

Autonomous Vehicles - Overview and Ethical Challenges

Scientific elaboration

Dominik Blöse

25. März 2020

1 Einführung

In den letzten Monaten, gar Jahren ist *Autonome Fahrzeuge* ein stetig in den Medien vertretenes Thema. Dessen Dimensionen und Relevanz für die technische und gesellschaftliche Entwicklung ist eng verbunden u.a. mit den Begriffen *Autonomes Fahren*, *Assistenzsysteme* sowie rechtlichen- und ethischen Fragestellungen. Im medialen Diskurs werden diese und weitere Begriffe teils vermengt, in ihrer Verwendung nicht klar von einander differenziert. Zum einheitlichen Verständnis wird der Begriff *Autonomes Fahrzeug* im Folgenden als

das Fahrzeug ist mit einem Fahrroboter ausgestattet und besitzt deshalb die Möglichkeit, autonom zu fahren¹

verwendet. Ein *Fahrroboter* ist dabei

die Implementation der maschinellen (Fahr-)Fähigkeiten. Der Fahrroboter besteht aus Hardware-Komponenten (Sensoren, Prozessoren und Aktoren) und Software-Elementen. Er agiert als Hard- und Software analog zur Rolle des*der Fahrers*in in heutigen Fahrzeugen als Subjekt.²

Der Mensch wird von seiner Rolle als Fahrer*in entbunden und kann sich in der Folge während der Beförderung anderen Dingen widmen, sich erholen. Zu Unfällen der Autos untereinander aufgrund menschlichen Versagens wird es in der Zukunft nicht mehr geben. Des Weiteren wird Personen, die körperlich oder geistig nicht oder nicht mehr in der Lage sind ein Fahrzeug zu führen, mehr Mobilität und somit zusätzliche soziale Teilhabe ermöglicht. Bis dies flächendeckend der Fall sein wird, sowohl von der technischen Seite, als auch von der gesellschaftlichen Akzeptanz für diese Technik, wird noch einige Zeit vergehen. Gleiches gilt für die Entwicklung bis hin auf den heutigen Stand, wie der Blick in die Vergangenheit zeigt.

2 Geschichtliche Entwicklung

Im Jahre 1958 gab es in den Vereinigten Staaten erste erfolgreiche Versuche Fahrzeuge mittels eines in der Fahrbahn eingelassenen elektrischen Leitdrahtes in der Spur zu halten. Zwei Sensoren am Fahrzeug konnten seine Position erkennen und das Fahrzeug so steuern, dass dieser mittig

¹Definition angelehnt an Wachenfeld et al. [7]

²Definition angelehnt an Wachenfeld et al. [7]

unter ihm verlief. Ziel dieser Technik war die Anzahl der Unfälle insbesondere auf Highways zu reduzieren. Eine dem sehr ähnliche Technik findet heutzutage noch Anwendung in automatisierten Containerterminals, also ebenfalls einem Bereich in dem andere Arten von Verkehrsteilnehmer*innen nicht vorkommen. Zugleich wandelte sich damit die Vorstellung vom Auto als reinem Transportmittel hin zur Vision des Aufenthaltsbereichs, der alternativ genutzten Lebenszeit. Ende der Siebzigerjahre war es möglich die Straße mittels Kameras zu erkennen, man kam der menschlichen Wahrnehmung der Umgebung damit deutlich näher als mit der Leitdrahttechnik. Eine speziell errichtete Infrastruktur war somit nicht mehr notwendig. Nur blieb weiterhin für das Autonome Fahren eine hinreichend schnelle Verarbeitung der Daten, ein Erkennen und Folgen der anderen Fahrzeuge und sonstigen Verkehrsteilnehmer*innen die größte Herausforderung in der Orientierung und Wahrnehmung der Umgebung. Einen neuen Schub in dieser Richtung brachte das ab 1987 durchgeführte EUREKA Prometheus³ Projekt der Europäischen Gemeinschaft. Ziel dessen war es Fahrzeuge zu konstruieren, die folgende fünf Aktionen selbständig im normalen Straßenverkehr ausführen können:

- Spur halten
- im Konvoi fahren
- automatischer Spurwechsel
- eigenständiges Überholen
- automatisches Tracking anderer Fahrzeuge

Im Rahmen dieses Projekts entwickelte Daimler ein Fahrzeug, das es schaffte eine über 1000 Kilometer lange Fahrt ohne Eingriff durch den*die Fahrer*in zu bewältigen. Zwar „schrumpfte“ das Fahrzeug im Laufe des Projekts von einem Kastenwagen zu einer S-Klasse, allerdings auch diese nach Einbau der technischen Geräte nur noch eingeschränkt Platz für Mitfahrende oder gar Gepäck. Im Jahre 2004 lobte die DARPA⁴, eine amerikanische Behörde, einen seither jährlich stattfindenden hochdotierten Wettbewerb für Autonome Fahrzeuge aus. Neben amerikanischen Spitzenuniversitäten nahmen auch Forschungseinrichtungen aus anderen Ländern teil und stellten sich der Herausforderung Fahrzeuge zu entwickeln, die selbstbestimmt eine Strecke durch die Wüste, einen Parcours in einer Kleinstadt oder andere Aufgaben zu meistern hatten, zu entwickeln. Dies führte zu einem neuen Aufleben der Entwicklungen und in Folge zu einem gesteigerten Interesse verschiedener Firmen am Autonomen Fahren. Zahlreiche im Laufe der Jahre entwickelter Systeme haben bereits Einzug in die Automobile auf den Straßen als Assistenzsysteme gehalten.⁵ Beispielsweise forschte das Autonomes Lab der Freien Universität Berlin intensiv in diesem Bereich und erhielt 2011 die Genehmigung ein Autonomes Fahrzeug (mit Fahrer*in zum ggf. notwendigen Eingreifen) in Deutschland auf die Straße schicken zu dürfen[1]. Google brachte 2012 ein Fahrzeug auf die amerikanischen Straßen und seither sind die zahlreichen weiteren Versuchsfahrzeuge in der Erprobung im öffentlichen Raum unterwegs. Ein Projekt, das auf die öffentliche Personenbeförderung abzielt, ist das Hamburg Electric Autonomous Transportation Projekt[3]. Seit 2019 fährt im Rahmen dessen ein kleiner Bus völlig eigenständig durch die Hamburger Hafencity und ergänzt das Angebot des öffentlichen Personennahverkehrs. Lediglich eine Person überwacht das Geschehen und greift gegebenenfalls ein. In drei Phasen wird dabei bis zum Jahre 2021 die Geschwindigkeit mit von 15 km/h auf 50 km/h gesteigert.

³Prometheus ist ein Akronym für PROgraMme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety

⁴DARPA steht für Defense Advanced Research Projects Agency

⁵Mercedes-Benz bspw. bietet eine ganze Palette an Systemen die von Bremsunterstützung (ABS), Spur halten, Abstand halten bis hin zum Einparken dem*der Fahrer*in fast alle Aufgaben abnehmen können [5]

3 Sensortechniken

Ein Mensch nimmt seine Umgebung beim Autofahren wahr. Er sieht was vor und um ihn herum passiert, hört das Aufheulen anderer Motoren, wenn die Ampel Grün wird, ein Martinshorn. Er spürt zwischen Häuserschluchten das Fahrzeug versetzende Windböen, den Windschatten eines vorbeifahrenden LKW. Alles wahrgenommene behält er im Idealfall in seinem Kurzzeitgedächtnis, kann all diese Eindrücke im weiteren Verlauf der Situation in seine Fahrzeugführung einfließen lassen, hinter parkenden Fahrzeugen verschwundene Radfahrer*in beim Rechtsabbiegen wieder einkalkulieren. Kurz gesagt stetig sind drei Fragen im Blick zu behalten:

- Wo kann gefahren werden?
- Wie darf hier gefahren werden?
- Wer bewegt sich hier noch?

Ein Autonomes Fahrzeug muss all dies ebenfalls zuverlässig leisten können. Dazu verfügt es neben einem Akustiksensoren über Systeme, die verschiedene Bereiche des es umgebenden Raumes abdecken. Gängig sind ein Longe-range Radar für weite Entfernung, ein LIDAR (Light Detection And Ranging), eine Kamera, ein Short-range Radar, und ein Infrarotsensor für den Bereich direkt am Fahrzeug. Überlappend dargestellt sind die Einsatzbereiche der Sensoriksysteme in Abbildung 1.

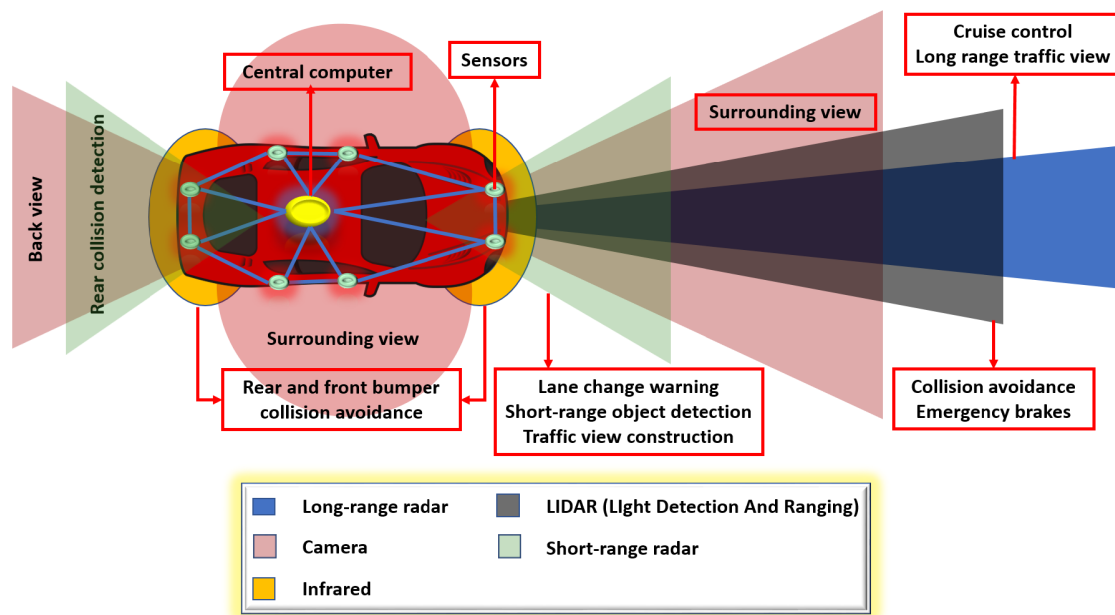


Abbildung 1: Umgebungsabdeckung der Sensoren [4]

Das Fahrzeug muss folglich eine Vielzahl an Informationen zu einem komplexen „Bild“ zusammenfügen und, unter Berücksichtigung rechtlicher und ethischer Aspekte, zu einer adäquaten Reaktion verarbeiten. Eine Fahrentscheidung, die auf den Werten zweier Sensoren beruht, kann deutlich von

den beiden jeweils nur auf einem einzelnen Sensor beruhenden Fahrentscheidungen abweichen.

4 Verarbeitung mittels künstlicher Intelligenz

Neuronale Netze, Methoden des Deep Learning spielen eine wichtige Rolle beim Umwandeln der Sensorinformationen zu einer adäquaten Fahrentscheidung. Seit Mitte der 90er Jahre kommen erstere verstärkt zur Anwendung. Zusammen mit verbesserten Algorithmen, einer in den letzten Jahren rasant gewachsenen Datengrundlage und einer schnelleren Hardware trug dies entscheidend zur Weiterentwicklung und Praxistauglichkeit Autonomer Fahrzeuge bei. Die eingehenden Signale der Sensoren müssen dabei sehr schnell zu einer adäquaten Fahrentscheidung verarbeitet werden, so dass das Fahrzeug seinen Fahrauftrag erfüllt und dabei die Anforderungen

1. Ein Autonomes Fahrzeug soll nicht mit Fußgänger*in oder Radfahrer*in kollidieren.
2. Ein Autonomes Fahrzeug soll nicht mit einem anderen Fahrzeug kollidieren, außer um 1. zu vermeiden
3. Ein Autonomes Fahrzeug soll nicht mit einem Gegenstand kollidieren, außer um 1. oder 2. zu vermeiden

an seinen Betrieb [2] sowie die gültigen Verkehrsregeln zu keinem Zeitpunkt verletzt.

5 Ethische Probleme

Ethische Aspekte sind in der Entwicklung und im Einsatz Autonomer Fahrzeuge von großer Bedeutung, da letzteres einen wesentlichen Teil des gesellschaftlichen Lebens beeinflusst. Die ethische Problematik in Bezug auf Fahrentscheidungen (Trolley Problem) und Schutzkonzepte der Fahrzeuge (Utilitarian vs. Self-protective Vehicles) werden an anderer Stelle thematisiert. Neben diesen gibt es allerdings noch weitere Aspekte im Bereich des Autonomen Fahrens.⁶

- Verantwortlichkeit
- Strukturwandel
- Normative Wirkung

Wer ist verantwortlich, wenn ein Autonomes Fahrzeug eine Sache oder eine Person beschädigt? Um sich dessen anzunehmen wurde das sogenannte Drei-Säulen-Modell der Haftung angepasst. In erster Instanz werden Haftungsansprüche an die Fahrer*in respektive die Person die den Fahrauftrag erteilt hat, die Betreiber*in des Fahrzeugs gestellt. Darauf folgend an den*die Halter*in und in letzter Instanz an den*die Hersteller*in. Somit ist die Person, die die „Ethik“ des Fahrzeugs programmiert hat, nur indirekt über die Firma betroffen und letztlich höchstens moralisch haftbar, wenn sie dies verspürt. Reicht dies aus in einer Welt die immer technischer wird, in der Programmierer*innen immer mehr Einfluss in allen Lebensbereichen gewinnen? Noch problematischer wird die Frage der Verantwortlichkeiten bei selbstlernenden Systemen, also Fahrzeugen die im laufenden Betrieb das eigene und das Verhalten anderer analysieren, in zukünftige Entscheidungen einfließen lassen und so neue Verkehrsregeln des Gesetzgebers und angebrachte Handlungsweisen erlernen.

⁶Die Frage ob es eine universelle, für alle Menschen und Kulturen gültige Ethik gibt, kann an dieser Stelle nicht hinreichend thematisiert werden.

Der Blick in die Geschichte zeigt, dass sich die Lebensgrundlagen, die Struktur einer Gesellschaft immer wieder durch Natureinflüsse, politische Strömungen oder technische Entwicklung gewandelt hat — Leben heißt Veränderung. In Deutschland sind im Taxi- und Beförderungsbetrieb ca. 250.000 Personen und im Busfahrdienst ca. 100.000 direkt beschäftigt. Die ethische Frage stellt sich an dem Punkt an dem die Gesellschaft eine Technik massiv fördert, die zur Folge haben wird, dass sich die Job- und Lebenssituation eines nicht geringen Teils der Gesellschaft sehr deutlich verändern wird. Anders als bei vielen technischen Neuerungen der letzten Jahrzehnte (bspw. Heimcomputer) ist der Wandel hier nicht nur primär extern durch Firmen am Markt getrieben, sondern von staatlicher Seite gefördert und erwünscht.

Ein ganz anderer Aspekt zeigt sich an der Frage der normativen Wirkung eines Autonomen Fahrzeugs, das Verkehrsregeln strikt folgt, auf den Verkehr. Dies ist insbesondere interessant in Ländern, in denen es auf der einen Seite zwar offizielle Verkehrsregeln gibt, der Verkehrsfluss selbst aber eher ungeschriebenen Gesetzen und situativ adaptiertem „gesundem Menschenverstand“ folgt. Wer einmal in Ägypten oder einer indischen Großstadt war, wird dies schmunzelnd anerkennen. Eine Verkehrssituation in der sich ein Autonomes Fahrzeug kaum gegenüber anderen Verkehrsteilnehmer*innen wird seinen Weg bahnen, sondern stetig zurückziehen wird. Will man trotzdem Autonome Fahrzeuge dort einsetzen so wird dies zu einem radikal anderen Verhalten im Straßenverkehr führen. Aber auch in unseren Kreisen kann eine derartige Technik dazuführen, dass ein nettes Vorbeilassen, eine Winkbewegung mit der Hand seinen Effekt verliert. Kurz gesagt die Technik entfaltet eine normative Wirkung auf den Verkehr in vielen Ländern, wirkt hin auf eine Einheitszivilisation[6].

Literatur

- [1] Autonomos Lab. <https://autonomos.inf.fu-berlin.de/faq/>. Letzter Zugriff am 24.03.2020.
- [2] J. C. Gerdes and S. M. Thornton. Impelemntable ethics for autonomous vehicles. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, and H. Winner, editors, *Autonomes Fahren - Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, chapter 4, pages 86–102. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2015.
- [3] Hamburg Electronic Autonomous Transport. https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/de/Home/Naechster_Halt/Ausbau_und_projekte/projekt_h_eat. Letzter Zugriff am 24.03.2020.
- [4] R. Hussain and S. Zeadally. Autonomous cars: Research results, issues, and future challenges. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 21(2):1275–1313, Secondquarter 2019.
- [5] Mercedes-Benz. <https://www.daimler.com/innovation/specials/chronologie-der-assistenzsysteme.html>. Letzter Zugriff am 24.03.2020.
- [6] R. Precht. *Jäger, Hirten, Kritiker: eine Utopie für die digitale Gesellschaft*. Goldmann, 2018.
- [7] W. Wachenfeld, H. Winner, J. Gerdes, B. Lenz, M. Maurer, S. Beiker, E. Fraedrich, and T. Winkle. Use-cases des autonomen fahrens. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, and H. Winner, editors, *Autonomes Fahren - Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, chapter 2, pages 9–37. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2015.