

„Villa Ladenburg – Autonomes Fahren im Straßenverkehr der Zukunft“

Förderprojekt der Daimler und Benz Stiftung

(Laufzeit Oktober 2012 – September 2014)

Sammlung aller Exposés aus den Projekt-Workshops

Berlin, Mai 2014

Recht / Legal

Tom Gasser	<i>Fundamental and Specific Legal Questions for Autonomous Vehicles</i>	5
Stephen S. Wu	<i>Product Liability</i>	8
Bryant Walker Smith	<i>Regulation and the Risk of Inaction</i>	10
Thomas Winkle	<i>Technische und rechtliche Risiken autonomer Fahrzeuge</i>	12

Sicherheit / Safety and Security

Klaus Dietmayer	<i>Prädiktion der Wahrnehmungsleistungsfähigkeit</i>	15
Hermann Winner, Walther Wachenfeld	<i>Testing, validation, safety concept, self-monitoring</i>	18
Hermann Winner, Walther Wachenfeld	<i>Lernen autonome Fahrzeuge?</i>	21
Andreas Reschka	<i>Safety concept for autonomous vehicles</i>	23
Kai Rannenberg	<i>Opportunities and Risks associated with Collecting and Making Usable Additional Data</i>	26

Verkehr / Traffic

Peter Wagner	<i>Verkehrssteuerung und Verkehrsmanagement in einem Verkehrssystem mit autonomen Fahrzeugen</i>	31
Bernhard Friedrich	<i>Verkehrliche Wirkungen autonomer Fahrzeuge</i>	33
Thomas Winkle, Markus Maurer	<i>Sicherheitsgewinn durch autonomer Fahrzeuge</i>	36
Heike Flämig	<i>Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes</i>	39
Marco Pavone	<i>The Value of Robotic Mobility-On-Demand Systems</i>	42

Mobilität / Mobility

Barbara Lenz, Eva Fraedrich	<i>Automated Driving allowing for Innovative Mobility Concepts</i>	46
Sven Beiker	<i>Implementation of a Self-Driving Transportation System</i>	48
Dirk Heinrichs	<i>Automatisiertes Fahren und Stadtstruktur</i>	51

Rita Cyganski	<i>Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren aus Sicht der Nachfragemodellierung</i>	55
----------------------	--	----

Hermann Winner, Walther Wachenfeld	<i>Auswirkungen des autonomen Fahrens auf das Fahrzeugkonzept</i>	58
---	---	----

Mensch und Maschine / Human and Machine

Chris Gerdes	<i>Implementable Ethics</i>	62
---------------------	-----------------------------	----

Patrick Lin	<i>Ethics and Autonomous Vehicles</i>	64
--------------------	---------------------------------------	----

Berthold Färber	<i>Verhandlungen/Kommunikation von autonomen Fahrzeugen; Kompensation von Fehlern anderer Verkehrsteilnehmer</i>	65
------------------------	--	----

Ingo Wolf	<i>Wechselwirkung Mensch und autonomer Agent</i>	67
------------------	--	----

Individuelle & Gesellschaftliche Akzeptanz / Individual & Societal Acceptance

Eva Fraedrich, Barbara Lenz	<i>Societal and Individual Acceptance of Automated Driving</i>	71
------------------------------------	--	----

Eva Fraedrich, Barbara Lenz	<i>Automated Driving in relation to the use and ownership of cars</i>	74
------------------------------------	---	----

Sven Beiker	<i>Introduction Strategies for Automated Vehicles</i>	77
--------------------	---	----

Fabian Kröger	<i>Automated Driving in the context of cultural and societal history</i>	80
----------------------	--	----

David Woisetschläger	<i>On the Relevance of Brand Knowledge for the Marketing of Autonomous Cars</i>	82
-----------------------------	---	----

Gesellschaftlicher Rahmen / Societal Framework

Armin Grunwald	<i>Gesellschaftliche Organisation des Risikos für Autonomes Fahren</i>	84
-----------------------	--	----

Miranda A. Schreurs, Sibyl Steuer	<i>Role of politics in developing and implementing autonomous driving</i>	88
--	---	----

Jutta Weber	<i>Der mediale Diskurs über autonome Fahrzeuge am Beispiel ausgewählter deutschsprachiger Print- und Online-Medien</i>	91
--------------------	--	----

Recht *Legal*

Tom Gasser: Fundamental and Specific Legal Questions for Automated Vehicles

Initial comments on a legal approach to automated vehicles

Jurisprudence, as a hermeneutic discipline, is limited to the exegesis and application or enforcement of established law, court decisions and other legal texts. Vehicle automation is a development that has been discussed with a focus on technology over the last few decades. Only very recently are legal aspects being considered closely – consistent with the now assumed rise in probability of technical realization. The challenge to jurisprudence is twofold; managing the number of uncertainties, while attempting the evaluation of non-existing technologies. From what is obvious so far, the paradigm shift from the driver-controlled to a machine-driven vehicle (without driver monitoring) in an open traffic environment has revealed (at least) inconsistencies within current regulations and court decisions. New regulations are therefore considered necessary to allow for higher levels of automation while the established legal regimes persist. Thus, here lies the basic challenge of any legal approach: The established legal precedent does not and cannot adequately handle automated vehicles.

Ultimately, overarching legal principles will persist and there is a benefit of looking closely into a set of legal issues of today that have either turned out important for Driver Assistance Systems already or are deemed to be relevant for automation. Since fundamental legal values will endure as the essential framework in future, this can also lead the way for technological development, serve as input to requirements for new regulations, and, as the very least, raise important questions from a legal standpoint at an early stage.

The two specification sheets this exposé covers contain a number of concrete legal questions of which only a few can satisfactorily be answered today. A lack of an applicable legal framework becomes apparent in the light of the leading use-cases described for this initiative. The legal questions in part, as implied by the vehicle on demand use-case, assume a mode of mobility that is already far from road traffic known today. While the presentations focus strongly on the concrete questions, the paper will attempt to combine these issues and draw conclusions at higher level.

Analysis of today's risk and tomorrows requirements for automated vehicles

What is striking about the existing system of road traffic today is that in spite of a large number of fatalities and severe injuries, this issue does not garner much public attention. Looking closely into accident statistics reveals that in Germany almost 20,000¹¹ people (in 2012 and only in built-up areas) were either killed or severely injured as pedestrians or cyclists in traffic accidents. This must be acknowledged in the light of the German Constitution (Grundgesetz) that

¹ The precise number according to German Accident Statistics for 2012 is: 7,838 pedestrians and 11,748 cyclists were either killed or severely injured (in sum: 19,586).

is explicit in respect of a general obligation of the German State to protect the individual against severe damages to life and health (Art. 2 para. 2 GG). While for road traffic, it is arguable that motorists

might be willing to bear the risks themselves concerning motorized traffic, however this is definitely not the case for pedestrians or cyclists.²²

So, if this obligation was properly transposed in case of automated vehicles, this will mean to require an automated control to perform far better – at least in respect of safety for non-motorized road users – than human drivers do today. Many accidents could be avoided if all road users applied the necessary caution in traffic at all times. It may be possible to design a corresponding amount of precaution into automated control which would enhance overall safety. However, the question remains, whether precautionary design of automated control will suffice to avoid accidents to the extent of the remaining residual risk any technology implies. It seems imaginable that the system of road traffic as we know it today might contain a structural risk we might not even be able to prevent by precautionary design of automated control. This structural risk becomes apparent in the case of a pedestrian waiting at red (pedestrian) light: only one step forward can inevitably threaten life at the usual speed of passing vehicles which is 50 km/h for built-up areas in Germany. In cases where structural risk exists this can have substantial influence on the design of traffic environment or automated control. The danger would then be safeguarded against by protecting dangerous spots or by reducing speed, etc. This can indeed substantially change the picture of today's traffic system.

Liabilities

A threat to the realization of automated control is uncertainties regarding liability. Apart from some minor contradictions at the application-level of regulations, three aspects stand out in terms of relevance: liability of road traffic, product liability, and data recording.

In regards to road traffic liability, most countries (as in Germany) have a regime of strict liability in place that covers the operational hazard of motorized vehicles. This regime of road traffic liability can be applied to vehicle automation regardless of automation-level. However, the substantial difference with automated vehicles lies in the pre-definition of automated control by the manufacturer, as opposed to control of a driver, as in world today. The future question becomes is liability properly assigned.

Product liability is a concern on the side of manufacturers. These concerns rise dramatically with higher automation levels, which take the driver out of the control-loop. Since product liability does not distinguish between defectiveness and a residual technical risk, the assumption that damages may become increasingly relevant in terms of product liability is very close if not inevitable. However, procedural law, i.e. providing evidence of circumstances and the burden of proof in civil law cases, will still take strong influence.

“Event-data-recording”, as well as other data available, could provide information useful in respect of civil lawsuits. A point in favor of this type of data recording, at least in case of high automation modes, is the use of the data as evidence of events, which is needed when the driver

² Cf. Sachs in a commentary on the German constitution (GG-Kommentar), Art. 2, recital 203.

is allowed out of the control loop. However, the issues of data privacy, which is much depending on the data required, is also imminent.

The need for an agreed set of performance requirements

It is largely agreed that “mixed operations” of different automation levels within the transport system is realistically to be assumed³³ for future automation of road traffic. This implies a number of aspects that need further consideration: for the automated machine-driven vehicle, type approval issues are of greater importance than today, the main issue seems to lie in the question of how risks can be prevented in case of a mixed operation. Concerns especially arise in respect to communication between machine-driven vehicles and human drivers. For example, the possibility of automated vehicles to compensate for driving errors of other road users, machine or human, and the control required in situations of moral dilemma that have been left to the driver ever since the first road vehicle was invented.

All these issues share a common thread of uncertainties relating to the appropriate, safe or ethical control of machine-driven vehicles. These aspects relate strongly to the issue of liability. An agreed upon and known set of rules and information pertaining how an automated vehicle should act in road traffic (e.g.: best practices, safest procedures, unavoidable dangers to be taken into account by road users, etc.) would substantially reduce these uncertainties and can determine requirements for certain levels of automation as well as which limits are to be expected. The effect such an agreed set of performance requirements allows to expect is therefore not only ascertainment on the legal side but also education and – possibly safety – enhancing influence on other road users’ and thus societies’ legitimate expectations.

³ Cf. “Use Cases for Autonomous Driving”, Page 4

Stephen S. Wu: Product Liability

I. Introduction

In the press, in discussions among experts, and at industry conferences, the risks associated with product liability are seen by many as the number one risk and obstacle to the mass adoption and deployment of automobiles with autonomous driving systems. This perception likely stems from popular media and anecdotal stories about huge awards recovered by claimants in the American legal system. For instance, a jury awarded the family of victims of a Ford Pinto car accident over 125 million in punitive damages in the late 1970s. More recently, in the last decade, the widow of a man taking the painkiller Vioxx received an award of over \$250 million from the pharmaceutical company Merck. Toyota may end up incurring over \$1 billion in settlements and related expenses arising out of its sudden acceleration litigation. With these large amounts, manufacturers are gravely concerned that a defect in autonomous driving systems may lead to catastrophic accidents, which may result in awards so large that they end up going out of business.

II. What is Product Liability?

“Product liability” is an umbrella term referring to various forms of liability that a manufacturer, distributor, or retailer of a consumer product might incur after an accident, breakdown, or other problem due to defects in the design of the product, manufacturing defects, or a failure to warn consumers about certain risks. To understand legal risk associated with product liability, it is important to know what types of claims a party could assert against a seller and what essential elements a claimant must assert and prove in order to prevail in a product liability case. This section discusses the most common claims a manufacturer is likely to see in driverless car product liability lawsuits.

By way of background, a party initiating a lawsuit and asserting a claim against another party is referred to as a “plaintiff.” The party being sued, the one allegedly responsible for harming the plaintiff, is referred to as a “defendant.” A lawsuit may include multiple plaintiffs, for instance, if an entire family is affected by an accident, they may join their claims together in a single suit. Likewise, a lawsuit may involve multiple defendants. Thus, a plaintiff may sue the manufacturer of an allegedly defective product, as well as the retailer, manufacturers of component parts, other individuals who may have contributed to the accident, as well as entities that may have caused the conditions of the accident, such as where the plaintiff says that the state’s careless maintenance of a highway contributed in some way to the accident. In many states, a court case may end up allocating liability among the various defendants in the form of a percentage.

For instance, a drunk driver may be 80% responsible for the damages from an accident, but the auto manufacturer may be 20% responsible.

III. Theories of Recovery

Traditionally, someone injured in an accident and suing a manufacturer will assert a claim for “negligence.” Under a negligence theory, a plaintiff would seek to show a manufacturer had a duty to exercise reasonable care in designing and/or manufacturing the product, the manufacturer failed to exercise reasonable care in designing and/or manufacturing the machine, and the defendant’s conduct proximately caused the plaintiff’s damages. The plaintiff must show some kind of “fault” on the part of the defendant.

Later, courts and legislatures began to recognize a second form of product liability where the concept of “fault” is irrelevant. Called “strict product liability,” a plaintiff asserting a claim must plead and prove, under a typical state’s law, that the defendant sold a product that was defective and unreasonably dangerous at the time it left the defendant’s hands, the product reached the plaintiff without substantial change, and the defect was the proximate cause of the plaintiff’s injuries. A product may be defective and a manufacturer may be liable, even if it acted reasonably in designing and manufacturing a product.

The other common type of product liability claim is one based on a “breach of warranty.” A warranty claim may be based on statements from the manufacturer promising certain features or characteristics of the product that the plaintiff alleges are false. If the feature is missing or did not work properly, resulting in a plaintiff’s injury, the plaintiff can assert an express warranty claim. The law may also imply a warranty that the product will not harm consumers who use the product for its ordinary purposes. If the seller knows that the product will be used for a particular purpose, and the buyer is relying on the seller’s judgment concerning the fitness of the product, the law will imply a warranty that the product is fit for the contemplated purpose. If the product does not conform to an implied warranty, a plaintiff could assert a breach of the implied warranty.

Under American court procedures, it is common for plaintiffs to assert multiple types of claims at the beginning of a case, even if they are inconsistent with each other. Plaintiffs assert multiple claims, because, if a defendant were able to defeat some of the claims, the plaintiff would still have remaining claims to assert and continue with the case.

IV. Defenses

Defendants can defend themselves both by negating elements of the plaintiff’s case as well as pleading and proving defenses based on their own arguments. Some common defenses include:

- A defendant’s claim that the plaintiff was partially or entirely at fault for the accident or made the damages worse.
- A claim that the plaintiff assumed the risk of some known and obvious risk. For instance, a golf player cannot sue a golf equipment manufacturer for being hit by a golf ball while playing the game at a golf course.
- A claim that the defendant should not be liable because a sophisticated user or intermediary is supposed to use the product or advise the plaintiff of its proper use. For instance, in pharmaceutical cases, prescribing doctors are sometimes viewed as sophisticated intermediaries that should be responsible for determining if a medicine is right for a patient.

The component part doctrine, which says that if a component part manufacturer made a safe product, it should not be liable if a manufacturer uses it in an unsafe product.

V. Risk Management

While product liability is a significant risk, it is a risk that manufacturers can manage. Risk management can include practices and procedures for safe designs and manufacture, preparing defensive strategies in advance, and maintaining records showing a manufacturer’s commitment to safety.

Bryant Walker Smith: Regulation and the Risk of Inaction

Two complex and conflicting objectives shape altruistic regulation of human activity: maximizing net social good and mitigating incidental individual loss. Eminent domain provides a superficially simple example: To build a road that benefits ten thousand people, a government evicts—and compensates—the ten people whose homes are in the way. But in many cases, individual loss is not fully compensable, most strikingly when that loss involves death: Whatever her actual detriment, a person who dies cannot be “made whole.” And indeed, more than 30,000 people lose their lives on US roadways every year while more than 300 million obtain some direct or indirect benefit from motorized transport.

The promise that vehicle automation holds for highway safety raises important questions about regulation’s social and individual objectives. Analyzing either objective requires topical and temporal definition of a manageable system in which costs and benefits can be identified, valued, and compared. With respect to net social good, what is the statistical value of a human life? Is a reduction in organ donations a “cost” of safer highways? Could aggressive deployment of particular technologies cause a backlash that ultimately undermines safety? Similarly, with respect to individual loss, how should injury or death be valued? Should culpability affect compensation? Who is entitled to it? The particular answers to these questions may depend on the domain—law, economics, ethics, the social sciences—from which they are drawn.

Vehicle automation also exposes tension between these two objectives. Externalities frequently accompany innovation: Inventors impose costs that they need not or cannot bear and create benefits that they cannot capture. Compensation of incidental injury may be one such cost, and socially desirable innovations like automation might be subsidized by shielding them from it.

Calibrating net social good and individual loss can also create moral hazard: Safety may be discounted by innovators who are legally or effectively exempt from rules and immunized from lawsuits or by consumers who are assured of compensation for injury.

This tension exists against two related background conditions. The first is a preference for the status quo—a tendency that is reflected in administrative law, in tort law, and internationally in the precautionary principle. Many vehicle fatalities appear only in local obituaries, but a single automated vehicle fatality would end up on national front pages. The second is a failure by imperfectly probabilistic humans to accurately perceive risk. Drivers who speed around blind corners but fear traveling over bridges demonstrate this tendency to underestimate some risks and overestimate others.

This complex regulatory context leads to two fundamental questions: How should risk be allocated in the face of significant uncertainty—and who should decide? The range of actors includes the legislative, executive, and judicial branches of state and federal governments, companies, standards organizations, consumers, and the public at large. Regulation can be prospective or retrospective, but it cannot be nonexistent: Agencies that decline to establish safety requirements for automated vehicles merely leave this task to judges and juries after incidents have occurred.

The consequences of action or inaction are as stark as they are uncertain. Regulatory acts or omissions could cost lives in the near term by delaying or raising the price of automation technologies. But they could also save lives in the long term by protecting broad classes of innovation from the potential reputational damage that early tragedies or controversies could inflict. Charting the currents of abstract social gain and concrete human loss from vehicle

automation requires appreciation for the risks that regulation presents as well as those that it addresses.

Thomas Winkle, Markus Maurer: Technische und rechtliche Risiken autonomer Fahrzeuge

Erhöhung der Produktsicherheit auf Basis von Expertenerfahrungen aus Haftungsansprüchen

Medienberichte von Automobilherstellern, Zulieferern und IT-Unternehmen, weisen regelmäßig auf die Vorbereitung und geplante Einführung fahrerloser Forschungsfahrzeuge hin. Wegen zu erwartender technischer und rechtlicher Risiken werden Maßnahmen zur Erhöhung der Produktsicherheit entscheidend zur erfolgreichen Markteinführung zukünftiger fahrerloser Fahrzeuge beitragen. Insbesondere Expertenerfahrungen aus bisherigen Produkthaftungsansprüchen können zur Erhöhung der Sicherheit und zur Erfüllung von Kundenerwartungen bei akzeptablen Risiken wesentlich beitragen.

- Gesellschaftliche Erwartungen an die Produktsicherheit aller Kraftfahrzeuge

Die allgemeine Zuverlässigkeit und Funktionssicherheit von Personenkraftwagen nahm über die letzten Jahre tendenziell zu. Dauertests in Fachzeitschriften wie „Auto Motor und Sport“ zeigen, dass eine Distanz von 100.000 Kilometern immer häufiger ohne Panne, außerplanmäßigen Werkstattaufenthalt, defektes Funktionsteil und ohne einen geringfügigen Defekt zu bewältigen ist. Gleichzeitig bestehen heute höchste Erwartungen an die Sicherheit von fahrgesteuerten Kraftfahrzeugen. Einen zunehmend sensiblen Umgang mit möglichen sicherheitsrelevanten Fehlern zeigen Statistiken über Rückrufaktionen.⁴

- Stetige Weiterentwicklung von Assistenzsystemen

Aus technischer Sicht besteht heute die Möglichkeit, dass automatisierte Fahrzeuge alle Fahraufgaben im Verkehrsgeschehen selbständig übernehmen. Aktuelle Serienfahrzeuge mit optimierter Sensor-, Computer- und Fahrwerkstechnik ermöglichen zunehmend leistungsfähigere Assistenzsysteme. Einige der heute angebotenen Fahrerassistenzsysteme warnen bei erkannten Gefahren im Längs- oder Querverkehr (z. B. Kollisions-, Spurwechsel, Spurverlassenswarnung, Nachtsicht- oder Kreuzungsassistent), andere greifen in die Längs- oder Querdynamik ein (z. B. Antiblockiersystem – ABS, Electronic Stability Control – ESC, Adaptive Cruise Control – ACC). Park-Lenk Assistenten ermöglichen einen Komfortgewinn durch Lenk- und Bremsengriffe im Niedergeschwindigkeitsbereich. Diese „teilautonomen“ Fahrzeugsysteme mit gemeinsamer Längs- und Querführungsassistenz werden heute in Serienfahrzeugen ausschließlich unter Annahme der Kontrollierbarkeit eines aufmerksamen Fahrers angeboten. Dabei müssen die Hände des Fahrers wegen haftungsrechtlicher Risiken und bestehender Zulassungsvorgaben am Lenkrad verbleiben. Somit sind Systemeinschränkungen oder -ausfälle dieser „Advanced Driver Assistance Systems – ADAS“ während dem normalen Betrieb, an – und außerhalb der Systemgrenzen über den Nachweis der Beherrschbarkeit des Fahrers abgedeckt.⁵

- Gesellschaftliche Anforderungen an fahrerlose Fahrzeuge

Bei zukünftigen vollautomatisierten Fahrzeugen steht der Fahrer – im Gegensatz zu ADAS-Systemen – nicht mehr als Rückfallebene bei technischen Funktionsgrenzen oder -ausfällen zur Verfügung. Es ist davon auszugehen, dass der Sicherheitsanspruch durch Vollautomatisierung

⁴ Kraftfahrtbundesamt Jahresberichte, <http://www.kba.de>.

⁵ Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS, <http://www.acea.be>, Brüssel, August 2009.

noch steigt.⁶ Deshalb bedingt eine Vollautomatisierung höhere Anforderungen an die Funktionalität und Funktionssicherheit. Zur allgemeinen gesellschaftlichen und individuellen Akzeptanz müssen technische und rechtliche Risiken – neben dem in anderen Diskursbereichen betrachteten wahrgenommenen Nutzen – auf ein anerkanntes Niveau reduziert werden.

Die Erfahrungen aus unerwünschten oder unerwarteten Folgen bzw. fehlerhafter Serienfahrzeuge können eine Reihe rechtlicher und wirtschaftlicher Konsequenzen nach sich ziehen. Daraus lassen sich unter anderem Empfehlungen für eine sichere Produktentwicklung von der Konzept- und Serienentwicklungsphase bis zum Zeitpunkt der Markteinführung nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik ableiten.

Der Themenbereich „technische und rechtliche Risiken“ lässt sich vorwiegend den Schwerpunkten Recht, Verkehr und Sicherheit aus den insgesamt 7 Diskursbereichen im interdisziplinären Forschungsprojekt „autonomes Fahren“ der Daimler und Benz Stiftung zuordnen.

Folgende Fragen stellen sich in dieser Ausarbeitung:

- Welche rechtlich-, regulatorischen Anforderungen sind zu berücksichtigen?
- Welche Schritte zur Erhöhung der Produktsicherheit von der Idee bis zur Stilllegung im allgemeinen Produktentwicklungsprozess sind zu empfehlen?
- Wie kann das Risiko technischer Fehler während der Entwicklung und nach der Markteinführung analysiert und bewertet werden?
- Welche Lösungsmöglichkeiten bestehen für den Umgang mit Risiken

Literatur (Auswahl):

Becker, S., Schollinski, H.-L., Winkle, T., Jung, C., Kanz, C., Schwarz, J., et al. Methods for Risk-Benefit-Analysis of ADAS: Micro Perspective and macroscopic socioeconomic evaluation, RESPONSE 2, European Commission Public Report, Project Deliverable D2, Brüssel, April 2004.

Becker, S., Schollinski, H.-L., Schwarz, J. und Winkle, T., Introduction of RESPONSE 2, Projekt der Europäischen Union. In M. Maurer, C. Stiller, Herausgeber, Workshop Fahrerassistenzsysteme - FAS 2003, Leinsweiler, September 2003.

Gasser, T. M.; et al.: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 83, 2012.

Knapp, A., Neumann, M., Brockmann, M., Walz, R., und Winkle, T., Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS, Preventive and Active Safety Applications, eSafety for road and air transport, European Commission Integrated Project, RESPONSE 3, <http://www.acea.be>, Brüssel, August 2009.

Maurer, M.: Autonome Automobile – Wer steuert das Fahrzeug der Zukunft? Daimler und Benz Stiftung, Vortrag Forschungsprojekt „Villa Ladenburg“, 2013, https://www.daimler-benz-stiftung.de/cms/images/dbs-bilder/foerderprojekte/villa-ladenburg/Dialog_im_Museum_Vortrag_Prof_Maurer.pdf.

⁶ vgl. ADAS Code of Practice 2009, Seite A 14.

Sicherheit

Safety and Security

Klaus Dietmayer: Prädiktion der Wahrnehmungsleistungsfähigkeit

Zur Erreichung des Ziels des hochautomatisierten und vollautomatisierten Fahrens ist es aufgrund der dem Fahrer zugebilligten Nebenaufgaben notwendig, dass das Fahrzeug selbst Einschränkungen seiner maschinellen Erkennung der Fahrumgebung sowie Abweichungen von erwarteten Rahmenbedingungen (z.B. von einer Karte) erkennt. Während man beim hochautomatisierten Fahren heute von Übergabezeiten an den Fahrer zwischen 5s – 10s ausgeht, wäre beim vollautomatisierten Fahren der Mensch keine Rückfallebene mehr. Für die funktionale Sicherheit bedeutet dies, dass die aus der Absicherung der Fahrerassistenzsysteme genutzte Rückfallebene, nämlich bei Fehlfunktion der Assistenzsysteme diese abzuschalten und direkt an den Fahrer zu übergeben, nicht mehr möglich ist. Die Systeme müssen in der Lage sein, im Fall des hochautomatisierten Fahrens mindestens einen Zeitraum von ca. 10s eigensicher behandeln zu können. Eine verlässliche, hochgenaue Prädiktion von Verkehrssituationen über diesen Zeitraum ist technisch unmöglich und auch der Mensch ist lediglich in der Lage aufgrund von auftretenden Ereignissen die Gesamtsituation für etwa 2-3 s in die Zukunft zu prädictieren. Erfolgt jedoch diese Aktualisierung wie beim Menschen kontinuierlich, reicht dieser kurze Horizont aus, adäquat deeskalierend zu reagieren. Dies sollte auch für automatisierte Fahrzeuge gelten, wobei hier natürlich Latenzen sowie Unsicherheiten in der Wahrnehmung zu berücksichtigen sind. Wesentlich ist zudem, dass sich das automatisierte Fahrzeug erst gar nicht in eine unlösbare Situation bringt.

In der maschinellen Wahrnehmung von Objekten und der statischen Fahrumgebung existieren grundsätzlich drei Unsicherheitsdomänen

1. Die Zustandsunsicherheit (Unsicherheiten in Position, Geschwindigkeit, etc. von Objekten)
2. Die Existenzunsicherheit (Unsicherheit darüber, ob das von der Sensorik erkannte Objekt wirklich real vorhanden ist)
3. Die semantische Unsicherheit (Unsicherheit, ob es sich bei dem Objekt wirklich um eines der identifizierten Klasse handelt (z.B. PKW / LKW aber auch Fahrspurmarkierung etc.))

Zur Behandlung der Zustandsunsicherheiten existiert methodisch eine geschlossene Theorie. Ausgehend von über Verteilungsfunktionen beschriebene stochastische Messfehler der Sensoren können Unsicherheiten zumindest theoretisch über alle weiteren Vorverarbeitungsschritte hindurch propagiert werden. Durch dynamische Filter, i.d.R. basierend auf dem rekursiven Bayes-Filter (Kalman-Filter, Partikel-Filter, RFS-Filter, etc.) können dann durch zeitliche Filterung der fehlerbehafteten Messungen die Zustände von Objekten mit zugehörigen Unsicherheiten kontinuierlich geschätzt werden. Ausbleibende Messungen führen zu einer raschen Erhöhung der Unsicherheiten und können daher erkannt und berücksichtigt werden. Die Verarbeitungskette ist über die Bayes-Theorie methodisch umfassend abgedeckt und validiert. Die Güte hängt jedoch von den Sensorfehlermodellen ab, die heute rudimentär sind und von den Herstellern auch nicht gerne offengelegt werden.

Die in den letzten 5 Jahren auch auf breiterer Ebene aufgenommene Existenzschätzung zur Bewertung der Existenzunsicherheit behandelt den bei der Zustandsunsicherheit nicht berücksichtigten Fall, dass Sensoren Messungen liefern, obwohl kein Objekt vorhanden ist (Geisterziele). Dies resultiert im Wesentlichen aus Unzulänglichkeiten oder nicht auflösbaren Mehrdeutigkeiten in der Sensorsignalvorverarbeitung. Ausgangsbasis für die Bewertung sind modellierte Detektionswahrscheinlichkeiten der Einzelsensoren inkl. Vorverarbeitung für

verwendete Merkmale sowie Wahrscheinlichkeiten, die ein Verschwinden und Erscheinen von Objekten in/aus deren Erfassungsbereich beschreiben. Für die Modellierung der Wahrscheinlichkeiten existieren klassisch die Wahrscheinlichkeitstheorie nach Bayes (binäre Aufteilung in Wahrscheinlichkeit und Gegenwahrscheinlichkeit) sowie die Erweiterung davon, die Dempster-Shafer-Theorie, die auch die Behandlung von Nichtwissen ermöglicht. Letzteres ist vor allem dann von Vorteil, wenn die Wahrscheinlichkeiten unterschiedlicher Sensorprinzipien gemeinsam verarbeitet (fusioniert) werden sollen. Durch die so genannte Pignistische Transformation können Dempster-Shafer Maßzahlen in eine Wahrscheinlichkeitsaussage nach Bayes überführt werden. Existenzschätzung und Zustandsschätzung sind eng verzahnt und lassen sich beispielsweise bei dem bekanntesten auf dem klassischen Kalman-Filter aufbauenden Filter mit integrierter Existenzschätzung, dem Joint Integrated Probabilistic Data Association (JIPDA) Filter, schritthaltend mit der Sensorik parallel berechnen.

Klassifikationsverfahren zur Wahrnehmung des Objekttyps sind sehr sensorspezifisch. Zur online Ermittlung von Zuverlässigkeitswerten existiert bisher sensorspezifisch als auch sensortypübergreifend keine durchgehende theoretische Methode. Bilddbasierte trainierte Klassifikatoren unterscheiden sich so sehr von merkmalsbasierten Verfahren aus Lidar oder Radar, dass deren einheitliche Behandlung vermutlich auch nicht einfach möglich sein wird. Gemäß des Standes der Technik werden heute mehr oder weniger heuristisch ermittelte Zuverlässigkeitswerte verschiedener Sensoren bevorzugt über die Dempster-Shafer Methode miteinander verknüpft. Die folgende Tabelle 1 fasst die wesentlichen Eigenschaften nochmals zusammen:

Zustandsunsicherheit	Existenzunsicherheit	Klassenunsicherheit
• Ausprägung Unsicherheit in Zustandsgrößen wie Objektposition, Objektgeschwindigkeit, etc. • Ursache stochastische Messfehler Sensorik • Modellierung probabilistisch, Erwartungswert mit Varianzen / Kovarianzen • Methoden geschlossene Theorie über rekursive Bayes-Schätzer (z.B. Variante Kalman-Filter) • Prädiktion in die Zukunft generell nein, bedingt möglich über unsichere Modellannahmen	• Ausprägung Unsicherheit, ob ein von Sensorik erfasstes Objekt real existiert • Ursache Detektionsunsicherheiten einzelner Sensoren, insb. Kamera / Radar • Modellierung probabilistisch über Detektionswahrscheinlichkeiten, Geburtsmodelle (z.B. Poisson-Prozesse). • Methoden geschlossene Theorie, gekoppelt an Zustandsunsicherheit (z.B. JIPDA-Filter, RFS-Filter) • Prädiktion in die Zukunft generell nein	• Ausprägung Unsicherheit über Klassenzugehörigkeit (z.B. PKW <-> LKW, Fahrbahn <-> Randbebauung, etc.) • Ursache Klassifikationsunsicherheiten Algorithmen / Limitierungen einzelner Sensoren • Modellierung keine durchgehende Methode, zurzeit eher heuristisch • Methoden <i>Merkmalsbasiert:</i> Bayes, Dempster-Shafer, <i>Lernbasiert:</i> Neuronale Netze, Bildklassifikatoren (Viola Jones, etc.) • Prädiktion in die Zukunft generell nein

Tabelle 1: Unsicherheitsdomänen bei der maschinellen Wahrnehmung

Bezug nehmend auf die Leitfragen im Lastenheft zum Themenbereich ist folgendes aufgrund des Stands der Technik zu maschinellen Wahrnehmungssystemen festzuhalten:

1. Insbesondere die existierenden Methoden der Zustands- und Existenzschätzung basieren auf einer geschlossenen, fundierten Theorie und erlauben schritthaltend eine Bewertung der aktuellen Güte der maschinellen Wahrnehmung. Hiermit ist es möglich, Komplettausfälle einzelner Sensoren sowie eine schleichende Degeneration in der

Sensorik und/oder Wahrnehmung festzustellen. Voraussetzung hierfür ist die Verwendung von Multi-Sensorsystemen mit komplementären Sensorprinzipien.

2. Die Verfahren erlauben keine Vorhersage der Leistungsfähigkeit der Wahrnehmung für die Zukunft, lediglich ein lineares Fortschreiben von erkannten Trends ist denkbar. Die Zuverlässigkeit und Güte der aktuellen Bewertung der Leistungsfähigkeit der maschinellen Wahrnehmung hängt an verfügbaren Sensormodellen, insbesondere Fehlermodellen, die allerdings sensor- und herstellerspezifisch sind, was eine praktische Umsetzung erschwert.
3. Die Wahrnehmungssysteme alleine besitzen daher keine ausreichende Prädiktionsfähigkeit, die einen Zeithorizont von ca. 10 s sicher abdecken könnte. Dies ist allerdings für ein sicheres Verhalten auch vermutlich gar nicht notwendig.
4. Entscheidend für die Beherrschbarkeit von Situationen beim automatisierten Fahren sind ausreichend viele, physikalisch umsetzbare und sichere Handlungsoptionen des automatisierten Fahrzeugs. Diese sind im Wesentlichen durch die räumliche Nähe von begrenzenden Objekten zum eigenen Fahrzeug und verfügbaren Fahrraum bestimmt, so dass räumliche Nähe unter Einbeziehung von Unsicherheiten in der Wahrnehmung und die Zahl der physikalisch möglichen, sicheren Handlungsoptionen in Kennzahlen zur Bewertung einer Kritikalität einfließen werden. Derartige ausreichend abgestimmte und theoretisch fundierte Kritikalitätsmaße existieren heute noch nicht. Statische Szenen wären damit gut bewertbar.
5. Eine Situationsprädiktion in die Zukunft über einen Zeitraum von 10 s und mehr wird bei rein probabilistischer Fortschreibung aller Möglichkeiten keine Aussage mehr liefern, da jede Entwicklung der Situation möglich ist. Ein möglicher Lösungsansatz ist die kontextbezogene, hypothesenbasierte zeitliche Fortschreibung einer erkannten und bewerteten Situation. Eine Möglichkeit ist hier, in Anlehnung an das menschliche Verhalten, Situationsepisoden, das heißt reale Entwicklungen aus einem Anfangsstand im Fahrbetrieb zu erfassen, zu clustern und in einer Wissensbasis zu hinterlegen. Bei vorhandener Wissensbasis kann dann ständig die aktuelle Situation in Bezug auf den vermeintlichen Ausgang der Entwicklung bewertet werden. Hierfür existieren zurzeit keine gesicherten Methoden, teilweise nicht einmal Ideen zur Realisierung. Es erscheint jedoch ein Weg zu sein, der begangen werden kann.
6. Die Fortschritte zur Situationsprädiktion lassen sich extrem schwer voraussagen, man vergleiche dies mit den Aussagen zur Künstlichen Intelligenz in den achtziger Jahren. Ich würde einen Horizont von ca. 10 Jahren sehen, bis an eine Serieneinführung solcher Systeme zu denken ist.
7. Als wesentliche weitere Frage ist zu adressieren, ob eine Wahrnehmungs- und Situationsprädiktion von 10s überhaupt notwendig ist. Der Mensch ist hierzu mit hoher Genauigkeit nicht in der Lage, und beherrscht die Fahrzeugführung einigermaßen zuverlässig.

Walther Wachenfeld, Hermann Winner: Testing, validation, safety concept, self-monitoring

Motivation⁷

For type approval as well as product liability reasons, system validation is essential. In autonomous driving the driver as a supervisor is not an option as safety concept. Validation has to be made in the sense that there is no increase in risk for all affected road users, which means the safety of autonomous driving is measured by the safety of human driving. Despite the statement that the vast majority of accidents are caused by human mistakes, the standard of comparison for the system validation is very demanding and economically not reachable with the current status of testing technology.

Substantive Objectives

1. Which benchmark shall be used for validation?

Two main questions arise when looking at the standard of comparison. What is the proper metric and what is the reference group to compare with?

Five approaches for a metric were found. The most objective approach is the retrospective analysis of clearly triggered events. As an example the official numbers on road traffic accidents of the Federal Statistical Office (Statistisches Bundesamt, Deutschland) provide a resilient base. To cover unreported (bagatelle) or near accidents by the metric, naturalistic driving studies can be analyzed. However, the most obvious metric is the driver's license test. More popular, especially due to the DARPA challenges, is the competition approach in which automated vehicles were compared against each other. As a metric for validation a competition with human drivers would be an option. The fifth approach that's going to be discussed is the comparison with given standards for functional safety. These standards define safety integrity levels that describe the maximum failure rates for Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems that lead to certain harm.

When looking for a suitable reference group, it is still an open question whether the reference should be the average, the best or worst quartile or another quantile of the human drivers. The group of novice drivers would even be worth discussing as a reference especially for early concepts launching into the market. By looking at this distinction it will be shown that it is methodically difficult to identify a good or a worse driver. For example when considering clearly triggered events like accidents with personal damage the expected number today is already so small that it will not be possible to separate between a lucky average driver and a very safe driver.

Additional research needs to be done as to whether and how a difference between the victims needs to be considered. The reception of additional risk could be different when comparing a user or passenger with a passerby who has no benefit from the autonomous vehicle, although the statistics may not show any evidence for a higher risk.

2. How can the required test coverage be derived?

⁷ The Motivation and the Substantive Objectives base on the specification sheet.

Two different views are going to be considered:

When a limited number of automated vehicles are launched, its impact on the safety of the whole traffic system is also limited. The question concerning this measurable impact arises. Where is the threshold to which it can be evaluated with a certainty X whether the introduced vehicles increase the risk above an accepted risk or not. This question is similar to the question or when to withdraw a person's driver's license. At what point can be reliably distinguished between the two hypotheses, either a person/driving robot leads to an unreasonable risk or the person/driving robot was just unlucky?

When the vehicle is launched unlimitedly, it has to be proven that the introduced risk that comes from the automated vehicle doesn't exceed a certain limiting risk. This proof has to be achieved with an accepted statistical certainty, for example the 5 % level of significance.

3. Which means can significantly reduce testing procedures versus current common vehicle endurance runs?

The validation effort can be reduced by two measures: Either the test method is going to be changed or the test scenario.

The latter is possible when reusing existing modules developed for systems from an earlier step in the evolution of vehicle automation. The reduction in effort is only possible if components are reused in the same manner for the same function. Reusability and compatibility of this module need to be examined. Alternatively, the test scenarios could change significantly if a safety concept could be found that makes the system testing unnecessary. This alternative will be covered in question 6 more closely.

Table 1: Test method distinction

Table 1 shows the ways to modify the test method. When staying within the well-established on-road test, the necessary kilometers need to be reduced by disregarding simple routes in favor of crucial and "pathologic"⁸ sceneries. But if this is not sufficient to realize the validation economically, either the vehicle or the environment or both could be transformed into simulation. These methods are at the moment mostly used for components testing or for vehicle variants homologation. Many prerequisites are missing at present for carrying out this approach for the driving function of an autonomous vehicle.

		environment	
		real	virtual
vehicle	real	on-road test	vehicle in the loop
	virtual	Trojan Horse	software in the loop

4. How can the validity of testing procedures be approved?

The complete and absolute safety or validity ahead of the introduction of the vehicle into the market hasn't yet existed and will not be possible with autonomous vehicles either. Indeed, the necessity for testing will rise significantly with autonomous vehicles in comparison with driver-only systems. In the same way the risk of wrongly neglecting relevant test cases increases. To avoid this mistake, test cases as well as applied test models need to be validated with field data. Doing so, the hypothesis of the valid test procedure applies as long as it cannot be falsified.

⁸ means rare conditions (and locations), but with a high failure or error rate when repeating these sceneries. So they cannot be described by common stochastic models.

Because of different reaction times and consequences, the falsifying tests should be looked at differently in the three phases of a product: specification phase, validation phase and after start of production.

5. How can field experiences be used for validation?

Field data are needed for validation and falsification of test procedures. Furthermore the efficiency of tests can be increased with information from field experience.

For these applications the integrity of the data as well as privacy would limit the benefit.

6. Can a safety concept that inherently guarantees system safety be found in such a way that an elaborate and complete test coverage is no longer required? How would such a concept look and which requirements does it have to fulfill?

A safety concept that inherently assures the system safety must avoid accidents more often in comparison to a human. For this approach, only accidents are taken into account where the autonomous vehicle is the accident perpetrator. Theoretically a complete deduction of all accident situations including their formation would be needed. The crucial term here is 'complete'. Complete consideration of all possible accident situations is not achievable. Instead it has to be investigated whether the hypothesis of completeness can withstand the falsification tests. The test has to be run on all known accident situations, as well as on situations that have to be derived with a generic systematic approach.

7. Which requirements are to be placed on self-supervision? Are concepts foreseeable or do they already exist, meeting these requirements?

To meet the requirement, conventional measures of safety engineering like hazard-analysis, failure-tree-analysis, failure-mode-and-effects-analysis and event-tree-analysis should be applied. The self-supervision always needs the option to actively intervene into or to reconfigure the autonomous vehicle. In comparison to driver-only, assisted or partially automated vehicles, a warning is no longer sufficient. The different scopes that can be monitored are discussed: the vehicle environment for a prediction, the current vehicle and driving robot abilities as well as the retrospective analysis of its own maneuvers.

Walther Wachenfeld, Hermann Winner: Lernen autonome Fahrzeuge?

Motivation⁹

Obwohl maschinelles Lernen ein schon lange bearbeitetes Thema in der Forschung ist, hinkt die Umsetzung im Automobilbereich hinterher. Dagegen ist die Adaption auf technische Veränderung oder auf den Fahrer eine übliche Technik. Die größte Sorge beim Einsatz maschinellen Lernens für Aufgaben der Fahrzeugführung, d.h. sowohl in der maschinellen Wahrnehmung als auch der maschinellen Verhaltensgenerierung, besteht in der schwer vorhersehbaren Entwicklung des lernenden Systems. Eine zum Zeitpunkt des Absicherungstests freigegebene Systemkonfiguration darf sich nicht in für die Fahrsicherheit wesentlichen Eigenschaften ändern, da es ansonsten das Fahrzeug die Zulassung verwirken würde. So verständlich dies aus formalen Gründen ist, so nachteilig ist es für die Weiterentwicklung der maschinellen Fahrintelligenz. Jeder erfahrene Autofahrer weiß um den großen Unterschied der Fahrfertigkeiten zwischen erfolgreicher Führerscheinprüfung und späterer Fertigkeit nach längerer Erfahrung. Dieses Potential sollte nicht verschenkt werden. Darüber hinaus bietet sich, anders als beim menschlichen Fahrer, die Möglichkeit des kollektiven Lernens an, da die neuen kognitiven Algorithmen vergleichsweise einfach per Update geteilt werden können.

Inhaltliche Zielsetzung

1. Was können heute bekannte Lernalgorithmen leisten und wie steht es um ihre Robustheit, bei Veränderung nicht in eine unsichere Richtung zu lernen?

Grundsätzlich existiert aus der Informatik und Robotik eine Vielzahl von Verfahren und Lernalgorithmen. Deren Effektivität wurde in der Forschung sowie im Einsatz bereits gezeigt. Gute Beispiele sind Spam-Filter, Schachcomputer oder Spracherkennung. In ähnlicher Weise werden diese auch im Fahrzeug eingesetzt. Der überwiegende Anteil dieser Funktionen findet Anwendung in sicherheitsunkritischen Bereichen. Bei der Fahrzeugautomatisierung und im speziellen bei der Vollautomatisierung handelt es sich jedoch um eine sicherheitsrelevante Anwendung. Besonders, wenn ein gelerntes bzw. lernendes Modell aktiv in die Fahraufgabe eingreift (Objekterkennung, Manöverentscheidung usw.) sind die Anforderungen an eine sicherheitskritische Anwendung zu erfüllen. Die Herausforderungen, diese Anforderungen zu erfüllen, werden für das Lernen in unterschiedlichen Systemlebenszyklen vorgesehlt. Zu unterscheiden ist das Lernen während der Forschung, der Entwicklung, dem Betrieb sowie der Wartung und des Updates. Der Einsatz lernender und gelernter Modelle während des Forschungsbetriebs zeigt deren Umsetzbarkeit. Da es sich zum einen um kontrollierte und überwachte Bedingungen und zum anderen um eine überwachte Fahrzeugführung handelt, existieren hier keine besonderen Herausforderungen im Vergleich zu klassischen Systemen. Es stellt sich jedoch die Frage, inwieweit die Ergebnisse der Forschung auf den Serieneinsatz übertragbar sind. Dabei werden Herausforderungen wie das Black-Box-Testing (für Offline-Learning), das Testen zeitvarianter Systeme (Online-Learning), sowie die Fragen des Datenschutzes und der Akzeptanz durch den Nutzer eines sich ändernden sicherheitsrelevanten

⁹ (übernommen aus dem Lastenheft)

technischen Systems identifiziert. Lösungsansätze bzgl. der Herausforderungen werden diskutiert.

2. Welche Möglichkeiten bestehen zum Lernen aus „eigenen“ Fehlern? Welche Indikatoren für Fehler und Verbesserung können in unfallfreier Fahrt angegeben werden?

Um ein Modell zu verbessern, benötigen Lernverfahren Performance-Bewertungen bezüglich der auszuführenden Aufgabe. Ist die Aufgabe die Ausführung der Fahraufgabe, stellt die Sicherheit die grundlegende Anforderung dar. Wenn die Sicherheit vor Eintritt eines Unfalls und während der unfallfreien Fahrt zu bewerten ist, wird ein Maß für das sichere Fahren benötigt. Dazu werden in der Fahrzeugtechnik unterschiedliche Größen sowie deren Kombination verwendet. Die Herausforderung liegt hier auf der robusten Bewertung einer Fahrsituation, auch unter Einbeziehung der aktuellen Wahrnehmungsleistungsfähigkeit. Die Wahl der Grenzwerte, die bestimmen, ob eine Situation als sicher oder unsicher bewertet wird, begrenzt in gleichem Sinne die Leistungsfähigkeit bzw. den Freiheitsgrad des Lernens. Grundsätzlich bleibt das Dilemma, dass die besonders relevanten, schweren, zu einem Unfall führenden Fehler für ein Lernen nicht infragekommen (dürfen). Wenn sie, wie zu fordern ist, seltener vorkommen als bei von Menschen geführten Fahrzeugen, sind sie viel zu selten für eine Systemverbesserung.

3. Wie können an dem Lernwissen eines Fahrzeugs andere autonome Fahrzeuge partizipieren? Welche Austauschmöglichkeiten sind möglich und wie sind diese zu bewerten?

Für den Austausch von Lernwissen sind zwei Ansätze zu unterscheiden. Im Sinne einer Car2Car-Kommunikation teilen Fahrroboter das Gelernte direkt miteinander aus. Bei dieser Austauschmöglichkeit gibt es keine Kontrollinstanz, die Lernwissen überprüft. Folglich wird fehlerhaftes Lernwissen von einem auf den anderen Fahrroboter übertragen. Alternativ findet der Austausch zwischen dem Fahrroboter und einer „Zentrale“ (C2I) statt. Unter Zentrale kann hier im Allgemeinen ein Dienstleister verstanden werden, der das Sammeln des Lernwissens übernimmt und vor Verteilen des Wissens dieses testet. Dieses Verfahren entspricht dem aufspielen eines Updates und kann entweder per Funk oder bei „Werkstattbesuch“ (Wartung) stattfinden. Neben dem Aspekt des Testens unterscheiden sich beide Ansätze besonders in der benötigten Zeit, die das neu Gelernte benötigt, um im Kollektiv aktiv zu werden.

4. Wie ist kollektives Lernwissen zu erfassen, aufzubereiten und wieder zu verteilen? Wer übernimmt Verantwortung für Update-Prozess und Update-Funktionalität?

Die Herausforderung des kollektiven Lernens ist die Abhängigkeit des Lernenden, also jenem Fahrroboter, der das Lernwissen entgegennimmt, von dem Lehrenden, der das Lernwissen verteilt. Die Abhängigkeit entsteht, wenn der Lernende sicherheitskritische Anwendungen basierend auf dem Gelernten ausführt. Für diesen Fall besteht die Forderung, dass die Integrität und Übertragbarkeit des Lernwissens gegeben bzw. dem Lernenden transparent sind. Bezüglich der Problematik der Integrität wird auf entsprechende Diskussionen aus der C2X-Fachwelt verwiesen. Die Problematik der Übertragbarkeit folgt aus den Unterschieden, die zwischen Lehrenden und Lernenden existieren. Diese werden diskutiert. Aus diesen Herausforderungen folgt die Anforderung eines für das Kollektiv standardisierten kollektiven Lernens. Dazu gehört ein Protokoll für den Austausch, eine Semantik sowie Syntax für die Verständlichkeit des Lernwissens. Zusätzlich folgt, dass Lernwissen mit Informationen über dessen Integrität sowie Übertragbarkeit zu annotiert ist, um die Transparenz für den Lernenden zu erhöhen.

Andreas Reschka: Safety concept for autonomous vehicles

In ongoing development of autonomous vehicle technology, a main focus is set on the functionality of *vehicle guidance systems*¹⁰. Recent demonstrations in real traffic showed impressive results [1, 2, 3, 4]. In all those demonstrations a safety driver was necessary, who had to interfere, if technical failures occurred or the driving situation was too complex for the vehicle guidance system. In future autonomous vehicles a safe state has to be reached by the vehicle guidance system itself without the option to handover control to a human driver.

To develop safe autonomous vehicles, a safety concept is necessary which covers the design, development, and test of functions and integrates safety functions into the vehicle guidance system. The safety concept's main objective is to maintain a safe state or to transfer an autonomous vehicle into a safe state. A safe state according to ISO 26262 [5] is an operation mode of a system without an unreasonable level of risk. This implicates that the risk to passengers of the autonomous vehicle and other traffic participants is limited to an acceptable level. The safe state depends on the current situation of the autonomous vehicle. The situation consists of the current scene with static and dynamic elements and legal aspects. Additionally the mission of the autonomous vehicle, its current intention and its current performance capabilities are part of the situation description [6, 7].

Certain events, like technical fault and failure, changes in environmental conditions, erratic behavior of other traffic participants and act of nature beyond control, increase the risk of a situation and the vehicle has to react in a way to maintain a safe state or to transfer itself back to a safe state. Assuming that the best possible and safe performance should be achieved, always safety actions, which keep the vehicle in a safe state and additionally keep the current capabilities as high as possible, are preferred. Actions like decreasing the maximum velocity, increasing safety distances, prohibit certain driving maneuvers and trigger safety driving maneuvers are possible. As a result of these actions, the vehicle's functional capabilities are reduced. Especially if on-board sensors cannot acquire all necessary external data due to malfunction or bad environmental conditions, a full stop of the autonomous vehicle may be necessary [8, 9].

Changes in the environment and in technical systems often happen in milliseconds and high dynamics of traffic demand a fast reaction on such changes. The highest safety can be achieved, if situations, which lead to a necessary degradation, are predicted before they happen. This anticipation of degradation situations helps the autonomous vehicle to improve safety and keep itself in a safe state even in upcoming dangerous situations.

Not only autonomous vehicles react on other traffic participants, but others react on the autonomous vehicles behavior as well. In a mixed traffic with autonomous vehicles and manually driven vehicles, autonomous vehicles could react unconventionally for human drivers. This could lead to dangerous situations and it seems reasonable that especially emergency maneuvers, like a full stop or an evasive maneuver, are signaled with light and sound signals by the autonomous vehicle. Additionally vehicle-to-vehicle and vehicle-to-infrastructure communication systems can be used to provide information about the intention of the

¹⁰ A **vehicle guidance system** is a technical system, which guides a vehicle without human intervention and without the need of a human driver.

autonomous vehicle. A driver information system in a manually driven vehicle can be used to display the intention of the autonomous vehicle with a specific priority and insistence regarding the intensity of the maneuver. This information enables the cooperation of human drivers and autonomous vehicles without using the commonly accepted face-to-face interaction of humans.

Certain situations cannot be solved without damage to persons and/or property and/or breaking the law. These dilemma situations require a decision process in the safety system. In a very short timeframe, the vehicle guidance system has to evaluate possible solutions and to decide which of these options causes least damage. The protection of humans has the highest priority. Therefore, the autonomous vehicle has to know which of the participants in the dangerous situations are human or transport humans and which are other autonomous vehicles or non-living objects. Additionally it has to know whether it has humans aboard. With this knowledge and the knowledge about the dynamics of the other participants and the perception of the environment, a solution to minimize damage to persons has to be found. Communication with other traffic participants can help to solve these situations as well, but will not be available for all traffic participants due to mixed traffic with vehicles with and without communication technology.

The introduction of autonomous vehicles in urban traffic seems only reasonable, if they can be used with existing traffic infrastructure. No dedicated lanes or areas will be available and further improvements to the infrastructure are not area-wide available. The first generation of autonomous vehicles has to rely on its own sensors and information aggregation processes, because these are the only data sources, which are supposed to be available reliably. This limits the possibilities of solving dangerous situations and dilemma situations by cooperation between autonomous and manually driven vehicles via vehicle-to-vehicle communication technology. Furthermore, the signalization of events to other traffic participants will be possible only by audio-visual signals.

In every case of degradation, not only actions to keep a safe state are necessary but actions to improve performance capabilities are required as well. In technical systems, a restart of components is commonly used to recover systems from electrical or software errors [10]. To avoid a complete outage of a component, safety relevant components can be implemented redundant. To avoid duplicate errors, the redundancy can be divers, which means that other hardware and software is used for the same functionality [11, 12]. It seems appropriate if safety relevant components are separated from other components to avoid failures in less critical hardware and software leading to subsequent failures in critical components.

Another method of self-healing can be used in sensors and actuators. Over time a sensors performance could decrease because of changing environmental conditions, mechanical issues, or abrasion. Regardless which cause applies, a recalibration of a sensor might solve the issue. Therefore, it is necessary that a system detects decreasing performance, not only of its sensors, but of all parts of the systems and tries to recover performance by applying calibration and reconfiguration processes [13].

In future development a stronger focus on safety functions is necessary. The introduction of autonomous vehicles seems possible only, if the technology is accepted by society because of proven safety. A main challenge is to define a level of safety, which is acceptable for society and all involved stakeholders.

References

- [1] A. Broggi, M. Buzzoni, S. Debattisti, P. Grisleri, M. C. Laghi, P. Medici and P. Versari, "Extensive Tests of Autonomous Driving Technologies," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 14, no. 3, pp. 1403-1415, 2013.
- [2] A. Chatham, *Google's Self Driving Cars: The Technology, Capabilities, & Challenges*, 2013.
- [3] T. Nothdurft, P. Hecker, S. Ohl, F. Saust, M. Maurer, A. Reschka and J. R. Böhmer, "Stadtpilot: First fully autonomous test drives in urban traffic," in *IEEE International Annual Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2011.
- [4] J. Levinson, J. Askeland, J. Becker, J. Dolson, D. Held, S. Kammel, J. Z. Kolter, D. Langer, O. Pink, V. Pratt, M. Sokolsky, G. Stanek, D. Stavens, A. Teichman, M. Werling and S. Thrun, "Towards fully autonomous driving: Systems and algorithms," in *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 2011.
- [5] ISO, *ISO 26262:2011 Road vehicles -- Functional safety*, 2011.
- [6] M. Pellkofer, "Verhaltensentscheidung für autonome Fahrzeuge mit Blickrichtungssteuerung," 2003.
- [7] S. Geyer, M. Baltzer, B. Franz, S. Hakuli, M. Kauer, M. Kienle, S. Meier, T. Weißgerber, K. Bengler, R. Bruder, F. Flemisch and H. Winner, "Concept and development of a unified ontology for generating test and use-case catalogues for assisted and automated vehicle guidance," *IET Intelligent Transport Systems*, 2013.
- [8] M. Hörwick and K.-H. Siedersberger, "Strategy and architecture of a safety concept for fully automatic and autonomous driving assistance systems," in *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 2010.
- [9] A. Reschka, J. R. Böhmer, T. Nothdurft, P. Hecker, B. Lichte and M. Maurer, "A Surveillance and Safety System based on Performance Criteria and Functional Degradation for an Autonomous Vehicle," in *IEEE International Annual Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2012.
- [10] D. Ghosh, R. Sharman, H. Raghav Rao and S. Upadhyaya, "Self-healing systems - survey and synthesis," *Decision Support Systems in Emerging Economies*, vol. 42, no. 4, pp. 2164-2185, 2007.
- [11] P. Bergmiller, M. Maurer and B. Lichte, "Probabilistic fault detection and handling algorithm for testing stability control systems with a drive-by-wire vehicle," in *IEEE International Symposium on Intelligent Control (ISIC)*, 2011.
- [12] R. Isermann, R. Schwarz and S. Stölzl, "Fault-tolerant drive-by-wire systems," *IEEE Control Systems*, vol. 22, no. 5, pp. 64-81, 2002.
- [13] J. Kim, R. Rajkumar and M. Jochim, "Towards Dependable Autonomous Driving Vehicles: A System-level Approach," *SIGBED*, vol. 10, pp. 29-32, 2013.

Kai Rannenbergh: Opportunities and Risks associated with Collecting and Making Usable Additional Data

1. How to classify Data Collection and Data Usage?

To be dealt with after the more detailed analysis along the following questions.

2. Which consequences for control over data and misuse result from

...

1.1 ...Data storage (both event data as well as continuous collection)?

Highway Pilot with human available	Autonomous Valet Parking	Fully automated driving with human available	Vehicle on demand
- Traffic centre, peers, and maybe others learn about: - destination - travel time - travel habits ("every weekend to Stuttgart") - preferences for routing (scenic vs. fast vs. ecologically friendly, maybe legally on the edge, ...) and driving (e.g. calm vs. aggressive vs. fast vs ...) abilities	- Traffic centre, peers, the manufacturer, and maybe others learn about: - area of interest - time of travel duration of stay - visiting habits ("every weekend at a certain supermarket, bar, or discotheque")	- Traffic centre, peers, the manufacturer, and maybe others learn about: - destination - travel time - travel habits ("every weekend to Stuttgart") - preferences for routing (scenic vs. fast vs. ecologically friendly, maybe legally on the edge, ...) and driving (e.g. calm vs. aggressive vs.	- Traffic centre, peers, the manufacturer, and maybe others learn about: - destination - travel time - travel habits ("every weekend to Stuttgart") - preferences for routing (scenic vs. fast vs. ecologically friendly, maybe legally on the edge, ...) and driving (e.g. calm vs. aggressive vs.
<i>(driver not being able to take over from highway pilot)</i> - driving behaviour (taking back control and then delegating again) ?		- fast vs ...) - driving behaviour (in which situations is the driver taking back control and then delegating again?) - abilities (driver not being able to take over from highway pilot)	- fast vs ...) - travel behaviour (when do passengers want breaks) - general and status behaviour of all passengers in the car

1.2 ...Transfer to traffic centres?

See 2.1

1.3 ...Transfer to Peer ad-hoc networks (e.g. other traffic entities or other autonomous vehicles)

See 2.1

2.4 ...Transfer to vehicle manufacturers, insurance services, or fleet operators

For manufacturer see 2.1, but only Cases 2-4

For insurance services: any kind of reaction on behavior and risk potential

- maybe based on scoring systems the user does not know about or does not know details about
- put in relation to other stored data

For fleet operators: any kind of reaction on behavior and risk potential

- maybe based on scoring systems the user does not know about or does not know details about
- put in relation to other stored data

2.5 ... Request by governmental and authorized interested parties?

See 2.1, but there is a potential, that the data are

- put in relation to other stored data
- used to analyse the social network of travellers or users

There is also the strong potential, that the interested government and security services have their very own interpretation of what they are authorised to beyond the assurances and guarantees of privacy laws and privacy protection.

3. For which type of data usage exist very large legal hindrances in principle or specific requirements, and which are these?

Very large legal hindrances exist for any data usage that is beyond the data usage absolutely needed to provide the core task, for which the data is being collected:

- Personal Data, that is only needed to manage the situation in and by the car, should not leave the car without permission of the user.
- For any personal data that is collected and transferred beyond the domain of the user there must be a clear argumentation wrt to relevant privacy principles (cf. 4).

4. Which general Requirements exist from the Perspective of Data Protection and Privacy

For any personal data that is collected and transferred beyond the domain of the user there must be a clear argumentation wrt to relevant privacy principles, e.g. the eleven from the ISO/IEC IS 29100 Privacy Framework (available at no cost since January 2014):

1. Consent and choice
2. Purpose legitimacy and specification
3. Collection limitation
4. Data minimization

2. Use, retention and disclosure limitation
3. Accuracy and quality
4. Openness, transparency and notice
5. Individual participation and access
6. Accountability
7. Information security
8. Privacy compliance

Data that may enable a discrimination of users following any kind of behavior or attitude (e.g. travel patterns, points of interest, and destinations in relation to those of other people) is especially critical. A radically critical thought model may be a meeting of an (Ukraine (for the sake of actuality)) opposition group or a meeting of people travelling to the Soji games to demonstrate for human rights in Russia using one of the services in the given use cases.

4.1 Are additional surveillance measures needed for a “data-protected” usage of the additional data?

Probably audit to see, who worked with the data.

4.2 Which requirements on those measures are relevant?

It should not lead to oversurveillance of the people working with the system (a fine balance has to be found depending on the relation between customer protection and employee protection).

4.3 Are limited access rights or encryption needed?

Probably yes. Examples are to implement

- a 4-eye (or n-eye) principle if sensitive data (e.g. audit data) is to be reviewed.
- the need-to-know-principle for collected data

5. Which architectures are needed to fulfil the requirements on the planned services? Which views on the architectures are to be considered?

Recommended architecture characteristics:

- Whatever architecture allows providing the service with using (and spreading) less data.
- Decentral approaches: If data does not need to go to the traffic centre, the risk of ,issues is reduced. Examples:
 - o Traffic centre should not ask the user for all kinds of priorities for a parking space or route, but give some options and the user or a local system assisting the user can choose.
 - o If a situation can be clarified directly between 2 cars, this is usually better than involving a traffic centre.
- Anonymisation
 - o for any kind of aggregated use of data (especially centralized use)
 - o for any kind of interaction with peers (e.g. exchanging data for traffic safety with other cars), unless the opposite is needed.

Relevant Views (all the stakeholders in the system, especially the amateurs, as they usually have less opportunity to do it themselves.)

- Driver
- Passenger

-
- Bystander on the street
 - Maintenance person

References

ISO/IEC 24760-1:2011 Information technology -- Security techniques -- A framework for identity management -- Part 1: Terminology and concepts, First edition, 2011-12-15, freely available via <http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/index.html>

ISO/IEC IS 29100:2011 Information technology — Security techniques — Privacy framework, First edition, 2011-12-15, freely available via <http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/index.html>

Verkehr

Traffic

Peter Wagner: Verkehrssteuerung und Verkehrsmanagement in einem Verkehrssystem mit autonomen Fahrzeugen

Modellierung

Basierend auf einem Ansatz aus der mikroskopischen Modellierung von Verkehr wird ein Modell konstruiert, bei dem durch schlichte Parametrierung zwischen autonomen und menschlichen Fahrer hin und her geschaltet werden kann. Der wesentliche Unterschied zwischen AD (autonomous oder automated driver) und HD (human driver) ist dabei die Reaktionszeit und die Modellierung des Fehlers bei der Bestimmung des Abstandes zu den umgebenden Fahrzeugen. Während das AD-Modell praktisch keinen Fehler macht und damit dem AD immer der korrekte und aktuelle Abstand zur Verfügung steht, wird beim HD Modell ein expliziter Fehler bei der Wahrnehmung des Abstandes modelliert. Parametriert wird das in diesem Fall über die Varianz des Fehlers σ_g die für ein AD-Fahrzeug null ist, während für den HD σ_g in der Größenordnung von 20% des wahren Abstandes liegt. Ansonsten liegt dem Ansatz eine Betrachtung zugrunde, bei der unter Berücksichtigung kinematischer Größen (Bremswege, Sicherheitsabstand) eine vorausschauende Fahrweise implementiert wird.

Darüber hinaus gibt es noch ein paar kleinere Unterschiede zwischen HD und AD, die im Buchkapitel genauer spezifiziert werden.

Damit lässt sich nun der gemischte Verkehr sehr einfach und mit dem gleichen Modell für AD und HD darstellen, simulieren und die Auswirkungen verschiedener Ausstattungsraten untersuchen und quantifizieren.

Use Cases

Aus der Sicht dieser Modellierung lassen sich nun die vier Use Cases einordnen. Die sind sich alle sehr ähnlich, bis auf das Valet Parking (Use Case 2) das für die Überlegungen in diesem Abschnitt keine Rolle spielt. Eine entsprechende Modellierung würde eine korrekte Abbildung des Parksuchverkehrs voraussetzen, die im Rahmen dieses Projektes nicht geleistet werden kann.

Die Use Cases eins (Autobahnpilot) und drei (Automatisches Fahren mit Fahrer als Rückfallebene) lassen sich mit der hier beschriebenen Modellierung hervorragend abbilden und unterscheiden sich nur nach der Örtlichkeit (urban, inter-urban) und nicht nach dem Vorhandensein einer Rückfallebene Fahrer. Interessant ist hierbei vor allem das Wechselspiel zwischen den verschiedenen Systemen: so ist es z.B. eine völlig offene Frage, was mit den verschiedenen Instabilitäten geschieht: für eine Flotte von Fahrzeugen, die zu 100% aus HD besteht ist wohl bekannt, dass die unter bestimmten Bedingungen zu Staus führen. Gilt das auch für eine Flotte aus AD Fahrzeugen? Wenn nicht, was ja zu hoffen ist, ab welchem Anteil von AD an der Gesamtflotte löst sich ein Stau auf bzw. entsteht erst gar nicht erst? Andererseits basiert die derzeitige Modellierung des autonomen Fahrens auf einem linearen Abstandsregler der schwierig kolonnenstabil zu bekommen ist.

Der vierte Use Case, das „Fahrzeug auf Anfrage“ wird in diesem Abschnitt nicht aufgegriffen. Dazu gibt es in diesem Buch mindestens einen eigenen Artikel (den von Marco Pavone) und auch schon entsprechende Untersuchungen, u.a. auch von der Gruppe des Autors.

Gliederung des Artikels

Auf der Basis der beschriebenen Modellierung sollen detaillierte Untersuchungen vor allem zu maximal drei verschiedenen Szenarien aufgebaut werden. Diese sollen auch in Bezug zu der bekannten Literatur gestellt werden. Ein Teil der Simulationen soll mit dem vom DLR entwickelten open source Simulationstool SUMO (www.sumo-sim.org) durchgeführt werden.

Einzelne Kreuzung

Wie verändert sich die Kapazität einer Kreuzung als Funktion der Ausstattungsrate? Zu diesem Zweck soll eine entsprechende Simulation aufgesetzt werden, bei der mit dem oben beschriebenen Ansatz in verschiedenen Zusammensetzungen HD und AD Fahrzeuge zusammenfahren. Die entsprechend zu erfassende Messgröße ist dabei vor allem die Verlustzeit. Verglichen werden die Verlustzeit-Nachfragekurven die dann Auskunft über die an der Kreuzung zu erreichende Kapazität erlauben. Dabei soll auch die Frage einer eventuellen Überlast untersucht werden und die Frage, ob ein gemischter Verkehr mit einer solchen Überlastung flexibler umgehen kann als der gegenwärtige Zustand erlaubt. Diese erzielten Ergebnisse sollen mit verschiedenen theoretischen Überlegungen verglichen werden. Noch offen ist dabei die Frage, inwieweit auch organisatorische Fragestellungen angegangen werden können wie z.B. die nach einer eigenen Fahrspur für AD-Fahrzeuge, und ob sich das tatsächlich auszahlen kann.

Autobahnabschnitt

Neben der Betrachtung der Kapazität ist hier vor allem die Frage von Interesse, über welche Eigenschaften ein AD-Fahrzeug verfügen muss, damit ab einer entsprechenden Ausstattungsrate Staus tatsächlich der Vergangenheit angehören. Auch in diesem Fall soll dazu ein Abschnitt einer Autobahn simuliert werden mit einem variablen Anteil an HD und AD Fahrzeugen. Die entsprechende Nachfrage soll ebenfalls zeitlich variieren, da zu erwarten ist, dass die Unterschiede zwischen dem aktuellen und einem zukünftige Zustand sehr stark von der entsprechenden Nachfrage abhängen.

Auch hier muss die Frage offen bleiben, inwieweit auch organisatorische Änderungen simuliert werden können. Sehr interessant wäre es zu sehen, wie sich auf einer solchen Strecke mit einer eventuellen High Automation Lane (HAL) ein Zustand realisieren lässt, bei dem alle Fahrzeuge die Autobahn auch wieder verlassen können ohne dabei den Normalverkehr zu sehr zu stören. Hierbei kann es nötig sein, unter bestimmten Umständen Restriktionen für AD-Fahrzeuge einzuführen: wenn die entsprechende Kapazität der entsprechenden Ausfahrt nur eine bestimmte maximalen Anzahl an Fahrzeugen erlaubt, dann müssen die überschüssigen Fahrzeuge halt als HD-Fahrzeuge am Verkehr teilnehmen.

Simulation eines größeren urbanen Areals

Für die Städte Braunschweig und Magdeburg (bzw. für das WISTA-Gelände in Berlin-Adlershof, oder das Messegelände in Nürnberg) liegt eine detaillierte Beschreibung der Infrastruktur, die dazu gehörende Nachfrage (Start/Ziel-Matrizen in Stundenscheiben) und partiell auch entsprechende Daten aus Verkehrsmessungen vor. Damit soll eine Simulation eines urbanen Raumes aufgesetzt werden, bei dem die Auswirkungen eines gemischten Verkehrs studiert werden können.

Bernhard Friedrich: Verkehrliche Wirkungen autonomer Fahrzeuge

Motivation

Autonome Fahrzeuge nehmen selbständig am Verkehr teil, ohne dass sie den Menschen als Überwacher oder Entscheider benötigen. In diesem Projekt gehen wir davon aus, dass die Fahrzeuge durch bordautonome Technik in der Lage versetzt werden, adäquat auf die Anforderungen im Straßenverkehr zu reagieren. Es wird also nicht vorausgesetzt, dass zusätzliche Infrastruktur seitens des Straßenbetreibers, der Verkehrssteuerung oder zur Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation zur Verfügung gestellt wird.

Da es ein grundsätzliches gesellschaftliches Ziel ist, Straßenverkehr so effizient und so umweltverträglich wie möglich zu gestalten, wird in der folgenden Betrachtung analysiert, welche Auswirkungen autonome Fahrzeuge auf den Verkehrsfluss haben.

Allgemeine Überlegungen zur Kapazität von Straßen bei Berücksichtigung autonomer Fahrzeuge

Die Effizienz des Verkehrssystems ist abhängig von der Kapazität einer Verkehrsanlage. Bei einer Nutzung der Verkehrsanlage durch autonom fahrende Fahrzeuge wird sich die Kapazität gegenüber einer Nutzung durch menschliche Fahrer verändern.

Die Kapazität eines Fahrstreifens ist festgelegt durch die maximale Anzahl von Fahrzeugen, die einen Querschnitt während einer Zeiteinheit passieren können. Sie bestimmt sich durch die Dichte der Fahrzeugkolonne und der Geschwindigkeit, mit der die Fahrzeugkolonne den Querschnitt passiert.

Bei menschlichen Fahrern gilt die Faustregel, dass der Sicherheitsabstand in Metern, den ein Fahrer zum vorausfahrenden Fahrzeug einhalten soll, den halben Wert der aktuellen Geschwindigkeit in Kilometern pro Stunde beträgt $x_s[m] = V[km/h] / 2$. Diese allgemein bekannte Regel des „halben Tacho-abstands“ geht von einer Reaktionszeit aus, die kleiner als 1,8 s ist, da bei diesem Wert und gleich-bleibender Geschwindigkeit genau der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug zurückgelegt wird. Ausgehend von dieser Reaktionszeit kann in einem einfachen Ansatz, der durch Messergebnisse sehr gut belegt ist, für den heutigen Verkehr die Kapazität eines Fahrstreifens also mit etwa 2.000 Fahrzeugen pro Stunde angesetzt werden. Dies gilt gleichermaßen für Stadtstraßen wie für Landstraßen oder Autobahnen.

Je näher die Verkehrsbelastung an der Kapazität liegt, umso höher wird die Wahrscheinlichkeit des Zusammenbruchs und eines Staus. Empirische Analysen zeigen deutlich, dass bei menschlichen Fahrern ein Stau immer mit einer Kapazitätsminderung verbunden ist, da sie beim Verlassen der stromabwärtigen Staufront einen größeren Abstand einhalten als zuvor im fließenden Verkehr vor dem Zusammenbruch (capacity drop).

Für Verkehrsströme, die sich ausschließlich aus autonom fahrenden Fahrzeugen zusammensetzen, ist die Kapazität ebenfalls durch Verkehrsdichte und durch die Geschwindigkeit festgelegt. Bei hoher Verkehrsdichte wird sich ein synchronisierter Verkehr mit einer für alle Verkehrsteilnehmer gleichen Geschwindigkeit einstellen, die sich durch das langsamste Fahrzeug oder durch eine festgelegte Mindestgeschwindigkeit ergibt. Da der Sicherheitsabstand im Falle sehr kurzer Reaktionszeiten autonomer Fahrzeuge nur noch

marginal von der Geschwindigkeit der Fahrzeuge abhängt, ist die Kapazität durch das Produkt der Verkehrsdichte und der Fahrgeschwindigkeit bestimmt. Bei einer Fahrzeuglänge von 5 m und einem für die Kolonnenstabilität erforderlichen (?) Abstand von 2,5 m zwischen den Fahrzeugen ergibt sich bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h ein Durchsatz von 10.667 Fahrzeugen pro Stunde und mitunter mehr als das Fünffache der Kapazität, die bei Fahrzeugen mit Fahrern erreicht werden kann.

Zu einem Verkehrszusammenbruch kann es bei autonom fahrenden Fahrzeugen selbst bei Erreichen der Kapazität nicht kommen. Stauungen ggf. in Verbindung mit Selbstblockaden (grid lock) werden in diesem Fall aber in den untergeordneten Zufahrten auftreten.

Sobald autonom fahrende und von Fahrern gelenkte Fahrzeuge in gemischten Verkehrsströmen auftreten, liegt die Kapazität zwischen den beiden angegebenen Marken und wird von dem Verhältnis autonomer zu gelenkten Fahrzeugen abhängig sein. Für die Ermittlung der Kapazität kann unterstellt werden, dass bei entsprechend hoher Verkehrsdichte alle Fahrzeuge die für sie erforderlichen Zeitlücken gerade einhalten, wobei die Reihenfolge, in der die Fahrzeuge im Strom verteilt sind, für die Kapazitätsermittlung keine Rolle spielt. Die Kapazität steigt mit dem Anteil autonomer Fahrzeuge über-proportional an. Die Kapazität C ergibt sich aus diesen Überlegungen für gemischte Ströme damit zu:

$$C = \frac{3.600 \cdot v \cdot \left(1 + \frac{r}{1-r}\right)}{t_s \cdot v + L \left(1 + \frac{r}{1-r}\right)} \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} v \dots \text{mittlere momentan Geschwindigkeit [m/s]} \\ t_s \dots \text{Reaktionszeit [s]} \\ L \dots \text{Fahrzeu glänge mit erforderlichem Abstand [m]} \\ r \dots \text{Anteil autonomer Fahrzeuge [0;1[} \end{array}$$

Durch die Nichtlinearität ergibt sich eine überproportionale Zunahme der Kapazität für höhere Anteile autonomer Fahrzeuge, weshalb auf mehrstreifigen Fahrbahnen der höchste Durchsatz erreicht werden kann, wenn möglichst viele der autonomen Fahrzeuge sich auf einem Fahrstreifen konzentrieren und gelenkte Fahrzeuge andere Fahrstreifen nutzen.

Dieses Modell für die Kapazität bei gemischten Verkehrsströmen gilt für Strecken außerhalb von Knotenpunkten. An Knotenpunkten ergeben sich je nachdem, ob es sich um Stadtstraßen, Landstraßen oder Autobahnen handelt, unterschiedliche weitere Einflüsse auf die Kapazität.

Stadt- und Landstraßen

Die Kapazität in städtischen Straßennetzen wird von den meist mit Lichtsignalanlagen geregelten Knotenpunkten bestimmt. Hierbei entscheidet die zur Verfügung stehende Freigabezeit über die Kapazität eines Fahrstreifens. Die Freigabezeiten, die während einer Stunde den verschiedenen Verkehrsströmen zur Verfügung gestellt werden können, sind abhängig von der Umlaufzeit und den Zwischenzeiten. In den Hauptverkehrszeiten wird meist eine Umlaufzeit von 90 s gewählt, so dass während einer Stunde die Zwischenzeiten vierzig Mal berücksichtigt werden müssen. Geht man von einem typischen im Zuge einer städtischen Hauptverkehrsstraße gelegenen Knotenpunkt aus, so kommt für diesen häufig ein dreiphasiges Signalprogramm zum Einsatz. Die für eine Hauptrichtung relevanten Zwischenzeiten in den drei Phasenübergängen summieren sich in der Größenordnung auf 20 s und sind im Wesentlichen von den Räumzeiten der quer laufenden Fußgänger abhängig. Bei einer Umlaufzeit von 90 s verbleiben dann noch 70 s für die Freigabezeiten der verschiedenen Ströme. Unterstellt man, dass von der verbleibenden Freigabezeit 50% für die Ströme der Hauptrichtung zur Verfügung

stehen, ergibt sich während einer Stunde eine Freigabezeit von 1.400 s bzw. ein Freigabezeitanteil von 38,89 %, also ein Anteil, der in der Größenordnung von etwa 40% liegt.

Bei konfliktfreier Signalisierung (d.h. keine bedingten Verträglichkeiten z.B. mit parallel geführten Fußgängern) kann vor diesem Hintergrund die Kapazität von gemischten Verkehrsströmen mit dem oben genannten Ansatz ermittelt werden. Unterstellt man für das Anfahrmanöver eine mittlere Geschwindigkeit von 25 km/h, so erhält man für Verkehrsströme mit ausschließlich autonom fahrenden Fahr-zeugen für einen Fahrstreifen eine Kapazität von 1.333 Fahrzeugen pro Stunde. Im Vergleich dazu ergibt sich für die Kapazität bei von Fahrern gelenkten Fahrzeugen ein Wert von 556 Fahrzeugen je Stunde. Wegen des nicht-linearen Verlaufs der Kapazität über dem Anteil autonomer Fahrzeuge ist es auch hier am günstigsten, wenn sich die gelenkten und die autonom fahrenden Fahrzeuge sortieren und möglichst eigene Fahrstreifen nutzen.

Autobahnen

An Autobahnen entstehen bei hoher Auslastung Probleme für den einfädelnden Verkehr. Während heute ein Einfädeln durch die Fahrer grundsätzlich ermöglicht wird, indem die Geschwindigkeit reduziert oder der Fahrstreifen gewechselt wird und auf diese Weise eine ausreichende Lücke für ein ein-fahrendes Fahrzeug geschaffen wird, muss ein solches, kooperatives Verhalten bei autonom fahrenden Fahrzeugen explizit vorgegeben werden. Eine Reduzierung der Kapazität würde mit dieser erforderlichen Maßnahme einhergehen.

Kooperation

Momentan werden verschiedene Funktionalitäten erforscht und entwickelt, die auf dem Austausch von Informationen zwischen den Fahrzeugen und zwischen den Fahrzeugen und der Infrastruktur beruhen (C2X). Diese Information kann gerade für autonomes Fahren von großer Bedeutung sein. So können bei Erreichen der Kapazitätsgrenze Manöver wie der Fahrstreifenwechsel oder das Einfädeln insbesondere mit Hilfe des Informationsaustausches und mit kooperativen Verhaltensweisen ermöglicht werden. Auch die Schaltzeitprognose für LSA ist eine wichtige Information, um z.B. in Verbindung mit einer Anpassung der Progressionsgeschwindigkeit den Knotenpunkt ohne Halt und mit höherer Geschwindigkeit als nach einem Halt passieren zu können.

Thomas Winkle, Markus Maurer: Sicherheitsgewinn durch autonomer Fahrzeuge

Welche Bedeutung haben Beiträge aus der Unfallforschung für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge?

1. Wertvolle Beiträge zur allgemeinen Erhöhung der Verkehrssicherheit

Die Auswertung von Verkehrsunfällen trägt seit Jahren zur Verbesserung der Fahrzeug- und Verkehrssicherheit bei. Anhand statistischer Auswertungen oder detaillierter Analysen komplexer Ursachen und Zusammenhänge lassen sich Unfallschwerpunkte für Handlungsbedarf ableiten.

Verkehrsunfallforschung wird weltweit von verschiedenen Institutionen betrieben. In Deutschland beauftragen überwiegend Automobilhersteller, die Bundesanstalt für Straßenwesen, das statistische Bundesamt, Verbraucherverbände, Versicherungen und Zivil- bzw. Strafgerichte vertiefte Analysen von Verkehrsunfällen.

Als Beispiel für vertiefte Analysen am Unfallort in Deutschland wird seit 1973 Unfallforschung durch die Förderung der FAT (Forschungsgemeinschaft Automobiltechnik) mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) betrieben. Die Analysen erfolgen fahrzeugübergreifend mit Beteiligung von Verletzten unter dem Namen „German In Depth Accident Study“ (GIDAS). Bei der Erhebung von Unfalldaten stand zunächst die Passive Sicherheit von Fahrzeugen im Mittelpunkt. Dabei werden jährlich im Raum Dresden und Hannover in etwa 2000 Unfälle mit bis zu jeweils 3000 codierten Parametern in anonymisierter Form in einer eigenen Unfalldatenbank abgelegt.

Allgemein lassen Auswertungen von Unfalldatenbanken Schlüsse für Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit zu. Eine Unfallanalyse – zusammen mit einer Unfallrekonstruktion – umfasst eine Rückrechnung von Geschwindigkeiten nach Unfällen aus Unfallschäden, die Untersuchung der Unfallentstehung, Vermeidbarkeitsbetrachtungen von Verkehrsunfällen, Betrugsaufklärung, Messtechnik und Biomechanik. Eine darauf basierende Potenzialbewertung zukünftiger Systeme setzt jedoch die umfangreiche Kenntnis vorgegebener Rahmenbedingungen voraus.

2. Erkenntnisse zur Entwicklung und Optimierung neuer Fahrzeugsicherheitssysteme

Für Erkenntnisse aktueller Fahrzeugentwicklungen im Unfallgeschehen und zur Erfüllung der Produktbeobachtungspflicht führen heute interdisziplinäre Expertenteams von Automobilherstellern und Zulieferern gemeinsam mit Krankenhäusern und der Polizei Unfallanalysen am Unfallort durch. Die Ergebnisse dienen vor allem zur fortlaufenden Verbesserung der Wirksamkeit aktuell eingeführter Fahrzeugsicherheitssysteme.

Als Automobilhersteller begann Mercedes-Benz bereits im Jahr 1967 gemeinsam mit der Polizei im Landkreis Böblingen Verkehrsunfälle unter Beteiligung von Mercedes Fahrzeugen zu untersuchen. Zwei Jahre später konnte die Mercedes-Unfallforschung mit Erlaubnis des Ministeriums auf regelmäßige telefonische Informationen und Einsicht in die Unfallakten durch die Polizei in Baden Württemberg zurückgreifen.

3. Möglichkeiten und Grenzen zum Sicherheitsgewinn zukünftiger fahrerloser Fahrzeuge

Vertiefte Analysen von Verkehrsunfällen können auch für Prognosen vollautomatisierter Fahrzeuge genutzt werden, die zukünftig alle Fahraufgaben im Straßenverkehr übernehmen.

Vermehrte Präsentationen fahrerloser Forschungsfahrzeuge sowie Medienberichte von Automobilherstellern, Zulieferern und Softwareunternehmen könnten auf eine geplante Markteinführung autonomer Fahrzeuge in den nächsten Jahren bzw. Jahrzehnten schließen. Gegenüber dem Menschen wären vermutlich einige Fahrsituationen maschinell zuverlässiger auszuführen. Ein fundierter Potenzialnachweis durch Unfalldatenbanken könnte für mehr Klarheit sorgen. Dazu stellt sich die zentrale Frage, welche Bedeutung Ergebnisse aus der Verkehrsunfallforschung auf die Einführung autonomer Fahrzeuge haben?

Erschwerend für Zukunftsprognosen stellen sich weiterhin technische Hürden dar, die bis zur Einführung marktreifer vollautomatischer Fahrzeuge noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Insbesondere die Wahrnehmung und Interpretation komplexer Verkehrssituationen stellt Entwicklungsingenieure bislang vor technisch erhebliche Herausforderungen. Weiterhin wird die Leistungsfähigkeit des Menschen häufig unterschätzt. Fahrerassistenzsysteme gleichen im Wesentlichen auf Erkenntnissen von Verkehrsunfallanalysen die Schwächen menschlicher Fähigkeiten aus. Sie können die Sicherheit in Routinefahrsituationen während der Überwachung des Menschen erhöhen. Dagegen müssen fahrerlose Fahrzeuge zunächst die Fahrfähigkeiten des aufmerksamen menschlichen Fahrers erreichen, um anschließend die Fähigkeiten des Menschen für eine weitere Reduktion der Verkehrsunfallzahlen zu übertreffen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „autonomes Fahren - Villa Ladenburg“ der Daimler und Benz Stiftung ist der Themenbereich „Sicherheitsgewinn durch autonomer Fahrzeuge“ vor allem innerhalb der Diskursbereiche Verkehr, Sicherheit und Recht einzuordnen.

Folgende Fragen sind aus Sicht von Ergebnissen der Verkehrsunfallforschung im Hinblick auf die Einführung autonomer Fahrzeuge zu diskutieren:

- Wie lässt sich objektive Sicherheit im Straßenverkehr darstellen?
- Welche Beispiele aus der Unfallanalyse zeigen Risikoakzeptanz im Straßenverkehr?
- Wie sicher ist sicher genug, damit eine Maschine den Menschen ersetzen kann?
- Welchen Sicherheitsgewinn können vollautomatisierte Fahrzeuge bzw. Fahrzeugsysteme durch verringerte Geschwindigkeiten erreichen?
- Welche Beispiele aus dem Unfallgeschehen stehen im Zusammenhang mit haftungsrechtlichen Grundsätzen und Rechtsprechungen zur Regulierung von Unfallschäden (z. B. Haftungsausschluss „Unabwendbares Ereignis“ vs. „Betriebshaftung“)

Literatur (Auswahl)

Busch, S; „Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Prognose des Sicherheitsgewinns ausgewählter Fahrerassistenzsysteme“; Dissertation, Juli 2005, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 588.

Buschardt, B. ; Donner, E. ; Graab, B. ; Hörauf, U. ; Winkle, T.: Analyse von Verkehrsunfällen mit FAS Potenzialeinschätzung am Beispiel des FAS Lane Departure Warning. In: Tagung Aktive Sicherheit 2006, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, 2006.

Chiellino, U. ; Winkle, T. ; Graab, B. ; Ernstberger, A. ; Donner, E ; Nerlich, M.: Was können Fahrerassistenzsysteme im Unfallgeschehen leisten? In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 3/2010, TÜV Media GmbH, 2010, S. 131–137.

Donges, E.: Fahrerverhaltensmodelle. In: Winner, H.; et al.: Handbuch Fahrerassistenzsysteme. 2. Auflage, S. 15-23, Vieweg+Teubner Verlag, 2012.

Gasser, T. M.; et al.: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 83, 2012.

Knapp, A. ; Neumann, M. ; Brockmann, M. ; Walz, R. ; Winkle, T.: Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS, Preventive and Active Safety Applications, eSafety for road and air transport, European Commission Integrated Project, Response 3, 2009.

Maurer, M.: Autonome Automobile – Wer steuert das Fahrzeug der Zukunft? Daimler und Benz Stiftung, Vortrag Forschungsprojekt „Villa Ladenburg“, 2013, https://www.daimler-benz-stiftung.de/cms/images/dbs-bilder/foerderprojekte/villa-ladenburg/Dialog_im_Museum_Vortrag_Prof_Maurer.pdf.

Unsel, T., et. al. : Insassen und Partnerschutz unter den Rahmenbedingungen der Einführung autonomer Fahrzeugsysteme, In: 29. VDI/VW-Gemeinschaftstagung "Automotive Security", 2013.

Heike Flämig: Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes

Motivation¹¹

Die Konzentration der öffentlichen und wissenschaftlichen Diskussion zum autonomen Fahren auf Personenkraftwagen vernachlässigt rund einen Drittel des Verkehrs auf öffentlichen Straßen. Zudem wird übersehen, dass automatisierte und teilweise autonome Fahrzeuge seit längerem schon erfolgreich unterwegs sind – insbesondere in logistischen Knotenpunkten wie Häfen, Distributionszentren und Lägern von Produktion und Handel. Angesichts der Tatsache, dass sich diese Fahrzeuge in „geschützter“ Umgebung bewegen, werden sie – zumindest medial – kaum wahrgenommen.

Ganz grundsätzlich stellt sich die Frage, inwieweit auch im Straßengüterverkehr vollautomatisches Fahren eine sinnvolle Anwendung sein kann. Daran knüpfen sich weitere Fragen an, wie die notwendigen politischen und rechtlichen Voraussetzungen oder mögliche Veränderungen in Logistik bzw. in Supply Chains und im Güterverkehr.

Der Beitrag wird sich dem Thema zunächst historisch aus der Perspektive der innerbetrieblichen Logistik nähern, da in diesem Zuge die Beweggründe für fahrerlose Transportsysteme gut nachvollziehbar werden und der Erfahrungshintergrund der Unternehmensentscheider offengelegt wird. Anhand von Fallbeispielen aus dem Bereich von Logistik und Güterverkehr (nicht Personenwirtschaftsverkehr) werden derzeitige Einsatzfelder aufgezeigt. Zudem werden die durch das Kernteam ausgearbeiteten Anwendungsfälle auf ihre Anwendbarkeit im Bereich des Güterverkehrs überprüft und gegebenenfalls durch spezifische Anwendungsfälle für den Güterverkehr ergänzt. Ausgehend von einer Logistikkettenbetrachtung (Supply Chain) werden die sich durch ein technologisch verändertes Fahren ergebenden Veränderungen für Unternehmen und Gesellschaft sowie die dafür notwendigen Voraussetzungen für eine Realisierung kritisch reflektiert.

1. Historischer Abriss

Die Logistik nutzt so genannte Fahrerlose Transportsysteme (FTS) und Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) seit den 1960er Jahren. Die Diskussion um die Entwicklung von FTS wurde durch die zunehmende Automatisierung in Lager und Produktion ausgelöst. Ziel war der durchgängige Materialfluss. Die Führung erfolgt meist über induktiv gelenkte Fahrzeuge und ist damit infrastrukturgebunden. Erst mit der Entwicklung von RFID und der Dezentralisierung der Entscheidungsfindung intensiviert sich die Diskussion um Selbststeuerung (Internet der Dinge) der Fahrzeuge.

2. Anwendungsfälle

Aus der Perspektive von Güterverkehr und Logistik sind folgende Ausdifferenzierungen von Interesse:

¹¹ Teilweise aus dem Lastenheft übernommen.

- Hochautomatisiertes Fahren mit Fahrer, wobei die Navigation nicht frei ist (Anwendungsfälle 1-3)
- Hochautomatisiertes Fahren ohne Fahrer und ohne freie Navigation (Anwendungsfall fehlt)
- Hochautomatisiertes Fahren mit Fahrer und freier Navigation (Anwendungsfälle 3)
- Autonomes Fahren ohne Fahrer und mit freier Navigation (Anwendungsfall 4)

Vor diesem Hintergrund wird geprüft, inwieweit die Anwendungsfälle im Güterverkehrssystem deckungsgleich mit den "Use Cases des Autonomen Fahrens" (Stand 24.12.2013) formuliert werden oder Anpassungen stattfinden müssen. Im Folgenden werden erste Entwürfe von Anwendungsfällen vorgestellt und erste Argumente für und gegen den gewählten Autonomiegrad in Logistik und Güterverkehr aufgeführt.

Vollautomat mit Verfügbarkeitsfahrer

Als eine Vorstufe kann für einen Vollautomat mit Verfügbarkeitsfahrer die bereits im Jahr 2012 vorgestellte Konzeptstudie für ein teilautonomes Zustellfahrzeug dienen. Bei diesem Fahrzeugkonzept muss der Zusteller nicht immer ein- und aussteigen, sondern kann über das Mobiltelefon das Fahrzeug anweisen, in Schrittgeschwindigkeit neben ihm herzufahren. Durch die Nutzung einer *Wlan*-Verbindung wird einem Signalabbruch, wie er bei GPS-Verbindungen auftreten kann (und befürchtet wird), entgegengewirkt. Im Rahmen des Forschungsprojektes konnte eine Einsparung an täglicher Zustellzeit von 40 Minuten ermittelt werden. Das typische Verletzungsrisiko durch Verdrehen und Umknicken beim Aussteigen wird verringert.

Valet parken

In engen Innenstädten und in häufig nicht auf große Lkw ausgelegten Anlieferzonen von Industrie und Handel kann das selbstständige Einparken oder das autonome Andocken an die Rampe teure Bagatellschäden verhindern. Der Fahrer wird von stressbehafteten Fahraufgaben entlastet.

Autobahnpilot

Vollautomatisiertes Fahren eröffnet die Möglichkeit, Fahrzeuge ohne Fahrer fahren zu lassen. Zwischen Rendezvouspunkten auf Hauptläufen, beispielsweise zwischen Autohöfen auf Autobahnen oder gut angebundenen Gewerbegebieten, wird der Fahrer entlastet oder sogar ersetzt. Konsequenz zu Ende gedacht, wäre es sogar sinnvoll, einige der derzeit diskutierten Lösungsansätze zur Kapazitätserhöhung der Infrastruktur (*Platooning*), Ressourcenschonung und des Umweltschutzes (Oberleitungs-Lkw zur Elektrifizierung der Flotte) zu kombinieren. Die Nutzung einer eigenen Fahrspur durch autonome, gekoppelte Fahrzeuge könnte rechtliche Bedenken minimieren helfen.

3. Erste Einschätzungen gesamtwirtschaftlicher Wirkungen von automatisierten Systemen in der Gütertransportkette

Aus einzelwirtschaftlicher Perspektive spricht vieles dafür, autonome Systeme in der Gütertransportkette einzusetzen. Fehlendes Fahrpersonal, energiesparende Fahrweise, hohe Zuverlässigkeit, effiziente Unfallvermeidung sind gewichtige Gründe. Zudem ist in Zeiten knapper öffentlicher Haushalte künftig nicht mit einem deutlichen Ausbau von Verkehrsinfrastruktur, insbesondere von Schiene und Binnenschiff, zu rechnen. Durch das

automatisierte Fahren könnte die vorhandene Straßeninfrastrukturkapazität mindestens verdoppelt werden. Gleichzeitig könnte ein Beitrag zum Klimaziel geleistet werden, da automatisiertes Fahren den Treibstoffverbrauch reduziert.

Bereits heute leisten die FAS einen erheblichen Beitrag zur Reduzierung von Unfällen. Diese könnten durch hoch- bzw. vollautomatisierte Fahrzeuge weiter gesenkt werden, da diese Stauende erkennen können, riskante Überholmanöver vermeiden und auch keine Geisterfahrten unternehmen. Allerdings sind die rechtlichen Haftungsfragen, wenn es dann doch zu einem Unfall käme, noch nicht vollständig gelöst.

Zudem liefert nicht nur der Technikdeterminismus gewichtige Gründe gegen automatisierte Straßenfahrzeuge: Effizienzerhöhungen im Straßenverkehr rufen Konflikte zu den Massentransportmitteln hervor. Automatisiertes *Platooning* steht in direkter Konkurrenz mit der Bahn, wie zuvor schon der Lang-Lkw. Zwar gibt es in Deutschland einen Berufskraftfahrermangel. Insgesamt und in anderen Ländern würden jedoch dringend benötigte Arbeitsplätze entfallen.

Auch die Akzeptanz der Bevölkerung ist gegenüber vollautomatisierten Systemen beschränkt; nicht zuletzt aufgrund regelmäßiger Berichte von in Fahrzeugen ausgefallenen mechanischen oder elektronischen Bauteilen oder der Befürchtung abreißender Datenverbindungen. Autonome Fahrzeuge müssen zudem mit einer entsprechenden, zuverlässigen Software (Künstlichen Intelligenz) ausgestattet sein, die auf alle Eventualitäten reagieren kann. Insbesondere dort, wo Menschen und Tiere auf den Straßen unterwegs sind.

3. Nächste Schritte

- Weiterentwicklung der Anwendungsfälle im Bereich des Straßengütertransports,
- Entwicklung einer generischen Supply Chain und Diskussion der Veränderungen sowie (einzel- und gemeinwirtschaftlicher) Vor- und Nachteile automatisierter Systeme im Bereich des Gütertransports,
- Herausarbeitung der notwendigen Voraussetzungen für eine Realisierung autonomer Systeme im Bereich des Gütertransports,
- Ableitung des weiteren Forschungsbedarfs und von Handlungsempfehlungen.

Marco Pavone: The Value of Robotic Mobility-On-Demand Systems

Motivation

In the past century, private automobiles have dramatically changed the concept of personal urban mobility by enabling fast and anytime point-to-point travel. However, this paradigm is currently challenged. According to United Nations' estimates, urban population will double in the next 30 years. The demand for roads and parking spaces will dramatically increase, while the availability of urban land will decrease. The result is that private automobiles, with their current 5% utilization rate and 5 miles/hour average speed in urban centers, appear as an unsustainable solution for the future of personal urban mobility [1]. Arguably, one of the most promising approaches to cope with this problem is one-way vehicle sharing with electric cars (referred to as Mobility-On-Demand -MOD-), which directly targets the problems of parking spaces, pollution, and low vehicle utilization rates. However, one-way sharing leads to vehicle imbalances. Furthermore, such systems, while directly mitigating the problem of low vehicle utilization rates, are still unable to address system-wide congestion and throughput optimization.

The progress made in the field of autonomous driving in the past decade might offer a solution to these issues. In fact, robotic cars in a MOD system could eliminate imbalances within the transportation network and would enable automated system-wide coordination aimed at throughput maximization [1]. However, the operational and economic aspects of *robotic* MOD systems are still unclear: How many robotic vehicles would be needed to achieve a certain quality of service? What would be the cost for their operation? Would they decrease congestion? Such system-level problems require analysis tools at the *interface* between robotics and transportation science, which appear to be currently unavailable.

Models and Coordination Algorithms for Autonomous MOD systems

The objective of this chapter is to present models and methods to evaluate the potential benefits and design coordination algorithms for MOD systems where mobility is provided by robotic vehicles (henceforth referred to as *autonomous MOD* system). Specifically, we present two models:

- **Fluidic model [2]:** in such model, customers and vehicles are modeled as a continuum. This *deterministic* model essentially arises as the limit of a sequence of appropriately scaled queuing systems. With this model, one can gain valuable insights into the operation of an autonomous MOD system, and can design effective rebalancing strategies to keep the robotic vehicles balanced throughout the network.
- **Queuing-theoretical model [3]:** the fluidic model is easy to analyze and provides valuable insights, but it does not provide information about the effect of *stochastic* fluctuations in the system (e.g., due to the customers' arrival process) and, most importantly, it does not allow the computation of key performance metrics such as availability of vehicles at stations and customer waiting times. This motivates a *stochastic* queuing-theoretical model, where an autonomous MOD system is cast within the theory of Jackson networks. This model allows one to compute key performance

metrics, design system-wide coordination algorithms, and study congestion effects.

We show an application of these models to case studies of New York City and Singapore (which also show how to use these models to design system-wide coordination algorithms). Specifically, for New York City, we seek to compute how many robotic vehicles in an autonomous MOD system would be required to replace the current fleet of taxis while providing quality of service at current customer demand levels [3]. Our study uses taxi trip data collected on March 1, 2012 (the data is courtesy of the New York City Taxi & Limousine Commission) consisting of 439,950 trips within Manhattan. Figure 1(left) shows that for a 7,000 vehicle fleet of shared robotic vehicles, the peak averaged wait time is less than 5 minutes (9-10am) and for 8,000 vehicles, the average wait time is only 2.5 minutes. The results suggest that an autonomous MOD system with 7,000 to 8,000 vehicles (50-60% of the size of the current taxi fleet) can provide adequate service with current taxi demand levels in Manhattan (the setup for the MOD system is portrayed in Figure 1(right)). A similar case study of Singapore [4], suggests that an autonomous MOD solution could meet the personal mobility need of the *entire* population of Singapore with a fleet whose size is approximately 1/3 of the total number of passenger vehicles currently in operation.

These case studies provide the first rigorous assessment of the potential benefits of large-scale autonomous MOD systems.

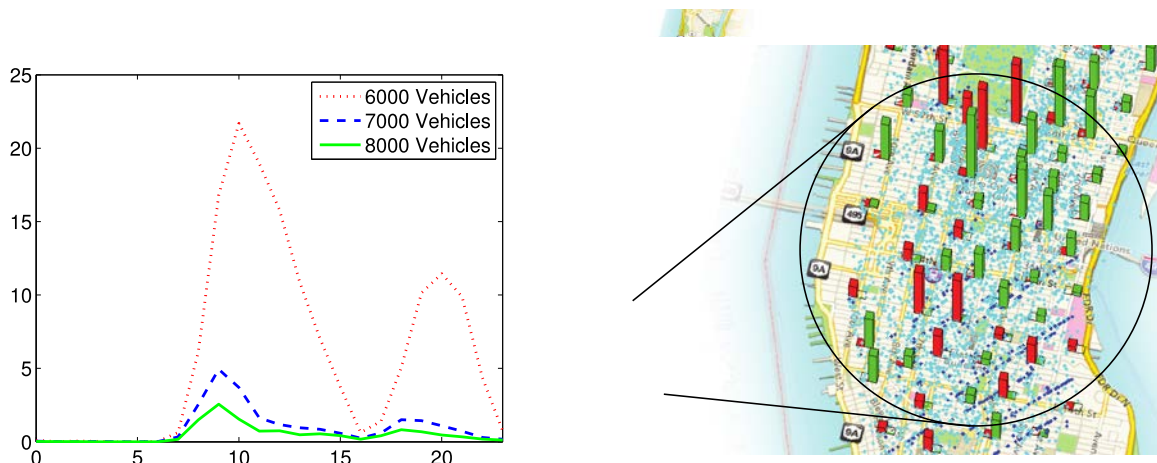


Figure 1: Left figure: average customer wait times in Manhattan over the course of a day, for autonomous MOD systems of different sizes. Right figure: the autonomous MOD system considered for Manhattan. Red bars indicate waiting customers, green bars indicate available vehicles, cyan dots are vehicles traveling with passengers and blue dots are rebalancing vehicles.

We also discuss an application of our models and methods to the characterization of the total mobility cost (comprising both explicit and implicit costs) for a potential autonomous MOD system in Singapore. Our analysis suggests that such system would be a financially viable alternative to more-traditional means of accessing personal mobility (with a cost equal to ~50% of the cost of a privately owned vehicle).

Collectively, this chapter provides analytical guidelines for rigorously sizing autonomous MOD systems, and principled methods to design control algorithms for their operation.

References

- [1] W. J. Mitchell, C. E. Borroni-Bird, and L. D. Burns. *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century*. The MIT Press, Cambridge, MA, 2010.
- [2] Marco Pavone, Stephen L Smith, Emilio Frazzoli, and Daniela Rus. *Robotic load balancing for mobility-on-demand systems*. The International Journal of Robotics Research, 31(7):839–854, 2012.
- [3] R. Zhang, M. Pavone. *Control of Robotic Mobility-On-Demand Systems: a Queueing-Theoretical Perspective*. 2014 Robotics: Science and Systems Conference.
- [4] K. Spieser, K. Treleaven, R. Zhang, E. Frazzoli, D. Morton, and M. Pavone. *Toward a systematic approach to the design and evaluation of automated mobility-on-demand systems: a case study in Singapore*. In Springer Lecture Notes in Mobility, 2014.

Mobilität *Mobility*

Barbara Lenz, Eva Fraedrich: Automated Driving allowing for Innovative Mobility Concepts

New mobility concepts are currently appearing on the transport market, usually based on the general concept of vehicle sharing. The principle of vehicle sharing is regarded as one specification in a “shared economy” where the common use of products and services plays a central role in the consumer market. In the transportation sector, “sharing” is a quite traditional way of being mobile, if one thinks of public transport as a way to organize mobility options while sharing vehicles. Today much more sophisticated ways of sharing vehicles exist. Flexible car sharing, for instance, provides new mobility options offering car use on one-way trips within a defined area – usually in big cities like Berlin, Munich, Washington or San Francisco. Other recent developments combine private car owners and users to form peer-to-peer car sharing, i.e. car sharing based on the ownership of a private car that is offered for use to a broader public. In this case, ride sharing might be seen as comparable to the previous case.

These new concepts need two fundamental prerequisites to operate successfully: A good public transport system that is the solid basis and the backbone for everyday transport needs (that then are complemented by car sharing for incidental needs), and information technologies (IT) that link supply and demand dynamically. The integration of new passenger-car-based mobility options and public transport creates a new “hybrid” transport system. Automated vehicles provide opportunities to go even further in the interlacing of public and private transport. On the one hand they provide (various kinds and sizes of) vehicles that do not need an individual driver, on the other they can go anywhere and no longer need predefined routes. The question is whether the conventional and well established public transport system will dissolve and undergo a transition to a new system where public, shared and private elements are strongly interlinked. What could this mean in terms of innovative mobility solutions and their impact on the existing system? What about the acceptance of new transport systems that goes beyond acceptance of a singular transport mode like the car, although it is supposed to be strongly correlated to that? The paper addresses these challenges and opportunities in the context of automated driving. A literature review as well as empirical data from both qualitative as well as quantitative approaches will serve to enlighten the impact of self-driving cars on future mobility concepts and their potential role in the overall transport system.

Automated mobility concepts in urban areas

The urban transport system is characterised by high network and transport service densities, especially in the core areas of the cities. This applies to the road network as well as to the public transport network, which mostly is a combination of rail and road transport. Automated transport already exists in several cities on individual lines of the metro rail system, for instance in Paris, Lyon and Nuremberg. After some initial concerns on the user side, these lines are used nowadays without any reservations.

Car companies are developing ideas for car-based urban transport concepts where hubs provide the transition from long distance transport to transport within the urban area. Older concepts mostly understood the longer distance interurban ride as the self-driving component while the automated part of the system concerned the inner urban part. These hub systems have afforded new infrastructures along the city borders, but relieved the inner city of parked cars. Bearing in mind the recent development of electric mobility, it may be possible to work out a combination

of supply and interchange infrastructures (see contribution “Wechselwirkung autonome Mobilität und Stadt” by Heinrichs).

For the new systems, it is noteworthy that they all include the combination of private and public transport, and thus require intermodality in terms of built facilities and user acceptance. At the same time the new system(s) will only work if a broad data basis is available. This raises big challenges for data gathering infrastructures in terms of Vehicle-to-Vehicle (V2V), Vehicle-to-Infrastructure (V2I) and Vehicle-to-Others (V2X)), and in particular for data security and data handling (see the article “Möglichkeiten und Risiken der Erhebung und Nutzbarmachung zusätzlicher Daten” by Rannenberg). This will have major implications for the acceptance of systems where automated vehicles play a substantial role.

Automated mobility concepts in suburban and rural areas

Neither urban structures that are characterised by less density, as is the case for many suburban areas, nor rural areas have yet been the focal point of discussions of autonomous driving. This is all the more surprising as it can be expected that automated vehicles offer very new opportunities to create new transport services. Just to note a few: costs may go down rapidly as drivers are no longer required; on-demand systems with demand-oriented smaller or larger vehicles can considerably enhance transport supply at a 24/7 scale; the fact that predefined routes are no longer necessary will allow for area-wide systems and thus overcome the close restrictions of today’s transport systems.

Starting from the questions

- How does automated driving contribute to the development of new mobility concepts?
- Which new concepts can be revealed by the combination of automated driving with new information and communication technologies?
- Which new concepts will result in a hybridization of public and private transport through the integration of private, shared and public use?
- On what levels of transport may automated driving be adopted generally?

the authors will explore the range of new options and challenges based on empirical data, scenarios for the future of mobility and expert interviews.

Sven Beiker: Implementation of a Self-Driving Transportation System

The Induct Navia [1] is a vehicle that the manufacturer calls “a robotic driverless electric vehicle” [2]. The vehicle is currently being prepared for initial evaluations at Stanford University to determine which research will be carried out with at least two of these vehicles as of the second half of 2014. The general motivation for the research is to contribute to a more efficient urban transportation system.

The Induct Navia can transport up to 8 passengers at a top speed of 20 km/h on a predefined route, preferably in an urban setting such as shopping areas or amusement parks. The vehicle uses GPS, LIDAR, ultrasound, and other sensors to determine the location of the vehicle and surrounding objects and is able to travel the predefined route according to the passenger's demand and without further human interaction. The passenger interface is a 10-inch screen on the vehicle where the passenger enters the desired destination or requests an immediate stop. Additional interfaces comprise a call option to talk to a remote operator in case of an unforeseen situation and an additional emergency stop button. The general concept is similar to an elevator where the passenger enters the destination (the requested floor) and then has no further interaction with the vehicle, except in an emergency. Because the vehicle does not rely on constant human interaction, it falls in the category “Full Automation” according to SAE International's J3016 standard [3] or “Level 4 Automation” according to NHTSA's definition [4].

The vehicle comes with a suite of built-in safety measures. One main safety feature is that the doors to the passenger compartment only open if the park brake is applied. However, in an emergency, passengers could exit the vehicle by climbing over the doors, as the design of the vehicle is open between waist-height and roof. The brakes can only be released once the central vehicle control unit establishes that all systems are functioning as expected. The vehicle also comprises two emergency-stop buttons, one on-board accessible for passengers and one portable remote wireless remote control for operators. Both buttons are for now only intended for research purposes.

The infrastructure requirements for the vehicle depend on the mode of operation. For research operations (safety staff on-board or near the vehicle) no communication link to / from the vehicle is required, except the RF-link for the wireless emergency stop button. For public operations (only passengers on-board or near the vehicle) a remote operator is required. The manufacturer of the vehicle proposes a redundant communication link, such as cellular and WiFi, or at least two independent cellular networks (e.g. two different providers). The communication concept is also best explained through the elevator analogy. The passengers in an elevator (and similarly in an AMOD) can stop the vehicle and call for help. However it might take the service staff significant time to get to the location of the vehicle in order to provide assistance. As the research operation will begin in controlled areas with no general public access, no changes for the road or other parts of the built environment (e.g. additional guardrails etc.) are considered at this point. This is in accordance with what the manufacturer intends for public operations in other cases.

The deployment area for the AMOD needs to be mapped out in advance so that the vehicle “learns” its environment. That includes mostly a laser footprint of the surroundings relative to the path where the vehicle is supposed to be operated. Stationary and moving objects then need to be edited in such a “laser map”, which means that moving objects (e.g. parked vehicles that are not permanently in the scene) need to be removed and stationary objects (e.g. buildings,

trees, guard rails) need to be checked for accuracy. While this editing needs to be done manually, the system overlays the positioning data of the vehicle automatically, which relies on wheel rotation and steering angle to determine the vehicle location relative to the start position. GPS is not necessarily required for this operation but increases the accuracy.

The training for the operators consists of a hands-on training to get familiar with the start-up/driving/shutdown sequences of the vehicle, its controls, and respective emergency procedures. The training is complemented with operator manuals and finally documented through a manufacturer-granted operator license. So far only the manufacturer of the vehicle defines and performs the training, certification, and maintenance procedures. Additional procedures might need to be established before mass-market deployment of the vehicle (official sales for the Navia began in January 2014 [1]). Therefore, independent organizations such as TÜV, Lloyd's Register, or others should be considered.

The initial deployment process for the AMOD at Stanford started in late 2012 with the identification of administrative and legislative organizations that need to be sought prior to the first vehicle operation. The first on-campus partner was the Stanford Parking & Transportation Services (P&TS) group that coordinates traffic on campus in general and showed interest in using an AMOD for their own transportation purposes. P&TS is in general terms the municipal traffic coordinator who administers operations on a local level. While approval on the local level should suffice for the operations that are planned at Stanford for research purposes (closed areas or local streets), subsequent steps would involve administrations on a county level (county roads), state level (state highways), and potentially federal / national level (national highways). In addition to traffic coordination, the Stanford Risk Management Department and Industry Contracts Office were consulted to discuss the planned operations on campus. The different roles of Stanford University in this project were discussed, such as being an employer, an educational / research institution, vehicle operator, business entity, as well as a publicly accessible road network and pedestrian area.

Most of these conversations began with detailed explanations of the AMOD concept, where videos and pictures were very helpful beyond the basic vehicle specifications. In order to get approval from the Industry Contracts Office and Risk Management Department especially the Stanford Vehicle Loan Agreement had to be modified. Besides other terms, it also defines the responsibilities of a "driver", which cannot be determined as easily for an AMOD as it is the case for a conventional automobile. After an operating permission for evaluation purposes was granted, it was decided to get the vehicle to campus as soon as possible to have it available for further administrative decisions and to define the eventual research program.

For the loan agreement, the level of liability insurance was determined (\$1m) and the responsibilities of owner (Induct), borrower (Stanford), and operator (typically Stanford, however to be determined further in case of remote operator and public operation) were established. While it was possible to work with existing insurance models, the different parties such as "owner", "borrower", "operator", "passenger", "bystander", and "third party" were initially defined. The most significant change to the existing model is that there is no "driver" anymore who would typically carry large responsibility for operating a vehicle. Instead, this responsibility is now distributed among "borrower", "operator", "passenger", and potentially even further. This determination is still an ongoing process in the program.

One important legal aspect to take into account for this specific deployment is the regulation that the State of California Department of Motor Vehicles is currently considering [5]. The CA DMV is required to implement regulation for automated vehicles by Jan 1, 2015. Currently it is

unclear what this regulation will look like. It is however contemplated that any party modifying a vehicle to automate it (even if only for testing purposes) would be considered a vehicle manufacturer. A manufacturer would be required to get registered as such and also to register the automated vehicle with the State of California. At this time it is not entirely clear what the registration process for a manufacturer and vehicle would entail, however it might put some parties into an unprecedented situation. It is likely that this will also apply to universities as well as low-speed / limited-deployment vehicles such as an AMOD.

The general reaction to the vehicle has been very positive. While not too much public operation has been performed (because the initial research evaluations are performed in closed areas), the most feedback was received from administrators and potential operators for the mobility system. Especially the situation that the vehicle is slow-moving (max. 20 km/h) and range-limited (predefined deployment area) let decision-makers feel comfortable with the concept. Requests for demonstrations and potential deployments began to exceed capacity soon after respective groups at Stanford had heard about the AMOD. All conversations were characterized by a strong desire to have an innovative and cost-effective transportation system.

It has to be considered that the AMOD is a very special vehicle because of its low-speed and limited-deployment concept. These are obviously both attributes that would be the opposite for highway vehicles, which move at significantly higher speed and could be operated virtually anywhere without limitations. However, the implementation process for an AMOD should be used as an early example for the deployment of highly and fully automated highway vehicles because one can learn and probably adopt general procedures for risk management, communication, and public acceptance. However, the applicability of fail-safe strategies, legal aspects, and communication infrastructure from AMOD to highway vehicles might be rather limited because of the different speed ranges and deployment areas. Further work needs to be carried out to compare the deployment scenarios of an AMOD and automated highway vehicles so that it can be determined which procedures can be adopted.

References

1. Induct Navia product description, company website, <http://induct-technology.com/en/products/navia-the-100-electric-automated-transport> (retrieved 02/01/14)
2. "Induct Launches Navia, The First 100 Percent Electric, Self-Driving Shuttle In The U.S.", Induct press release, 01/06/14
3. SAE International, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems", 01/16/14
4. National Highway Traffic Safety Administration, "Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles", Publication NHTSA 14-13, 05/30/13
5. "Autonomous Vehicles Regulations", California Department of Motor Vehicles, <http://www.dmv.ca.gov/vr/autonomous/auto.htm> (retrieved 02/04/14)

Motivation und Zielsetzung

Mobilität, Verkehr und Stadtstruktur sind eng verknüpft. Das menschliche Bedürfnis nach Raumveränderung und die Nutzung von Verkehrsmitteln prägen mit den notwendigen Infrastrukturen die Stadt und den öffentlichen Raum in hohem Maße. Die Eigenschaften der Stadtstruktur bildet wiederum eine wichtige Grundlage für Mobilitätsentscheidungen von Haushalten und Unternehmen und schafft Bedingungen für neue urbane Mobilitätstrends. Der gebaute Raum der Stadt gibt in entscheidendem Maße vor, welche Formen von Verkehr ermöglicht oder aber auch ausgeschlossen werden. Ist die Stadtstruktur zersiedelt und weist eine geringe Dichte auf, werden Fuß- und Radverkehr erschwert und der motorisierte Individualverkehr begünstigt. Kompakte, kleinteilige Stadtstrukturen dagegen fördern den Fuß- und Radverkehr und machen die Nutzung des Kraftfahrzeugs im Alltag oft unnötig.

Vor dem Hintergrund dieser Wechselwirkungen untersucht der vorliegende Beitrag, welche zukünftigen Möglichkeiten eines durch automatisiertes Fahren veränderten bzw. veränderbaren Verkehrssystems denkbar sind und welche Auswirkungen auf Stadtstrukturen zukünftig damit verbunden sind. Unter Stadtstruktur und damit die möglichen Wirkungsbereiche automatisierten Fahrens werden in Anlehnung an Cervero und Kockelman (1997) die Faktoren Dichte, Nutzungsmischung und Gestaltung städtischen Raums definiert. Des Weiteren wird hinterfragt, welche Einflussfaktoren besonders bedeutsam für die Entwicklung eines Verkehrssystems mit automatisierten Fahrzeugen in Städten sein wird. Abschließend werden Aussagen dazu abgeleitet, welche Aspekte in die Diskussion um das automatisierte Fahren aus Sicht der Stadtentwicklung und Stadtplanung zwingend mit einfließen sollten. Dabei werden - unabhängig von den im Projekt entwickelten ‚Use Cases‘ - ganz allgemein erst einmal alle Formen automatisierter Verkehrsmittel in die Betrachtung einbezogen.

Methodik

Die Auseinandersetzung mit den eingangs genannten Fragen basiert auf der Auswertung verfügbarer aktueller Szenarien zur Stadt der Zukunft. Szenarien beschreiben sowohl eine denkbare zukünftige Situation als auch die Entwicklung des Weges, der aus dem Heute in die Zukunft hineinführt (Wilson 1978, von Reibnitz 1992). Sie stellen ein anerkanntes Instrument dar, mit dem sich Veränderungen, ihre Treiber sowie die Folgen in einem teilweise unbekannten, unsicheren und sich rasch ändernden Umfeld aufdecken lassen (Steinmüller 1997).

Da automatisiertes Fahren in Städten derzeit noch nicht Realität ist und damit die Wirkungen auf Stadtstruktur derzeit noch nicht beobachtbar sind, bieten verfügbare Szenarien eine Möglichkeit, derzeit ‚denkbare‘ zukünftige Entwicklungen und Zusammenhänge heranzuziehen. Für den vorliegenden Beitrag wurde eine systematische Auswertung verfügbarer Studien durchgeführt. Zunächst erfolgte eine Recherche von Dokumenten zu Szenarien zum Thema Stadt der Zukunft, in denen die Entwicklung der Mobilität bzw. des Verkehrs thematisiert wird. Aus der Gesamtheit der Dokumente wurden in einem zweiten Schritt Kerndokumente und darin dargestellte Szenarien ausgewählt, die folgende Kriterien erfüllen: eine nachvollziehbare Darstellung eines Zielzustands und eines Entwicklungspfades, die Identifikation von Triebkräften und ihren Interdependenzen, die Behandlung des Themas Mobilität. Diese

Dokumente wurden im Anschluss zu Typen vergleichbarer Ausprägungen zusammengefasst und dahingehend ausgewertet, welche Formen und Bedeutung automatisierten Fahrens beschrieben werden bzw. welche Veränderungen diese Entwicklung maßgeblich prägen.

Ergebnisse der Szenarioanalysen

Die in den als Kerndokumenten eingestuft beschriebenen Szenarien lassen sich im Wesentlichen vier Typen zuordnen: die regenerative Stadt, die intelligente Stadt, die hypermobile Stadt, die endlose Stadt. Die Abgrenzung zueinander erfolgte entlang zweier Unsicherheitsachsen / -trajektorien, die für die Auseinandersetzung mit dem automatisierten Fahren besonders relevant sind: die Verfügbarkeit und Integration intelligenter Kommunikationsinfrastruktur (gering / hoch) sowie die Akzeptanz und Nutzung dieser Infrastruktur allgemein bzw. für Mobilität durch die städtische Bevölkerung (fragmentiert bzw. gering ausgeprägt / hoch).

Die Auswertung zeigt, dass Szenarien die Möglichkeit eines durch automatisiertes Fahren veränderten bzw. veränderbaren Verkehrssystems durchaus wahrnehmen. Automatisierte Lösungen werden insbesondere in Szenarien mit hoher Durchdringung und Verknüpfung innovativer Kommunikations- und Ortungstechnologie formuliert (intelligente, regenerative und hypermobile Stadt). Automatisiertes Fahren im städtischen Kontext wird dabei als Beitrag im öffentlichen Verkehr erwartet. Die Szenarien beschreiben beispielsweise den Einsatz von stapel- und programmierbaren Kleinstfahrzeugen oder ein integriertes Massen-Taxi-System. Das automatisierte Privatfahrzeug wird in den Szenarien hingegen nicht thematisiert, findet allerdings im Zuge des Langstreckenverkehrs auf Autobahnen teilweise Erwähnung (hypermobile Stadt).

Mit Blick auf die Auswirkungen durch automatisiertes Fahren auf Stadtstruktur beschreiben die unterschiedlichen Szenarien zunächst den Zusammenhang mit einem allgemeinen Wandel der Rahmenbedingungen. Das Szenario der regenerativen Stadt geht von einer zunehmenden Dichte von Bevölkerung und Funktionen in Städten aus. Andere Szenarien (hypermobile und endlose Stadt) gehen von einer Fortführung derzeit global zu beobachtender Suburbanisierungstendenzen als Folge individueller Präferenzen einkommensstarker Haushalte oder als Folge von Abdrängungsprozessen einkommensschwächerer Bewohner aus. Als sichtbare Veränderung der Stadtstruktur durch ein Verkehrssystem mit Elementen des automatisierten Fahrens wird in verschiedenen Szenarien die Entstehung so genannter Mobilitätshubs oder -knoten beschrieben. Im Szenario der intelligenten Stadt wird die Vorstellung der Vernetzung konsequent auf den Stadtraum übertragen. Multimodale Verkehrsknoten ermöglichen eine physische Vernetzung und einen einfachen Umstieg zwischen verschiedenen Modi wie beispielsweise vom (Elektro-)Auto auf öffentliche Verkehrsmittel. Das Szenario der regenerativen Stadt geht noch einen Schritt weiter, in dem es über die Bündelung unterschiedlicher Mobilitätsangebote auch von einer Änderung sonstiger Nutzungen ausgeht. Es beschreibt Stadtquartiere, die sich rund um Mobilitätsknoten und Versorgungsdienstleistungszentren organisieren und bei denen automatisierte Fahrzeuge als Teil der öffentlichen Fahrzeugflotte einbezogen sind. Auch das Parken und seine Verknüpfung mit dem Raum werden in nahezu allen Szenarien in sehr unterschiedlicher Weise thematisiert. Das Szenario der regenerativen Stadt beschreibt den Rückgang des Flächenbedarfs im Zusammenhang mit dem sinkenden Anteil privater PKW und einem dezentralen Parkraummanagement. In der intelligenten Stadt der Zukunft hat sich eine Verknüpfung der

Nutzung des eigenen PKW mit dem Öffentlichen Verkehr durchgesetzt und es entstehen neue P+R Flächen an Mobilitätsknoten.

Automatisierte Lösungen werden in den Szenarien der intelligenten, der regenerativen und der hypermobilen Stadt formuliert. Als wesentliche Einflussfaktoren auf diese Entwicklung sehen die Autoren der Szenarien eine Verbindung aus technologischer Innovation, die einsichtige bzw. aufgeklärte Akzeptanz und Anwendung durch die Bevölkerung und eine sichtbare Technologie- und Akzeptanzförderung durch den Staat. Insbesondere die Beschreibungen zur intelligenten und regenerativen Stadt sind dabei geprägt durch die Grundüberzeugung, dass Technologie derzeit existierende bzw. absehbare Probleme (Ressourcenknappheit, Umweltwandel) überwinden wird. Die zentrale Bedeutung technologischer Entwicklung wird auch im Szenario der endlosen Stadt bestätigt. Dort wird das Fehlen von Innovation als Erklärung für eine Reihe negativer Entwicklungen interpretiert. Die Auseinandersetzung mit dem Thema Datenschutz erfolgt lediglich im Szenario der hypermobilen Stadt und Vorbehalte gelten dort, im Zielzeitraum um 2050 als überwunden.

Welche Aspekte sollten auf Basis der hier vorgestellten Szenarien in die Diskussion um das automatisierte Fahren aus Sicht der Stadtentwicklung und Stadtplanung zwingend einbezogen werden? Die Szenarien weisen mehrheitlich darauf hin, dass automatisiertes Fahren in der Stadt der Zukunft als ein Bestandteil des Verkehrssystems denkbar ist. Interessant und für die Stadtentwicklung sehr bedeutsam ist die Formulierung voneinander grundsätzlich unterscheidbarer Optionen. Diese unterscheiden sich auch hinsichtlich ihrer Interaktion mit Stadtstrukturen. Für Bewohner suburbaner Gebiete könnte das (eigene) automatisierte Fahrzeug eine Reihe von Standortnachteilen wie beispielsweise längerer Arbeitswege aufheben und damit auch einen weiteren Zuzug in Wohngebiete am Stadtrand fördern. Der Einsatz automatisierter Technologie als städtischer Taxidienst lässt hingegen ganz andere Auswirkungen erwarten, wie beispielsweise ein sehr viel geringerer Bedarf an innerstädtischem Parkraum. Aus stadtplanerischer Sicht ist hier eine sehr differenzierte Betrachtung erforderlich, die auch die Standortpräferenzen potenzieller Nutzer automatisierten Fahrens einbezieht.

Quellenverzeichnis

Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research D*, 2(3), 199–219.

European smart Cities and Communities Initiative: URL: <http://eu-smartcities.eu/>

Foresight (2006): Intelligent infrastructure futures. The Scenarios - Towards 2055 URL: <http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/intelligent-infrastructure-systems/the-scenarios-2055.pdf>

Forum for the future (2010): Megacities on the move. Your guide to the future of sustainable urban mobility in 2040. URL: <http://www.forumforthefuture.org/sites/default/files/project/downloads/megacitiesfullreport.pdf>

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der Angewandten Forschung e.V. (2012): Visionen zur Morgenstadt. Leitgedanken für Forschung und Entwicklung von Systeminnovationen für

nachhaltige und lebenswerte Städte der Zukunft. URL:

http://www.morgenstadt.de/de/jcr_content/stage/linklistPar/download/file.res/Fraunhofer_Visionen%20zur%20Morgenstadt_050212.pdf

Klima- und Energiefonds (Österreich): smart city Wien. URL: <http://www.smartcities.at/stadt-projekte/smart-cities/smart-city-wien/>

Magistrat 18 (Stadtentwicklung und Stadtplanung) der Stadt Wien (2012): smart city Wien - towards a sustainable development of the city (= Blue Globe ReportSmartCities #1/2012) URL: <http://www.smartcities.at/assets/Projektberichte/Endbericht-Langfassung/BGR01-2012-K11NE2F00030-Wien-v1.0.pdf>

Promotorengruppe Mobilität der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft (2013): Abschlussbericht der Promotorengruppe Mobilität. URL: http://www.forschungsunion.de/pdf/mobilitaet_bericht_2013.pdf

Steinmüller, K.H. (1997): Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung – Szenarien, Delphi, Technik-vorschau. Sekretariat für Zukunftsforschung, Gelsenkirchen.

The Audi Urban Future Initiative (2014): Smart City Reloaded. Fujisawa Smart Sustainable Town. URL: http://audi-urban-future-initiative.com/mooove/cms/resources/media/document/original/panasonic_city.pdf

von Reibnitz, U. (1992): Szenario-Technik. Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgs-planung. Wiesbaden.

Wilson, I. H. (1978): Scenarios. In: Fowles J. (Hrsg.): Handbook of Futures Research, Westport und London.

Rita Cyganski: Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren aus Sicht der Nachfragemodellierung

Motivation und Zielsetzung

Der Diskurs über die Auswirkungen der Einführung autonomer Fahrzeuge hat in den letzten Wochen und Monaten sowohl im wissenschaftlichen wie im populärwissenschaftlichen Kontext stetig Fahrt aufgenommen. Im Fokus stehen dabei in der Regel Fragen der technischen Machbarkeit, der verkehrlichen Sicherheit und des Verkehrsflusses sowie rechtliche Unsicherheiten. Nutzer- und anwendungsorientierte Arbeiten finden sich vor allem dann, wenn Fragen der Akzeptanz dieser Systeme allgemein, vor allem aber hinsichtlich der Mensch-Maschine-Interaktion und der Interventionsmöglichkeiten adressiert werden. Bisher erst selten finden sich Arbeiten, die zu ergründen versuchen, welche Auswirkungen der autonomen Fahrzeuge in ihren denkbaren unterschiedlichen Ausprägungen letztlich auf die Alltagsmobilität der potentiellen Nutzer oder auch konkret ihre Verkehrsmittelwahl antizipiert werden können. Von der zunächst individuellen Analyse der Verhaltensänderung in der Verkehrsmittelwahl kommend, erlaubt die Abbildung der entsprechenden Wirkungszusammenhänge in Verkehrsmodellen erste quantitative Aussagen über mögliche Auswirkungen entsprechender Systeme auf die Gesamtverkehrsnachfrage. Dabei ist es sowohl möglich, zwischen unterschiedlichen räumlichen Kontexten und Nutzergruppen zu unterscheiden als auch verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Ausprägungen des Einsatzes (z.B. Wirkung der Einführung des Valet Parking im Vergleich zur Einführung des Vehicle on Demand) zu evaluieren.

Ziel des Beitrages „Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren aus Sicht der Verkehrsmodellierung“ ist zunächst eine Diskussion, welche Änderungen im Verkehrsmittelwahlverhalten von Privatpersonen in ihrem alltäglichen Mobilitätsverhalten durch die Einführung von autonomen Fahrzeugen wahrscheinlich sind.

Je nach Nutzungsszenario wird dabei erörtert werden, welche Eigenschaften der neuen Fahrzeuge, aber auch des räumlichen Kontextes und der etwaigen Nutzer selber hierbei für die Wahrnehmung und Bewertung der Fahrzeuge von Bedeutung sein wird und in welchem Konkurrenzverhältnis diese zu den bisherigen Verkehrsmitteln stehen. Anschließend wird der Frage nachgegangen, welche Ansätze zur Berücksichtigung autonomer Fahrzeuge bei der Verkehrsmittelwahl in Personenverkehrsnachfragemodellen sich anhand der oben hergeleiteten Erkenntnisse skizzieren lassen. Hierbei wird zwischen mikroskopischen und makroskopischen Verkehrsnachfragemodellen unterschieden. Der Fokus der Arbeiten liegt somit auf der Wirkung der Verfügbarkeit autonomer Fahrzeuge in ihren unterschiedlichen Ausprägungen auf die Entscheidung zur Nutzung der individuell zur Wahl stehenden Verkehrsmittel. Eine Betrachtung der Wirkung auf das Gesamtverkehrssystem, oftmals assoziiert mit der Verkehrsflusswirkung, erfolgt vorrangig im angrenzenden Themenbereich „Verkehrssteuerung und Verkehrsmanagement“. Ebenso wird die Frage der Akzeptanz und damit auch letztendlich der Anschaffung einer entsprechenden Fahrzeugausstattung bzw. eines entsprechenden Fahrzeuges im entsprechenden separaten Kapitel adressiert.

Gliederung des Artikels

Die Frage, welche Faktoren bei der Verkehrsmittelwahl über die Nutzung einer zur Verfügung stehenden Verkehrsmitteloption entscheiden, ist Gegenstand einer Vielzahl an Publikationen aus unterschiedlichsten Disziplinen. Der erste Abschnitt des Artikels wird daher auf Basis einer Literaturanalyse Erklärungsansätze aus unterschiedlicher Disziplinenperspektive zusammenfassen. Ein besonderer Schwerpunkt wird hierbei auf der Entscheidung zwischen öffentlichen Verkehr und motorisiertem Individualverkehr liegen. Dabei werden sowohl Attribute der Verkehrsmittel an sich, aber auch der die Entscheidung treffenden Person sowie ihres räumlichen und zeitlichen Kontextes aufgezeigt.

Über die Modalwahl bei Verfügbarkeit von autonomen Fahrzeugen sind der Autorin zum jetzigen Zeitpunkt keine vorliegenden Publikationen bekannt. Es wird daher versucht werden, anhand thematisch angrenzender Arbeiten zur Akzeptanz und Wahrnehmung erste Anhaltspunkte einer potentiellen Modalwahlrelevanz zu erhalten. Vor dem Hintergrund des im Projekt betrachteten Anwendungsfalls des Vehicles on Demand wird darüber hinaus kurz erörtert, welche Erkenntnisse aus den Ergebnissen erster Forschungsarbeiten zu den Wirkungen der Einführung von Car Sharing in so genannten Free Floating Systemen, wie sie beispielsweise von Car2Go, DriveNow oder MultiCity bereit gestellt werden, für einen etwaigen Analogieschluss abgeleitet werden können. Im Fordergrund stehen dabei Fragen nach einer Typisierung der Nutzer, der Wegezwecke, der Nutzungshäufigkeit sowie der Verkehrsmittelsubstitution.

Verkehrsnachfragemodelle werden in der Regel in mikroskopische und makroskopische Modellansätze unterschieden. Die Modellansätze unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der notwendigen bzw. genutzten Informationen und Eigenschaften als auch der Modelllogik bei der Abbildung von Entscheidungszusammenhängen. Nach einem kurzen Exkurs zu den grundlegenden Unterschieden der beiden Modelltypen und insbesondere der Methodik der jeweiligen Modalwahl wird erörtert, anhand welcher Eigenschaften der Verkehrsmittel, der Personen, der Wege sowie generell der Raumstruktur in den beiden Modelltypen eine Entscheidung für ein Verkehrsmittel getroffen wird. In der Regel handelt es sich hierbei um diskrete Wahlmodelle oder eng verwandte Methoden, die auf der Annahme eines rationalen Entscheidungsverhaltens basieren. Diese mit Hilfe spezialisierter Verkehrsverhaltensdatensätze (zumeist sogenannter revealed, aber auch stated preference Daten) erstellten multivariaten Kausalmodelle können nur ein sehr reduziertes Set an Variablen berücksichtigen. Explizit wird daher auch erörtert, welche Einflussfaktoren sich in den bestehenden Modellierungsansätzen nur schwerlich oder gar nicht abbilden lassen. Der Fokus liegt hierbei bereits auf den Faktoren, die im nachfolgenden Abschnitt mit Hinblick auf die Verkehrsmittelwahl als beschreibend für die unterschiedlichen Anwendungsfälle identifiziert werden.

Verkehrsnachfragemodelle sind stark datengetrieben und setzen die Möglichkeit voraus, quantitative Aussagen zu Wirkungszusammenhängen treffen zu können. Aus Gründen der Erfassung, aber auch der Quantifizierung und des Mangels einer weitflächigen Verfügbarkeit zahlreicher Daten wird hierbei aufgezeigt, dass eine beträchtliche Anzahl von Faktoren, die als relevant für die Verkehrsmittelwahl bekannt sind, - wenn überhaupt - nur anhand starker Vereinfachungen in den Modellen Berücksichtigung finden können. Betroffen sind hier insbesondere so genannte „weiche Faktoren“ wie Routinen, Bequemlichkeit, Sicherheits- oder Rückzugsbedürfnis, mangelndes Wissen über die Alternativen, Abstimmungsverhalten im Haushalt, soziales Ansehen der Verkehrsmittel, Werte der entscheidenden Person.

Die potentielle Nutzung autonomer Fahrzeuge oder auch neuer Mobilitätsangebote ist stark abhängig von den im Projektkontext angenommenen Anwendungsfällen. Diese sind bisher vorrangig unter technischen oder rechtlichen Gesichtspunkten definierten worden. Der nächste Abschnitt widmet sich daher einer vertiefenden Darstellung möglicher Anwendungsfälle in einer nutzerorientierten Fassung. Dabei wird vor allem auf diejenigen Eigenschaften autonomer Fahrzeuge eingegangen, die mit Hinblick auf die bei der Verkehrsmittelwahl in den einzelnen Anwendungsszenarien im Vergleich mit herkömmlichen Fahrzeugen einer wahrscheinlichen Änderung unterworfen sind. Eine Unterscheidung der Use Cases wird hier vor allem hinsichtlich der möglichen Verkehrsmittelkonkurrenzen vorgenommen.

Gemeinsam mit Herrn Wolf, der sich mit der Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle unter psychologischen Blickwinkel auseinandersetzt, sowie Frau Fraedrich und Frau Lenz, bei deren Arbeiten die Frage der Akzeptanz autonomer Fahrzeuge im Vordergrund steht, wurde in den vergangenen Wochen eine Onlinebefragung erarbeitet. Vor dem Hintergrund einer Kurzfassung der Use Cases sollen daher mittels quantitativer Methoden eine erste Einschätzung zur Haltung verschiedener Nutzergruppen zu den etwaigen neuen Fahrzeugen und Mobilitätsangeboten erlangt werden. Die Erfassung typischer soziodemographischer Angaben, des üblichen Verkehrsverhaltens sowie - leider nur in sehr begrenztem Umfang - Raumstruktur soll es dabei ermöglichen, diese Einstellungen und Wahrnehmungen in Verbindung mit etwaigen Abbildungsmöglichkeiten in Verkehrsmittelwahlmodellen zu setzen. Aus dem Blickwinkel der Verkehrsmodellierung stehen dabei die momentane Nutzung von und Haltung gegenüber der ihnen zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel, die momentane Zeitverwendung bei ihrer Nutzung, sowie erste Einschätzungen zur Nutzungswahrscheinlichkeit für spezifische Wegezwecke im Vordergrund. Die Analyse der jeweiligen diskriminierenden soziodemographischen Faktoren soll aufzeigen, welche Unterscheidung der Nutzer bei einer Abbildung in Verkehrsmodellen Relevanz aufweisen. Auch sollen mit Hilfe der Datenanalysen erste Hinweise darauf erlangt werden, mit welchen Verkehrsmitteln die autonomen Fahrzeuge voraussichtlich in Nutzungskonkurrenz stehen könnten und wie sich die Reisezeitverwendung und -bewertung ändern könnte.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Literaturanalysen sowie den Erkenntnissen, die sich aus der Analyse des Erhebungsdatensatzes ableiten lassen, zeigt der abschließende Abschnitt des Kapitels Ansätze einer Integration autonomer Systeme in bestehende Verkehrsnachfragemodelle auf. Dabei wird zwischen den unterschiedlichen Ausprägungen der autonomen Systeme in den Use Cases unterschieden. Ziel ist hierbei zunächst die Identifikation der jeweiligen Attribute von Relevanz für die jeweiligen Nutzungsvarianten und - so möglich - eine Abschätzung ihres Einflusses auf die Wahlentscheidung. Darauf aufbauend wird die Ableitung einer Integrationsmöglichkeit des Autonomen Fahrens als entweder spezielle, temporär beschränkte Sonderform eines ansonsten weitgehend gleich bleibenden Autofahrens, als separates, neuartiges Verkehrsmittel oder auch als komplett neuartiges Mobilitätsangebot vorgenommen. Hier wird auf Unterschiede zwischen den Abbildungsmöglichkeiten in mikroskopischen und makroskopischen Nachfragemodelle Bezug genommen (z.B. Möglichkeit der Berücksichtigung unterschiedlicher Verkehrsmittelverfügbarkeiten innerhalb einer Wegekette oder Differenzierungen in der Abbildung von Raumstrukturen). Der Abschnitt schließt mit Hinweisen auf bestehende Datenlücken und Forschungsfragen, deren Auflösung für eine modellseitige Abbildung vorteilhaft wäre.

Walther Wachenfeld, Hermann Winner: Auswirkungen des autonomen Fahrens auf das Fahrzeugkonzept

Motivation¹²

Mit der Fähigkeit des autonomen Fahrens werden neue Freiheitsgrade für die Gestaltung von Fahrzeugen geschaffen. Der Fahrerarbeitsplatz verliert die bisherige, in vielen Aspekten dominierende Bedeutung. Eine eher evolutionäre Veränderung wird für die Klasse des autonomen Fahrens erwartet, bei der im Fahrzeug mindestens noch eine Person sitzen muss, die im Besitz der Fahrerlaubnis ist, und somit das Fahrzeug eine Fahrzeugführung durch einen Menschen erlauben muss (im Weiteren Klasse A genannt).

Beim fahrerlosen Fahren, das nicht auf eine Person mit Fahrerlaubnis angewiesen ist und sogar Fahrzeuge ganz ohne Passagiere am Verkehr teilnehmen lässt, kann auf eine Fahrzeugführung durch Menschen verzichtet werden (Klasse B). Fahrzeuge, die zwar diese Fähigkeit haben, aber eine Fahrzeugführung trotzdem vorsehen, werden wie Klasse A behandelt.

Da neuartige Konzepte den Nutzen, die Nutzung und das Fahrerlebnis erheblich verändern können, sollte ein Überblick über mögliche Konzeptausprägungen von autonomen Fahrzeugen hergestellt werden, wodurch sich wieder möglichst Marktchancen ableiten lassen.

Inhaltliche Zielsetzung

Teilgebiet A (darunter fällt Use-Case 1 und 3):

1. Welche Veränderungsmöglichkeiten des Fahrerplatzes ergeben sich bei vorhandener Fähigkeit des autonomen Fahrens? Welche harten Randbedingungen und Anforderungen ergeben sich durch die Bereitstellung der Führungsfähigkeit durch den Menschen, die die Veränderungsmöglichkeit einschränken?

Für Systeme der Kategorie A werden drei Zustände der Fahrzeugführung unterschieden. Die autonome Fahrt, die Driver-only-Fahrt sowie die Übergabe/Übernahme. Angenommen wird zunächst, dass für Klasse A aktuelle Fahrzeugkonzepte das Optimierungsergebnis für die menschliche Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene darstellen und somit keine gravierenden Änderungen abzusehen sind. Für die Übergabe und Übernahme der Fahraufgabe wird angenommen, dass diese im Stillstand mit und ohne Verlassen des Fahrzeugs und vor allem auch während der Fahrt erfolgt. Daraus folgt die Anforderung, dass auch bei höheren Geschwindigkeiten das Fahrzeugkonzept entsprechend für die Insassen sicher zwischen den Zuständen autonome und Driver-only-Fahrt angepasst werden kann. Innerhalb dieser Einschränkung werden die Veränderungsmöglichkeiten für die autonome Fahrt diskutiert.

2. Welcher funktionale Zusatznutzen kann den Passagieren angeboten werden?

Generell wird der Fahrer zum einfachen Passagier und hat die gleichen Freiheiten wie ein klassischer Beifahrer. Grundlegend für den Zusatznutzen durch die autonome Fahrt sind zwei Änderungen. Zum einen ist es durch die autonome Fahrt zulässig, die Verbindung zwischen Fahrzeugdynamik und Insassendynamik frei zu gestalten. Zum anderen entsteht ein Freiheitsgrad durch die Entkopplung von der Wahrnehmung der Umwelt durch die Insassen und der realen Umwelt. Innerhalb der Grenzen des visuell-vestibulären Konflikts ermöglichen diese

¹² (übernommen aus dem Lastenheft)

Freiheitsgrade die Wahl von Insassendynamik und Umweltwahrnehmung angepasst an die Tätigkeit. Da sich kein Insasse mehr auf die Fahraufgabe konzentriert, ermöglicht die autonome Fahrt zusätzlich das freie Nutzen aller Wahrnehmungskanäle der Insassen (visuell, auditiv, kinästhetisch, olfaktorisch, gustatorisch).

3. Welche hedonischen Werte können durch autonomes Fahren durch Umgestaltung des Fahrerarbeitsplatzes geschaffen werden, die geeignet wären, „die Freude am Fahren“ zu ersetzen?

Für den Menschen ist eine Besonderheit der „Freude am Fahren“, dass der Fahrer ein System kontrolliert das größere Leistung und Kräfte erzeugt als der Mensch selbst. Zusätzlich wirken diese Kräfte auf alle Insassen. Diese Art von Entertainment wird zunächst durch die autonome Fahrt genommen, denn die Insassen haben keine Kontrolle über die Dynamik des Fahrzeugs. Allerdings wurde bereits diskutiert, dass es durch die autonome Fahrt zulässig ist, die Verbindung zwischen Fahrzeugdynamik und Insassendynamik sowie die Wahrnehmung der Umwelt durch die Insassen und die reale Umwelt zu entkoppeln. Somit ist eine Art „Freude-am-Fahren-Simulator“ möglich. Innerhalb der Grenzen der durch den Fahrroboter geregelten Fahrzeugdynamik, könnte eine Simulation dem Simulatorfahrer eine fiktive Welt darstellen und der Simulatorfahrer die Insassendynamik regeln.

Teilgebiet B (entsprechend Use-Case 4):

4. Welche Konzept-Freiheitsgrade entstehen durch fahrerloses Fahren?

Basierend auf einer Systembetrachtung Fahrer-Fahrzeug-Umwelt und dem Übergang von Signal, Stoff und Energie werden die Minimalanforderungen zwischen Driver-only und autonomer Fahrt betrachtet und die Unterschiede aufgezeigt. Grundsätzlich ändert sich der Energie und Signalaustausch zwischen Mensch und Fahrzeug sowie der Signalübergang zwischen Umwelt und Mensch. Die Auswirkungen dieser grundlegenden Änderungen und Freiheitsgrade auf Karosserie, Antrieb, Fahrwerk, Innenraum und Mensch Maschine Schnittstelle werden vorgestellt. Dazu werden die Use-Cases getrennt voneinander betrachtet.

5. Welche Nachteile bisheriger Fahrzeugkonzepte lassen sich mit einem fahrerlosen Fahrzeug beseitigen und auf welche Weise?

Sämtliche Nachteile, die aus der Rahmenbedingung des Fahrerarbeitsplatzes sowie der Ablenkung des Fahrers folgen, lassen sich durch das fahrerlose Fahrzeug beseitigen. Beispielsweise die Kommunikationsschwierigkeiten (Vordersitze und Fond). Außerdem liefert die autonome Fahrt die Möglichkeit den visuell-vestibulärer Konflikt neu zu adressieren.

6. Welchen neuen Fahrwerkskonzepten kann fahrerloses Fahren Auftrieb geben, und wie lassen sich diese bewerten?

Aus einer grundlegenden Überlegung folgt zunächst, dass auch für die autonome Fahrt ein Rad/Reifenkonzept genutzt wird, denn es bestehen die gleichen Anforderungen für die

Kraftübertragung zwischen Fahrzeug und Fahrbahn. Im Weiteren wird diskutiert, wie sich die Automatisierung auf die Anzahl Räder, die Anzahl an gelenkten Elementen und die Anzahl an angetriebenen Elementen auswirkt. Zusätzlich eröffnet die mögliche Entkopplung von Fahrerwahrnehmung und Fahrzeugdynamik weitere Freiheitsgrade für das Fahrwerkskonzept. Entsprechend existierender Konzepte wie dem Pendolino-Zug, dem Magic-Body-Control der aktuellen S-Klasse Coupé oder entsprechenden Fahrsimulatoren beeinflusst aktives Wanken, Nicken und Heben die Beschleunigung in x, y und z Richtung. Dabei sind die subjektiven Wahrnehmungsschwellen sowie der visuell-vestibulärer Konflikt des Menschen zu beachten.

7. Welchen neuen Antriebskonzepten kann fahrerloses Fahren Auftrieb geben, und wie lassen sich diese bewerten?

Prinzipiell werden durch die autonome Fahrt keine Konzepte des Antriebs direkt beeinflusst. Allerdings ermöglicht die Fahrt ohne Insassen den Zugang zu Auflade- bzw. Tankstationen während der ursprünglichen Standzeit. Damit werden Antriebskonzepte, die aufgrund von langer Ladezeit in Verbindung mit wenigen Ladestationen als weniger flexibel gelten, begünstigt. Zusätzlich führt die Fahrzeugautomatisierung zu einer höheren Präzision bzw. einer möglichen Synchronisierung der Längs- und Querführung, sodass Ladekonzepte während der Fahrt begünstigt werden. Hier besteht Potential, da sich Ladekonzepte auf Antriebskonzepte auswirken.

Mensch und Maschine

Human and Machine

J. Christian Gerdes: Implementable Ethics for Autonomous Vehicles

Driving situations require a broad range of actions, from setting a proper following distance to slowing in anticipation of pedestrians crossing the road to waiting at a 4-way stop. Much of the time, these actions can be programmed as straightforward rules. Yet sometimes, as a result of unanticipated circumstances or the actions of other road users, dilemma situations arise when these rules cannot avoid a collision. In such cases, autonomous vehicles must make decisions that determine the resulting damage to people and property and therefore have ethical implications. Interestingly, certain ethical principles from philosophy can be mapped to engineering terms in a straightforward manner. The primary hurdle to implementing ethical behavior in dilemma situations is therefore not a technical one but rather the challenge of determining rules and costs that will be acceptable to different road users and to society.

Ethical Frameworks

Among the ethical frameworks proposed by philosophers, two in particular translate well to mathematical frameworks that can be programmed for decision-making and control.

Consequentialism states that the best action is the one that generates the best outcome. In the case of an autonomous vehicle and an ethical dilemma situation, the best outcome might be to minimize damage to participants. This is analogous to the field of optimal control, which seeks to determine the control action that will produce the mathematically optimal result as measured by a particular cost function. Such optimization problems have been common in control theory since Pontryagin developed the minimal principle in 1956 while attempting to maximize the final velocity of a rocket. The complexity of the cost function and the dynamics of the system determine the complexity required to solve for the optimal solution. While early results used very simple cost functions, modern computational tools enable more realistic treatment of the outcomes or cost of actions.

Deontological ethics determine the best action according to a series of rules of ethical behavior. An example might be a rule that an autonomous vehicle should never fatally injure a human. Such rules are analogous to constraints when formulating the desired motion of the vehicle. To enforce constraints, the programmer can eliminate options that violate these rules or assign such a prohibitively large cost that these constraints are never violated unless there is no other outcome. Incorporating constraints into engineering optimization problems increases their complexity but efficient solutions to these problems continue to be developed.

Costs and Constraints in Autonomous Driving

In normal operation, the actions taken by autonomous vehicles have few ethical implications. The vehicles can determine what brake, throttle and steering commands are required according to traffic rules, safe following of other vehicles and the comfort of the occupants. In dilemma situations, however, an accident may be unavoidable and the car must choose a decision that will result in damage. To program a car to handle such situations in an ethically acceptable manner requires translating ethical principles into appropriate costs or constraints.

One reasonable cost to estimate in such situations is the damage to different road users. This can take the form of property damage, injury or even death, depending upon the situation.

While there are certainly issues involved with calculating this accurately for a pending collision, even in a perfect information case the concept of a cost function for collision damage raises some challenges. The car could seek to minimize damage in a global sense in the event of a dilemma situation, thereby reducing the societal costs of accidents. However, in such cases, the car may take an action that injures the occupant or owner of the vehicle more severely to minimize harm to others. In contrast, a vehicle that only considers the occupant's safety might place little weight on protecting pedestrians since a collision with a pedestrian would, in general, injure the vehicle occupant less than a collision with another vehicle. Such cars might not result in the desired reduction in traffic fatalities and would be unlikely to gain societal acceptance.

An alternative to weighting an explicit cost on human life is to take a deontological approach and assign a rule placing human life above other objectives. Such approaches are similar to the Three Laws of Robotics postulated by science fiction writer Isaac Asimov, which state:

- (1) A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm.
- (2) A robot must obey the orders given to it by human beings, except where such orders would conflict with the First Law.
- (3) A robot must protect its own existence, as long as such protection does not conflict with the First or Second Law.

These rules do not comprise a complete ethical framework and would not be sufficient for ethical behavior in an autonomous vehicle. In fact, many of Asimov's plotlines involved conflicts when resolving these rules into actions in real situations. However, this simple framework serves to illustrate some of the ethical considerations that can arise. For instance, where do traffic laws belong in such a hierarchy? It would seem to be preferable to violate traffic laws to prevent loss of life but is it possible for humans to command an autonomous vehicle to violate laws, such as exceeding the speed limit? Should damage to property be treated differently than damage to humans?

Human Override

A deontological approach also has implications for human override of autonomous vehicles. Most autonomous vehicles being tested today have an emergency stop switch or „big red button“ that returns control to the driver when desired. The existence of such a switch implies that human authority ultimately overrules the autonomous system, since the driver can take control at any time. This sort of operation is at odds with the priority given to obeying human commands in Asimov's laws. Is it ethical for an autonomous vehicle to return control to the human driver if the vehicle predicts that a collision with the potential for damage or injury is imminent?

The situation is further complicated by the limitations of machine perception. The human and the vehicle will no doubt perceive the situation differently. The vehicle has the advantage of 360 degree sensing and likely a greater ability to perceive objects in the dark. The human has the advantage of being able to harness the power of the brain and experience to perceive and interpret the situation. In the event of a conflict between these two views in a dilemma situation, can the human take control at will and, if so, is it possible to consider the vehicle as an ethical agent at all?

Patrick Lin: Ethics and Autonomous Vehicles

Ethics is interwoven through much of the ecosystem around autonomous vehicles. This paper will examine a full range of ethical issues—broadly construed to include law and policy—from creator to creation, from use to misuse, and larger effects on society as well as morality. As with other new technologies, a spectacular failure or accident can deal a major setback to their introduction and adoption, not to mention possible harms to anyone on or near a road. Therefore, it is critical to think about the issues as far advance as possible.

For instance, ethics is relevant to some design-choices for autonomous vehicles, especially where they involve making value-judgments—e.g., it is better to crash into X rather than Y—and possible accidents. Braking or stopping the car can't plausibly be the only crash-avoidance strategy, e.g., if a tailgater is behind the car. Strictly following traffic laws also might not be the safest course for a car, e.g., if an accident can be avoided by very briefly crossing into the other lane. And handing control back from the car to the human operator might not also release manufacturers of responsibility during difficult decisions, e.g., if there's not enough time for the driver to regain situational awareness.

Also, ethics is vital as a general compass for navigating uncharted roads in law and regulation. When laws conflict with the realities of the technology—such as laws that require one or both hands on the wheel, or that forbid driving while impaired or distracted—it is useful to return to “first principles” in ethics and philosophy to understand what the law ought to be or how it should be interpreted.

Stakeholders, including industry, should also consider more distant impacts of autonomous vehicles, not necessarily as reasons against the technology but as possible issues to manage in order to minimize disruptions to society and real lives. These may include disruptions to certain markets built around automobiles today, from city revenue that depend on traffic violations to organ donations that depend on accident victims.

In surveying the various issues, we will leverage insights from philosophy and ethics that can inform our discussion here. This includes classical or touchstone scenarios, such as Philippa Foot's “Trolley Problem”—i.e., should you allow a runaway train to kill 5 people, or should you divert the train to another track where only 1 person would die?—as well as explain why these thought-experiments matter, even if automated vehicles are unlikely to ever encounter the scenarios. We will also engage major ethical theories to see how bear on the issues considered; these include consequentialism (right action is what leads to the best outcome, e.g., most number of lives saved), deontological ethics (right action is what follows certain principles and duties, e.g., do unto others as you'd want them to do unto you), and other approaches.

Because we live in an increasingly wired world, technological innovations are able to make a far greater mark on society and our lives than ever before. Cars are one of the most iconic technologies—and dangerous—in the modern landscape, and automated vehicles are poised to challenge that paradigm. We collectively have a responsibility, from designers to legislators to consumers and other stakeholders, to consider the impacts of our creations and manage the disruptions and possible harms as we can.

Berthold Färber: Verhandlungen/Kommunikation von autonomen Fahrzeugen; Kompensation von Fehlern anderer Verkehrsteilnehmer

1. Welche informellen Kommunikationsmöglichkeiten werden im Straßenverkehr benutzt?

Die informellen Kommunikationsmöglichkeiten lassen sich in 3 Gruppen einteilen, die in ihren Einsatzmöglichkeiten und ihrer Eindeutigkeit zu unterscheiden sind:

- Die Art und Dynamik der Eigenbewegung
- Lichthupe und Hupe,
- Gesten und Blicke.

Allen Arten von informellen Kommunikationsmöglichkeiten ist gemeinsam, dass die Botschaften nicht ein-eindeutig sind und sie vor allem in unklaren Situationen, sog. „Verhandlungssituationen“ erforderlich sind.

2. Unterscheidet sich die Bedeutung der Signale in verschiedenen Ländern?

Zunächst ist festzuhalten, dass sich das Verhalten von Verkehrsteilnehmern – trotz ähnlicher „offizieller“ Regeln – zwischen verschiedenen Ländern deutlich unterscheidet. Die aus der Alltagsbeobachtung bekannten Unterschiede zwischen Mittel- und Südeuropa, oder zwischen China und den westlichen Ländern sind auch wissenschaftlich erwiesen. [1] Daraus lässt sich ableiten, dass auch die Bedeutsamkeit und die Bedeutung informeller Signale unterschiedlich sind. „Chinesische Autofahrer sind Meister der Überraschung, ignorieren Verkehrsregeln, Hupen gilt nur als ‚freundlicher Gruß‘...“ [2].

3. Wie sind, unter dem Aspekt der Kommunikation, autonome Fahrzeuge auszulegen, damit sie mit „herkömmlichen“ Fahrzeugen im Mischverkehr fahren können?

Um autonome Fahrzeuge mit ähnlichen Eigenschaften zur Kommunikation wie menschliche Fahrer auszustatten müssten sie Blicke und Gesten anderer Verkehrsteilnehmer erkennen und bewerten können. Zudem müssten sie in der Lage sein, entsprechende Signale an andere Verkehrsteilnehmer zu übermitteln. Dies dürfte technisch schwierig sein. Autonome Fahrzeuge müssen sich somit zunächst so verhalten, als gäbe es keine informelle Kommunikation, d.h. komplett regelkonform. Im Fall einer unauflösbaren Situation muss entweder die Fahraufgabe an einen menschlichen Fahrer übergeben werden oder eine Leitzentrale muss in das autonome Fahrzeug eingreifen.

4. Wie reagieren Menschen auf Fahrroboter – und sollen diese kenntlich gemacht werden?

Fahrroboter werden sich wesentlich stärker regelkonform verhalten und damit auf Unverständnis bei anderen Verkehrsteilnehmern stoßen. Um ihr Verhalten für andere nachvollziehbar zu machen bietet es sich an, diese spezielle Kategorie von Fahrzeugen – zumindest für eine Übergangszeit – kenntlich zu machen. Es gibt aber auch Gegenargumente für diese Kennzeichnung. Da sich autonome Fahrzeuge besonders sicher und regelkonform verhalten müssen, könnte dies auch von anderen Verkehrsteilnehmern missbraucht werden. Beispielsweise könnten Fußgänger die Fahrbahn einfach überqueren, da sie wissen, dass das autonome Fahrzeug in jedem Fall bremst, während sie bei einem menschlichen Fahrer nicht sicher sind, ob sie auch gesehen wurden.

Dieses Thema soll auf dem workshop mit den Experten diskutiert werden.

5. Wie verhalten sich autonome Fahrzeuge bei Fahrfehlern anderer Verkehrsteilnehmer?

Die Kompensation von Fehlern anderer Verkehrsteilnehmer stellt prinzipiell keine andere Aufgabe dar als die generelle Strategie eines autonomen Fahrzeugs: sich kollisionsfrei im Straßenraum zu bewegen. Auch wird - bei gravierenden Fehlern anderer Verkehrsteilnehmer - unfallfreies Fahren mit autonomen Fahrzeugen nicht zu erreichen sein. Eine offene Frage ist hingegen, wie sich menschliche Autofahrer verhalten, wenn das autonome Fahrzeug eine Aktion an den Grenzen der Physik ausführt (z.B. ein Ausweichmanöver mit maximaler Querbeschleunigung), die so von einem Menschen nicht ausgeführt werden würde. Zu diesem Thema läuft aktuell am Institut für Arbeitswissenschaft eine Studie.

Literatur:

[1] Continual lane switching and tailgating (Lindgren, A.M., Chen, F., Jordan, P.W., Zhang, H.X., 2008. Requirements for the design of advanced driver assistance system–the differences between Swedish and Chinese drivers. Int. J. Design 2 (2),41–54)

[2] <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/audi-fahrerprobungen-in-china-mit-s8-a6-und-q3-durch-chinesische-provinz-4631232.html>

Ingo Wolf: Wechselwirkung Mensch und autonomer Agent

Vollautomatisierte Fahrzeuge haben das Potential die Sicherheit im Straßenverkehr sowie den Fahrkomfort zu verbessern. Mit der zunehmenden Automatisierung der Fahrzeuge verändert sich jedoch auch die Rolle und die Anforderungen an den Fahrer (z.B. Damböck et al. 2012). Die Automatisierung der Fahraufgabe führt beim Nutzer zu Verhaltensveränderungen, welche die Komplexität des Systems Mensch-Maschine zusätzlich erhöhen können und unter bestimmten Umständen fehleranfälliger machen. Die Sicherheit und Akzeptanz von autonomen Fahrzeugen hängt folglich davon ab, inwieweit die Interaktion zw. Mensch und autonomen System den neuen Rollen des Fahrers gerecht wird (Merat & Lee, 2012) und in welchem Maß sie an bestehende Erwartungen sowie mentale Modelle der Nutzer anschlussfähig ist.

Unser bisheriges Verständnis über die Interaktionsprozesse von Menschen mit automatisierten Fahrzeugen basierte viele Jahre vornehmlich auf der Flugzeugforschung (z.B. Pilotenassistenzsystemen) der Prozesskontrolle von komplexen Maschinen (z.B. Roth et al., 1988; Sheridan, 1992; Sarter & Woods, 1995). Obgleich diese Untersuchungen wertvolle Erkenntnisse lieferten, sind sie – aufgrund der grundsätzlich unterschiedlichen Tätigkeitsprofile und mentalen Beanspruchungen – nur eingeschränkt für die Gestaltung von (teil-)autonomen Systemen im Straßenverkehr nutzbar. In den letzten Jahren wurden jedoch, einhergehend mit der Verbreitung von Fahrerassistenz- und teilautonomen Systemen bei Straßenfahrzeugen, zunehmend Arbeiten veröffentlicht, die sich mit den spezifisch kognitiv-psychologischen Aspekten des (teil-)autonomen Fahrens beschäftigen. Mit Hilfe von Simulations- bzw. Feldstudien wurden beispielsweise die Auswirkungen (teil-)automatisierten Fahrens hinsichtlich Übernahmezeiten (z.B. Gold, 2013), Ermüdung- und Ablenkungstendenzen (z.B. Neubauer et al., 2012; Merat et al., 2012) oder auf das Situationsbewusstsein (Dijksterhuis et al., 2012; Mulder et al., 2012) von Fahrern untersucht. Neben den Grenzen und der Adaptivität des psychischen Systems des Menschen machen die Ergebnisse eines deutlich: Die Kompatibilität des technischen Systems mit den mentalen Modellen der Nutzer ist einer der zentralen Einflussfaktoren für die wahrgenommene Nützlichkeit, Usability und Akzeptanz autonomer Fahrzeuge (Flämisch et al., 2008, 2014).

Der vorliegende Beitrag wird sich diesem bislang empirisch nur unzureichend untersuchten Aspekt der Nutzerwahrnehmung von automatisierten Fahrzeugen widmen. Im Zentrum der Untersuchung stehen dabei die mentalen Modelle potentieller Nutzer. Dem liegt die von Norman (1983) im Kontext von Systemdesign und Usability formulierte Definition von mentalen Modellen zugrunde: „In interacting with the environment, with others, and with the artefacts of technology, people form internal, mental models of themselves and of the things with which they are interacting. These models provide predictive and explanatory power for understanding the interaction“. Der erste Teil des Buchbeitrags widmet sich der kognitions-psychologischen Nutzerperspektive autonomen Fahrens. In diesem Zusammenhang werden die Einsatzmöglichkeiten und Nützlichkeit von kognitiven Architekturen analysiert und diskutiert. Im zweiten Teil werden die Ergebnisse der eigens durchgeführten repräsentativen Onlinebefragung zu Einstellungen gegenüber autonomen Fahren beschrieben. Das Kapitel schließt mit einer Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der möglichen und erwünschten Rolle potentieller Nutzer in autonomen Fahrzeugen – differenziert nach den im Projekt entwickelten Use Cases.

Vor diesem Hintergrund lassen sich die Ziele dieser Arbeit wie folgt beschreiben:

- Die Identifikation bestehender mentaler Modelle heutiger Alltagsmobilität und den in den „Use Cases“ beschriebenen Varianten des autonomen Fahrens. Komplementär zu den existierenden Fahr- und Simulationsstudien im Bereich des autonomen Fahrens werden hierbei bewusst deklarative und einstellungsbasierten Bewertungsprozesse adressiert. Wie werden bestimmte Rollen des Fahrers beim autonomen Fahren wahrgenommen? Welche und in welchem Umfang erfüllen automatisierte Fahrsysteme Mobilitätsbedürfnisse der Nutzer? Wie groß ist das Vertrauen in und die Akzeptanz von autonomen Fahrzeugen? Welche Emotionen sind mit autonomen Fahrzeugen verbunden? Für welche Personengruppen sind autonome Fahrzeuge ggf. Ausdruck der eignen Identität?
- Die Untersuchung von Kontroll- und Interventionsbedürfnissen potentieller Nutzer. Welche Informationen hinsichtlich der Fahrzeugführung wollen Menschen von autonomen Fahrzeugen erhalten? In welchen Situationen wollen Sie die Fahrzeugführung übernehmen bzw. abgeben? In welchem Umfang erwarten Nutzer die Anpassbarkeit des automatisierten Systems an Ihre individuellen Mobilitätsbedürfnisse?
- Die Beschreibung der Erlebnis- und Gestaltungsbedürfnisse in autonomen Fahrzeugen für unterschiedliche Zielgruppen. Welchen Interessen und Beschäftigungen wollen Menschen nachgehen, wenn Sie nicht mit der Fahrzeugführung betraut sind? Welche Gestaltungselemente erwarten Menschen in autonomen Fahrzeugen? Diese Fragen werden teilweise explorativ erfasst.
- Die Erörterung in welcher Weise die obigen Ergebnisse in bestehende kognitive Architekturen (z.B. ACT-R, SOAR etc.) integriert und zur Untersuchung von Mensch-Maschine Interaktionen in autonomen Fahrzeugen genutzt werden können.

Neben der Analyse einschlägiger Literatur, basiert die Untersuchung auf einer quantitativen Befragung. Zu diesem Zweck wurde in Zusammenarbeit mit Frau Cygansky, Frau Fraedrich und Frau Lenz ein Online-Fragebogen entwickelt. Der Fragebogen umfasst Fragengruppen zu Soziodemographie, heutigen Verkehrsverhalten und -präferenzen, der Kenntnis und Nutzung von Fahrassistenzsystemen, bedürfnisbezogene Einstellungsfragen sowie eine umfassende Fragenbatterie zu den in den Use-Cases formulierten Varianten autonomen Fahrens. Die Daten werden derart aufbereitet, dass sich daraus sowohl deskriptive als auch inferenzstatistische abgesicherte Aussagen zu den oben formulierten Fragestellungen ableiten lassen.

Literatur

Damböck, D.; Weißgerber, T.; Kienle, M.; Bengler, K. (2012). Evaluation of a Contact Analog Head-Up Display for Highly Automated Driving. 4th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. San Francisco. USA.

Dijksterhuis, C., Stuiver, A., Mulder, B., Brookhuis, K. A., & de Waard, D. (2012). An adaptive driver support system: User experiences and driving performance in a simulator. Human Factors, 54, 772–785.

Flemisch, F., J. Kelsch, C. Löper, A. Schieben, J. Schindler (2008). Automation spectrum, inner/outer compatibility and other potentially useful human factors concepts for assistance

and automation. In: Human Factors for assistance and automation (D. de Waard, F.O. Flemisch, B. Lorenz, H. Oberheid, K.A. Brookhuis (Hrsg.)), 1---16. Shaker Publishing, Maastricht, Niederlande.

Flemisch, F., K. Bengler, H. Bubb, H. Winner, R. Bruder (2014): Towards a Cooperative Guidance and Control of Highly Automated Vehicles: H-Mode and Conduct by wire. In: Ergonomics Special Edition: Beyond human--- centered automation – Concepts for human-machine interaction in multilayered networks (G. Grote, N. Stanton & J. Weyer (Eds.)).

Gold, C., Dambock, D., Lorenz, L., & Bengler, K. (2013). "Take over!" How long does it take to get the driver back into the loop? Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 57(1), 1938–1942.

Merat, N., Jamson, A. H., Lai, F. C. H., & Carsten, O. (2012). Highly automated driving, secondary task performance, and driver state. Human Factors, 54, 762–771.

Merat, N. & Lee, J.D. (2012). Preface to the Special Section on Human Factors and Automation in Vehicles: Designing Highly Automated Vehicles with the Driver in Mind. Human Factors, 54(5), 681–686.

Mulder, M., Abbink, D.A. & Boer, E.R. (2012). Sharing control with haptics: Seamless driver support from manual to auto-matic control. Human Factors, 54, 786–798.

Neubauer, C., Matthews, G., Langheim, L. & Saxby, D. (2012). Fatigue and voluntary utilization of automation in simulated driving. Human Factors, 54, 734–746.

Norman, D.A. (1983). Some Observation on Mental Models. In D. Genter & A.L. Stevens (Eds.), Mental Models. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Association.

Roth, E. M., Bennett, K. B. & Woods, D.D. (1988). Human inter-action with an "intelligent" machine. In E. Hollnagel, G. Mancini, & D.D. Woods (Eds.), Cognitive engineering in complex, dynamic worlds (pp.23–69). London, UK: AcademicPress.

Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1995). How in the world did we ever get in that mode? Mode error and awareness in supervisory control. Human Factors, 37, 5–19.

Sheridan, T. B. (1992). Telerobotics, automation, and human supervisory control. Cambridge, MA: MIT Press.

Individuelle und gesellschaftliche Akzeptanz

Individual and Societal Acceptance

Eva Fraedrich, Barbara Lenz: Societal and Individual Acceptance of Automated Driving

The debate on automated driving has only recently begun to move beyond on purely technical issues. The perceptions and evaluations of transport-system and potential future users are still rarely taken into consideration, although it is widely emphasized that a user-orientated perspective is crucial to future acceptance and therefore the success or failure of automated driving systems. The acceptance of automated driving is relevant on both the individual and societal level. Focusing on the individual level, the question arises whether individuals are ready (or even willing) to “drive” an automated car. On a societal level, the question of acceptance is highly related to the actual willingness of all transport system users to implement and use fully automated vehicles. Given the immediate impact such a change would have on almost all members of society, it is vital to take societal aspects into consideration. There is also a strong interference between individual and societal acceptance in the light of mutual interaction between opinion and discourse formation.

This contribution addresses the challenges and potentials within research on the acceptance of autonomous driving. An overview is given of the concept of acceptance as a result of a reciprocal process that unfolds in the interrelationship of subject, object and context. We suggest that acceptance of autonomous driving is to be embedded in a larger, long-term sociotechnical transition process where different societal levels and groups influence technological innovations in different ways. This involves methodological challenges in the research process that point to innovative approaches, integrating a set of various methods.

(1) Definition of “acceptance”

Acceptance is a term widely utilized – however, it sometimes seems to be unclear what is meant exactly. Often, acceptance is used to refer to attitudes, conformity and reactance, and therefore clearly focuses on the accepting (or rejecting) subject. But with a view to a more holistic approach, not only the individual level should be considered, but also societal structures, social contexts and systems of values and norms, where adoption processes occur. We therefore refer to a sociological standpoint where acceptance can be seen as a reciprocal process that is first and foremost socially gained. Moreover, what is acceptable for different societal groups or individuals within a society is culturally conveyed, socially structured, individually internalized and practically implemented (Lucke 1995: pp. 91. As such, acceptance can be seen as *“the result of extensive processes of collective and individual adoption of socio-cultural externalization”* (ibid.: p. 102, own translation). Such ‘socio-cultural externalizations’ can thereby refer to technical innovations as well as to legislative measures, political actions or expected behaviors, etc.

Acceptance unfolds in the interrelationship of subject, object and context, whereas context is constituted on two sides: On the object side, acceptance refers to the adoption of something that already exists, that is offered or proposed. That need not only apply to technology, but also to artefacts of all kinds, or persons or attitudes, opinions, arguments, concepts, actions as well as the underlying values and norms – object-related acceptance can never be regarded dissociated from the ambient meaning. This is also relevant for the subject level, which cannot be considered without its historical or socially obligated frames. With regard to acceptance it is then not only important (1) what is accepted but also by whom (2) in what kind of society (3) in what

situation (4) at what time (5) and for whatever reasons (6) (ibid.: p. 90). On the third level, context-relation of acceptance means to examine transforming environmental conditions and reference categories.

(2) Acceptance as part of a sociotechnical transition process

Exploring new technologies like automated driving means to look beyond pure “*technical and economic ‘characteristics’ and ‘possibilities’ of individual [...] technologies or combinations of such technologies into ‘systems’*” (Heiskanen et al. 2008: p. 28). It is not only about what new technologies promise or what can be expected from them but how “*they may be understood in relation to existing socio-technical infrastructures and broader social, cultural and political pressures for change*” (ibid.). Technologies do not have meaning in themselves but only in terms of how they fulfill functions in association with human agency and social structures – this stresses the importance of examining such structures as well as contexts of use and application as a means to fulfill these societal functions. To display these interactions and entanglements of technical artefacts with organizations, structures and practices within society, we employ a multi-level perspective (MLP) on technological transitions (cf. Geels 2010). The MLP proposes three analytical levels of transition within socio-technical systems: *niche*, *(socio-technical) regime* and *(socio-technical) landscape*. Whereas ‘niches’, on the micro-level of the system, can be considered as ‘protected rooms’ where new (technical) ideas occur and are built up from there (without too much pressure from market, society, policy etc.), ‘regimes’, on the meso-level of the MLP, refer to routines, norms and rules and “*account for the stability of existing socio-technical systems*” (Geels 2005: p. 450). The term ‘landscape’, on the macro-level, is an image for a specific part of the system where aspects cannot be changed easily or at will – for example transport infrastructures such as streets or cities. They form the “*wider exogenous environment that affect sociotechnical development*” (ibid.: p. 451).

Socio-technical transition processes normally occur over a very long time – which again shows that acceptance cannot be considered only as a result of a process without examining the process itself. It is then the “*making of*” and the “*emergence*” (Lucke 1995: 34, own translation) that have to be looked at in-depth when discussing automated driving’s acceptance. This indicates that questions of origin, formation, manifestations and, if possible in this early stage of technological development, consequences have to be considered.

(3) Research needs in the field of acceptance

Acceptance is hardly accessible by empirical experience. Frequently, complex models of numerous indicators and their varying influence are not necessarily valid indications of acceptance. The correlation between attitudes, intentions and actual behavior is still a source of ongoing debate (cf. Ajzen 2005; LaPiere 2010). A further major limitation of studies considering the acceptance of automated driving on a subject-related level is that there has not yet been real-life user experience. This makes it difficult to examine attitudes, perceptions or evaluations, when in fact neither broad knowledge nor actual user know-how can be assumed. There is a need to complement ‘conventional’ methods such as surveys with additional approaches and even different disciplines in light of constraints like these. Beyond that, acceptance has to be regarded in light of its processual character, its context-dependency and the reciprocity of individual and societal aspects. Figure 1 exemplifies our research design in three steps.

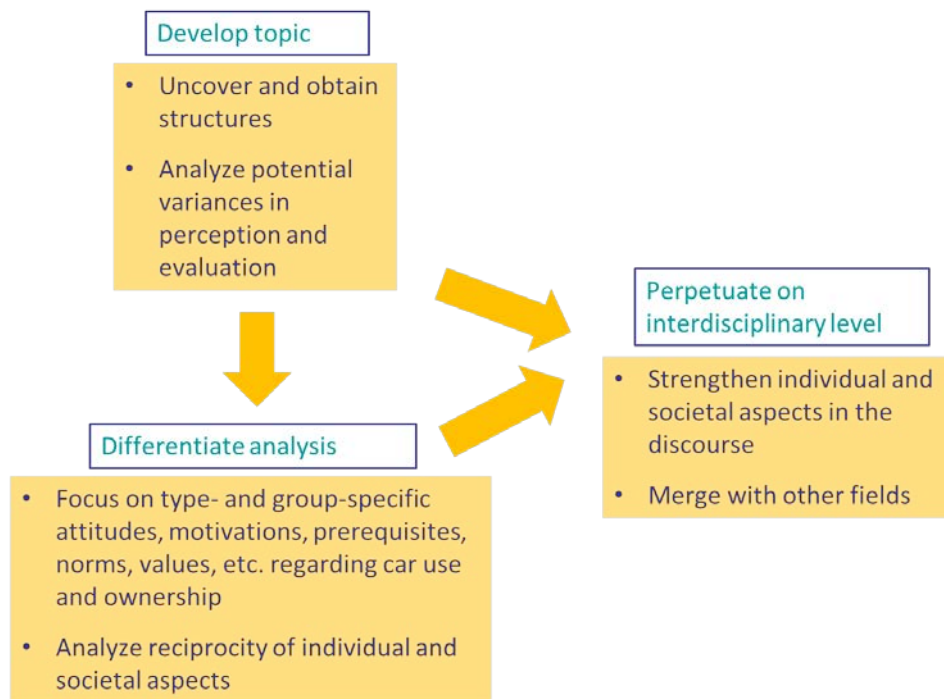


Fig. 1. Research design for the acceptance of automated driving

In a first step, effort will be put into shedding light on relevant topics within the public discourse concerning individual and societal acceptance of automated driving: Discourses can, for example, be identified through media coverage of automated driving, the image history of driverless cars or the public's perception and reaction to the topic. Analyses like these would be able to reveal structures in terms of dynamics, drivers, challenges or actors in the field of automated driving. It is also possible to identify potential variances that come along with the perception and evaluation of automated driving.

Further research steps will contain a differentiation of the analysis that focuses on more type- and group-specific attitudes, especially towards the use and ownership of cars, and will also expose the reciprocity of individual and societal aspects of automated driving's acceptance. In a third step, we shall merge those findings and analyses from different disciplines and fields of research.

References

- Ajzen, I. (2005): Attitudes, Personality, and Behavior. Chicago: Berkshire: Open University Press.
- Geels, F. W. (2005). The Dynamics of Transitions in Socio-technical Systems : A Multi-level Analysis of the Transition Pathway from Horse-drawn Carriages to Automobiles. In: Technology Analysis & Strategic Management. Vol. 17 (4). 445–476.
- Geels, F. (2010): Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. In: Research Policy. Vol. 39. 495-510.
- Heiskanen, E. et al. (2008). Factors influencing the societal acceptance of new energy technologies: Meta-analysis of recent European projects. Energy research Centre of the Netherlands (ECN). Online: <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2007/e07058.pdf>
- LaPiere, R. T. (2010): Attitudes vs. Actions. In: Journal of Epidemiology. Vol. 39 (1). 7-11.
- Lucke, D. (1995). Akzeptanz: Legitimität in der "Abstimmungsgesellschaft." Opladen: Leske+Budrich.

Eva Fraedrich, Barbara Lenz: Automated Driving in Relation to the Use and Ownership of Cars

Aspects of autonomous driving that do not just focus on technical issues have begun entering the debate only recently. Particularly the perception and evaluation by users of the transport system in general and potential future users of automated vehicles are still rarely taken into consideration, although it is widely emphasized that a user-orientated perspective is crucial to future acceptance and therefore the success or failure of fully automated driving systems (cf. Kahn et al. 2011). While scientific and public debates have gathered noticeably in pace, the future of automated driving is still highly speculative to date.

A reasonable analysis with regard to user perspectives should therefore focus on current demand and utilization contexts of car use and ownership – also, because practices of (auto)mobility are known to change gradually rather than erratically and the evaluation of new, still untested technologies is based upon existing mobility patterns. The essential aspects here are individual attitudes and user practices on the one hand, and the societal significance of the topic on the other hand. Beyond that, there is also the question of dissolving / breaking open an often predominant dichotomy of technology vis-à-vis humans and society (Schäffer 2013: 59 ff.). In fact, the focus could be placed on the various levels (functional, emotional, symbolic – cf. Dittmar 1992; Steg 2005; Ellaway et al. 2003) where users of the automobile acquire or acculturate the technology and the technical artefact “car” (cf. Stotz 2001). Fundamental for the discussion on the acceptance of automated driving are thus questions that deal with today’s individual and societal meaning of cars and how they relate to a future with automated vehicles. The paper aims at the following questions in regard to three main topics. Answers to these questions are primarily going to be addressed with help of empirical analyses:

(1) Individual and societal aspects of automated driving

- How and where is automated driving currently represented?
- What are today’s perceptions and evaluations on the topic?
- What are the (perceived) related contexts of automated driving?

(2) Car use and car ownership today...

- How is today’s individual, societal, social, emotional meaning of car use and ownership characterized?
- Which are today’s motives (functional/emotional/symbolic) of car use and ownership?
- What are the specific requirements, acquisition and utilization routines of different user groups with regard to the automobile?

(3) ... and in relation to automated driving

- What are the (subjectively) perceived differences and commonalities between automated driving and “conventional” driving?
- What are the attitudes and expectations towards the automobile that will likely impact the acceptance of automated driving?

Methodological approach

The literature review shows that there is a rising number of (mainly market research) studies dealing with the “acceptance” of automated driving (cf. Continental 2013; AutoScout24 2013; AutoScout24 2012). However, a limitation of all these studies is that fully automated vehicles are still in the research phase (and maybe will remain there for a very long time) which then of

course results in the lack of real-life user experience. This makes it difficult to examine attitudes, perceptions or evaluations of automated driving, when in fact neither broad knowledge nor actual user know-how can be assumed. To meet this research challenge adequately, we have used an explorative, qualitative method to systematically develop the subject by uncovering and obtaining structures that come along with today's awareness and appraisal of automated driving on medial platforms. The approach has generally aimed at gaining knowledge about topics that have emerged in the discourse on automated driving so far. We addressed individual perceptions and asked how the topic is discussed considering the fact that there has not yet been real-life user experience of automated driving. Based on this systematic structuring of the topic "automated driving" from the (transport) user's point of view, potential variances in perceptions and opinions that exist (today) as well as the context in which they are embedded could be analyzed. Our analyses reveal a variety of perceptions and understandings of the technology by car users or road users in general that often go far beyond purely technological aspects and also include societal contexts (Fraedrich; Lenz 2014). This also accentuates the need for taking individual and societal settings and frames into consideration, in addition to purely technical aspects.

As a crucial task we furthermore identified the need to carve out specific individual and collective interpretation paradigms / orientation patterns that are linked to future acceptance of automated driving but first of all to existing routines, perceptions and evaluations of car use and ownership. The findings from the explorative analysis point towards more type- and group-specific surveying methods that specifically take individual as well as societal meanings of the car into account. To reveal the structural denotations and meanings behind the topic "automobile", and also to expose the reciprocity of individual and societal aspects of acceptance, we conducted qualitative group discussions that will be interpreted with the documentary method – an approach that is particularly well suited to unfolding individual opinions as well as collective interpretative and orientation paradigms (cf. Bohnsack et al. 2013). Because of the lack of actual user experiences with automated vehicles, we cannot yet assume a collective or common base of knowledge on the topic (which is different to a common knowledge base on automobiles in general, for example). We therefore put narrative scenarios on automated driving in front of the group discussions that are based on two of the use cases – "full automation with availability through driver" and "vehicle on demand". That way, a frame that is preferably controlled in form and content allows a common compromise on automated driving by the different participants. Our first analysis indicated that automated driving is currently perceived and understood ambivalently in terms of partially different technological specifications which also shows differing influence on attitudes towards car use and ownership (cf. Fraedrich; Lenz 2014).

Together with our colleagues Rita Cyganski – who is focusing on travel demand modelling in relation to automated driving – and Ingo Wolf – who is addressing human-machine-interaction and acceptance from a psychological viewpoint – we furthermore conducted a quantitative online survey that aims at revealing type and group specific attitudes towards automated driving. We again discriminated different characteristics of automated driving on the basis of the four use cases "interstate pilot with availability through driver", "autonomous valet parking", "full automation with availability through driver" and "vehicle on demand". This enables a differentiated view on diverse perceptions, evaluations and association of meanings towards different specifications of automated driving.

Overall, the integrating triad of both qualitative and quantitative approaches – qualitative content analysis on online comments (1), group discussions (2) and quantitative online survey

(3) – can help to reveal structures in terms of dynamics, transition processes and challenges that come with the topic and enlighten the complex research field of the acceptance of automated driving, which is characterized by interactions of various social groups on different societal levels.

References

AutoScout24 GmbH (2012): Unser Auto von morgen. Studie zu den Wünschen der Europäer an das Auto von morgen. http://ww2.autoscout24.de/as24_avm_2012_englisch-2.pdf Accessed March 22, 2014.

AutoScout24 GmbH (2013): Unser Auto von morgen – 2013/14. http://ww2.autoscout24.de/autoscout24_-_the_cars_we_want_tomorrow_2013-14_-_small.pdf Accessed March 22, 2014.

Bohnsack, R.; Nentwig-Gesemann, I.; Nohl, A.-M. (2013): Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Dittmar, H., (1992): The Social Psychology of Material Possessions: To Have is To Be. St. Martin's Press: New York.

Ellaway A; Macintyre S; Hiscock R; Kearns A. (2003) In the driving seat: psychosocial benefits from private motor vehicle transport compared to public transport. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. S. 217-231.

Fraedrich, E.; Lenz, B. (2014): Automated Driving - Individual and Societal Aspects Entering the Debate. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (TRR). (accepted)

Khan, A.; Bacchus, A.; Erwin, S. (2011). Policy challenges of increasing automation in driving. In: IATSS Research. Vol. 35. No. 2. S. 79–89.

Schäffer, B. (2013): "Kontagion" mit dem Technischen. Zur dokumentarischen Interpretation der generationenspezifischen Einbindung in die Welt medientechnischer Dinge. In: Bohnsack, R. et al.: Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 51-74.

Sommer, K. (2013): Continental Mobilitätsstudie 2013. Continental AG. http://www.continental-corporation.com/www/download/presseportal_com_de/allgemein/automatisiertes_fahren_de/ov_mobilitaetsstudie_2013/download_channel/paes_mobilitaetsstudie_de.pdf Accessed March 22, 2014.

Steg, L. (2005): Car use: lust and must. Instrumental, symbolic and affective motives for car use. Positive Utility of Travel. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice 39 (2–3), S. 147–162.

Stotz, G. (2001): The Colonizing Vehicle. In: Miller, Daniel (Hg.): Car cultures. Materializing Culture. Berg: Oxford. S. 223-244.

Sven Beiker: Introduction Strategies for Automated Vehicles

Three main trends can be observed in vehicle automation: (1) low-level vehicle automation introduced in high-end / low-volume vehicles and then gravitating toward entry-level / mass-market vehicles; (2) IT companies demonstrate their “self-driving” vehicles and are perceived by the general public as a technology leader; (3) automated shuttle vehicles are deployed in urban areas to transport people without a driver in shopping areas or amusement parks. There are noteworthy synergies and differences between these concepts that should be considered holistically to devise deployment strategies for a very ambitious ultimate vision: the fully automated highway vehicle.

2020 seems to be an important target for the automotive industry. Several OEMs have announced that they will introduce “autonomous” vehicles at that time [1, 2]. In addition, more and more technology demonstrations and pilot deployments are being launched [3]. While it is not entirely clear which level of automation according to the SAE International’s [4] or NHTSA’s [5] definitions is targeted, it seems clear that more and more driver assistance systems will lead to some sort of low level automation in the near term, even if full automation might not be in sight. After the market introduction of ACC, Parking Assist, and Lane Keeping Assist over the past 15 years, the next systems that are expected toward higher level of automation are Traffic Jam Assist, Automated Valet Parking, and Automated Highway Cruising. A forecast beyond 2020 is difficult to make. Several OEMs and suppliers [6, 7] as well as consulting firms [8] envision a milestone around 2025 when full automation (no driver interaction necessary) might become possible. However, while a projection about 6 years into the future (about one product cycle in the automotive world) seems possible, projections more than 10 years out appear to be rather vague and need to be considered with caution. In summary, this scenario, i.e. OEMs increasing the level of automation through more and more driver assistance systems in highway vehicles, is called the EVOLUTION scenario.

IT companies appear to be quite involved in the development of automated vehicles. For instance, it is estimated that Google’s “self-driving” vehicles have covered over 500,000 miles without human intervention [9]. However, still many experts and the media wonder about those companies’ motivation in pursuing automated driving. While not much is really known about the objectives, a number of reasons seem possible: (1) becoming a data provider for future automated vehicles, (2) enabling commuters to use the internet (and therefore the company’s products) while in transit, and (3) creating an automated on-demand mobility system, an idea that has evolved since Google’s recent investment in the ride-sharing coordinator Uber [10]. None of these motivations can be assumed with certainty. However, the company announced publicly that the “goal is to help prevent traffic accidents, free up people’s time and reduce carbon emissions by fundamentally changing car use” [11]. Therefore this scenario, i.e. IT companies pursuing self-driving vehicles with the goal to change car use, is called the REVOLUTION scenario.

At the same time, more and more pilot deployments of Automated Mobility On-Demand (AMOD) systems can be observed such as on university campuses [12, 13] or in downtown areas [14]. AMOD appears to be another direction toward automated vehicles that could very soon (before 2020) be deployed in shopping areas, amusement parks, educational or corporate campuses, airports, or other areas where low-speed / limited-range vehicles are advantageous. The objective of these deployments is to close the gap between personal automobiles and public transportation. This is often referred to as the first/last mile solution, which are concepts where

the automobile might be unpractical to operate, the public transportation network is insufficient, and walking / biking is inconvenient. Therefore this concept applies often to urban areas. This scenario, i.e. startup companies or service providers offering specific driverless vehicles for a new kind of urban mobility, is called the TRANSFORMATION scenario.

The motivations for all three trends toward automated vehicles - i.e. the “evolution”, the “revolution”, and the “transformation” scenarios - seem to be very similar, even if different kinds of vehicles or operating concepts are being pursued. Safety is very often named as the primary reason why the driver should be more and more assisted and finally replaced by vehicle systems. Another reason is that those members of society, who are facing conditions that prevent them from driving (because of age, health, or other situations), can enjoy a mobile lifestyle despite these conditions. Efficiency is also mentioned, which points to the possibility that automated vehicles, especially if centrally controlled, can operate more smoothly and predictably for a more efficient traffic flow. Increased convenience and productivity is another benefit of vehicle automation as drivers can pursue other activities while in transit, such as relaxing, socializing, communicating, or working.

There are several regional differences in public perception and government initiatives regarding vehicle automation. Some market research [12] suggests that especially in the BRIC countries a large openness toward automated vehicles exists, while Japanese and Europeans seem to be more skeptical. North Americans appear to be in between these groups. The respective government programs can hardly be compared. The Japanese government supports automated vehicle technology strongly [16], possibly to ensure future competitiveness of the domestic automotive industry. Similar initiatives cannot be observed in the United States or Europe at this point, with the exception of the government funded vehicle communication programs and smaller collaborative projects in vehicle automation [17, 18]. However, in the U.S., several states have already implemented or are currently developing regulation for automated vehicles, which shows that legislators are taking the technology seriously. At the same time, the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) in the U.S. is cautioning the different states that some of these activities might lead to an overall confusing situation if respective regulation is not well-coordinated [19].

One aspect that should be considered closely for vehicle automation is the integration of vehicle connectivity. Currently the discussion in industry and research seems to shift in a direction that automation and communication are being considered as very complementary and might share similar deployment models, especially if automation concepts rely on some level of common infrastructure [19].

A concept that needs to be discussed in greater detail is highway vehicle platooning and if this can be a realistic deployment path. In such an automated convoy, a human (and potentially professional) driver operates the lead vehicle and all following vehicles are linked virtually through sensing and communication technology [18]. On the one hand this path can be a good solution to overcome the challenges of initially limited sensing and control capability because a human would still be in the loop. However, on the other hand these vehicle convoys might face very particular legal challenge due to the very short following distance. Platooning might be one step in the “evolution” scenario as described before.

As the goals in the three above-mentioned scenarios - “evolution”, “revolution”, “transformation” - are very similar (safety, mobility, efficiency, convenience and productivity), synergies should be sought to devise deployment strategies for different applications. While the fully automated highway vehicle seems to be the most complex and therefore very ambitious goal, one can

assume that this ultimate vision can still benefit from other deployments regarding technology, infrastructure, operation, and implementation. More work needs to happen in this area to clearly point out these synergies.

References

1. „Nissan Announces Unprecedented Autonomous Drive Benchmarks“, Nissan press release, 08/27/12
2. „Daimler aims to launch self-driving car by 2020“, <http://news.yahoo.com/daimler-aims-launch-self-driving-car-2020-150027521--sector.html> (retrieved 02/04/13), 09/08/13
3. “Volvo Car Group initiates world unique Swedish pilot project with self-driving cars on public roads”, Volvo Cars press release, 12/02/13
4. SAE International, “Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems”, 01/16/14
5. National Highway Traffic Safety Administration, “Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles”, Publication NHTSA 14-13, 05/30/13
6. “Our Blueprint for Mobility”, Ford Motor Company, 02/27/12
7. “Continental Strategy Focuses on Automated Driving”, Continental press release, 12/18/12
8. “Autonomous Cars: Self-Driving the New Auto Industry Paradigm”, Moran Stanley, 11/06/13
9. Anderson, Kalra, Stanley, Sorensen, Samaras, Oluwatola, “Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers”, Rand Corporation, Jan 2014
10. Brustein, J., “From Google, Uber Gets Money and Political Muscle”, Bloomberg Businessweek, 08/26/13
11. “What we’re driving at”, Google Official Blog, 10/09/2010
12. Spieser, Kevin, Ballantyne, Treleaven, Zhang, Frazzoli, Morton, Pavone, “Toward a Systematic Approach to the Design and Evaluation of Automated Mobility- on-Demand Systems A Case Study in Singapore.” Forthcoming in Road Vehicle Automation, Springer Lecture Notes in Mobility series, 2014
13. “Induct presents world’s first fully-electric driverless shuttle: the Navia”, Induct press release, 12/06/12
14. “Le Cybus d’Inria en démonstration à la Rochelle”, INRIA press release, 05/12/11
15. “Consumers Desire More Automated Automobiles, According to Cisco Study”, Cisco press release, 05/14/13
16. “Japanese government aims to implement driverless technology”, <http://www.driverless-future.com/?p=272> (retrieved 02/04/14), 06/27/2012
17. “Safety Pilot”, U.S. Department of Transportation and University of Michigan Transportation Research Institute, <http://www.safetypilot.us> (retrieved 02/04/14)
18. “The SARTRE Project”, <http://www.sartre-project.eu/en/Sidor/default.aspx> (retrieved 02/04/14)
19. National Highway Traffic Safety Administration, “Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles”, Publication NHTSA 14-13, 05/30/13

Fabian Kröger: Automated Driving in the context of cultural and societal history: The image history of the driverless car and its lessons

The history of the automobile in the 20th century is essentially linked with the phantasm of a driver who controls the car, who holds the steering wheel. This concept of the car is associated with freedom, but also with the risk of accidents. A driverless car with its ability to transport the passenger with less risk and more comfort is on the opposite side of this imaginary of the automobile. So there is a cultural break between a *driver*-controlled car and a car that transports a *passenger*.

With this contradiction in mind, the keynote aims firstly to trace the history of the driverless car by its representations and images in popular culture (magazines, exhibitions, films) from 1930 - 1960 and relate these images to the history of technology. Secondly, the presentation will analyze representations of driverless cars in film (1960-2000).

1. Image history and history of technology of the driverless car

The driverless car has a very long and rich image history: It started its career early in the 20th century with a drivers education movie (USA 1935). The vision of automatic highways became an utopian *Leitbild* (guiding image) with the *Futurama*-Show of General Motors at the World's Fair in New York 1939. **Magazines like *Popular Science* created dream landscapes of radio guided vehicles long time before the car industry seriously worked on it. Astonishingly, image history seems to precede the history of technology.**¹³ Only after the Second World War, engineers started to test prototypes and developed radio and radar control. In the 1950s, General Motors worked on electronical guidance systems embedded in the road. Ralph Teetor invented the Cruise Control.

2. The driverless car in cinema

The driverless car continued to make a much more important career in the cultural sphere of film than in the car industry:

At the end of the 1960s, the driverless car entered cinema as a friendly, anthropomorphic machine with its own will (*Herbie, The Love Bug*). In the 1970s it has been imagined like an evil killing machine (*Duel, The Car, Christine*). In the 1980s, the evil and the friendly model of the driverless car started to fight each other (*Knight Rider*). From the 1990s up to today, it is mainly the Science-Fiction film which uses the driverless car as a metaphor for the conflict between man and machine (*Total Recall, Demolition man, The fifth element, Men in black II, Minority Report, I, Robot*).

¹³ see Fabian Kröger, "Fahrerlos und unfallfrei. Eine frühe automobile Technikutopie und ihre populärkulturelle Bildgeschichte", in Uwe Fraunholz, Anke Woschek (eds.), *Technology Fiction, Technische Visionen und Utopien in der Hochmoderne* (Bielefeld: Transcript, 2012), p. 93-114.

These contemporary films are containing important insights into public hopes and fears linked with self-driven cars. We can learn from film about **human machine interfaces** and the switch from automatic driving modes to manual driving modes of automated vehicles.

3. Important factors in the transition from a driver-centered to a driverless car culture

Finally the presentation will come back to the contradiction between self-driven and driverless car. The shift from a driver centered car culture to an autonomous car culture is challenging: **How the *pleasure of driving* (advertising claim of BMW) will become the *pleasure of being driven*?** Under which circumstances autonomous cars could be introduced with success in the market?

If we try to compare the automation of the automobile with the automation of another object of 20th century consumer culture, we are confronted with at least two difficulties:

Firstly, driving is a necessary, dangerous, annoying activity, but for a lot of drivers it is also linked with pleasure. Therefore it is not quite appropriate to compare the automation of the car with e.g. the washing machine, which substituted stressful labor.

Secondly, the shift from the human driver to a CPU driven car is not only a change in modes, like from the combustion engine to the electrical engine. It changes one of the main qualities of the car as we know it. That does not mean that the shift to a driverless car culture is impossible - it means that **we have to reinvent the car.**

The image history of the driverless car – especially in cinema - teaches at least that:

- Human machine interfaces of driverless cars have to integrate already known elements from manual driven cars (privilege touch over voice, rethink the steering wheel, do not eliminate it)
- The driverless car must have two steering modes (automatic and manual)
- Generally there is a need for more positive images of this new world with driverless cars, far away from the police state imaginations of contemporary science fiction movies.

David Woisetschläger: On the Relevance of Brand Knowledge for the Marketing of Autonomous Cars

The autonomous, self-driving vehicle is one of the automobile industry's major ventures in the 21st century. Technological advances in the field of autonomous driving promise to contribute positively to the financial bottom line of automobile manufacturers. Their integration as supplementary equipment increases the contribution margin of each sold car. In addition, autonomous mobility functions lay the foundations for new business models such as elaborated navigation services. While industry experts expect that it will take until the middle of the 21st century until fully autonomous cars will be available to the mass market, automobile manufacturers have already begun to introduce semi-autonomous functions such as lane assistants and collision avoidance systems to the market. The promising market predictions suggest a general openness of customers towards using self-driving cars. Besides automobile manufacturers and suppliers, technology firms such as Google pin their hopes on the predicted potential of autonomous driving technology.

The emergence of technology firms as competitors poses a threat to the established car manufacturers. Industry reports suggesting that Google as new market entrant is by far the brand associated most with self-driving cars and that fictitious cars from technological firms receive similar levels of usage intentions as premium car manufacturers impose the question of the role of branding as success factor. On the one hand, the generally high relevance of brands in the context of cars has been recently put at stake. Several studies suggest the diminishing role of automobiles relative to other products such as smartphones at least for young customer segments. On the other hand, some factors contributing to the relevance of automobile brands might remain relevant, irrespective of regular shifts in the hierarchy of individual needs. In general, the relevance of a brand as influencing variable in a purchasing situation is seen as high when the purchase or use is associated with high levels of risk, high levels of information asymmetry, and high levels of symbolic value. These factors are likely to remain relevant in the future.

Existing literature provides comprehensive models for consumer goods allowing an assessment of the relative importance of brands as predictor of purchasing behavior. In the particular context of high technology products, the understanding of the mediating role of specific dimensions of brand knowledge is limited. Similarly, extensive knowledge exists about the effects of alternative brand strategies such as brand extensions (e.g., new services) or brand alliances, and how new product introductions influence the parent brand perception. However, an examination for high technology products such as autonomous driving technology does not exist.

Based on Keller's (1993) concept of brand knowledge, the present paper contributes to the literature by developing a conceptual framework depicting relevant drivers and consequences of brand knowledge in the context of autonomous cars. Second, the paper examines the relative importance of automobile manufacturer and technology brands for the acceptance of autonomous driving technology and services based on these technologies. Third, reciprocal effects of the introduction of these technologies on the corresponding brands are assessed. Fourth, the study conceptualizes how differing market entry strategies and critical incidents influence brand perceptions. Based on the results of these empirical studies, implications for theory and management practice are derived.

References available upon request.

Gesellschaftlicher Rahmen *Societal Framework*

Armin Grunwald: Gesellschaftliche Organisation des Risikos für Autonomes Fahren

Komplexe Technik kann nie ganz fehlerfrei realisiert werden. Auch in Systemen und Technologien autonomen Fahrens können Fehler auftreten, die im Betrieb zu Unfällen mit Sach- oder Personenschäden führen können. Die Regulierung und das Management von Risiken unter Ansprüchen der ethischen Verantwortbarkeit und der rechtlichen Korrektheit sind notwendige Bedingungen einer allgemeinen gesellschaftlichen Akzeptanz und einer konkreten Akzeptanz bei Nutzern. Ziele des Buchbeitrages sind Ausarbeitungen zu den Fragen:

- welche spezifische Risikokonstellation liegt beim Autonomen Fahren vor?
- was kann aus den bisherigen Erfahrungen mit Risikodebatten und dem Akzeptanzverhalten für das Autonome Fahren gelernt werden?
- wie kann das gesellschaftliche Risiko für die Herstellung und den Betrieb von autonomen Fahrzeugen organisiert werden?
- welche Voraussetzungen müssen gesellschaftlich erfüllt sein, um Technologien des Autonomen Fahrens gesellschaftlich anschlussfähig zu machen?

Das Buchkapitel soll entsprechend aus vier Teilen bestehen:

1. Risikokonstellation für Autonomes Fahren

Im Rahmen einer Konstellationsanalyse soll die spezifische Risikokonstellation in Bezug auf Autonomes Fahren analysiert und möglichst präzise beschrieben werden. Technikdebatten unterscheiden sich sehr stark, je nachdem wie die entsprechenden Risikokonstellationen ausgeprägt sind. Beispielsweise sind die Risikodebatten zur Kernenergie, zu Nanopartikeln und zur Grünen Gentechnik ausgesprochen unterschiedlich. Ziel dieses Teils ist die Bestimmung der für Autonomes Fahren adäquaten Risikokonstellation und ihr Vergleich mit Risikokonstellationen aus anderen Technikfeldern. Dazu sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- für wen können Schäden auftreten, welche Personengruppen können gefährdet werden oder Nachteile erleiden?
- welche Arten von Schäden sind vorstellbar (Gesundheit/Leben von Menschen, Sachschäden, Arbeitsplatzeffekte, Reputation von Unternehmen, ...)?
- wie groß ist die räumliche und zeitliche Reichweite möglicher Risiken (auf kleinen Raum begrenzte Unfälle, systemische Risiken etwa durch Softwareprobleme, langfristige Risiken durch Kompetenzverlust von Menschen und Kontrollverlust über die Technik, global wirkende Reputationsschäden für Unternehmen, ...)
- wie sind mögliche Risiken auf Personengruppen verteilt? Sind die Träger der Risiken andere Gruppen als die Nutzer der Vorteile des Autonomen Fahrens?
- welche indirekten Risiken gibt es (z.B. mangelnder Datenschutz, Überwachung, versteckter Zentralismus durch überregionale Leitzentralen statt dezentraler ‚Selbstorganisation‘ des Verkehrs; zunehmende Abhängigkeit aller gesellschaftlichen Funktionen und individuellen Lebensvollzüge vom Funktionieren einer ‚totalen Mega-Infrastruktur‘)?
- welche Akteure sind an der Risikokommunikation und der Bewertung der Risiken beteiligt und welche haben dominanten Einfluss?

Diese Fragen werden zunächst allgemein angegangen und dann auf die Use Cases bezogen soweit dies möglich ist. Zu unterscheiden ist dabei nach unterschiedlichen Ebenen der Risiken: für Individuen, für Unternehmen bzw. Marken und auf der gesellschaftlichen Ebene.

2. Erfahrungen aus bisherigen Risikodebatten

In Deutschland und anderen industrialisierten Ländern liegen umfangreiche Erfahrungen mit Akzeptanz- und Risikodebatten aus mehreren Jahrzehnten vor. In diesem Teil sollen die Lehren aus diesen vergangenen Risikokommunikationen gezogen und, insofern möglich, auf das autonome Fahren übertragen werden. Hierzu sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- was kann aus Kernenergiedebatte und Gentechnikdiskussion als den beiden gravierendsten Themen mangelnder Technikakzeptanz in Deutschland gelernt werden - und was nicht?
- welche Kriterien entscheiden über die Übertragbarkeit der Erfahrungen?
- welche Akteure tragen maßgeblich zur Risikodebatte und zur Akzeptanz bei?
- wie kann ein konstruktiver Entwicklungsprozess unterstützt werden?

Die frühe Kernenergiedebatte in Deutschland war geprägt von einer Arroganz der Experten (damals sämtlich Kernenergiebefürworter) gegenüber Kritik. Sorgen wurden nicht ernst genommen, Kritiker als irrational, vorgestrig oder unwissend dargestellt. Auf diese Weise wurde Vertrauen verspielt. Demgegenüber zeigt die Debatte zur Nanotechnologie, dass durch offene Kommunikation der Aufbau von Vertrauen möglich ist und fundamentalistische Verhärtungen vermieden werden können. Wissenschaftler und Wirtschaftsvertreter haben nicht bestritten, dass es Risiken geben kann, z.B. durch synthetische Nanopartikel, und dass Risiken so lange nicht ausgeschlossen werden können, bis die Toxikologie weiter vorangeschritten ist. Man könnte es paradox formulieren: weil auf allen Seiten offen über Nichtwissen und mögliche Risiken diskutiert wurde und wird, ist die Debatte konstruktiv verlaufen. Das ist eine wichtige Botschaft für zukünftige Risikodialoge. Statt sich auf die absolute Vermeidung von Risiken zu kaprizieren (Nullrisiko) ist es gelungen, Vertrauen für einen verantwortlichen Umgang mit möglichen Risiken zu schaffen.

In der Gentechnikdebatte ist die Verteilung des Nutzens interessant, weniger die Risikofrage. Denn der Endverbraucher hätte (anders als bei der Roten Gentechnik) keinen ersichtlichen Nutzen aus gentechnisch veränderten Nahrungsmitteln. Der Nutzen wäre bei den Lebensmittelkonzernen. Die Abwesenheit von Nutzen für Verbraucher in Kombination mit möglichen Risiken (z.B. in Bezug auf Allergien) ist eine plausible Erklärung für mangelnde Akzeptanz. Dies ist ein Argument; beim Autonomen Fahren nicht nur auf abstrakten Nutzen (z.B. für die Volkswirtschaft) abzuheben, sondern den Nutzen für die „Endverbraucher“ in den Mittelpunkt zu stellen.

Interessant ist es auch, Technologieeinführungen zu betrachten, die gelungen sind trotz öffentlicher Risikodiskussion. Hier sind z.B. die Mobiltechnologien (Handys, mobile Internetnutzung) zu nennen. Obwohl es seit über zehn Jahren eine lebhafte Risikodiskussion gibt, hat dies der Akzeptanz auf der individuellen Ebene keinen Abbruch getan. Nur Standorte von Sendemasten sind immer wieder Gegenstand von Protest und Opposition. Gegen die Technologie als solche gibt es praktisch keine Opposition - der Nutzen ist einfach zu überwältigend, und zwar nicht ein abstrakter volkswirtschaftlicher Nutzen, sondern der ganz direkte Nutzen für die Menschen.

3. Strategien verantwortlichen Risikomanagements

In diesem Abschnitt werden Strategien des Risikomanagements diskutiert (außerhalb der rechtlichen Sphäre). Elemente können sein:

- Risikomanagement im Entwicklungsprozess im Hinblick auf (a) frühzeitige Bestimmung möglicher Risiken aus mehreren Perspektiven und (b) die spätere Akzeptanz am Markt. Dies spricht für eine frühzeitige Einbeziehung von Stakeholdern und Nutzern
- Risikomanagement in Bezug auf öffentliche Kommunikation - „Informationspolitik“ und Einbeziehung der Medien. Hier sind die oben erwähnten Lehren aus Kernenergie- und Nanotechnologiedebatten einschlägig, die auf die Notwendigkeit der Ressource „Vertrauen“ aufmerksam machen
- Risikomanagement „im Betrieb“ - Konsequenzen für die Straßenverkehrsordnung, Konsequenzen für die Fahrschulen hinsichtlich der notwendigen Kompetenzen von Nutzern autonomer Fahrzeuge etc.

Erfolgreiche moderne Technikentwicklung erfolgt heutzutage in der Regel nicht in einer mehr oder weniger geschlossenen Welt der Ingenieure, Naturwissenschaftler und Manager, welche sich dann quasi hinterher um Akzeptanz für ihre eigenen Entwicklungen sorgen muss. Stattdessen sollte der Entwicklungsprozess (jedenfalls in den Teilen, die keinen direkten Wettbewerbsinteressen der Firmen unterliegen) in einer gewissen Offenheit erfolgen. Stakeholder sollten nicht erst in der Phase der Markteinführung, sondern bereits in der Entwicklung einbezogen werden. Ethische Fragen im Umgang mit Risiken und rechtliche Fragen der Verteilung von Verantwortung sollten parallel zur technischen Entwicklung erforscht und gesellschaftlich diskutiert werden.

4. Maßgebliche Einflussfaktoren für die gesellschaftliche Akzeptanz

Akzeptanz kann nicht „hergestellt“ werden, wie das gelegentlich erwartet wird, sondern sie kann sich nur „einstellen“ (oder auch nicht). Dieses „sich-einstellen“ hängt von vielen Faktoren ab, die teilweise durchaus beeinflussbar sind. Grob gesprochen hängt die gesellschaftliche wie individuelle Akzeptanz von der Wahrnehmung von Nutzen wie von Risiken ab. Hinzu kommt die Möglichkeit der Einflussnahme auf die Exposition gegenüber Risiken. Akzeptanz fällt üblicherweise erheblich leichter, wenn die individuellen Personen selbst die Entscheidungshoheit haben (z.B. Ski zu fahren) als wenn die Personen von externen Instanzen den Risiken ausgesetzt werden: nimmt man Risiken auf sich oder wird man Risiken ausgesetzt?

Fast alle Technologieeinführungen in Deutschland stoßen auf Aufgeschlossenheit. Das autonome Fahren trifft auf einen eingespielten Markt von Mobilitätswünschen und -angeboten. Wie auf Märkten üblich, spielen individuelle Präferenzen und Abwägungen eine entscheidende Rolle für den Erfolg neuer Angebote. Entscheidend dürfte sein, welche Rolle das Verhältnis von Abgabe von Kontrolle über das Fahrzeug an autonome Technik und dem Gewinn durch die Möglichkeit, sich auf andere Dinge zu konzentrieren, spielt.

Manches spricht dafür, dass für die Akzeptanz des autonomen Fahrens eher die Nutzenerwartungen als die Risikobefürchtungen entscheidend sind. Immerhin ist Autofahren eine fast vollständig akzeptierte Technologie, obwohl es in Deutschland jährlich über 3000 Verkehrstote gibt. In Gegensatz etwa zur Kernenergie erscheinen mögliche Schadensfälle von zeitlich und räumlich begrenzter Reichweite (Unfälle, wie wir sie bereits kennen). Andere Risiken (s.o., z.B. Überwachung) sind eher abstrakt.

Aus den Lehren aus vergangenen Technikdebatten und der Analyse der spezifischen Risikokonstellation werden sodann Leitlinien für eine verantwortliche Gestaltung der Debatte zum autonomen Fahren abgeleitet. Hierzu können gehören

- Nutzen und Risiken sind gerecht und nachvollziehbar verteilt
- die relevanten Institutionen (Produzenten, Betreiber, Regulierer, Überwachungs- und Kontrollinstanzen) genießen Vertrauen
- die Kommunikation über mögliche Risiken verläuft in einer offenen Atmosphäre - nichts ist massenmedial verdächtiger als zu behaupten: Risiken gibt es nicht und wir haben alles unter Kontrolle
- Sorgen und Fragen werden ernst genommen und nicht a priori als irrational vom Tisch gewischt
- es findet frühzeitige Kommunikation mit relevanten gesellschaftlichen Gruppen statt, wo angebracht auch im Sinne einer ‚partizipativen Technikgestaltung‘.

Miranda A. Schreurs, Sibyl Steuwer: Role of politics in developing and implementing autonomous driving

Autonomous driving has been on the research agenda for many years. Some states in the United States (Nevada, Florida, and California) have taken legislative action enabling autonomous vehicles in regular traffic under the condition that a driver is still sitting behind the steering wheel and able to take over control manually.

Regulatory advancements in these states have provoked the question of whether it is appropriate to politically support autonomous driving in European countries including Germany, which would in turn raise the question of regulatory needs.

It is the aim of this contribution to identify the current and future roles of political and public actors in supporting or inhibiting the uptake of this technology and bridging the gap from research to implementation. What and who are the main political drivers of, and obstacles to implementing this technology? How do new technologies enter the political agenda, a critical step towards policy change and potential system transformation? What role should political actors play in supporting transformation processes?

In order to answer these questions, the vision, objectives, and discourses of “autonomous driving,” this project examines international regulatory discussions and developments and relevant actors and their interests, especially at the European level. In order to better understand differences in drivers and barriers, examples from European Union (EU) Member States (Germany, Sweden) as well as the US and Japan will be included. The paper concludes with some political recommendations.

Autonomous driving is not strategically anchored in European policy-making. The overarching discourses and objectives in the European transport sector can be subsumed under the headlines “competitiveness”, “sustainability”, and “safety”. While autonomous driving can arguably contribute to any of these overarching objectives, stakeholders have not yet made much effort to put these points onto the political agenda.

The needs for regulation and further research and development are being discussed in working groups both at the European and the German national level, although autonomous driving is not high on the political agenda in either case. While the European Commission’s administration is (co-) funding some of these initiatives it does not take a lead on the regulatory front; rather it is mostly active in supporting research and development. This is similar in Germany. The issue of autonomous driving is on the radar screen of the German transport ministry and major associations but it receives relatively little attention.

Looking at the various projects funded and activities sponsored by European institutions that are somehow related to autonomous driving it becomes clear that:

- Most of the funded research is targeted at partially automated vehicles and certain technical and safety aspects
- Information and communication technology industries rather than the automotive industry appear most active in pushing advancements in research and development and technology application
- Not many strategic and interdisciplinary questions have been addressed; there has been little attention to social and ethical questions (although there are the first signs of discussions with Horizon 2020)

On the European level, different Directorate Generals (DG) are involved with questions addressing autonomous driving, with DG Connect somewhat more engaged than for example, DG Transport or DG for Enterprise and Industry (ENTRA). In general, the EU Commission's interests are more related to strengthening competitiveness (i.e. supporting basic infrastructure development in remote areas) and combating climate change (i.e. e-mobility, urban development that supports public transport, bicycles, etc.) and not so much on implementing a vision of autonomous driving. Little in the way of regulatory change can be expected until a strong enough coalition for change emerges. A push for technology development and implementation will be more likely if framed as part of the transformative agenda for EU transport and implemented incrementally/evolutionary.

Supporting factors for the advancement of the technology include: interested public actors, a strong lobby, an open regulatory culture, positive discourses. Inhibiting factors include: a weak or fragmented lobby; competing technological solutions/interests; competing discourses; uncertainty with regard to data security, open questions regarding accountability, and technical maturity.

The analysis also reveals there are several narratives in use by political actors and stakeholders:

- Autonomous vehicles are portrayed as highly innovative and a demonstration of a nation's technological (and economical) leadership capabilities (especially among governmental representatives in Japan and US Member States; Developers of AVs)
- Zero-Accident-Vision: Drastically reduce (ideally eliminate) auto crash accidents and fatalities (especially: Developers of AVs including ICT, to a lesser degree public actors)
- Freedom to follow a modern lifestyle by making use of ICT: Read, talk, write or play while driving (especially promoted by ICT industries; not much taken up by public actors)
- Efficiency & Environmental Protection: driverless cars help to save energy, emissions, and space (governmental actors Sweden, efficiency: Japan)
- There are many unsolved questions with regard to accountability, data protection, the legal framework as well as social and ethical considerations/reservations: let's wait and see (governmental actors in Germany, EU)
- The Missing Narrative: Embedding the driverless-car vision in an overall strategy of sustainable mobility in the future.

Discourses can influence regulatory debates and public understanding. AV can be linked either to concerns about competitiveness, sustainable development, resource efficiency, or to concerns about loss of control, robotization of the world, etc. The nature of the discourse can determine the potential to apply AV technology.

The paper concludes with regulatory recommendations related to autonomous driving in the EU/ Germany. The paper addresses six relevant functions for political interventions:

- Supporting technological advancement (provision of information, financial support, taxes, tax breaks, etc.)
- Regulation (standards for vehicles in use, standards for certain technological devices, driving licenses, traffic rules, etc.)
- Provision of infrastructure
- Support of Research and Development on social, economic, environmental consequences
- Support of transparency and public participation in goal setting, decision making, restrictions (through the establishment of different arenas for debate)
- Monitoring structures

Lessons can be learned from earlier transitions (moving from the horse to the car!) and transitions in other areas (e.g. the Energiewende).

Jutta Weber: Der mediale Diskurs über autonome Fahrzeuge am Beispiel ausgewählter deutschsprachiger Print- und Online-Medien

Von klugen Roboterautos, High-Tech-Wundern aber auch Geisterfahrern und Mensch-Maschine-Konkurrenz ist in der aktuellen deutschsprachigen medialen Debatte zum autonomen bzw. hochautomatisierten Fahren die Rede – und greift damit typische Strategien, Metaphern und Bilder aus dem Technik-Diskurs auf.

Der Beitrag erläutert kurz Grundlagen der Medienwirkungsforschung und gibt anschließend einen Überblick über die spezifischen Themen, AkteurInnen, Bilder, Metaphern und Diskursstrategien der aktuellen deutschsprachigen Medienberichterstattung, analysiert ihre Mechanismen sowie zugrundeliegende Werte der Debatte um autonome Fahrzeuge.

Um eine möglichst ausgewogene Analyse zu garantieren, stellt die **Medienauswahl** unterschiedliche Leserschaften sicher:

- Informierte, gebildete LeserInnen (ZEIT / online, Spiegel / online, Süddeutsche / online, focus.de)
- Technikinteressierte LeserInnen (heise.de: c't, Telepolis, etc.)
- Motorsportbegeisterte (auto-motor-und-sport.de, autozeitung.de, autobild.de).

Von Interesse für die Analyse ist u.a., ob und inwieweit diese Diskurse differieren.

Wichtig für die Analyse des medialen Diskurses sind zum einen die **ProduzentInnen des Diskurses**, die sich auf den ersten Blick als vorwiegend männliche, technik- und auto-affine Journalisten aus dem Bereich ‚Wissenschaft und Technik‘ identifizieren lassen. Trotz zunehmender Berichterstattung zum Thema autonomes Fahren haben sich interessanterweise bisher im Diskurs kaum journalistische ExpertInnen positioniert. Das Thema wird eher von wechselnden AkteurInnen ‚bespielt‘.

Neben diesen AkteurInnen werde ich in meiner Analyse auf **Wortführer(innen) des Diskurses** eingehen, aber auch auf Leerstellen und fehlende Akteure – wie z.B. geistes- und sozialwissenschaftliche ExpertInnen im Bereich Verkehr und Gesellschaft (Soziologie, Technikphilosophie, Umweltforschung etc.), aber auch VertreterInnen anderer Verkehrsformen (Fahrrad, FußgängerInnen, öffentlicher Verkehr, Mischformen).

Des Weiteren möchte ich **zentrale Diskursstrategien** vorstellen, die größtenteils an bekannten dominanten Strategien aus dem Technikdiskurs anknüpfen. Strategie-Klassiker sind hier u.a.:

- Heilsversprechen vs. Bedrohungsszenarien
- Mensch gegen Maschine
- Science Fiction-Szenarien
- Anthropomorphisierung der Technik

Im Anschluss werde ich auf die die Effekte dieser Strategien und den ihnen zugrunde liegenden Logiken eingehen.

Als **dominante Diskursthemen** des hoch-automatisierten / autonomen Fahrens lassen sich u.a. die Fragen der Entlastung vs. Entmündigung, der Sicherheit vs. Fahrspaß, des Vertrauens in die Technik, rechtliche Probleme, Ent-/Emotionalisierung des Autofahrens und die Frage der Machbarkeit (Prognose der Marktreife) sowie der gesellschaftlichen Akzeptanz identifizieren. Eher am Rande finden sich Themen wie Umwelt / Ressourcen / Gesundheit, Inklusion,

Überwachung.

Diskurslücken zeigen sich u.a. bzgl. folgender Themen:

- Geschichte des automatisierten/autonomen Fahrens (Automated Highway Systems, Personal Rapid Transit, Revolution in Military Affairs)
- Vertiefung technischer Aspekte (Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Ansätze autonomen Fahrens; Unterscheidung Automation/Autonomie; Probleme der Künstlichen Intelligenz, Überwachung, etc.)
- Diskussion unterschiedlicher Varianten autonomen Verkehrs und deren gesamtgesellschaftliche Konsequenzen
- alternative Verkehrskonzepte und -entwicklungen (Individual-, öffentlicher Verkehr, Inklusion, Copenhagenization)
- infrastrukturelle Dimension des Verkehrs (Kosten/verteilung, Ressourcen, ökologische Belastung, Nachhaltigkeit, gesundheitliche Belastung, etc.)

Neben der inhaltlichen Analyse werde ich auch auf **dominante Metaphern** (u.a. Geisterfahrer) und **dominante Bilder** des Diskurses („Hände im Schoß“, High-Tech / Urban Challenge, Science Fiction) eingehen und ihre Bedeutung für die Debatte verdeutlichen.

Last but not least werde ich grob anhand ausgewählter Beispiele **unterschiedliche Formen der medialen Inszenierungen „innovativer“ Technologien** („Technologies in the Making“) skizzieren:

- Top-Down-Diskursivierung: Das Beispiel Nanotechnologie
- Technoscience as Culture-Diskursivierung: Das Beispiel „Soziale Roboter“

Literatur (Auswahl)

- Adey, Peter. 2010. *Mobility*. London; New York: Routledge.
- Akrich, Madeleine. 1992: The de-scription of technological objects. In: Bijker, Wiebe & John Law (eds.): *Shaping technology/building society*. Cambridge: MIT Press, 205-224.
- Best, Amy L. 2006. *Fast Cars, Cool Rides: The accelerating world of youth and their cars*. New York
- Both, Göde / Weber, Jutta (2014): Hands-Free Driving? Automatisiertes Fahren und Mensch-Maschine Interaktion. In: Hilgendorf, E. (Hg.): *Robotik im Kontext von Recht und Moral*. Wiesbaden, 171-188
- Broggi, Alberto, Alexander Zelinsky, Michel Parent & Charles E. Thorpe. 2008. Intelligent vehicles. In: Siciliano, B. & Oussama K. (eds.), *Springer handbook of robotics*. Berlin
- Brookhuis, Karel & Dick de Waard. 2006. The consequences of automation for driver behaviour and acceptance. In: R.N. Pikaar et al. (Eds.), *Proceedings IEA2006*, Elsevier
- Christaller, Thomas et al. 2001. *Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft*. Berlin et al.: Springer.
- Conley, Jim & Arlene Tigar McLaren. 2009. *Car troubles: critical studies of automobility and auto-mobility*. Farnham, England
- Conley, Jim. 2012. A Sociology of Traffic. In: Vaninni, Phillip (ed.), *Technologies of mobilities in the Americas*. Oxford; Bern
- Featherstone, Mike, N. J. Thrift & John Urry. 2005. *Automobilities*. London; Thousand Oaks
- Gasser, Tom M. et al.. 2012. *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen F83*, 2012.
- Hepp, Andreas (2010): *Cultural Studies und Medienanalyse. Eine Einführung* (3.Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Jäger, Siegfried (2004): *Kritische Diskursanalyse. Eine Einführung*. Münster.
- Maurer, Markus. 2012. Forward collision warning and avoidance. In: *Handbook of intelligent Vehicles*. London, 657-687.
- McLuhan, Marshall. 1964. *Understanding media. The Extensions of Man*. New York
- Mellström, Ulf. 2004. Machines and masculine subjectivity. *Men and Masculinities* 6 (4): 368–382.
- Redshaw, Sarah. 2008. *In the company of cars: Driving as a social and cultural practice*. Hampshire
- Sheller, Mimi. 2011. *Mobility*. In: *sociopedia.isa* (15.08.2011): 1–12.
- Suchman, Lucy. 2007. *Human-machine reconfigurations: Plans and situated actions*. 2.ed. Cambridge
- Thrun, Sebastian, Wolfram Burgard & Dieter Fox. 2005. *Probabilistic robotics*. Boston.
- Urry, John. 2004. The 'System' of automobility. *Theory, Culture & Society* 21 (4–5): 25–39.
- Vanderbilt, Tom. 2012. Let the robot drive: The autonomous car of the future Is here. *Wired Magazine*. Available at: http://www.wired.com/magazine/2012/01/ff_autonomouscars/all/1
- Weber, Jutta. 2008. Human-robot interaction. In: S. Kelsey / K. St. Amant (ed.): *Handbook of Research on Computer Mediated Communication*. Hershey, PA.
- Weber, Jutta. 2011. Technoscience as popular culture. On pleasure, consumer technologies & the economy of attention. In: Nordmann, A., et al (eds.), *Science transformed? Debating claims of an epochal break*, 159–176. Pittsburgh.
- Weibel, Peter & ZKM Karlsruhe. 2011. *Car culture: Medien der Mobilität*. Karlsruhe
- Weyer, Johannes. 2006. Die Zukunft des Autos – das Auto der Zukunft. Available at: <http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/Medienpool/Arbeitspapiere/ap-soz14.pdf>

Projekt-Kernteam

Prof. Dr.-Ing. Markus Maurer (Sprecher)

*Institut für Regelungstechnik
Technische Universität Braunschweig*

Professor J. Christian Gerdes

*Mechanical Engineering
Stanford University*

Prof. Dr. Barbara Lenz

*Institut für Verkehrsforschung
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*

Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner

*Fachgebiet Fahrzeugtechnik
Technische Universität Darmstadt*

Wissenschaftliche MitarbeiterInnen

Eva Fraedrich, M.A. (Bei Prof. Dr. Barbara Lenz)

*Abteilung Verkehrsgeographie
Humboldt-Universität zu Berlin*

Dipl.-Ing. Walther Wachenfeld (bei Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner)

*Fachgebiet Fahrzeugtechnik
Technische Universität Darmstadt*

Thomas Winkle, MBA (bei Prof. Dr.-Ing. Markus Maurer)

*Institut für Regelungstechnik
Technische Universität Braunschweig*