wird das Lenkrad überflüssig?"; https://www.zeit.de/mobilitaet/2021-05/autonomes-fahren-selbstfahrende-autos-technik-gesetz-bundestag#inwieweit-fahren-neue-autos-heute-schon-selbststaendig

„Was ist ein Menschenleben wert?"; https://www.srf.ch/kultur/gesellschaft-religion/corona-und-ethik-was-ist-ein-menschenleben-wert

„Selbstfahrende Autos: Wirkungsvolle Lösung für den innerstädtischen Verkehr?"; https://www.bmu.de/themen/bildung-beteiligung/bildungsservice/aus-der-wissenschaft/selbstfahrende-autos/

„Urbane Mobilität und autonomes Fahren im Jahr 2035"; https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Innovation/datenland-deutschland-autonomes-fahren.pdf

„Autonomes Fahren – Deutsche Bahn"; https://www.deutschebahn.com/de/Digitalisierung/technologie/Die-DB-ist-Vorreiter-beim-autonomen-Fahren--3376636

„Begrenztes Klimaschutz-Potenzial durch automatisiertes Fahren"; https://www.springerprofessional.de/automatisiertes-fahren/nachhaltigkeit/begrenztes-klimaschutz-potenzial-durch-automatisiertes-fahren/16578216

„Hyperloop, Flugtaxi und Robocar – Luftnummern oder Geniestreich?"

https://www.adac.de/verkehr/standpunkte-studien/mobilitaets-trends/innovative-fortbewegungsmittel/