

Fahr-Innovationen: Vom antiken Wagenlenker zum Autonomen Fahren

Alexander Mirnig & Johannes Klopff (Salzburg)

*Der Körper ist mein Wagen,
die fünf Sinne sind meine Pferde,
mein Verstand ist der Zügel,
aber ich bin der Wagenlenker.*

(aus der Bhagavad-Gita)

Einleitung

Die Faszination der individuellen Automobilität gründet sich vor allem auf der Kontrolle des menschlichen Fahrers über Gaspedal, Lenkrad und Bremse. Der Individualverkehr ist noch ein letztes Refugium von Zufällen und Risiko in einer zunehmend kontrollierten und verwalteten Gesellschaft. Das *Autonome Fahren* (AF) bedeutet für alle beteiligten Wissenschaften einen enormen Komplexitätsschub hinsichtlich ihrer Verflechtung mit Problemen der *künstlichen Intelligenz* (KI). KI ist eine Schlüsseltechnologie für zukünftige Automobile und viele andere Branchen. Die Forschung und Entwicklung an automatisierten Fernstraßen und Fahrzeugen hat bereits eine über 50-jährige Geschichte, und es stellt sich die Frage, inwieweit die Vision realistisch ist, dass Menschen in naher Zukunft die Fahraufgabe vollständig an den Computer übergeben können. Aktuell sind mehr als 700 Unternehmen an der Entwicklung von Komponenten und Lösungen für autonome Autos beteiligt. Wie werden wir selbstfahrende Autos erleben? Ist der letzte Führerscheinneuling schon geboren?

Eine der ersten Begegnungsformen von intelligenten Robotern mit Menschen wird auf der Straße stattfinden, in Form von selbstfahrenden Autos. „*Kumpel, ich brauch dich jetzt!*“ Mehr braucht der ehemalige Polizist Michael Knight, David Hasselhoff als Knight Rider, nicht in seine Armbanduhr zu rufen. Schon fährt völlig selbstständig sein Wunderauto vor und hilft ihm zuverlässig aus jeder noch so brenzligen Situation. Michaels Gefährte beim Kampf für Recht und Gesetz ist der mit künstlicher Intelligenz versehene Sportwagen K.I.T.T., ein Vollautomat mit Verfügbarkeitsfahrer. Er kann sprechen, lautlos fahren, springen und wenn nötig sogar fliegen. Im Mittelpunkt der Serie steht der Dialog, die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine. Schon heute behandeln wir unsere Autos wie leben-

dige Wesen und finden darin nichts Unheimliches. Bereits in Asimovs Robotergesetzen¹ wurde Robotern ein *freier Wille* zugesprochen. Saudi-Arabien hat 2017 erstmalig einem humanoiden Roboter *Staatsbürgerrechte* zuerkannt: *Sophia*.²

Das autonome Fahren gilt heute, in professionellen wie in populären Kreisen, als eine *der* zukunftsweisenden Technologien unserer Zeit. Es ist einer derjenigen Fortschritte, mit denen sich das 21. Jahrhundert als solches auszuzeichnen und eine klare Abgrenzungslinie zu den nicht minder beeindruckenden Errungenschaften des 20. Jahrhunderts zu ziehen versucht. Doch wie so oft beginnt die Entstehung einer Technologie nicht erst ab dem Zeitpunkt, da es plötzlich in aller Munde ist, sondern bereits um Einiges früher – und auch das autonome Fahren ist hier keine Ausnahme. Man mag zunächst überrascht sein, da ja selbst das manuelle Fahren, zumindest gesamthistorisch betrachtet, keine sonderlich althergebrachte Technologie darstellt. Aber der Traum vom *sich-selbst-steuern*den *Automobil* wurde schon recht früh mitgeträumt, wenn auch die Umsetzbarkeit dank der technologischen Gegebenheit noch recht bescheiden gewesen sein mag. Aus diesem Grund beginnt auch die Geschichte vom autonomen Fahren bereits sehr bald – teils vor, teils nach der Erfindung des Automobils.

Rad und Wagen in Geschichte und Mythos³

Der entscheidende Wandel in der Lebensweise der Menschen im Neolithikum ist ursächlich auf das Ende der letzten Eiszeit zurückzuführen. Eine deutliche Klimaerwärmung setzte ein, Flora und Fauna passten sich den neuen klimatischen Verhältnissen an und die Landschaften veränderten ihr gewohntes Bild. Infolge dieser neuen naturräumlichen Situation bildeten sich Sesshaftigkeit, Ackerbau und Viehzucht als die wesentlichen Kennzeichen der neuen gesellschaftlichen Struktur. Die Fahrzeuge unseres täglichen Gebrauchs sind als Produkt einer langen Entwicklungsgeschichte zu betrachten, deren Beginn bis in das vierte Jahrtausend v. Chr. in den Vorderen Orient nach Uruk zurückreicht⁴. Aus dem Bewegungsprinzip und der Form des Spinnwirtels, der Rollsiegel oder auch der Töpferscheibe entsteht das Rad. Schleifen und Schlitten sind die Vorbilder des eigentlichen Wagens, der Aufbauten. Der Wagen setzt sich aus den Bestandteilen Rad, Achse und Wagenkasten zusammen. Der Wagen wurde nach derzeitiger Fund- und Sachlage in Mitteleuropa im Gebiet der *Trichterbecherkultur* erfunden, die sich von Südskandinavien bis nach Mähren, von den Niederlanden bis nach

1 <http://www.roboterwelt.de/magazin/die-robotergesetze-von-isaac-asimov/>

2 <https://www.wired.de/collection/life/erst-will-sophia-die-menschheit-zerstoeren-jetzt-ist-sie-der-erste-roboter-mit-staatsbuergerschaft>

3 aus Klopff 2018

4 s. Fansa 2004

Osteuropa erstreckte (um 4000 v. Chr.). Von dort drang die Wagenidee unter anderem nach Osteuropa und über den Kaukasus nach Mesopotamien. Die Nichterfindung des Wagens in den komplexen Andenkulturen und in China zeigt, dass eine „Hochkultur“ bzw. Verstädterung keineswegs zur Wagenerfindung führen musste. Womöglich wirkte die Verstädterung sogar *innovationshemmend* für den Wagen. Eine der ältesten Abbildungen eines Wagens mit Wagenlenker und Zugtieren ist auf einem Keramikgefäß aus dem Irak überliefert und datiert um circa 2800 v. Chr.

Wann das erste Wagenrennen genau stattfand, ist bis heute unklar. Fest steht aber: Seit 680 v. Chr. ist dieser gefährliche Pferdesport eine Disziplin der Olympischen Spiele. Ausstattung, Training und Unterhalt von Pferden, Wagen, Lenkern und Knechten waren sehr teuer. Die Ursprünge der Wagenrennen sind wahrscheinlich nicht römisch sondern hethitisch bzw. griechisch.⁵ In Griechenland war der von Pferden gezogene, von Menschen gelenkte Wagen ursprünglich ein Kriegsgerät. In der Ilias kommt der Streitwagen oft bei Gefechten zum Einsatz, wobei er schon eine Art Statussymbol darstellt. In der Römerzeit gab es große Massenveranstaltungen in der Arena und im Circus. Die Protagonisten, Gladiatoren und Wagenlenker, wurden genauso gefeiert wie Cristiano Ronaldo oder Lewis Hamilton heutzutage. Gaius Appuleius Diocles war ein Wagenlenker im antiken Rom und lebte im zweiten Jahrhundert nach Christus. Der aus dem heutigen Portugal stammende Lusitanier heimste bei Wagenrennen im römischen Circus Maximus Preisgelder in Höhe von fast 36 Millionen Sesterzen ein, genug, um den Sold sämtlicher Legionäre des Imperiums für fast zweieinhalb Monate zu bezahlen.

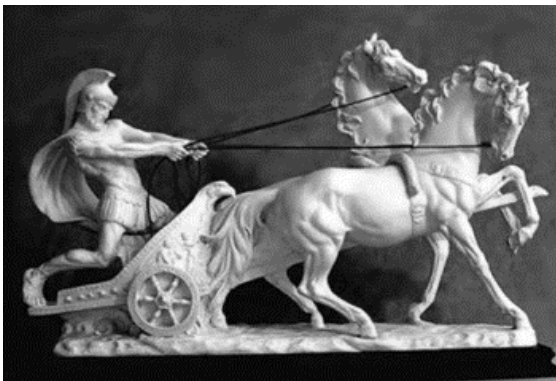


Abb. 1: Wagenlenker im antiken Rom⁶

5 <http://www.die-roemer-online.de/index.html?kultur/wagenrennen.html>

6 <http://www.ancient-origins.net/history-famous-people/gaius-appuleius-diocles-15-billion-athlete-ancient-world-007106>

Beweglichkeit als Element von Herrschaftswahrnehmung, *Geschwindigkeit* als Mittel zur Allgegenwart: das Erscheinen der Gottheit ist die höchste Form der Automobilität, denn die Gottheiten aller Religionen erscheinen schon immer übermenschlich automobil als Ausdruck ihrer Herrschaft über Raum und Zeit. Bereits die ältesten Aufzeichnungen, die Veden, erwähnen Luftfahrzeuge unter dem Begriff *Vimana* – *Fahrzeug der Götter*. Übersetzt aus den in Sanskrit verfassten Texten heißt *Vimana* „Flugobjekt“ und bedeutet wörtlich „Objekt, das in jeder Hinsicht beweglich (*vi-*), den Raum durchmessend (*-mana*) ist“. Immer wieder ist von den „Streitwagen der Götter“ zu lesen, die von Pferden gezogen wurden, teilweise auch wie Flugzeuge oder Raketen unterwegs waren. Sie fliegen mit Vogel- oder Fledermausflügeln, reiten auf Tieren, auf denen Menschen gemeinhin nicht reiten: Auf Delphinen und Fischen, auf Stieren und Böcken, auf Adlern und Schwänen und anderem Getier.

Der Tier-Mensch Enkidu des Gilgamesch Epos um 1200 v. Chr. zeigt, wie unscharf noch in dieser Zeit die Grenze zwischen Mensch und Tier verlief. Verwandt mit Mischwesen sind jene mythischen Tiere, die sich durch Kräfte auszeichnen, die ihre Artgenossen nicht teilen wie der nemeische Löwe, der Widder mit dem goldenen Vlies, die Feuer schnaubenden Stiere oder der Phönix. Diese Mischwesen sind Ausdruck des dämonisch-Göttlichen und damit des Unter- und Übrationalen und gehören zu den ältesten geschichtlich feststellbaren Bewusstseinsinhalten der Menschheit⁷. *Mischwesen*, die aus der Population verschiedener natürlicher Lebewesen wie Pflanzen, Tieren und Menschen hervorgegangen sind, sind ebensolche Phänomene, wie jene in denen Technomorphes sich mit Biomorphem vermählt hat. Mischformen von technisch-Instrumentellem und Biologischem entstanden in der Renaissance als *Monstrositas*, als Groteskwesen. Hier hat auch die Lehre, dass der Mensch eine Maschine sei, ihren Ursprung und führt über Descartes zu Julien Offray de LaMettrie.

Der altgriechische Schiffslenker oder Steuermann, der *Kybernetes*, fand etymologisch in dem römischen *Gubernator* als Gouverneur Eingang in das praktische Staatswesen. Er orientierte sich an den Sternen. Die Erdachse zeigt, wie die Deichsel des Kleinen Wagens, auf den Polarstern. *Der Große Wagen* ist kein eigenes Sternbild, sondern ein Teil des Großen Bären. Laut der griechischen Mythologie entstand das Sternbild Großer Wagen folgenmaßen:⁸

7 Speyer, 2012

8 <http://www.sternregister.de/sternbilder/grosser-wagen.php>

Gott Dionysos verweilte einst auf der Erde und suchte für sich ein Nachtquartier. Nachdem er mehrmals abgelehnt wurde, nahm ihn ein armer, gastfreundlicher Hirte auf, der sogar noch seine spärliche Mahlzeit mit ihm teilte. Zum Dank verrät Dionysos dem Hirten das Rezept zur Weinherstellung. Nachdem dieser den Wein hergestellt hatte, füllte er den Wein in Ziegenschläuche, lud sie auf seinen Wagen und besuchte damit befreundete Hirten, um sie von dem neuen Getränk kosten zu lassen.

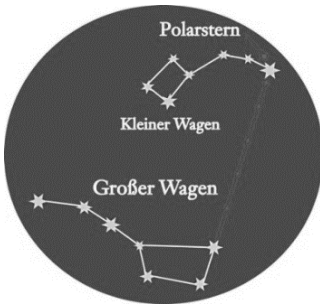


Abb. 2: Sternbild Großer Wagen⁹

Nachdem diese den Wein gekostet und einiges davon getrunken hatten, wurden sie betrunken und wähten sich von dem Hirten vergiftet. In ihrem Rausch wollten sie dafür an dem Hirten Rache nehmen und erschlugen ihn. Erst als sie wieder nüchtern wurden, erkannten sie, was sie getan hatten. Gott Dionysos war sehr bestürzt, als er sah, was mit dem Hirten geschehen war. Dem Hirten zu Ehren erhob er den Wagen des Hirten an den Nachthimmel, an dem er heute immer noch als Großer Wagen steht.

Als *Sonnenwagen* werden wagenartige mythologische Darstellungen bezeichnet, die die Fahrt der Sonne verbildlichen. Diesen fährt der griechische Gott Helios. Gezogen wird der einachsige Wagen von vier Feuerrössern. Überliefert ist auch der Mythos von der Wagenfahrt seines Sohnes Phaeton, *halb Mensch und halb Gott*¹⁰. Dieser bittet darum, für einen Tag den Sonnenwagen lenken zu dürfen. Helios versucht vergeblich, ihn von diesem Plan abzubringen. Phaeton besteigt den Sonnenwagen und rast los, das Viergespann gerät außer Kontrolle, er verlässt die tägliche Fahrstrecke zwischen Himmel und Erde und löst eine universale Katastrophe aus. Phaeton konnte den väterlichen Wagen zwar nicht steuern, „*doch er starb als einer, der Großes gewagt hatte*“.

Im Dialog *Phaidros*¹¹ schildert der platonische Sokrates den *Seelenwagen*. Der Geist erzeugt von sich ein gröberes Spiegelbild, er setzt sich in den Wagen der Psyche und lässt sich von ihr durch die Planetensphären fahren. Die Seelen sind ebenso wie die Götter geflügelte Wagenlenker. Jeder lenkt ein Gespann von zwei geflügelten Pferden. Die Götter haben nur gute Pferde, die menschlichen Seelen hingegen ein gutes und ein schlechtes. Mit intakten Flügeln kann das menschliche Gespann in den Himmel aufsteigen, doch bei Verlust des Gefieders fällt die unsterbliche Seele auf die Erde, wo sie einen sterblichen Körper annimmt. In einer himmlischen Prozession können manche Seelen den Göttern folgend bis zum „überhimmlischen Ort“

⁹ <https://www.lw-heute.de/?redid=32427>

¹⁰ Schlinkert, 2007

¹¹ Platon, *Phaidros* 246a–257a.

aufsteigen. Dort erblicken sie die platonischen Ideen, insbesondere die Idee des Schönen. Auf der Fahrt stoßen die Seelen aber auf große Schwierigkeiten, da ihr Gespann wegen der Verschiedenartigkeit ihrer Pferde schwer zu lenken ist. Das schlechte Pferd strebt, wenn es nicht sehr gut erzogen ist, nach unten, wodurch in dem Gespann ein Konflikt entsteht und das Gefieder beschädigt und schließlich eingebüßt wird. Die zur Erde gefallen Seelen können wieder aufsteigen, wenn das verlorene Gefieder nachwächst. Dieses Nachwachsen wird durch philosophische Betätigung und die Liebe zum Schönen ermöglicht.

Im Tarot ist der *Triumphwagen* die siebte Karte, es geht um die Darstellung der Heiligen Siebenheit in all ihren Manifestationen. In den Begriffen des Tarot ist der Wagen der *Archetyp des Geistes*. Im Jungschen Tarot¹² wird der Wagen nicht von Pferden gelenkt, sondern von *der Kraft der Krone* angetrieben, des obersten Schöpfers, dem allein der Wagenlenker verantwortlich ist. Der Sohn repräsentiert das entstehende Selbstbewusstsein, der Wagen als Symbol versichert, dass wir bei dieser Entwicklung nicht alleine sind und durch eine innere Führung, gleich einem Schutzengel, geschützt und geführt werden. Die Rückkehr des verlorenen Sohnes zum Vater bezeichnet Parmenides als *Wagenfahrt des Jünglings von der Nacht zum göttlichen Geist*, Platon in seinem berühmten Höhlengleichnis als *Aufstieg der Seele zur Sonne* (Gott, Geist).

In der Thronwagenmystik, in der Vision des Ezechiel, sind bereits die apparathaften und automatenartigen Züge des Gottesthrones zu erkennen. Göttliche Gestalten müssen maschinell erscheinen, durch Himmelsmaschinen oder durch Höllenmaschinen. *Der Reiter wird zum Fahrer*. Er hat etwas von einem *deus ex machina* an sich – ein Gott, wie er auf der Bühne des Mittelalters erschienen ist. Das *Ekkyklema* (von grch. ἐκκυκλεῖν – *herausrollen*) rollte die Figuren auf Rädern auf die Bühne und die darauf erscheinende Gottheit löste den gordischen Knoten einer scheinbar verfahrenen Situation. Gleich wie Gott schafft, kann auch der Mensch schaffen¹³. „*Der Wagen*“ warnt uns aber vor der Gefahr des Größenwahns, der Hypertrophie des Selbstbewusstseins und belehrt uns über den wahren Sieg, den das Selbst erringt.

12 Wang, 1988

13 vgl. Klopff, 2012



Abb. 3: Der Thronwagen¹⁴

„Himmel und Hölle bedingen einander, sie entsprechen einander komplementär in ihrer Bildpropaganda und konkurrieren in der Technologie. In den Maschinenpark der Hölle passt alles, was sich mit Feuer- oder Dampfdruckstoß, durch Verbrennung oder Explosion oder Zeugung von Feuerschweif, Funkenflug, Rauch, Dampfgeknatter, Geheul und Gestank fortbewegt. Höllen- und Himmelsmaschinen unterschieden sich dadurch, dass Gott seine Maschine schafft, den Kosmos als Sphärenmaschine (*machina mundi*), um sie als sein Vehikel, sein *Vermittlungsinstrument*, zu seinem *Erscheinen* – als *deus ex machina* – zu nutzen, während der Teufel, der Dämon, der Diabolus, selbst Teil – sozusagen unreines, unkeusches Teil – der Maschine ist und bleibt. Er bleibt ihr verhaftet, löst sich nicht von ihr und ist nicht zu erlösen; so quält er andere, und sich durch sie: als *diabolus in machina*“¹⁵.

14 <http://maerchenquelle.ch/912/frieden/spiritualitat/2010/merkabah-die-vision-des-hesekiel-ezechie/>

15 aus: Berns, 1996

Geschichte des Automobils und des autonomen Fahrens

Die Times in London sagte im Jahr 1894 voraus, dass bis 1950 die Straßen mit einer drei Meter hohen Mistschicht bedeckt sein würden; ein Kolumnist in New York, dass die Pferdeäpfel im Jahr 1930 bis zum 3. Stock der neuen Wolkenkratzer reichen würden. Die große Pferdekotkrise führte 1898 in New York zu einer internationalen Konferenz, die bereits nach drei Tagen ergebnislos abgebrochen wurde. Mit dem Aufkommen des Automobils, das sehr schnell auch für den Transportbereich entdeckt wurde, verschwand das Problem innerhalb weniger Jahre.¹⁶ Heute stehen wir vor einer ähnlichen Entwicklung – das Kfz mit Verbrennungsmotor sorgt, neben anderen mindestens ebenso starken Emissionsquellen, für Umweltprobleme wie Feinstaub etc., die man in den Griff bekommen muss. Die Lösung könnten alternative Antriebe und autonome Fahrzeuge sein. Trotzdem gibt es gute Gründe, von einer wachsenden Wertschätzung des Kulturguts Automobil und eines Neuaufbruchs der Oldtimerbewegung auszugehen. Wie das Pferd zu Anfang des 20. Jahrhunderts wird das Fahrzeug mit Verbrennungsmotor vielleicht im täglichen Leben überflüssig, aber deshalb nicht völlig verschwinden. Autonome Fahrzeuge verbinden uns auf ihre Weise wieder mit der Ära der Pferdekutschen, in der wir unsere Aufmerksamkeit nicht die ganze Zeit auf die Straße und den Verkehr lenken mussten.



Abb. 4: Erfinden von Carl Friedrich Benz 1886¹⁷

16 <http://www.vorkriegs-peugeot.de/berichte/peugeot-franz%C3%B6sische-automobilwesen/506-pferdemist.html>

17 Quelle: zdf.de, dpa

Die allerersten Anfänge lassen sich auf die Erfindung von Carl Friedrich Benz zurückverfolgen, welcher 1885 mit dem *Benz Patent Motorwagen* den ersten, mit Viertaktmotor betriebenen, Personenkraftwagen vorstellte und als solchen patentieren ließ. Ein großer Schritt gegenüber den Pferdefuhrwerken aber auch den für sich bereits als sehr fortschrittlich geltenden dampfbetriebenen Fahrzeugen dieser Zeit. Es bedurfte jedoch einiger Weiterentwicklungen, da die Modelle von Benz noch technisch unausgereift und schwierig in der Handhabung waren, so dass erst im Jahre 1913 mit dem Ford Modell T der Personenkraftwagen zum ersten Mal in die Serienproduktion ging, das erste für „jedermann leistbare“ Auto schließlich 1934 in Form des VW Käfers auf den Markt kam. Nun möchte man vermuten, dass irgendwo in diesem Zeitraum ab der Einführung des Personenkraftwagens die Anfänge des automatisierten Fahrens zu finden sind.

In Wirklichkeit kann man die ersten Schritte in diese Richtung aber bereits viel früher finden, wie etwa bereits im Jahre 1478 in Form eines der Konzepte von Leonardo da Vinci.

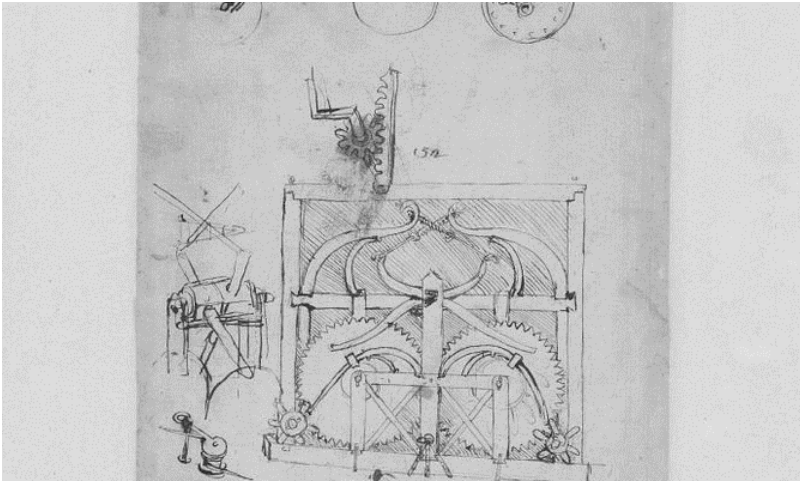


Abb. 5: Erste Anfänge von Leonardo Da Vinci¹⁸

Dieser hatte zu jener Zeit eine Konzeptzeichnung für ein als Attraktion intendiertes sich selbst bewegendes Gefährt erstellt, welches über einen Federmechanismus angetrieben einen vordefinierten Pfad zurücklegen sollte. Leider wurde dieses Konzept zur damaligen Zeit nie umgesetzt, gilt jedoch

18 Quelle: Biblioteca Ambrosiana, Milan, Italy / De Agostini Picture Library / Metis e Mida Informatica / Veneranda Biblioteca Ambrosiana / The Bridgeman Art Library; Marc Weber

bis heute als das erstbekannte Konzept für ein sich-selbst-steuerndes Fahrzeug. Dies jedoch auch nur dann, wenn man die Seefahrt außer Acht lässt, denn dieser Bereich stellt die wohl älteste Form der non-motorisierten Fortbewegungsautomatisierung des Menschen dar.

Den ersten direkteren Konnex findet man jedoch in der Luftfahrt: 1903 legten die Gebrüder Wright mit dem ersten motorisierten Flug den Grundstein für die moderne Luftfahrt. Rund 10 Jahre später gab es bereits die ersten Autopiloten für Flugzeuge, welche mittels Kompass und Höhenmessgerät und hydraulischer Verbindung mit den Flugzeugrudern dieses auf Kurs und Flughöhe ohne konstanter Intervention des Piloten halten konnte. Zwar noch weit davon entfernt, ein Flugzeug vollautomatisch zu fliegen, jedoch der erste Schritt in Richtung Selbststeuerung. Das Automobil selbst wurde schließlich 1939 der Fokus erster Automatisierungsbestrebungen, als beim New York World's Fair unter dem Namen „Futurama“ von General Motors die Konzeptstadt der Zukunft (aus damaliger Sicht 1960) vorgestellt wurde. Neben so mancher futuristischer Anwendung, wie etwa Helikopter-Landepads mitten in der Stadt, gab es bei diesem auch Autos, welche sich eigenständig ihren Pfad durch die Straßenzüge der Zukunft bahnen sollten, zu bestaunen. Ein erster konkreter Versuch, ein solches Konzept tatsächlich umzusetzen, wurde schließlich 1950 von der Radio Corporation of America getan, welche eine Teststrecke und Fahrzeuge mit Magneten ausstatteten, so dass diese so in ihrer Bahn gehalten werden konnten. Gleichzeitig war die Fahrzeugsteuerung über Funk mit an der Strecke befindlichen Kontrolltürmen verbunden, welche die Beschleunigung des Fahrzeuges steuern konnten. Wegen der erforderlichen Nachrüstungskosten und limitierten Reichweite wurde dieses Konzept jedoch nicht weiter ausgebaut oder je in dieser Form in den öffentlichen Verkehr integriert.

Und so waren es die Rüstungsindustrie und die Raumfahrt, die weitere wichtige Impulse zur Fahrzeugautomatisierung lieferten. Die sowjetischen Mars-Rover des Typs „Prop-M“ wurden entwickelt, um durch ein mit dem Lander verbundenes Kabel in einem Umkreis von ca. 15 Metern eigenständig die Marsoberfläche zu befahren und untersuchen, da Fernsteuerung von der Erde aus durch die hohe Signallatenz schwer bis nicht möglich gewesen wäre. Die Steuerung bemannter Raumfahrtraketen selbst verdankt wiederum ihren Erfolg zum Teil der Technologie zur Steuerung von Gefechtskörpern. So basierte etwa die Raketensteuerung des Apollo-Raumfahrtprogramm der USA zu Teilen auf dem Steuerungscomputer der Polaris-Rakete, einer aus U-Booten abgefeuerten Mittelstreckenrakete. Man erkennt, dass die Geschichte und die technischen Bestrebungen hinter der automatisierten Fortbewegung selten linear oder auf einen Bereich beschränkt verliefen und es dauerte bis ca. 2005, bis die verschiedenen Stränge zusammenliefen und langsam das moderne Fundament des autonomen Fahrens bildeten.

Im Jahr 2004 wurde zum ersten Mal die sogenannte „DARPA Grand Challenge“ der Defense Advanced Research Projects Agency der USA ausgeschrieben. Das Ziel dieser Challenge war die erfolgreiche Langstreckenfahrt eines selbstfahrenden Fahrzeuges. Insgesamt traten 15 Teams an, wobei das hochgesteckte Ziel, eine Strecke von 240 Kilometern erfolgreich zu befahren, nicht im Ansatz erreicht wurde. Die längste zurückgelegte Strecke betrug 11,78 km und wurde vom Team der Carnegie Mellon University erreicht. Angesichts dieses Ergebnisses wurde 2004 kein Sieger gekürt. Die aus 2004 gelernte Lektion machte sich jedoch bereits ein Jahr später bemerkbar, als bei der 2005 ausgeschriebenene zweiten DARPA Challenge immerhin fünf Teams die vollständige Strecke von 212 km erfolgreich absolvierten. Der zweite und dritte Platz gingen an Carnegie Mellon, wobei den ersten Platz das Team der Stanford University belegte, deren Fahrzeug die Strecke in sechs Stunden und 54 Minuten zurücklegen konnte – neun Minuten weniger als Platz zwei. Sebastian Thrun von Team Stanford wechselte schließlich zu Google, um dort die Entwicklung des selbstfahrenden Autoprojektes von Google zu leiten, aus welchem schließlich das *Google Car* und später *Waymo*¹⁹ wurde. Und hier ist es schließlich, wo die Fäden zu dem, was wir heute als das automatisierte Fahren bezeichnen, zusammenführen.



Abb. 6: The Road to Driverless Cars²⁰

¹⁹ www.waymo.com

²⁰ <https://www.engineering.com/DesignerEdge/DesignerEdgeArticles/ArticleID/12665/The-Road-to-Driverless-Cars-1925--2025.aspx>

Der gebürtige Schweizer Bob Lutz, eine Ikone der globalen Automobilindustrie, ist der Auffassung, dass wir uns dem Ende des Automobils nähern, wie wir es kennen, weil wir künftig in *standardisierten Modulen* bewegt werden.²¹ Seiner Meinung nach wird Autofahren im herkömmlichen Sinn in spätestens 20 Jahren verboten sein. Es wird letztendlich ein völlig autonomes Fahrzeug sein, in dem kein Fahrer das Steuer übernehmen kann! Sie rufen es, es kommt zu Ihnen, Sie steigen ein, geben Ihr Ziel ein und werden auf die Autobahn gefahren. Auf der Autobahn wird es sich in einen 120 oder 150 Meilen pro Stunde fahrenden Konvoi anderer Module einfädeln. An dieser Stelle sollen Eigenschaften des Individual- mit denen des Schienenverkehrs verschmelzen.

Automatisierungslevels und Forschungsfelder

Technologien werden immer weiter in unsere Umgebung integriert; sichtbar und erkennbar bleibt für den Menschen jedoch zumeist nur das, was er bedient. Wir begegnen diesen Schnittstellen im Alltag mittlerweile so häufig, dass wir sie deshalb oftmals gar nicht mehr als Computersysteme wahrnehmen. Die positive Vision ist, dass die Erweiterung nahezu aller Gegenstände um „*Kommunikationsfähigkeit*“ und eine gewisse „*Intelligenz*“ dazu führt, dass unser Alltag spürbar erleichtert wird und die „intelligente Umgebung“ uns auf „natürliche“ Art und Weise bei Bedarf unterstützt – von *artificial intelligence* zu *ambient intelligence*²². Das heißt, dass die Nutzung der Computerleistung nicht mehr Aufmerksamkeit erfordert als die Ausführung anderer alltäglicher Tätigkeiten wie gehen, essen oder lesen. Blickt man heutzutage in das Handbuch eines Autos, kann man 30 und mehr Elektromotoren in den verschiedensten Bauteilen finden, die unter anderem den Motor starten, den Scheibenwischer betätigen oder die Tür schließen. Was bleibt, ist die Steuerungsoberfläche dessen, was von vielen Menschen gerne als das System an sich angesehen wird: *die Schnittstelle*. Ob ein Autocockpit, die grafischen Benutzeroberflächen in Computersystemen oder Sprachsysteme einer Hotline, diese und andere Schnittstellen bilden den Übergang zwischen den Computersystemen und den Anwendern.

Das Auto der Zukunft wird technologisch aufgerüstet sein, es wird elektrisch sein – „*vom Benzin im Blut zum Strom mit Hirn*“. Es soll teil- und später vollautonom fahren können und es soll digital vernetzt sein. Noch kann man sein Leben jedoch nicht der Elektronik anvertrauen. Hochautomatisiertes Fahren kann in acht bis zehn Jahren auf Autobahnen realisierbar sein, AF im städtischen Mischverkehr mit großer Voraussicht nicht. Exper-

21 <https://www.heise.de/autos/artikel/Bob-Lutz-Autonomes-Fahren-zerstoert-die-Auto-branche-3887471.html>

22 s. Osswald et al., 2012

ten erwarten, dass insbesondere der Mischverkehr aus manuell und automatisch gesteuerten Fahrzeugen zu Problemen führen wird. So sollten zunächst spezielle autonome Fahrbahnen und Bereiche ausgewiesen werden, um autonomes Fahren dort „schrittweise“ einzuführen und Erfahrungen zu sammeln.²³ Google-Gründer Larry Page ist nebenbei an Start-ups beteiligt, die ein fliegendes Auto bauen wollen.²⁴ AF und Carsharing werden sich als sinnvolle Kombination symbiotisch entwickeln, weil autonom fahrende Fahrzeuge das Problem der Beschaffung und Rückgabe von Carsharing-Fahrzeugen lösen – von Car2Go zu Car2Come.

Wobei man anmerken muss, dass es nicht ganz korrekt ist, von „dem“ automatisierten Fahren zu sprechen. Vielmehr bedient man sich in der Fachwelt sogenannter Automatisierungslevels. Heute gelten hier die von der SAE International²⁵ im Fahrzeugstandard J3016 festgelegten sechs Automatisierungslevels als der weltweit gängigste und anerkannteste Standard. Nach diesem können Fahrzeugfunktionen anhand ihres Automatisierungsgrades in sechs verschiedene Levels, von null bis fünf, eingeordnet werden. Level-0 stellt hierbei ein pro-Forma-Level dar, welches schlicht und einfach ein jedes Fahrzeug ohne jegliche Automatisierungsfunktion beinhaltet. Level-1 denotiert Fahrzeuge, welche entweder über automatisierte seitwärts- (Lenkung) oder Längssteuerung (Beschleunigen, Bremsen) verfügen. Ein Spurhalteassistent oder Tempomat stellt also bereits ein System des Level-1 dar. Ein System auf Level-2 verfügt gegenüber Level-1 sowohl über automatisierte seitwärts- wie auch Längssteuerung gleichzeitig. Bei allen Automatisierungslevels bis einschließlich Level-2 liegt jedoch die Überwachung der Verkehrsumgebung sowie das Eingreifen im Notfall (die sogenannte „fallback performance“) noch im Aufgabenbereich des Menschen. Dies ändert sich erstmals auf Level-3, hier soll das System in der Lage sein, eine Fahraufgabe vollständig autonom auszuführen und dabei auch die Überwachung der Fahrumgebung zu übernehmen. Der Mensch übernimmt weiterhin das Eingreifen im Notfall, muss aber nicht mehr ständig auf die Fahrumgebung achten, sondern lediglich auf entsprechende Impulse seitens des Systems (Übernahmeaufforderungen) zeitgerecht und korrekt reagieren können. Auf Level-4 muss das System in der Lage sein, sowohl Fahraufgaben als auch Notfallmanagement zu übernehmen, so dass der Mensch als Notfallsicherung wegfällt. Level-4 ist hinsichtlich des Funktionsbereiches eingeschränkt, was bedeutet, dass das Fahrzeug nur in einem bestimmten

23 <http://tvthek.orf.at/profile/DOKeins-Highway-To-Hell/13844820/DOKeins-Highway-To-Hell-Settele-und-die-Zukunft-des-Autos/13952436>

24 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-06-09/welcome-to-larry-page-s-secret-flying-car-factories>

25 SAE International. 2018. Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Standard J3016. (2018).

Bereich (z. B. Flughafenshuttle) vollautonom funktionieren kann. Demgemäß ist ein System auf Level-5 nichts weiter als ein Level-4 System mit uneingeschränktem Funktionsbereich.

Level	Automatisierung/Autonomie	Fahrer
0	Keine Automation. Absolute menschliche Autonomie über das Fahrzeug. Keine Assistenzsysteme vorhanden.	Fahrer fährt selbst; er führt alle Fahraktivitäten selbst aus.
1	Fahrer-unterstützende Technologieelemente. Assistenzsysteme helfen (z. B. Tempomat, Parkassistent).	Fahrer behält vollständige Kontrolle.
2	Teilautomatisierung (z. B. Spurhalten, automatisches Einparken und Abbremsen).	Fahrer muss das Fahrgeschehen aktiv verfolgen und jederzeit eingreifen können, ist vollständig verantwortlich (<i>hands off</i>).
3	Hochautomatisierung (z. B. Auto überholt selbstständig).	Fahrer muss nicht permanent überwachen (<i>eyes off</i>).
4	Vollautomatisierung (System übernimmt dauerhaft die Führung des Autos). „ <i>Steuermann lass die Wacht!</i> “	Fahrer muss nur optional in Notfallsituationen eingreifen (<i>mind off</i>).
5	Autonomes Fahren / Fahrzeug ersetzt den Menschen. Alle Mitfahrer sind Passagiere.	Kein Fahrer erforderlich.

Tab. 1: Sechs Stufen der Fahrzeugautomatisierung (vgl. Eisenberger et al., 2016)

Dieses Stufensystem war nach dem erwarteten technologischen Werdegang konzipiert, wobei man davon ausging, dass mit zunehmender technologischer Reife der Fahrzeugsensorik und Fahralgorithmen, die Fahrzeuge nach und nach eigenständig mehr Fahraufgaben übernehmen können und diese in gleichem Maße vom Menschen an das Fahrzeug übergehen können. Prinzipiell funktioniert dies auch so, jedoch gibt es aus Forschungssicht einige zusätzliche Herausforderungen, die vor Allem Level-3 als sehr problematisch ausweisen. Dies ist primär der unglücklichen Kombination aus Umgebungsüberwachung durch das Fahrzeug bei gleichzeitiger Notfallsicherung

durch den Menschen gegeben. Wenn auch aus technischer Sicht der logische Schritt zwischen den Levels zwei und vier, so bedeutet dies für den Menschen in einem Fahrzeug auf Level-3, dass es durchaus möglich ist, dass das Fahrzeug in einer Notsituation das Steuer auf einen unvorbereiteten Lenker übergibt. Denn da der Mensch nur mehr auf Signale des Fahrzeuges reagieren muss, nicht jedoch aktiv die Verkehrsumgebung überwacht, ist zu erwarten, dass der Mensch in einer solchen Situation zusätzliche Zeit aufwenden muss, um sich erst der Verkehrslage bewusst zu werden und dann korrekt reagieren zu können. Da sich Notsituationen oft dadurch auszeichnen, dass wenig Zeit zum Reagieren bleibt, ist es eher unwahrscheinlich, dass dies eine realistische Perspektive darstellt. Zudem kann man vernünftigerweise annehmen, dass eine Person, welche zunehmend vollautomatisiert fährt, mit der Zeit an manueller Fahrfähigkeit einbüßt. Dies bedeutet wiederum, dass der menschliche Insasse eines Fahrzeuges des Level-3 womöglich weniger gut geeignet ist, die Fahrmanöver auszuführen, als dies ein Lenker eines Level 0-2-Fahrzeuges wäre.²⁶ Dieses Problem gilt bis heute als größtenteils ungelöst. Während von manchen Seiten der Appell lautet, Level-3 schlicht und einfach zu überspringen und gleich auf Level-5 hinzuwirken,²⁷ gibt es andererseits Bestrebungen, Interfaces für Level-3-Fahrzeuge so zu gestalten, dass diese dem Fahrer relevante Umgebungsinformationen konstant vermitteln, um so Kontrollübergaben besser vorzubereiten und zeiteffizienter durchführen zu können²⁸.

Ein weiteres Problem- und Forschungsfeld stellt die Navigation und Kommunikation im sogenannten Mischverkehr dar. Von einem Mischverkehr spricht man dann, wenn hochautomatisierte (Level-3/4+) und niedrig- bis nicht automatisierte Fahrzeuge im gleichen Verkehrsumfeld aufeinandertreffen. Hierbei ist die erste Herausforderung die Navigation der hochautomatisierten Fahrzeuge. Es wird angestrebt, dass automatisierte Fahrzeuge zukünftig nicht mehr primär auf ihre Sensoren angewiesen sind, sondern vielmehr die relevanten Fahrdaten seitens der Infrastruktur erhalten. Dies beinhaltet nicht nur die statische Verkehrsumgebung (Straßen, Gebäude, etc.) sondern auch die dynamische, darunter auch andere Fahrzeuge. Wenn die dynamische Verkehrsumgebung nur aus autonomen Fahrzeugen besteht, dann ist dies vergleichsweise einfach, denn diese können dann alle gleichermaßen mit der Infrastruktur verbunden sein und über diese ihre Information beziehen. Man darf sich das als eine Art Echtzeitkarte vorstellen, an welche jedes Fahrzeug konstant die eigene Position übermittelt und

26 Alexander G. Mirnig et al 2017

27 Wired. 2015. Ford's Skipping the Trickiest Thing About Self-Driving Cars. Online Article. (11 October 2015). Retrieved April, 2017 from <https://www.wired.com/2015/11/ford-self-driving-car-plan-google/>

28 Ioannis Politis et al.2015

gleichzeitig die Position aller anderen relevanten Objekte der Fahrumgebung erhält. Es ist damit möglich, die Fahrtrajektorie des Fahrzeuges zu planen und auch die Fahrt durchzuführen ohne dass das Fahrzeug die Straße „sehen“ müsste, so wie ein Mensch dies tut. Die Sensorinformationen dienen dann nur noch der Rücksicherung.

Sobald jedoch ein manuell gefahrenes Fahrzeug mit ins Spiel kommt, wird dies im System zur Unbekannten und macht solche Vorausplanung schwieriger oder – je nach Anzahl und Art der Fahrzeuge – gar unmöglich. Da in so einem Falle die Informationen, die das Fahrzeug seitens der Infrastruktur erhält, notwendigerweise unvollständig sind (da nicht verbundene Fahrzeuge oder Fußgänger ihre Position nicht an das System übermitteln und bestenfalls passiv erkannt werden können), muss es verstärkt nach fahrzeugeigener Sensorik operieren, welche in ihrer Reichweite stets eingeschränkter ist und in der Objekterkennung sicherlich weniger effektiv ist, als ein System, in welches jedes Verkehrsobjekt die eigene Signatur selbst beisteuert. Aber auch auf menschlicher Seite sind die hochautomatisierten Fahrzeuge mitunter schwieriger durchschaubar, als dies ein Fahrzeug mit menschlichem Lenker wäre. Blickkontakt und Handzeichen können ohne menschlichem Bezugspunkt nicht mehr zum Auflösen unklarer Vorrangs- oder sonstiger Situationen herangezogen werden und bedürfen entsprechender Ersatzlösungen, um im Mischverkehr die gleiche Effektivität wie im manuellen Verkehr zu bieten. Ebenso werden viele Situationen im manuellen Verkehr implizit durch initiatives oder passives Fahrverhalten gelöst. Jedoch ist das Beschleunigungs- und Bremsverhalten automatisierter Fahrzeuge oft anders als jenes manueller Fahrzeuge, so dass die Intensionskommunikation nicht mehr eindeutig funktioniert und es daher zusätzlicher Kommunikationshilfen seitens der automatisierten Fahrzeuge bedarf. Ein Beispiel hierfür ist ein Konzept von Mercedes, welches via Projektion einen Schutzweg auf die Straße projiziert, um Fußgängern zu kommunizieren, dass diese erkannt wurden und vor dem Fahrzeug sicher die Straße überqueren können. Jaguar Land Rover hingegen experimentierte mit verschiedenen Prototypen, die die Fahrzeuge tatsächlich mit Augen an der Vorderseite zu versehen, um diesen Kommunikationskanal nachzubilden und im Mischverkehr aufrecht zu erhalten.

Es handelt sich hierbei nur um einen Auszug der Herausforderungen, die es noch zu lösen gilt, bevor die Automatisierung auf den Straßen vollständig Einzug halten kann (u.a. auch die ethische Frage nach den zulässigen Handlungen eines Entscheidungsalgorithmus²⁹). Der Traum vom selbstfahrenden Fahrzeug rückt jedoch stetig näher, wobei gerade aus diesem Grunde der

Mensch nicht vergessen werden darf, wenn die Technologie ihren Primärzweck, nämlich die erhöhte Sicherheit im Transport von Menschen, erreichen will.

Automatisiertes und Autonomes Fahren

Die Entwicklung des autonomen Fahrens ist der größte Innovationstreiber der Autobranche mit ihren Fahrzeugherstellern und Systemlieferanten. Die USA kann im Bereich der Fahrzeugautomatisierung als Spitzenreiter angesehen werden. Momentan kommt kein Anbieter auch nur annähernd an die Anstrengungen von *Google* heran³⁰. Zukunftstechnologien sind Teil eines gesellschaftlichen Heilsversprechens. Wenn autonomes Fahren tatsächlich Unfälle verringern soll, muss das „menschliche Versagen“ zuverlässig ausgeschlossen sein. Die große Mehrheit aller Verkehrsunfälle ist auf menschliche Fehler zurückzuführen, dies sind insbesondere die Missachtung von Verkehrsregeln, das falsche Einschätzen von Gefahrensituationen sowie Alkoholeinfluss. Autonome Fahrzeuge könnten die Unfallzahlen womöglich drastisch senken, geschätzt wird eine Unfallverringerung von 90 bis 95%.

Laut dem SAE-Standard sind ab Level-4 alle Eingriffe durch den Fahrer *optional*, selbst in Notsituationen. Ein Level-4-Fahrzeug agiert praktisch wie in Level-5, nur ist dessen Operationsbereich eingeschränkt. Ein Level-4 Fahrzeug muss über die Funktionalität, autonom eine sogenannte *minimal risk condition* erreichen zu können, verfügen – entweder wenn eine Übergabe an den Fahrer von diesem nicht bestätigt oder das Fahrzeug das Ende des definierten Operationsbereiches erreicht. In Interviews mit Piloten, um Strategien für sichere und effiziente Übergaben zu identifizieren, die dann auf semiautonome Autos umgelegt werden können, fanden Trösterer et al. (2017) eine Ähnlichkeit zum Fahrzeugkontext, da Flugzeuge zwar verstärkt automatisiert unterwegs sind, jedoch, wenn man diese auf den Fahrzeugkontext umlegt, noch irgendwo zwischen Level-3 und 4 einzuordnen sind. In der aktuellen Fachliteratur³¹ liegt der Fokus auf Studien, wie die Übergabe vom Fahrsystem zum Fahrer (*takeover*) schneller erfolgen kann, ebenso wie die korrekte Entscheidung des Systems eine Übergabe einzuleiten. Derzeit ist ein starker Trend Richtung Vollautomatisierung (Level-5) sichtbar, welcher auch wegen der schwierigen Lösbarkeit von Level-3 Übergaben in sicherheitskritischen Situationen geschuldet ist. Eine Art Teufelskreis, da man davon ausgeht, Level-3 bald überwunden zu haben, die Transitionsphase jedoch umso länger dauert, so lange es keine effektiven Lösungen für den Mischverkehr gibt.

30 s. Herger, 2017

31 s. Mirnig et al., 2017

Im Mischbetrieb besteht der Straßenverkehr aus Fahrzeugen mit allen Automatisierungsgraden (vgl. Maurer et al., 2015) von „*Driver only*“ über „*assistiert*“ bis „*vollautomatisiert*“. Da die Gesamtheit aller Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen sich nur über einen Zeitraum von etwa 20 Jahren weitestgehend erneuert, ist davon auszugehen, dass unter der Annahme einer evolutionären Entwicklung in absehbarer Zukunft kaum zu erwarten ist, dass ein Großteil der Fahrzeuge ohne Fahrerinteraktion betrieben wird. Es gibt drei Szenarien für die Einführung von höhergradig automatisierten Fahrzeugen³²:

- Die **Evolution** der Fahrerassistenzsysteme durch die etablierte Automobilindustrie,
- die **Revolution** der Individualmobilität durch automobilfremde Technologiefirmen und
- das **Zusammenwachsen** der Individualmobilität mit der öffentlichen Personenbeförderung als Transformation durch Firmenneugründungen und Mobilitätsdienstleister.

Aus psychologischer Perspektive besteht zwischen automatisiertem (assistiertem) und autonomem Fahren kein linearer Übergang, sondern ein Gegensatz³³. Das Mensch-Maschine-Verhältnis wird umgekehrt, *die Maschine wird zum Fahrzeugführer*, der Fahrer wird zum Fahrgast. Autofahren wird in der Regel als wenig anspruchsvolle Tätigkeit wahrgenommen. Wer sich mit Fahraufgaben und Anforderungsanalysen beschäftigt, erkennt jedoch schnell, dass das Autofahren unter allen Formen der Verkehrsbeteiligung *als die komplexeste Aufgabe mit den höchsten Anforderungen an die psychomente und psychomotorische Leistungsfähigkeit gilt*. Studien zeigen, dass Autofahren eine komplexe Gehirnaktivität erfordert, was sich dementsprechend auch beim Entwickeln von Fahralgorithmen gezeigt hat. Zerlegt man die Fahrtätigkeit in einzelne, aufeinander folgende Aufgaben und definiert einen korrespondierenden Ausschnitt aus dem Systemvollzug, zeigt sich *eine enorme Varianz der Aufgabenkomplexität innerhalb einer Fahraufgabe*. Die Vielfalt an Möglichkeiten im realen Leben stellen KI-Systeme und das Maschinlernen vor große Herausforderungen. Ein maschinell lernendes System trifft Entscheidungen aufgrund von Wahrscheinlichkeiten. Während die Fahrt auf einer Autobahn relativ einfach für ein KI-System zu erlernen ist, gestalten sich Stadtszenarien und solche, die nur selten vorkommen, recht schwierig. Individuelles Lernen von Fahrzeugen, in dem Sinne dass sie ihre eigenen Algorithmen verändern, stellt die Software-Hersteller vor große Probleme, da sie daran interessiert sind, dass das Verhalten der Fahrzeuge deterministisch bleibt, um dieses Verhalten jederzeit

32 s. Beiker, 2015

33 Schlag, 2016

nachstellen zu können. Andererseits kann man zwar alle Regeln einprogrammieren, die Komplexität realer Verhaltenssituationen kann damit nicht erfasst werden.

Die Automatisierung stellt eine Gefahr hinsichtlich einer Dequalifizierung der Lenker dar. Solange der Fahrer ins System eingreifen kann, benötigen wir geschulte Fahrer. Die Rolle wandelt sich vom aktiv handelnden Lenker hin zum passiven Systemüberwacher. Wenn ein Mensch etwas nicht kann, dann die Überwachung eines Systems, das gut funktioniert. Auf den Fahrer kommen neue Aufgaben zu, wie die Übergabe (*handover*) und Übernahme (*takeover*) der Fahraufgabe³⁴. Trotzdem muss der Fahrer jederzeit wahrnehmungsbereit sein und die Fahrzeugsteuerung bei einer Übernahmeaufforderung unverzüglich übernehmen können. Die riskanteste Phase beim Übergang zum AF wird die Phase sein, bei der die Kontrolle zwischen Mensch und Maschine geteilt wird; das Wichtigste wird sein, den Menschen das Steuer so schnell wie möglich ganz aus der Hand zu nehmen. Die Regierungen werden sich daher rascher an neue Technologien anpassen, als die Menschen selbst wollen. Es soll hier aber auch nach der Akzeptanz gefragt werden dürfen: *Wer will überhaupt autonom gefahren werden?* Die Selbstfahrtechnologie verspricht Kostenreduktion durch Unfallvermeidung und weniger Umweltkosten durch verringertes Fahrzeuggewicht. Da die Umgebung das Fahrverhalten selbstfahrender Autos beeinflusst, wird der Anteil an Roboterautos am Verkehrsgeschehen erst ab einer kritischen Masse von 50 bis 75 Prozent zu den erhofften Effizienzsteigerungen führen.

Verkehrsverhalten ist aber immer auch Sozialverhalten. Historisch gab es eine stetige Koevolution von technischen und sozialen Systemen. Im Zentrum der Forschungsarbeiten zur Wechselwirkung zwischen teil- und hochautomatisierten Fahrfunktionen und dem menschlichen Verhalten stehen unterschiedliche Automatisierungsstufen und die Problembereiche der Automatisierung: *Vertrauen, Kompetenzverlust und Situationsbewusstsein*. Autonome Fahrzeuge werden sich primär vorsichtiger verhalten als menschliche Autofahrer, da sie wenig Wissen über den Kontext und wenig informelle Zeichen besitzen. Die Car2car-Kommunikationsmöglichkeiten sind heute noch sehr beschränkt und wenig verlässlich. Wie sollen autonome Systeme z. B. die Intentionen anderer Verkehrsteilnehmer einschätzen? Mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern wird die Kommunikation mit Blicken, mit Aktionen und Aktionsreihenfolgen vielfältig genutzt. Je nach mentaler Situation wird mehr oder weniger intensiv miteinander verhandelt, z. B. beim Überschreiten des Fußgängerübergangs, dazu benötigt man grundsätzlich die *Fähigkeit zur Perspektivenübernahme*. Das Führerscheingesetz (FSG) hat die Eignung des Lenkers im Blick, während für die „Eignung“ des automatisierten Fahrsystems die Zulassung bedeutsamer wird. Im

34 Claesen, 2017

Hinblick auf die Straßenverkehrsordnung stellt sich insbesondere die Frage, wie in einer automatisierten Fahrzeugwelt etwa mit dem *Vertrauensgrundsatz gemäß § 3 StVO* umzugehen sein wird³⁵. Sind automatisierte Fahrzeuge in einer bestimmten Weise zu kennzeichnen und damit vom Vertrauensgrundsatz graduell auszunehmen? Kann für autonome Autos der Automatisierungsstufe fünf der Vertrauensgrundsatz gelten? Die Teilnahme am Straßenverkehr erfordert ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksichtnahme. Nur dank dem Vertrauensgrundsatz können wir Ampeln und Vorfahrt haben, ansonsten müsste man in der Tat an jeder Kreuzung soweit abbremsen bis anhalten, um sicher zu gehen, dass die kreuzenden Straßen frei sind oder die diese befahrenden Autos bereits angehalten haben. Die besondere Herausforderung in den nächsten zehn bis 20 Jahren besteht darin, dass zahlreiche unterschiedliche technische Innovationen bevorstehen, die jede für sich genommen rechtlich zu beurteilen ist. Zentral für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge in Österreich sind das Verkehrsrecht, das Datenschutzrecht sowie das Haftungs- und das Strafrecht. Automatisiertes und autonomes Fahren unter Einsatz selbstlernender Fahrzeugsteuerungen bringen grundlegende rechtsphilosophische und rechtstheoretische Fundamente ins Wanken, es entstehen neue Schadens- bzw. Haftungskonstellationen.

Welcome to the machine

Die Risiken der künstlichen Intelligenz liegen nicht in irgendeiner dystopischen Zukunft, sie existieren hier und jetzt. Von echten autonomen Robotersystemen sind wir aber noch immer sehr weit entfernt. Die Automatisierung bringt eine tiefere Verflechtung in den Verbund *Mensch-Maschine*. AF könnte für die KI und für die Evolution der technologischen Zivilisation eine Schlüsselrolle spielen, da sich Menschen und Robot-Cars in einem Mischverkehr, einem für Menschen und Maschinen gemeinsamen Gefahrenbereich, standpunktbezogen und autonom sozialisieren müssten. Maschinen, die denken, denken wie Maschinen. Entscheidungen zu treffen und zu denken ist nicht dasselbe und man sollte beides auch nicht miteinander verwechseln (*Kognition und Volition*).

35 s. Eisenberger et al., 2016



Abb. 7: Was bringt die Zukunft?³⁶

Ein interessanter Teilaspekt ist, dass der Mensch auf dem Weg zur Vollautomatisierung immer mehr zum Passagier wird, haftungstechnisch dies jedoch kaum abgebildet ist oder zumindest kein Handlungsbedarf besteht, solange alle Fälle nach wie vor mit klassischer Besitz- und Gefährdungshaftung abdeckbar sind.³⁷ Zwischen assistiertem und autonomem Fahren besteht kein linearer Übergang sondern ein Gegensatz, das Mensch-Maschine-Verhältnis wird umgekehrt. Grenzen und Risiken werden selten thematisiert, der „*Faktor Mensch*“ soll ausgeschlossen werden. Menschliches Versagen gehört zu den Hauptunfallursachen, doch sie resultieren aus einer Wechselwirkung des Gesamtsystems *Mensch-Fahrzeug-Umwelt*. Es bedarf noch eines erheblichen Aufwandes, die Zuverlässigkeitswerte des Fahrers mit technischen Komponenten zu übertreffen. Das Fazit der DGVP³⁸ empfiehlt, dem Fahrer seine aktive Rolle im Fahrer-Fahrzeug-Wirkkreis zu erhalten. Nach allen bisherigen Erkenntnissen der Verkehrspsychologie ist von der Maschine zu fordern, dass sie dem Menschen in schwierigen Situationen hilft, und nicht, dass sie ihm das Fahren abnimmt. Die Hochautomation der Verkehrswelt ist nicht primär Sicherheitstechnologie, sondern legitimiert sich aus wirtschaftlichen und industriepolitischen Zielsetzungen.³⁹

36 Quelle: spectrum.mit.edu

37 <https://doi.org/10.1145/3003715.3005456>

38 Fastenmeier et al., 2016

39 http://www.dgvp-verkehrspsychologie.de/wp-content/uploads/2016/08/DGVP_Positionspapier-03-2016_Automatisches-Fahren.pdf

Auf die Frage nach dem geparkten Auto wird dieses immer noch als *Teil des Ichs* empfunden: „*Ich stehe da drüben.*“ Das hochautomatisierte Fahrzeug wird aufgrund der Verschiedenartigkeit seines geteilten „Gespanns“, ganz im Sinne eines zweiköpfigen Groteskwesens, und damit einhergehend der möglicher Konflikte auf lange Zeit eine Reihe unberechenbarer Probleme generieren.

Der Mensch als Wagenlenker bleibt einstweilen, bis zur vollständigen Ablösung durch *echte* autonome Maschinen, ein „diabolus in machina“ mit all seinen Vor- und Nachteilen.

Literatur

- BEIKER, S. (2015). Einführungsszenarien für höhergradig automatisierte Straßenfahrzeuge. In M. J. MAURER, Ch. GERDES, B. LENZ & H. WINNER. (Hrsg.), *Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (S. 198-217). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- BERNS, J. J. (1996). Die Herkunft des Automobils aus Himmelstrionfo und Höllenmaschine. Berlin: Wagenbach.
- CLAESEN, R. (2017). Automatisiertes Fahren und die Zukunft der Fahrprüfung und -ausbildung. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 4, 176-177.
- EISENBERGER, I., GRUBER, Ch. J., HUBER, A. & LACHMAYER, K. (2016). Automatisiertes Fahren. Komplexe regulatorische Herausforderungen. *Zeitschrift für Verkehrsrecht*, 61(10), 383-392.
- EISENBERGER, I., LACHMAYER, K. & EISENBERGER, G. (Hrsg.) (2017). *Autonomes Fahren und Recht*. Wien: Manz-Verlag.
- FANSA, M. & BURMEISTER; S. (Hrsg.) (2004). *Rad und Wagen. Der Ursprung einer Innovation. Wagen im vorderen Orient und Europa. Archäologische Mitteilungen Nordwestdeutschland, Beiheft 40*. Mainz: von Zabern.
- FASTENMEIER, W., SCHLAG, B., KUBITZKI, J., RISSER, R. & GSTALTER, H. (2016). Hochautomatisiertes oder autonomes Fahren als wünschenswerte Zukunftsvision? Offene Fragen mit Blick auf die Mensch-Maschine-Interaktion. http://www.dgvp-verkehrspsychologie.de/wp-content/uploads/2016/08/DGVP_Positionspapier-03-2016_Automatisches-Fahren.pdf
- HERGER, M. (2017). *Der letzte Führerscheinneuling ist bereits geboren*. Kulmbach: Plassenverlag.
- KLOPF, J. (2018). Die Verkehrspsychologie im transdisziplinären Spannungsfeld von Technik und Umwelt. Vom Wagenlenker der Antike zum Autonomen Fahren – das neue Bewusstsein der Maschinen? *Psychologie in Österreich. Themenschwerpunkt: Verkehrspsychologie*. Vol. 38, S. 7-18, März 2018
- KLOPF, J. (2016). Vom Trickster als Archetyp zur Sozialfigur des erfolgreichen Psychopathen. In J. Klopff, M. Gabriel & M. Frass (Hrsg.), *Trickster – Troll – Trug*. (Salzburger Kulturwissenschaftliche Dialoge, Band 4) (S. 11-52). Salzburg: Paracelsus-Verlag.
- KLOPF, J. (2012). *Anima machinae: Gsellmanns Grab der Seele und die technische Zivilisation*. In J. Klopff, M. Frass & M. Gabriel (Hrsg.), *Mythos – Mensch – Maschine* (Salzburger Kulturwissenschaftliche Dialoge, Band 2) (S. 241-260). Salzburg: Paracelsus-Verlag.
- LA METTRIE, J. O. de. (1985). *Der Mensch als Maschine*. Nürnberg: LSR-Verlag.

- MAURER, M. J., GERDES, Ch., LENZ, B. & WINNER, H. (Hrsg.) (2015). *Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- MIRNIG, A. G., GÄRTNER, M., LAMINGER, A., MESCHTSCHERJAKOV, A., TRÖSTERER, S., TSCHELIGI, M., MCCALL, R. & MCGEE, F. (2017). Control Transition Interfaces in Semiautonomous Vehicles: A Categorization Framework and Literature Analysis. In Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '17), September 24–27, 2016, Oldenburg, Germany, 209–220. DOI: <https://doi.org/10.1145/3122986.3123014>
- MIRNIG, A. G., MESCHTSCHERJAKOV, A. (2019). Trolled by the Trolley Problem: On What Matters for Ethical Decision Making in Automated Vehicles. In Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19). ACM, New York, NY, USA, Paper 509, 10 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3290605.3300739>
- OSSWALD, S. & MIRNIG, N. (2012). An der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine: Über die Natürlichkeit und Unnatürlichkeit von Interaktion. In J. Klopff, M. Frass & M. Gabriel (Hrsg.), *Mythos – Mensch – Maschine* (Salzburger Kulturwissenschaftliche Dialoge, Band 2) (S. 293–310). Salzburg: Paracelsus-Verlag.
- POLITIS, I., BREWSTER, St., POLLICK, F. (2015). Language-based multimodal displays for the handover of control in autonomous cars. In Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. ACM, 3–10.
- SAE International. (2018). Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Standard J3016.
- SCHLAG, B. (2016). Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr – Offene Fragen aus Sicht der Psychologie. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 2, 94–98.
- SCHLINKERT, D. (2007). Von Phaeton zum Volkswagen Phaeton: Mythos, Kutsche, Automobil. In M. Korenjak, M. & S. Tilg (Hrsg.), *Pontes IV. Die Antike in der Alltagskultur der Gegenwart* (S. 303–314). Innsbruck: StudienVerlag.
- SPEYER, W. (2012). Artikel *Mischwesen*. In T. Klauser et al. (Hrsg.), *Reallexikon für Antike und Christentum. Sachwörterbuch zur Auseinandersetzung des Christentums mit der antiken Welt*, Band 24 (S. 864– 925). Stuttgart: Hiersemann.
- TRÖSTERER, S., MESCHTSCHERJAKOV, A., MIRNIG, A.G., LUPP, A., GÄRTNER, M., MCGEE, F., MCCALL, R., TSCHELIGI, M. & ENGEL, T. (2017). What We Can Learn from Pilots for Handovers and (De)Skilling in Semi-Autonomous Driving: An Interview Study. In Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '17), September 24–27, 2016, Oldenburg, Germany, 173–182. DOI: <https://doi.org/10.1145/3122986.3123020>
- WANG, R. (1988). *Tarot Psychologie. Handbuch für das jungianische Tarot*. Neuhäusen: Urania-Verlag.
- WIDMANN, N. (2017). Autonomes Fahren & Recht – Die Perspektive der Geoinformation. In I. EISENBERGER, K. LACHMAYER & G. EISENBERGER (Hrsg.), *Autonomes Fahren und Recht* (S. 43–50). Wien: Manz-Verlag.