

Bericht zum Forschungsbedarf

Runder Tisch Automatisiertes Fahren – AG Forschung

von

Tom M. Gasser/ Eike A. Schmidt (Arbeitsgruppenleitung)

Klaus Bengler	Ulrich Chiellino
Frederik Diederichs	Lutz Eckstein
Frank Flemisch	Eva Fraedrich
Erich Fuchs	Marko Gustke
Robert Hoyer	Michael Hüttinger
Meike Jipp	Frank Köster
Matthias Kühn	Barbara Lenz
Christine Lotz-Keens	Markus Maurer
Michael Meurer	Siegfried Meuresch
Nina Müller	Christian Reitter
Andreas Reschka	Gerd Riegelhuth
Jan Ritter	Karl-Heinz Siedersberger
Welf Stankowitz	Rüdiger Trimpop
Eberhard Zeeb	

1. Einleitung

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen der Arbeitsgruppe (AG) Forschung des vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur einberufenen Runden Tisches Automatisiertes Fahren entstanden. Das Ziel der AG Forschung war es, mit vorliegendem Dokument den Forschungsbedarf in Bezug auf die kontinuierlich wirkende Fahrzeugautomatisierung möglichst umfassend zu beschreiben. Abgezielt wird insbesondere auf die Ausrichtung künftiger nationaler Forschungsprogramme in diesem Bereich.

Die Untergliederung der AG Forschung erfolgte in vier Unterarbeitsgruppen, die als „Cluster“ bezeichnet worden sind. Diese sind namentlich die Mensch-Maschine-Interaktion, der Bereich der Funktionsabsicherung (Cluster: Funktion, Sicherheit, Absicherung), die Aspekte der Straßeninfrastruktur und des Verkehrs sowie gesellschaftliche Aspekte. Die Untergliederung nimmt dabei in ersten Forschungsarbeiten der Bundesanstalt für Straßenwesen zu den Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung ihren Ursprung (Berichte der BASt, Heft F83, Bergisch Gladbach 2012), da sich bei dieser Unterteilung alle seinerzeit identifizierten Forschungsfragen einordnen ließen. Die Untergliederung hat sich im Laufe der Arbeit als geeignet herausgestellt und liegt auch der vorliegenden Kurzfassung in der obersten Gliederungsebene zugrunde. Die als Anhänge 1 bis 4 verfügbar gemachten Dokumente wurden als ergänzende Information oder Vertiefung mit aufgenommen und weisen ebenfalls unmittelbaren Bezug zur Arbeitsgliederung in Cluster auf.

Einleitend ist festzustellen, dass automatisiertes Fahren keine völlig neue Erscheinung ist. Vielmehr wird hier eine Entwicklung fortgesetzt, die in Fahrerassistenzsystemen mit Umfeldwahrnehmung ihren Ursprung nimmt. Insbesondere niedrige Automatisierungsgrade kontinuierlich automatisierender Funktionen sind bereits heute als Fahrerassistenzsysteme vielfach marktverfügbar und finden im Straßenverkehr Verwendung (so beispielsweise die adaptive Geschwindigkeitsregelung, „ACC“ genannt oder die Spurhalteassistent, die auch für Fahrzeuge der Mittelklasse seit einigen Jahren optional verfügbar sind).

Obwohl Forschungsaktivitäten zur automatisierten Fahrzeugführung wie beispielsweise das EU-Projekt *Prometheus* ihren Ursprung bereits in den 1980er Jahren haben, findet seit circa 2010 eine zunehmend stärkere Ausrichtung internationaler Forschungsaktivitäten auf automatisiertes Fahren statt. Dabei ist eine hohe Koordination der regionalen Forschung vor allem in den USA, innerhalb der EU und in Japan zu beobachten. Ein Abgleich zu internationalen Aktivitäten und vor allem innerhalb der EU ist daher bei der Ausrichtung künftiger Forschungsprogramme sehr zu empfehlen.

Im Fokus des Runden Tisches Automatisiertes Fahren stehen die kontinuierlich automatisierten Funktionen, die zukünftig zu erwarten sind. Solche Funktionen werden es dem Fahrer ermöglichen, die Fahraufgabe (teilweise, in Abhängigkeit vom jeweiligen Automatisierungsgrad) auf die Maschine (das Fahrzeug) zu übertragen. Da von der konkreten Funktionsauslegung abhängig, ist grundsätzlich von einer Vielzahl möglicher Ausprägungen von Arbeitsteiligkeit zwischen Fahrer und Maschine auszugehen. Um diesen kontinuierlichen Anstieg in den Fachgesprächen zu vereinheitlichen, sind konkrete „Stufen“ bzw. „Level“ kontinuierlich automatisierter Fahrfunktionen der Arbeit am Runden Tisch zugrunde gelegt worden (vgl. Übersicht „Benennung und Klassifizierung automatisierter Fahrfunktionen“ als Ergebnis der zweiten Sitzung des Plenums des Runden Tisches, siehe Anlage 5). Diese Abstufung nach Automatisierungsgraden (assis-

Die AG Forschung verfolgt mit vorliegendem Dokument das Ziel der umfassenden Beschreibung des Forschungsbedarfs für kontinuierlich wirkende Fahrzeugautomatisierung.

Automatisiertes Fahren setzt die Entwicklung fort, die in Fahrerassistenzsystemen mit Umfeldwahrnehmung ihren Ursprung nimmt.

tiert, teilautomatisiert, hochautomatisiert, vollautomatisiert) liegt dem nachfolgenden Bericht zugrunde und geht zurück auf eine Arbeit der Projektgruppe „Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung“ (Berichte der BASt, Heft F83, Bergisch Gladbach 2012).

Die besondere Aufmerksamkeit für das Thema begründet sich aktuell mit Systemen der sogenannten Hochautomatisierung. Sie sind von der Automobilindustrie für die kommenden Jahre als nächste Ausbaustufe kontinuierlich automatisierender Funktionen zur Markteinführung vorgesehen. Anwendungen der Hochautomatisierung sollen es dem Fahrer ermöglichen, die Ausführung der Fahraufgabe vorübergehend (vollständig) einzustellen. Während heute Fahrer permanent aufmerksam das Verkehrsumfeld und das Verhalten des eigenen Fahrzeuges beobachten müssen (wobei dies uneingeschränkt auch bei Anwendung von Fahrerassistenz oder Teilautomatisierung gilt), stellt die Hochautomatisierung erstmals einen Automatisierungsgrad dar, der die Funktion der Fahrzeugsteuerung vollständig (maschinell) übernimmt. Erforderlich bleibt im Fall der Hochautomatisierung noch stets, dass der Fahrer die Fahrzeugsteuerung nach kurzer Vorlaufzeit wieder übernimmt, sobald das System hierzu auffordert.

Auf die mit höheren Automatisierungsgraden verbundenen Risiken ist hinzuweisen: Im Fall der Hochautomatisierung kann sich die maschinelle Fahrzeugsteuerung erstmals unmittelbar – ohne den Fahrer als permanent verfügbare Rückfallebene – auswirken. Dies stellt sehr hohe Anforderungen an die Systemfunktion und ist unmittelbar mit der Frage eines neuartigen Automatisierungsrisikos verbunden. In dieser Hinsicht ist die möglichst sichere Funktionsgestaltung entscheidend. Auch in Bezug auf Kooperation zwischen Fahrer und Maschine ergeben sich Risiken: Eine denkbare Sicherheitseinschränkung der Hochautomatisierung liegt darin, dass der Fahrer noch als Rückfallebene betrachtet wird (bspw. an Systemgrenzen). Die Kooperation zwischen Maschine und Fahrer muss insoweit gelingen, da andernfalls neue Gefahren auftreten. Aspekte der Kooperation geeignet zu implementieren, wird deshalb zur Vermeidung dieser Gefahren entscheidend sein. Neben dem hiermit bereits genannten Ziel der Verkehrssicherheit, die einen inneren Zusammenhang aller Forschungscluster bildet, sind die Erhaltung und Verbesserung der Verkehrseffizienz (Aufrechterhaltung von Verkehrsfluss, Stauvermeidung) sowie Akzeptanz dieser Entwicklung durch die Gesellschaft insgesamt weitere übergeordnete Faktoren, auf die sich der Forschungsbedarf zurückführen lässt.

Die nachfolgenden vier Absätze erläutern die vier Themencluster der AG Forschung:

Im Unterschied zu den bislang verfügbaren Funktionen kontinuierlicher Fahrzeugautomatisierung kommt es aufgrund der vorübergehenden Eigenständigkeit maschineller Steuerung bei der Kooperation von Mensch und Maschine zu grundsätzlich neuen Fragestellungen und Anforderungen. So stellen sich bei der Mensch-Maschine-Interaktion Fragen insbesondere im Zusammenhang mit der Möglichkeit zur Rückübertragung der Steuerung auf den Fahrer und zum kontinuierlichen Bewusstsein über den Systemzustand. Diese Fragestellungen sind für die sichere Anwendung solcher Funktionen von erheblicher Bedeutung. Hierbei kann an bestehende Forschungsergebnisse zu Fahrerassistenzsystemen angeknüpft werden.

Wesentliche Herausforderung und Veränderung gegenüber bisherigen Anwendungen liegen ab sog. Hochautomatisierung in der Anwendung eigenständiger maschineller Fahrzeugsteuerung.

Risiken höherer Automatisierungsgrade sind abhängig von der konkreten Umsetzung: Systemfunktion und Kooperation sind entscheidend für das Erreichen der übergeordneten Ziele Verkehrssicherheit, Verbesserung der Verkehrseffizienz und Akzeptanz.

Forschungsbedarf zur Mensch-Maschine-Interaktion ist umfangreich. An bestehende Forschungsergebnisse wird angeknüpft.

Gänzlich neue Anforderungen stellen sich im Bereich von Funktion, Sicherheit und Absicherung. Während bislang verfügbare Systeme schon aufgrund der permanenten, parallelen Aufgabenausführung durch den Fahrer darauf vertraut haben, dass dieser auch für korrigierende Eingriffe und Übernahmen maschineller Steuerung unverzüglich zur Verfügung steht, ändert sich diese Situation mit der Hochautomatisierung grundlegend: Fahrerabwendung bedingt eine maschinelle Eigenständigkeit der Steuerung, die aufgrund von Vorlaufzeiten der Fahrerübernahme erstmals auch einer eigenständigen technischen Steuerungssicherheit bedarf.

Für den Bereich Straßeninfrastruktur und Verkehr ist zunächst festzustellen, dass Fahrzeugautomatisierung sich auf lange Sicht auf alle Straßenkategorien auswirken wird. Gleichwohl betrifft ein nicht unerheblicher Teil der aufgeworfenen Fragestellungen Anwendungen, die aufgrund hoher gefahrener Geschwindigkeiten besondere wechselseitige Anforderungen an Fahrzeug und Infrastruktur stellen oder nochmals höhere Automatisierungsgrade umsetzen. Für erste Anwendungen ergibt sich damit unter Umständen nur eine eingeschränkte Bedeutung (im Sinne einer zwingenden Voraussetzung). Die Dringlichkeit der Befassung mit den nur langfristig zu erwartenden Veränderungen begründet sich aber aus deutlich längeren Vorlaufzeiten für Veränderungen in diesem Bereich. Hervorzuheben ist auch, dass Infrastrukturmaßnahmen eine Einführung von Automatisierungstechnologie unterstützen und damit insgesamt deutlich beschleunigen können.

Wie bereits einleitend dargestellt, sind gesellschaftliche Aspekte für den Forschungsbedarf ein Faktor von übergeordneter Natur. Entsprechend finden sich einzelne Fragestellungen – wie jene zu ethischen Fragen – in verschiedenen Abschnitten der vorliegenden Kurzfassung. Soweit diese aber thematisch näher beschrieben werden, ergibt sich ein Zusammenhang mit der Eigenständigkeit maschinellen Wirkens und der Verkehrssicherheit. Neue Möglichkeiten, auch äußerst zeitkritische Situationen zu beeinflussen, werfen weitreichende Fragen nach dem Wertesystem auf, an dem Steuerungsentscheidungen auszurichten sind. Andere weiterreichende Fragen gesellschaftlicher Art stellen sich insbesondere bei höheren Automatisierungsgraden, die Veränderungen für das Verkehrssystem, die Verkehrsmittelnutzung usw. bedeuten. In diesen Zusammenhang sind auch spezifische Veränderungen zu stellen, die sich speziell aus der Anwendung kontinuierlicher Automatisierung bei Nutzfahrzeugen ergeben. Hierzu gehört aber auch der Aspekt der Bedeutung einer Fahrzeugautomatisierung für die Zukunftsfähigkeit der Automobilindustrie insgesamt, die ein Treiber vorliegender Entwicklung ist.

Die Ausrichtung des vorliegenden Arbeitsergebnisses der AG Forschung seit der ersten Zusammenkunft im Januar 2014 betrifft deshalb Forschungsbedarfe, die untereinander im Zusammenhang stehen und teilweise deutlich über erste Anwendungen hinaus reichen. Nicht alle Forschungsfragen müssen deshalb zwangsläufig sofort adressiert werden, und nicht alle Fragestellungen sind für erste Anwendungen von Bedeutung. Langlaufende Forschungsprojekte sowie Entwicklungszyklen von ungefähr vier Jahren erfordern allerdings eine frühzeitige Bearbeitung der Forschungsthemen, damit die Ergebnisse in neue Funktionen einfließen können. Einzelne Fragestellungen lassen sich nur in Kenntnis des Gesamtzusammenhangs zutreffend einordnen, so dass die Darstellung in der vorliegenden Form gerechtfertigt und sinnvoll ist. Gleichzeitig ergibt sich für eine Reihe von Themen, dass sie in anderen Arbeitsgruppen des Runden Tisches genannt werden, dort allerdings aus einer anderen Perspektive heraus. Dies trifft insbesondere auf die AG Fahrer-Fahrzeug zu. Sowohl die AG Fahrer-Fahrzeug als auch die AG Recht beziehen sich auf unmittelbar (bis 2020) bevorstehende Umsetzungsaufgaben, weniger auf die Anforderungen der weite-

Grundlegend verändert stellen sich angesichts maschineller Eigenständigkeit die Anforderungen an die Funktionsabsicherung dar.

Längere Vorlaufzeiten von Veränderungen im Bereich Straßeninfrastruktur bedürfen frühzeitiger Befassung mit wechselseitigen Anforderungen.

Übergeordnete gesellschaftliche Aspekte betreffen etwa die Akzeptanz von und Veränderungen durch automatisierte Fahrzeuge.

Forschungsbedarf hängt zusammen und ist nicht in seiner Gesamtheit für erste Anwendungen relevant.

ren „Automatisierungsgenerationen“ nach 2020. Der Arbeitsstand des vorliegenden Dokumentes gibt die Anfang 2015 absehbaren Fragestellungen wieder.

Der Hintergrund für eine Befassung mit dem automatisierten Fahren wäre zudem unvollständig, soweit nicht das Potential vorliegender technischer Entwicklung aufgezeigt würde: Bereits heute befinden sich Systeme am Markt, die in Notsituationen wirken und – bspw. als Notbremsystem – zumeist jenseits fahrerischer Leistungsfähigkeit eingreifen und so die Unfallfolgen reduzieren oder den Unfall sogar ganz vermeiden. Kontinuierlich wirkende Automatisierung zielt demgegenüber zunächst nicht auf einen unmittelbaren Gewinn an Verkehrssicherheit in unfallnahen Situationen, sondern soll regelmäßig den Komfort des Fahrers verbessern. Der Fahrer hat durch solche Systeme nämlich die Wahl, die Fahrzeugsteuerung – zunächst möglicherweise auf bestimmte Fahrsituationen und Straßenkategorien beschränkt – auf die Maschine zu übertragen. Soweit es gelingt, die unmittelbar sicherheitsrelevanten Fragestellungen durch geeignete Gestaltung der Systeme zu adressieren, besteht die Chance, im automatisierten Modus Fahrfehler des menschlichen Fahrers (aufgrund von Müdigkeit, Unaufmerksamkeit, Missachtung von Verhaltensvorschriften, Ablenkung im Straßenverkehr, usw.) ganz zu vermeiden. Die Chance besteht deshalb u.a. darin, die Fahrzeugsteuerung insbesondere in typischen Unterforderungssituationen besser als der Fahrer zur Ausführung zu bringen. Bei einer langfristig zu erwartenden Ausweitung des Anwendungsbereichs kontinuierlicher Fahrzeugautomatisierung kann sich hieraus ein Rückgang der Unfallzahlen ergeben.

Der Aufbau des nachfolgenden Berichts ist in Kurzfassung und Langfassung gegliedert sowie nach den vier Forschungsbereichen. Die Kurzfassung ermöglicht den schnellen Zugang zu den Ergebnissen und gibt eine Übersicht über die Themenstellungen. Im Anschluss sind die Langfassungen der Arbeitsergebnisse in den jeweiligen Forschungsbereichen in den Anlagen 1 bis 4 dargestellt. Diese werden insbesondere vor dem Hintergrund der umfassenden Ergebnisdokumentation der AG Forschung sowie als Referenz zur Verfügung gestellt.

Das verkehrssicherheitsrelevante Potential kontinuierlicher Fahrzeugautomatisierung liegt darin, Fahrzeugsteuerung insb. in Unterforderungssituationen besser als ein Fahrer zur Ausführung zu bringen.

Aufbau vorliegenden Forschungsberichtes.

2. Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI)

Wenn im Zusammenhang mit der Automatisierung der Fahrzeugführung nach wie vor der Mensch als hauptsächliche Unfallursache diskutiert wird, dann darf dabei nicht übersehen werden, dass die derzeitige Mobilität maßgeblich auch darauf beruht, dass der Fahrer seine menschliche Leistungsfähigkeit in das Verkehrssystem einbringt. Menschen als Fahrzeugführer sind für ein stabiles Verkehrsgeschehen wichtig. Dies betrifft sowohl die konkrete Nutzungssituation als auch die Vorbereitung darauf und den Zeitraum danach.

Sowohl quantitativ als auch qualitativ stellt die hochautomatisierte Fahrzeugführung einen deutlichen Unterschied zu der seit den 1990er Jahren erfolgreich praktizierten Fahrerassistenz dar. Der Fahrer nutzt Assistenzsysteme nur abschnittsweise und wird in der Ausführung von Teilaufgaben der Fahraufgabe unterstützt, sodass er nach wie vor als Überwacher tätig ist.

„Eine der größten Herausforderungen für hochautomatisierte multifunktionale Systeme ist die Frage nach einem integrierten Interaktionskonzept. Eine ähnliche Entwicklung wurde bereits in der Luftfahrt vollzogen. Die Erkenntnisse sind in ihrer Effektstärke nur mit Vorsicht auf das Automobil übertragbar. Einerseits unterscheiden sich Trainiertheitsgrad, Systemdynamik und Situationskomplexität deutlich voneinander, andererseits können grundlegende Risiken wie „mode confusion“ oder „pilot out-of-the-loop“ selbst bei hochtrainierten Piloten auftreten und müssen erst recht bei weniger trainierten Fahrern kontrolliert werden. Dabei kann speziell die hinter einer „mode confusion“ steckende Systemkomplexität eine große Herausforderung darstellen.“ (Bengler, K. & Flemisch, F., 2011)

Die zunehmende Automatisierung der Fahrzeugführung verspricht erhebliche Effekte im Bereich der Verkehrseffizienz und Verkehrssicherheit neben einem deutlichen Zuwachs an Komfort (siehe auch Abschn. 4.5).

Somit stellt sich die Frage, welche Forschungsaktivitäten im Hinblick auf die Kooperation zwischen Mensch und Maschine (i.e. hochautomatisiertes Fahrzeug) und Verkehr sinnvoll erscheinen, um das Potential dieses technologischen Ansatzes zu heben und gleichzeitig ein stabiles System zu gewährleisten. Es werden auch Fragen adressiert, die in ähnlicher Weise im Zusammenhang mit Fahrerassistenzsystemen diskutiert wurden und nun eine größere Bedeutung bekommen. Beispiel dafür ist das Wechselspiel aus Fähigkeit, Kontrolle und Verantwortung, das bei Fahrerassistenzsystemen (z.B. ACC) angedeutet und bei der Hochautomatisierung seine volle Relevanz entfalten soll.

Der Mensch wird auch im Fall hoher Automatisierung eine wichtige Rolle im Fahrzeug spielen, um an den Systemgrenzen oder auch bei Systemfehlern die Situation zu stabilisieren. Im Gegensatz zum Flugzeug stellt das Automobil in den meisten Fällen ein Konsumgut dar. Ein Erfolg der Automatisierung und damit auch die Verbauquoten sind stark von der Akzeptanz der Nutzer und der Gebrauchstauglichkeit der jeweiligen Umsetzung abhängig.

Die im Folgenden beschriebenen Forschungsthemen sind nicht in ihrer Wichtigkeit priorisiert. Die Diskussion hat gezeigt, dass zwischen den Einzelthemen ein starker inhaltlicher Zusammenhang besteht. Daher stellt in vielen Forschungsfragen die Kenntnis um den Fahrerzustand und die Fahrer Verfügbarkeit eine wichtige Bedingung dar und wird daher an den Anfang gestellt. Die Beschäftigung mit möglichen Nebentätigkeiten kann wesentlich besser untersucht werden, wenn dies vor dem Hintergrund oder im Zusammenspiel mit Interaktionskonzepten für die kooperative Fahrzeugführung erfolgt.

Erst danach scheint es sinnvoll, sich mit Fragen der Absicherung, der Vermittlung und des Lernens von Automatisierung zu beschäftigen.

Die Reihung der Themen stellt also keine Priorisierung dar, sondern empfiehlt eine Reihenfolge ohne den inhaltlichen Konnex der Einzelthemen zu übersehen.

Hochautomatisiertes Fahren stellt einen deutlichen Unterschied zur Fahrerassistenz dar.

Der Mensch wird auch im Fall hoher Automatisierung benötigt, um an Systemgrenzen die Fahrzeugführung zu übernehmen.

2.1. Fahrerzustände und Übernahmebereitschaft

Grundlagenforschung und Erfahrung aus der Anlagen- und Flugautomatisierung zeigen, dass hohe Automatisierungsgrade zu Veränderungen der Aufmerksamkeit und Vigilanz führen. Da Fahrerinnen und Fahrer trotz Hochautomatisierung dennoch mindestens im Fall einer Transition zu einem anderen Automatisierungsgrad nach wie vor eine wichtige Rolle spielen, ist die Kenntnis um die Verfügbarkeit von hoher Bedeutung. Auch bei teilautomatisierten Systemen spielt der Fahrerzustand bereits eine wichtige Rolle. Es ist sicherzustellen, dass Fahrerinnen und Fahrer ihre kontinuierliche Überwachungsaufgabe im vorgegebenen Rahmen wahrnehmen. In Bezug auf motion sickness wäre es zumindest wünschenswert, die Blickrichtung vor und bei Durchführung von Manövern zu berücksichtigen. Es soll daher hohe zeitliche Priorität auf die Entwicklung von Technologien zur Messung der Übernahmebereitschaft gelegt werden und das Potential vorhandener Technologien, die Übernahmebereitschaft objektiv zu bewerten, sollte abgeschätzt werden, um Fahrerinnen und Fahrer optimal im Regelkreis zu halten oder sie zurück zu holen. Ferner ist zu bewerten, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit Fahrerinnen und Fahrer die Kontrolle über hochautomatisierte Funktionen grundsätzlich zurücknehmen können.

Die Kenntnis der Übernahmebereitschaft ist im Fall einer Transition zu einem anderen Automatisierungsgrad von hoher Bedeutung.

Es ist davon auszugehen, dass trotz Hochautomatisierung Transitionen hin zu anderen Betriebszuständen ausgeführt werden. Daher ist zu untersuchen, wie sich häufige Wechsel des „Modus“ auf die Übernahmebereitschaft und ihre Entwicklung auswirken. Die Verfügbarkeit der Fahrerinnen und Fahrer und die damit verbundenen Zustände sollten im Sinn einer zu entwickelnden Taxonomie systematisiert werden, da derzeit alle bisherigen Taxonomien der Fahrzeugführung in ihren Beschreibungen darauf Bezug nehmen.

Fahrerzustände sollen im Sinn einer zu entwickelnden Taxonomie systematisiert werden.

Wichtig ist zudem, unter welchen Bedingungen auf die Erkennung der Übernahmebereitschaft verzichtet werden kann. Dies könnte die Grenzen für frühe automatisierte Systeme definieren. Es sollten auch Ansätze untersucht werden, die auf unzureichende Reaktionen des Fahrers dahingehend reagieren, dass sie ein Manöver zur Risikoverringerung (z.B. eine Notbremsung) einleiten. (Siehe auch Abschn. 3).

2.2. Übergabe Interaktion Interfaces

Die technologische Entwicklung stellt umfangreiche Funktionalitäten in Aussicht. Die Bedeutung der Mensch-Maschine-Interaktion wird nicht abnehmen (siehe z.B. Luftfahrt), da notwendige Systemtransparenz und Mode-Awareness und ein fehlerfreies und zügiges Interagieren wesentlich wichtiger werden. Daher müssen sowohl Konzepte für die Übergabe der Fahraufgabe an das Fahrzeug als auch die Rückdelegation zum Fahrer untersucht werden, sodass Fahrer die Kontrolle über hochautomatisierte Funktionen zurückerlangen können.

Die Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion ist gerade bei Automation von großer Bedeutung.

Zudem ist zu untersuchen, bis zu welchem Grad und auf welche Weise die Intentionen des eigenen und der umgebenden Fahrzeuge kommuniziert werden müssen.

Gestaltungsregeln für geeignete Mensch-Maschine-Interfaces, ggf. im Sinn von best practice Beispielen, sind zu formulieren.

Die Erfahrungen aus der Luftfahrt können nicht einfach übertragen werden. Spezifische Forschungsaktivitäten werden empfohlen.

Die Entwicklung und Erforschung entsprechender Interaktionstechnologien und Systemarchitekturen ist geboten. Die Beschäftigung mit Interaktionskonzepten, die hohe Automationsgrade und Transitionen hin zum Manuellen oder Teilautomatisierten unterstützen, wird ebenfalls für notwendig erachtet. Die neu

zu entwickelnden Interaktionskonzepte sollen die Migration von der konventionellen Fahrzeugführung hin zum neuen Paradigma unterstützen, um die vorhandene Erfahrung der Fahrzeugführer zu nutzen.

Hierunter fällt auch die Betrachtung fehlerhaft initiiert Transitionen, da auch von diesem seltenen Fall auszugehen ist.

Generell ist darauf zu achten, dass die Ergebnisse dieser Forschungsaktivitäten konsequent der internationalen Standardisierung zuzuführen sind. Unterschiedliche Länderanforderungen, anderslautende Standards, erhöhte oder widersprüchliche Internationalisierungsanforderungen sind zu vermeiden (z.B. Aktivierung von ACC-Systemen, siehe auch Abschn. 3).

Forschungsergebnisse müssen konsequent der internationalen Standardisierung zugeführt werden.

2.3. MMI für die soziale Interaktion mit dem Außenraum

Die Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern, insbesondere mit schwächeren Verkehrsteilnehmern, aber auch zwischen Autofahrern ist wesentlicher Bestandteil des heutigen Verkehrsgeschehens und Voraussetzung für Kooperation. Wenn sich die Maschine „Auto“ im sozialen Raum „Verkehr“ bewegt, kommt es zu einer Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern und der Umgebung, die durch eine in den Außenraum gerichtete MMI gezielt gestaltet werden kann. Insbesondere die Kollisionsvermeidung zwischen zwei Verkehrsteilnehmern basiert auf diesen Mechanismen. Zu diesem Konfliktvermeidungspotential, aber auch im Hinblick auf einen effizienten Verkehrsfluss müssen automatisierte Verkehrsteilnehmer zur Kommunikation beitragen.

Kommunikation zwischen dem Menschen als Verkehrsteilnehmer und automatisiert gesteuerten Fahrzeugen wird erforderlich sein.

Es besteht Forschungsbedarf bezüglich der Frage, welche Inhalte (Status der Automation, geplante Intention, Systemzustand) kommuniziert werden müssen oder sollen. Weiterhin ist fraglich, welche Mindestanforderungen an neue Signaltypen zu stellen sind, um schnelle Wahrnehmung und eindeutige Interpretation in der Zusammenschau mit den gebräuchlichen Signalen (z.B. Fahrtrichtungsanzeiger, Bremslicht etc.) zu gewährleisten. Der Eigenbewegung des Fahrzeugs und den entsprechenden Trajektorien kommen in diesem Zusammenhang neben Beleuchtungseinrichtungen und anderen Maßnahmen an der Außenhaut des Fahrzeugs eine besondere Bedeutung zu.

Welche Inhalte sind im Mischverkehr wie zu kommunizieren?

Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich zudem aus den Anforderungen, die sich im Mischverkehr stellen (siehe auch Abschn. 4.4 vorliegender Kurzfassung). Neben Erkenntnissen zu notwendigen Informationen, die durch die Straßeninfrastruktur dem Fahrzeug zur Verfügung gestellt wird, muss zudem geklärt werden, inwieweit die Straßeninfrastruktur Intentionen der Automatisierung oder den allgemeinen Systemzustand erkennen muss.

2.4. Fahrfremde Tätigkeiten

Die Zunahme der Automatisierung ermöglicht den Fahrern Nebentätigkeiten im Sinn von fahrfremden Tätigkeiten aufzunehmen, die nicht parallel zur manuellen Fahrzeugführung oder zu einer Teilautomatisierung ausgeführt werden könnten.

Es ist daher zu untersuchen, welche Eigenschaften Nebentätigkeiten auszeichnen, die sich dafür eignen und ggf. sogar die Übernahmebereitschaft positiv beeinflussen.

Was bisher verboten ist, wird jetzt erlaubt oder könnte sogar sinnvoll sein?

So sollte die enorme Grundgesamtheit der möglichen Nebentätigkeiten systematisiert werden, um zu Gestaltungs- und Anwendungsempfehlungen zu kommen. Wünschenswert wäre eine herstellerübergreifende Spezifikation von prototypischen standardisierten Nebenaufgaben für Untersuchungssituationen. Auch Nebentätigkeiten, die unabhängig vom Fahrzeug sind, müssen betrachtet

Eine Systematisierung möglicher Nebentätigkeiten ist empfehlenswert.

werden (bspw. Buch lesen, Essen/Trinken, nicht mit dem Fahrzeug vernetzte Geräte, sog. „nomadic devices“).

Es ist weiterhin zu untersuchen, wie sich ein "Fahrer" während einer Nebenbeschäftigung verhält, wenn das Fahrzeug eine Notbremsung ausführt.

Es sollte geklärt werden, ob eine Positiv- oder Negativliste für Nebenaufgaben sinnvoll ist und welche Kriterien für die jeweilige Zuordnung anzulegen sind.

Ziel dieser Forschung ist ein ausgereifter Vorschlag eines Automatisierungs- und Interaktionskonzeptes. Dieser Vorschlag muss auf alle Fahrzeugklassen (M1-N3 [Richtlinie 2007/46/EG mit Anlage XXIX]) appliziert werden können. Das Konzept stellt zweierlei sicher: dem Fahrer ist jederzeit transparent, ob und welche fahrfremde Tätigkeiten er durchzuführen berechtigt ist, und das Gesamtsystem Fahrer-Fahrzeug gewährleistet einen Wechsel hin zur sicheren Seite, sollte eine nicht zugelassene, fahrfremde Tätigkeit detektiert werden.

In diesem Zusammenhang sind auch die Ausführungen im Abschnitt 2.5. Gestaltung zum sinnvollen Gebrauch und Vermeidung von Missbrauch relevant.

2.5. Gestaltung zum sinnvollen Gebrauch und Vermeidung von Missbrauch

Es ist zu erwarten, dass Fehler in der Systemkonzeption und Zuverlässigkeit sowie Flexibilität der technischen Ausstattung, aber vor allem auch bei der Nutzung durch Fahrer auftreten werden. Es ist mit Irrtümern bei der Bedienung zu rechnen, z.B. beim Wechsel zwischen Fahrzeugen, Vergessen oder nicht korrektes Einschalten von Systemen, Zuschreibung falscher Kompetenzen an das System analog zum Irrglauben, dass ein automatischer Blockierverhinderer (ABS) den Bremsweg verkürzt, der sehr häufig anzutreffen war. Diese Fehlertypen (Bedienfehler, Auslassungsfehler, Denkfehler) sollten unbedingt erforscht werden, um gestalterisch entgegenzuwirken.

Unangepasste Interaktionsschemata für Automatisierungsfunktionen können große Sicherheitsprobleme verursachen. Deshalb weisen Gas- und Bremspedal stets die gleiche Anordnung auf, selbst bei Rechts- und Linkslenkern wird von diesem Prinzip nicht abgewichen. Ein ähnlich übergreifendes MMI-Konzept bietet bei Fahrzeugwechseln sicherlich Vorteile. Wie eine optimierte Automatisierungsfunktion ergonomisch und psychologisch aussehen soll, damit sie selbst erklärend, eindeutig und intuitiv verständlich ist, ist derzeit ungeklärt. Entsprechende Vorschläge müssen auf alle Fahrzeuge anwendbar sein. Differenzierungsmöglichkeiten können berücksichtigt werden, die von den Wettbewerbern gewünscht werden und die unterschiedliche Fahrzeugklassen (M1-N3 [Richtlinie 2007/46/EG mit Anlage XXIX], aber auch unterschiedliche Fahrzeugsegmente A-J [REGULATION (EEC) Nr. 4064/89]) betreffen. Mindestens die Unterstützung der herstellerübergreifenden Standardisierung von staatlicher Seite ist notwendig, um eine zu starke Proliferation von ungenügend abgestimmten Varianten zu vermeiden (siehe Luftfahrt).

Die Gestaltung von entsprechenden Handbüchern, Lehrinhalten, Trainingselementen oder interaktiven Benutzerschnittstellen des Fahrzeugs ist derzeit nicht erforscht.

Ein besonderer Fehlertyp ist der intentionierte Fehler, das heißt, man nutzt das System für andere Ziele aus, für die es ursprünglich nicht bestimmt ist. Bei Simulationsstudien zeigt sich, dass Fahrende sofort mit stark ablenkenden Tätigkeiten beginnen. Studien zu ACC zeigen, dass die Systeme zur Bequemlichkeitsförderung oder zur Erhöhung des Fahrerarousals und des Risikoerlebens missbraucht werden. Es steht zu erwarten, dass eine Reihe von Personen die Grenzen des Systems im Fahrzeug, aber auch von anderer Seite testen und überreizen werden. So ist durchaus denkbar, dass radikale Radfahrer- oder

Unangepasste Interaktionsschemata für Automationsfunktionen können große Sicherheitsprobleme verursachen.

Bedienung und ihre Haupt- und Nebeneffekte müssen adäquat vermittelt werden.

Fußgänger bewusst Fahrzeuge automatisiert stoppen lassen, oder dass Fahrer in illusionärem Sicherheitsgefühl dem Fahrzeug den kompletten Bremsvorgang bzw. das Ausweichen überlassen. Zur Abwendung von vorhersehbarem Fehlgebrauch (zum Beispiel Schlaf) sind zumutbare und wirksame Vorkehrungen zu treffen. (Siehe auch Abschn. 2.1 und 2.2.).

Zur Abwendung von vorhersehbarem Fehlgebrauch (zum Beispiel Schlaf) sind zumutbare und wirksame Vorkehrungen zu treffen.

2.6. Testmethoden

Die Beherrschbarkeit des Systems durch den Fahrer und ihr Nachweis stellt nach wie vor eine grundsätzliche Anforderung der Hochautomatisierung dar. Hierzu zählen sowohl alle Nutzfälle als auch Systemfehler und Systemausfälle. Etablierte Testmethoden sind nicht für die neuen Fälle ausgelegt. Der wesentliche Unterschied kommt durch die geänderten Anforderungen der Fahraufgabe zu Stande, die stärker ausgeprägte Freiheiten ermöglicht (siehe 2.4. Fahrfremde Tätigkeiten). Zudem ergeben sich neue Freiheitsgrade, wenn keine kontinuierliche Überwachung der Fahraufgabe notwendig ist. Bestehende Testmethoden bedürfen einer Überarbeitung, und es ist zu untersuchen, welche Methoden für besondere Aspekte des hochautomatisierten Fahrens ungeeignet sind und ob sich neue Ansätze etablieren lassen. Hier stellt sich insbesondere die Frage nach Methoden, die Aussagen über Langzeitaspekte, Lernen und Verlernen machen. Als weiteres Beispiel seien Methoden für die Untersuchung der Kooperation genannt, und zwar sowohl zur kooperativen Fahrzeugführung als auch zur Kooperation nach außen hin zu anderen Verkehrsteilnehmern (vgl. hierzu auch Abschnitt 4.7). Bestehende Bewertungsskalen und Kennwerte müssen erweitert und in ihrer Bedeutung neu bewertet werden. Neben Ablenkungs- und Schläfrigkeitsbewertungen rücken insbesondere Aspekte wie Overtrust/ Over-compliance noch stärker in den Fokus als bisher.

Die Beherrschbarkeit des Systems durch den Fahrer und ihr Nachweis stellen grundsätzliche Anforderungen im Zusammenhang der kooperativen Fahrzeugführung dar.

Bestehende Konventionen, wie z.B. der RESPONSE Code of Practice, sollten aufgegriffen und an die spezifischen Fragestellungen hoher Automatisierungsgrade angepasst werden.

Die Nutzerakzeptanz ist ein wichtiges Erfolgskriterium, um die Potentiale der Hochautomatisierung heben zu können. Systeme, die aufgrund mangelnder Akzeptanz oder unzureichender Gebrauchstauglichkeit nicht gekauft oder nicht genutzt werden, können keinen Beitrag zu Verkehrseffizienz und Verkehrssicherheit leisten. Herstellerübergreifende Faktoren sind zu identifizieren (Kontrollierbarkeit, Fahrerlebnis, Akzeptanz).

Nutzerakzeptanz stellt ein wichtiges Erfolgskriterium dar, um die Potentiale der Hochautomatisierung heben zu können.

Diese Methodenentwicklung wird von einer Systematik abgestimmter und ggf. standardisierter (Nutzungs-)Szenarien profitieren oder sie sogar benötigen.

Generell ist darauf zu achten, dass die Ergebnisse dieser Forschungsaktivitäten konsequent der internationalen Standardisierung zugeführt werden, sodass durch eine vereinheitlichte Absicherungsmethodik erhöhte Aufwände für die Absicherung vermieden werden können und entsprechende Ergebnisse international abgeglichen werden können (siehe auch Abschn. 2.9.).

2.7. Lernen und Training

Während im Fall der Fahrerassistenzsysteme nur wenige Ansätze erkennbar sind, Nutzung und Funktionsweise der Systeme in die Fahrausbildung zu übernehmen, könnte dies im Fall der hochautomatisierten Fahrzeugführung durchaus sinnvoll sein. Grundsätzlich ist dieser Aspekt bei der Unterscheidung zwischen manuellen und automatisierten Gangschaltungen bereits verankert. Derzeit werden punktuell gezielte Fahrerassistenztrainings angeboten. Es ist daher – analog zur automatisierten Flugzeugführung – zu klären, welche Anforderungen an Ausbildung und wiederkehrendes Training zu stellen sind, um möglichen Effekten aus der Degradation von Fähigkeiten zu begegnen.

Neben speziellen Trainings ist insbesondere zu untersuchen, wie Systeme so ausgelegt werden können, dass sie in die Fahraufgabe eingebettetes Lernen ermöglichen. Untersuchungen, in denen die mentalen Modelle betrachtet werden, die Fahrer über die Systemfunktion bilden, sind notwendig, um diese Modelle gezielt zu formen.

Die soziale Akzeptanz und die Vorerfahrungen der Nutzer zum assistierten und teilautomatisierten Fahren werden die schrittweise Einführung der hochautomatisierten Fahrzeugführung über Jahre hinweg im Sinn eines gesellschaftlichen Lernprozesses vor dem Hintergrund einer heterogenen Fahrzeugflotte begleiten (siehe auch Abschn. 5).

Die Degradation von Fähigkeiten ist zu erforschen und wie Systeme so ausgelegt werden können, dass sie in die Fahraufgabe eingebettetes Lernen ermöglichen.

2.8. Personenunterschiede, Aufgabeneinflüsse

Der Einsatz wirksamer Fahrerassistenzsysteme hin zu Systemen der Hochautomatisierung setzt eine genaue Analyse der Anforderungen an das Verhalten des Fahrers und der Prozesse der Verarbeitung von Informationen durch den Fahrer voraus. Die Auswirkungen der zunehmenden Fahrzeugautomatisierung auf den Verkehrsablauf, die Verkehrssicherheit oder auch die Fahrkompetenz der Kraftfahrer müssen beobachtet und bewertet werden, damit durch sukzessive Anpassungen fahrerlaubnisrechtlicher Vorschriften, der Fahrausbildung und der Ausgestaltung der Automatisierungsfunktionen im Lauf der Zeit auf mögliche Entwicklungen reagiert werden kann.

Es sollte untersucht werden, ob sich unterschiedliche Effekte für verschiedene Altersgruppen ergeben. Wie gehen z.B. Kinder und Jugendliche mit automatisierten Fahrzeugen um, wie ältere Personen? Welche Rolle spielen z.B. die Risikobereitschaft, das Geschlecht und das Fahrmotiv sowie die Verkehrserfahrung?

Vor allem schwächere Verkehrsteilnehmer werden jedoch weiterhin ohne Kommunikation mit den Fahrzeugen am Verkehr teilnehmen, und die Auswirkungen von Fehlkommunikation (Handzeichen, Blickkontakt, o.Ä.) sind zu untersuchen. Auf der Autobahn ist die Fragestellung zunächst noch von geringerer Relevanz. Sie muss jedoch eingehend untersucht werden, bevor automatisierte Fahrzeuge auch in urbanen Szenarien eingesetzt werden.

Die Auswirkungen zunehmender Fahrzeugautomatisierung auf Verkehrsablauf, Verkehrssicherheit und Kompetenz von Fahrern müssen beobachtet und bewertet werden.

Welche besonderen Konsequenzen sich für den betrieblich bedingten Verkehr, also z.B. für Nutzfahrzeuge, Reisebusse, ÖPV, LKW, Kurierfahrer, Taxis, Rettungsfahrzeuge ergeben, ist zu analysieren. Wenn diese Berufsgruppen aus der Überwachungspflicht genommen werden, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sie andere Arbeitsaufgaben erhalten oder die Lenk- und Ruhezeiten beeinflusst werden können und die Fahraufgabe verändert wird. Das Sicherheitsbedürfnis bei Personentransporten ist in der Regel auch höher als bei Selbstfahrten. (Siehe auch Abschn. 5).

Ausbleibende oder inkonsistente Blickkontakte oder Gesten im automatisierten Fahrbetrieb können zu Missverständnissen in urbanen Szenarien führen.

2.9. Standards

Die Aufarbeitung dieser Erkenntnisse und ihre Vertretung national und international sollten von öffentlicher Hand gefördert und unterstützt werden. Die Stringenz mit der die internationalen und nationalen Standardisierungsaktivitäten von anderen Wirtschaftsnationen vor allem im Bereich der Fahrzeugautomatisierung bezüglich Gestaltung, Absicherung und Betrieb vorangetrieben werden, ist nicht zu unterschätzen.

Förderpolitische und strukturpolitische Entscheidungen im Zusammenhang mit Standardisierungsaktivitäten werden dringend empfohlen.

Es muss eine Standardisierung von Anforderungen und Methoden erfolgen.

3. Funktion, Sicherheit, Absicherung

3.1. Überblick

Im Cluster Funktion, Sicherheit, Absicherung liegt der Schwerpunkt auf der Absicherung von automatisierten Fahrfunktionen. Die Absicherung betrifft hierbei Aspekte der weiteren Cluster innerhalb der AG Forschung. An den Schnittstellen sind daher entsprechende Verweise eingefügt.

Während der Arbeit in diesem Cluster wurden Topthemen identifiziert, die aus den Forschungsfragen in der Langfassung abgeleitet wurden. Diese werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben, sortiert nach ihrer Priorität für die Einführung von hochautomatisierten und vollautomatisierten Fahrzeugen.

3.2. Wann ist die Technologie sicher genug?

Aus Sicht der funktionalen Sicherheit und der Absicherung entstehen neue Herausforderungen, wenn der Fahrer als Überwacher und Rückfallebene dauerhaft oder temporär nicht mehr zur Verfügung steht, wie dies beim hoch- und vollautomatisierten Fahren der Fall ist. Intensive Forschung muss klären, wie der Sicherheitsnachweis erbracht werden kann.

Zur Herstellung der Rechtssicherheit der beteiligten Unternehmen muss ex ante geklärt werden, wann hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge sicher genug sind, damit sie von der Gesellschaft akzeptiert werden. Bis heute wurden keine Maße definiert und etabliert, hinsichtlich derer die Leistungsfähigkeit von automatisierten Fahrzeugen bewertet werden kann. Bei der Aufstellung der Anforderungen können Entwickler in Unternehmen nicht auf einen entsprechend etablierten Stand der Technik zurückgreifen. Auch die Leistungsfähigkeit des menschlichen Fahrers ist nicht hinreichend bekannt. Generell unklar ist, ob sie – wenn es denn valide Untersuchungen gäbe – als Referenz für automatisierte Fahrzeuge geeignet wäre.

Maß für die Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen muss definiert werden.

3.3. Absicherung von Technologie, Software und Algorithmen

Bis heute existieren keine allgemein anerkannten Testmethoden, mit denen automatisierte Fahrzeuge wirtschaftlich sinnvoll abgesichert und in Serie gebracht werden können.

Heutige Absicherungsmethoden setzen auf intensive Fahrversuche, bestehende Sicherheitskonzepte auf den Menschen als Rückfallebene. Entfällt dieser als Überwacher temporär oder ganz, werden Fehlerwahrscheinlichkeiten für die Automatisierungssysteme gefordert werden, die sich im Fahrversuch nicht mehr zu kommerziell akzeptablen Bedingungen absichern lassen. Unter Experten herrscht soweit Konsens, dass neue Prüfverfahren und durchgängige Testmethoden erforscht, entwickelt und validiert werden müssen, um zukünftige hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge abzusichern (siehe auch Abschnitt 4.7). Für die Validierung der Umfeldsensorik fehlen zudem geeignete Messverfahren.

Testmethoden zum Nachweis der Sicherheit müssen erforscht werden.

3.4. Migrationsfähiges Miteinander von Mensch und Maschine

Das Miteinander von menschlich gesteuerten und maschinell gesteuerten Fahrzeugen im Straßenverkehr muss intensiv untersucht werden.

Verkehrsforscher sind sich einig, wie wichtig die Kommunikation und die Kooperation zwischen menschlichen Verkehrsteilnehmern im Straßenverkehr gerade bei geringeren Geschwindigkeiten sind. Untersuchungen zu assistierten Fahrzeugen haben gezeigt, dass Fahrer, die von einfachen Assistenzsystemen unterstützt werden, ihr Verhalten so ändern, dass die Kooperation mit anderen Verkehrsteilnehmern betroffen ist. Im hoch- oder vollautomatisierten Fahrbetrieb müssen automatisierte Fahrzeuge mit weiteren Verkehrsteilnehmern im Mischverkehr, bestehend aus von Menschen geführten Fahrzeugen, von durch Assistenzsysteme unterstützten Menschen geführten Fahrzeugen und maschinell geführten Fahrzeugen kooperieren.

Die technischen Systeme müssen so gestaltet werden, dass ein sicheres Miteinander von Mensch und Maschine möglich wird.

Die Kooperation zwischen Fahrer und technischem System innerhalb eines Fahrzeugs wird gezielt im Cluster Mensch-Maschine-Interaktion adressiert (vgl. Abschn. 2). Entscheidend ist dabei, Kooperation nicht nur isoliert zu denken, also nur Mensch-Fahrzeug-Kooperation oder nur Fahrzeug-Fahrzeug-Kooperation, sondern ausgehend von einem ausreichenden Verständnis der Einzelkooperationsarten die übergreifenden Kooperationsnetzwerke zwischen mehreren Menschen und mehreren automatisierten Fahrzeugen interdisziplinär zu verstehen, zu gestalten und zu optimieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Gegenentwurf von Kooperation, die Konkurrenz, um beispielsweise zunehmend knappe Bewegungs-, Sicherheits- und Lebensräume ein ebenfalls angelegtes Verhaltensmuster des Menschen ist. Dieses sollte nicht durch unangepasste Technik gefördert oder sogar im Sinne einer durch Automatisierung „eingebauten Vorfahrt“ manifestiert werden, sondern kann durch geeignete Technik harmonisiert und in Richtung Kooperation entwickelt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich Verkehrssysteme offenbar in einer durch Assistenz und Automation zwar beschleunigten, voraussichtlich aber jahrzehntelangen Migration hin zu einem hoffentlich stabilen Plateau befinden, die zu jedem Zeitpunkt, d.h. in jedem annehmbaren Mischungsverhältnis von alter und neuer Technik, sicher sein muss. Die Migrationsfähigkeit von zunehmend automatisierten und komplexen Kooperationsnetzwerken aus Menschen und Fahrzeugen sollte durch prospektive Gestaltung und Überprüfung in der Simulation und kleineren Fahrzeugflotten systematisch erforscht und abgesichert werden.

Nicht außer Acht gelassen werden dürfen die technologischen Hürden, die für eine Kooperation zwischen automatisierten und nicht automatisierten Verkehrsteilnehmern bestehen. Das Wahrnehmen von Kooperationsbedarf und Kooperationsverweigerung anderer Verkehrsteilnehmer und das Äußern von Kooperationsbedarf durch das automatisierte Fahrzeug müssen in den automatisierten Fahrzeugen zuverlässig implementiert werden.

Miteinander von menschlichen Fahrern und automatisierten Fahrzeugen ist notwendig.

3.5. Wertesysteme für automatisierte Fahrzeuge

Wertesysteme für automatisiertes Fahren müssen erforscht und in automatisierten Fahrzeugen implementiert werden.

Menschliche Fahrer nehmen immer wieder Güterabwägungen vor, um die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer und die Effizienz des Verkehrssystems aufrechtzuerhalten. Dabei nehmen sie bewusst auch Regelübertretungen in Kauf: Ein Fahrer wird mit seinem Fahrzeug eine durchgezogene Linie überqueren, wenn er dadurch einen Unfall vermeiden kann (vgl. Abschn. 5.2).

Besonders deutlich wird das Wertesystem eines automatisierten Fahrzeugs in Dilemma-Situationen, wenn es in jedem Fall zu einem Unfall kommt und abzuwägen ist, zugunsten oder zulasten welcher Verkehrsteilnehmer das Unfallgeschehen beeinflusst werden soll. Die Entscheidungen in diese Situationen müssen von den Entwicklern in automatisierten Fahrzeugen implementiert werden. Es ist bisher nicht ausreichend erforscht, wie dies erfolgen kann.

Ein Wertesystem für automatisierte Fahrzeuge zur Abwägung von „Handlungen“ ist zu erforschen und zu implementieren.

3.6. Risiko vs. Nutzen der Technologie

Entwicklungs- und forschungsbegleitend erfolgen systematische Nutzenuntersuchungen für automatisierte Fahrzeuge. Diese sind auch die Basis für Diskussionen zur Risiko-Nutzenabschätzung.

Die Erforschung von Assistenz- und Automatisierungssystemen für Kraftfahrzeuge wird seit vielen Jahrzehnten auch durch den Wunsch motiviert, die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer zu erhöhen. Systematische Nutzenuntersuchungen mit einem Schwerpunkt in der Verkehrssicherheit sind daher eine wichtige Grundlage für die Bewertung und die Weiterentwicklung von Assistenz- und Automatisierungssystemen (vgl. Abschnitt 4.5). In der gesellschaftlichen Diskussion, welches Risiko, verursacht durch Automatisierungssysteme, akzeptabel ist, wird der Nutzen dieser Systeme für die Verkehrsteilnehmer und die Gesellschaft eine entscheidende Rolle spielen. Es besteht die Notwendigkeit, das heutige Sicherheitsniveau im Straßenverkehr mindestens beizubehalten und sukzessive zu erhöhen.

Nutzen von automatischen Fahrzeugen muss gegen das Risiko bei der Nutzung abgewogen werden.

3.7. Technologien, Algorithmen und Methoden

Wie in der Vergangenheit müssen weiterhin große Anstrengungen unternommen werden, um Technologien, Algorithmen und Methoden für die sichere Automatisierung von Fahrfunktionen zu erforschen und zur Marktreife zu bringen.

Assistenzsysteme sind möglich geworden durch intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für Umfeldsensoren, Aktuatoren und geeignete Algorithmen zur maschinellen Wahrnehmung, Entscheidung und Handlungsausführung. Deutschland hat heute eine international führende Position im Bereich der Fahrerassistenzsysteme inne, weil die Fahrzeughersteller rechtzeitig wettbewerbsfähig in Verbünden gefördert durch die öffentliche Hand und wettbewerbsfähig gemeinsam mit Systempartnern in dieses Themenfeld investiert haben.

Die konsequente weitere Erforschung und Entwicklung in den genannten technischen Themenfeldern vorwettbewerblich unter Führung der öffentlichen Fördergeber und in wettbewerblichen Verbünden ist die zwingende Voraussetzung, die aktuelle Wettbewerbsposition zu behaupten. In dem sich verschärfenden

Forschung und Weiterentwicklung der Technologien benötigen weitere Förderung.

Wettbewerb um das automatisierte Fahrzeug werden u.a. auch weltweit führende Softwarekonzerne eintreten.

Die Entwicklung und Absicherung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge ist technologisch und gesellschaftlich eine große Herausforderung, die die Bündelung vieler Kräfte erfordert. Besonders dürfen die Anstrengungen nicht unterschätzt werden, die unternommen werden müssen, um Systeme zur maschinellen Wahrnehmung in noch zu definierender Güte (s.o.) zu erforschen und zur Marktreife zu bringen.

4. Straßeninfrastruktur und Verkehr

4.1. Überblick

Im Folgenden wird der Forschungsbedarf im Cluster Straßeninfrastruktur und Verkehr (SIV) dargelegt. Das Cluster befasst sich mit der Rolle des Straßenumfeldes im Zusammenhang mit der Einführung des automatisierten Fahrens; dieses umfasst neben der baulichen auch die verkehrs- und informationstechnische Infrastruktur sowie weitere Einflüsse wie z.B. Wetter. Weiterhin werden im Cluster die Auswirkungen auf Verkehrssicherheit, Verkehrs- und Umwelteffizienz thematisiert. Schließlich werden strategische Aspekte aufgezeigt und eine Vorgehensweise zur Systemeinführung entwickelt.

Schnittstellen zu anderen Clustern werden hier unter Verweis auf den entsprechenden Cluster genannt, aber nicht weiter vertieft. Die Ergebnisse des Clusters SIV werden z.B. in einem Forschungs- bzw. Handlungsbedarf auf der obersten Ebene, der juristischen Ebene, resultieren.

Der dringendste Forschungsbedarf liegt in den wechselseitigen Anforderungen zwischen Fahrzeugen und Straßeninfrastruktur sowie in deren möglicher schrittweiser Umsetzung in den verschiedenen Ausstattungs-/Penetrationsstufen. Sehr wichtig ist außerdem eine Einschätzung der Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf Verkehrssicherheit, Verkehrs- und Umwelteffizienz sowie die mögliche Rollenverteilung im Kooperationsverbund Infrastruktur und Fahrzeug. Ebenso wichtig ist die Beschreibung der informationstechnischen Infrastruktur, insbesondere die Standardisierung und die Datenrepräsentation.

4.2. Der Begriff Straßenumfeld

Der Begriff „Straßenumfeld“ soll in diesem Kontext bewusst weit gefasst werden und alle für das automatisierte Fahren erforderlichen, nicht fahrzeugseitig vorhandenen Elemente enthalten. Neben der baulichen, verkehrstechnischen und informationstechnischen Infrastruktur werden im Weiteren äußere Einflüsse wie das Wetter behandelt.

Die bauliche Infrastruktur umfasst die Straße als Bauwerk. Zur verkehrstechnischen Infrastruktur zählen alle Einrichtungen, die über Verbote, Gebote sowie Informationen Auswirkungen auf das Verkehrsgeschehen haben und die die dazu erforderlichen Voraussetzungen beispielsweise zur Datenaufbereitung erbringen. Die informationstechnische Infrastruktur beinhaltet die für das automatisierte Fahren bereitgestellten Daten sowie alle Einrichtungen zur Erzeugung und Pflege dieser Daten, zur Datenübertragung und direkten (bi-direktionalen) Kommunikation.

Der Begriff Straßenumfeld umfasst hier alle für das automatisierte Fahren erforderlichen, nicht fahrzeugseitig vorhandenen Elemente.

4.3. Funktionen automatisierten Fahrens

Zunächst sollen die Funktionen automatisierten Fahrens im Rahmen von Szenarien ermittelt werden. Diese ergeben sich aus absehbaren Anwendungsfällen, wie dem Stau- oder Autobahn-System als Beispiele für mittelfristige Anwendungen der Automatisierung sowie z. B. die Übertragung von für das hochautomatisierte Fahren nötigen Grunddaten in das Fahrzeug. Gleichzeitig sollen die Auswirkungen einer stufenweisen Penetration unter Berücksichtigung be-

Zunächst werden Anwendungen des automatisierten Fahrens sowie die sich daraus ergebenden verkehrlichen Wirkungen ermittelt.

stehender Lösungsansätze zum Verkehrsmanagement betrachtet werden. Der hier dargestellte Forschungsbedarf umfasst ebenso die Spezifikation relevanter Verkehrszustände und Anwendungen für das automatisierte Fahren.

4.4. Anforderungen aus der Interaktion Straßenumfeld und Fahrzeuge

Aus den möglichen Funktionen und Datendiensten können unmittelbare und wechselseitige Anforderungen sowohl an die Straßeninfrastruktur als auch an die Fahrzeuge resultieren: Dabei besteht eine zentrale Frage darin, ob und ggf. welche Anforderungen an die Infrastruktur im Hinblick auf den verkehrssicheren Betrieb für die verschiedenen Automatisierungsgrade und Anwendungsfälle abgeleitet werden können. So fehlen derzeit Erkenntnisse, welche Informationen als Voraussetzung für das automatisierte Fahren von Seiten der Infrastruktur unter Berücksichtigung des Automatisierungsgrades und notwendiger Redundanzen in welcher Qualität und Verfügbarkeit zwingend bereitgestellt werden müssten. Weiterhin besteht Forschungsbedarf, ob es besonders hochautomatisierungsgerechte bzw. –ungeeignete Umfeldbedingungen, Infrastrukturelemente und Topologien gibt und welche Merkmale sie auszeichnen. Bei diesen Betrachtungen sind Anforderungen aus bestehenden Lösungsansätzen zum Verkehrsmanagement zu berücksichtigen, die vielfach auf dem Vollzug straßenverkehrsrechtlicher Anordnungen nach der Straßenverkehrsordnung basieren.

Es ist zunächst eine szenarienbasierte Betrachtung vorzunehmen, die prognostizierte Ausstattungsraten von Fahrzeugen mit hochautomatisierten Funktionen berücksichtigt. Diese sind unter Einbeziehung erwarteter Verkehrsentwicklungen in Relation zu unterschiedlichen Straßenklassen zu setzen. Dabei ist vor allem zu berücksichtigen, inwieweit Strategien und Maßnahmen des Verkehrsmanagements bei hochautomatisierten Fahrzeugen integriert werden können. Es sind zudem Anforderungen an (technische) Komponenten, die den Betrieb von Hochautomatisierung im Schnittstellenbereich Infrastruktur - Fahrzeug unterstützen, abzuleiten.

Ein Konzept zur Zukunftsfähigkeit (Einbettung in zukünftige Systeme) der Infrastruktur sollte mit einbezogen werden.

Die Anforderungen an das Straßenumfeld sind unter Berücksichtigung des Automatisierungsgrades zu ermitteln.

Geeignete Topologien und Elemente müssen identifiziert werden.

4.5 Verkehrssicherheit und –effizienz

Maßgeblicher Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Auswirkungen automatisierten Fahrens auf die Verkehrssicherheit und –effizienz sowie die Umwelt. Als eine Voraussetzung für die Ermittlung der Auswirkungen automatisierten Fahrens könnte der Verkehrsfluss modelliert werden, und zwar unter Betrachtung verschiedener Ausstattungsraten, insbesondere des Mischverkehrs bei der Einführung, und unterschiedlicher Straßenklassen. Es sollte untersucht werden, wie die bisherigen Verkehrsmodelle auf die Ausstattungsraten mit automatisierten Fahrzeugen angepasst werden können, um den Verkehrsfluss unter den neuen Bedingungen zu bewerten und mögliche (volks-)wirtschaftliche Potentiale zu ermitteln.

Diese Untersuchungen bilden die Grundlage für eine szenarienbasierte Betrachtung künftiger Straßenkapazitäten und Verkehrsleistungen. Auch Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und Umwelteffizienz sollen dabei mit untersucht werden.

Bewertung des Potentials automatisierten Fahrens im Hinblick auf die Erhöhung der Verkehrssicherheit, Verbesserung der Verkehrseffizienz und Verringerung der Umweltbelastung ist erforderlich.

Da die Einführung des automatisierten Fahrens nur schrittweise vonstatten gehen kann, ist die Betrachtung des Mischverkehrs in den verschiedenen Ausbaustufen essentiell. Hier stellt sich auch die Frage, ob und in welcher Art und Weise es sich auf den Verkehr auswirkt, wenn automatisierte Fahrzeuge ihren Status nach außen kommunizieren. Andere Verkehrsteilnehmer können dann erkennen, ob sich das Fahrzeug im automatisierten Modus befindet oder nicht. Nicht nur die Gewährleistung von Verkehrssicherheit, Verkehrs- und Umwelteffizienz sind hier wichtig, sondern auch die Akzeptanz seitens der Nutzer. Diese ist für die zügige Erhöhung der Ausstattungsrate und damit auch für den Systemausbau grundlegend.

4.6 Anforderungen an die Informationstechnologie

Die ermittelten Anforderungen können unter anderem die Grundlage für die Beschreibung einer für Hochautomatisierung erforderlichen informationstechnischen Infrastruktur bilden. Der Fokus dabei muss neben der technischen Beschreibung auch auf der Entwicklung einer entsprechenden Systemarchitektur für Hochautomatisierung sowie grundlegender Datenstrukturen für eine einheitliche Repräsentation der für Hochautomatisierung benötigten Daten liegen. Ferner sind Aspekte einer Gewährleistung der Systemsicherheit zu betrachten.

Die Anforderungen an Daten und Datenübertragung bezüglich Standards, Qualität und Sicherheit, aber auch an Inhalt müssen ermittelt werden. Auch die Ausfallsicherheit muss gewährleistet werden können.

Die Frage von Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten, also wer – im Sinne eines Rollenmodells – für die Informationstechnologie oder einzelne Elemente davon verantwortlich ist, muss geklärt werden.

**Für die Informations-
technologie werden
Standards benötigt.**

**Datensicherheit und
Datenschutz müssen
obligatorisch sein.**

4.7 Testmethoden

Um Funktionalität und Zuverlässigkeit des Systems sicherzustellen, müssen neue Testmethoden entwickelt werden. Da es hier noch keine Referenzen gibt, ist in dieser Hinsicht ebenfalls zusätzlicher Forschungsbedarf vorhanden, der hauptsächlich vom Cluster "Funktion, Sicherheit, Absicherung" (Abschn. 3) formuliert wird.

4.8 Umgang mit Notfällen und Systemausfällen

Zu untersuchen ist auch der Umgang mit Systemausfällen (z.B. Übergang in einen betriebssicheren Zustand) und das Verhalten von hochautomatisierten Fahrzeugen in Sonder- bzw. Notsituationen. Da es keine Referenzsysteme gibt, existiert hier ebenfalls Forschungsbedarf. Insbesondere sollten Notfallmanagement, das Systemverhalten bei Ausfällen und geeignete Testmethoden untersucht werden. Dieser Themenbereich wird im Cluster "Funktion, Sicherheit, Absicherung" (Abschn. 3) behandelt.

4.9 Strategische Aspekte und Rollenmodelle

Um dieses neue System strukturiert zu entwickeln und sicher zu betreiben, müssen von vornherein strategische Aspekte diskutiert werden: Die bisherigen Rollen müssen unter Berücksichtigung der geänderten Anforderungen neu definiert werden, neue Kooperationen können sinnvoll und neue Stakeholder gefordert sein.

Zur Einführung sollten Migrations- bzw. Integrationsstrategien entwickelt und eine Bestandsanalyse durchgeführt werden. Die Integration in bestehende Systeme, die Möglichkeit zur Erweiterung und der nötige Aufwand müssen untersucht bzw. abgeschätzt werden.

Für den späteren Betrieb soll ein mögliches Geschäftsmodell entwickelt werden.

Neue Technologien können zu neuen Kooperationen und veränderten Rollenverteilungen führen.

Neue Kooperationsmodelle sind zu entwickeln.

5. Gesellschaftliche Aspekte

Der erwartete Übergang zu „hoch- und vollautomatisierten“ Fahrzeugen im Straßenverkehr („hochautomatisiert“ und „vollautomatisiert“ in Anlehnung an die Definition der BAST 2012) ist nicht nur eine enorme technische Herausforderung; gleichzeitig impliziert er einen wahrscheinlich tiefgreifenden Wandel des gesamten Verkehrssystems. Dieses System ist eingebettet in gesellschaftliche Werte und Normen, politische und wirtschaftliche Zielsetzungen, rechtliche Festlegungen und Vereinbarungen, sowie in die Alltagspraktiken der Nutzerinnen und Nutzer des Verkehrssystems. Vor diesem Hintergrund besteht eine besondere Notwendigkeit zur Diskussion von gesellschaftlichen Aspekten:

Der Übergang zum hoch- und vollautomatisierten Fahren wird ohne gesellschaftliche Akzeptanz kaum möglich sein.

- Alle Verkehrsteilnehmer sind von der Einführung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge betroffen. Eine hohe Akzeptanz auf gesellschaftlicher Ebene, die über die reine Nutzerakzeptanz hinausgeht, ist Voraussetzung für die erfolgreiche Implementierung der neuen Fahrzeuge. Dies gilt für Fahrzeuge sowohl im Personen- als auch im Wirtschaftsverkehr.
- Um mögliche Auswirkungen aus der Einführung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge möglichst verlässlich abschätzen zu können, müssen frühzeitig Konzepte zur Implementierung entwickelt und in Szenarien getestet werden. Spezifische Aspekte betreffen Fahrzeugsteuerung, rechtliche Fragen, Fahrzeugbetrieb, Infrastrukturen und die Schnittstellenausgestaltung mit anderen Verkehrsträgern. Dafür notwendige Entscheidungen müssen schon im Vorfeld der Implementierung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge in den öffentlichen Straßenverkehr getroffen werden. Teil dieser Konzepte muss die Interaktion zwischen dem automatisierten Straßenverkehr und denjenigen Systemen (Verkehr, Politik, Recht, Wirtschaft, Gesellschaft) sein, in die der Straßenverkehr eingebettet ist.
- Die Auswirkungen auf der Ebene des Verkehrssystems und der Gesellschaft sind ganzheitlich zu betrachten und in der Kommunikation zwischen Politik, Wirtschaft und Bürgern transparent und offen darzustellen. Dabei ist auch die Automatisierung von leichten Nutzfahrzeugen und LKW als Teil des Wechsels in ein hoch- und vollautomatisiertes System mit zu berücksichtigen.
- Das hoch- und vollautomatisierte Fahrzeug produziert Daten und benötigt Daten, alleine schon um die permanente technische Sicherheit zu gewährleisten. Hierzu sind technische und rechtliche Voraussetzungen notwendig, die derzeit – auch hinsichtlich ihrer Akzeptanz – noch kaum beachtet werden.
- Eine verstärkte Vernetzung schafft Möglichkeiten, die hoch- und vollautomatisierten Fahrzeuge auf neuartige Weise in das Verkehrssystem einzubinden, bspw. im Rahmen einer Weiterentwicklung von „neuen Mobilitätskonzepten“ ebenso wie von neuen Logistikkonzepten. Damit verbinden sich Möglichkeiten zur Optimierung des Verkehrs in unterschiedlicher Hinsicht.
- Es fehlen derzeit konkrete Vorstellungen zu den Anforderungen an die „Fahrenden“ von automatisiert fahrenden Fahrzeugen. Langfristig stellt sich die Frage, ob Fahrende, die verstärkt automatisiert fahren, ihre Fähigkeiten zum selbstbestimmten Fahren einbüßen.
- Am Verkehr teilnehmen bedeutet, in hohem Maße mit anderen Verkehrsteilnehmern zu kommunizieren, deren Verhalten zu verstehen und

Wirkungen und Nutzen des automatisierten Fahrens werden sowohl auf individueller wie auch gesellschaftlicher Ebene erfahrbar.

vorauszusehen. Dabei müssen auch soziale Verhaltensregeln angewandt werden, die durch das automatisierte Fahren verloren gehen könnten.

Von diesen Beobachtungen sind die nachfolgenden Forschungsthemen abgeleitet worden, die die gesellschaftliche Perspektive in den Vordergrund stellen und die frühzeitige Thematisierung und Diskussion von Chancen, Möglichkeiten und Wirkungen der Automatisierung im Straßenverkehr zum Ziel haben.

5.1. Forschungsstand

Forschung zu gesellschaftlichen Aspekten von automatisiertem Fahren ist derzeit erst ansatzweise vorhanden. Neben einzelnen marktorientierten Befragungen stehen Ansätze, wie sie im Projekt „Villa Ladenburg“ der Daimler und Benz-Stiftung (Maurer et al.: „Autonomes Fahren im Straßenverkehr der Zukunft“ – in Vorbereitung) anzutreffen sind, wo einerseits gesellschaftlich relevante Aspekte des automatisierten Fahrens aufgegriffen werden und andererseits Erwartungen und Hoffnungen, aber auch Ängste und Befürchtungen der Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer empirisch erschlossen werden. Die wenigen Untersuchungen, die Aspekte von Akzeptanz automatisierten Fahrens betrachtet haben, vermitteln ein insgesamt recht heterogenes Bild, das von begeisterter Zustimmung bis zu einem grundsätzlichen Widerstand gegenüber der Vorstellung reicht, die Kontrolle über die Fahrzeug-Steuerung an einen Roboter abzugeben. Arbeiten im Projekt „Villa Ladenburg“ zeigen u.a. die Notwendigkeit, neben der generellen Akzeptanz auch die Bewertung konkreter Substitutions-Szenarien durch die Verkehrsteilnehmer zu beleuchten.

Wissen zur Wahrnehmung und Bewertung von automatisiertem Fahren ist derzeit nur in ersten Ansätzen vorhanden.

5.2. Forschungsfragen

Aus dem aktuellen, noch sehr rudimentären Stand der Forschung zu gesellschaftlichen Aspekten des automatisierten Fahrens und den weiter oben formulierten offenen Fragen leitet die Untergruppe „Gesellschaftliche Aspekte“ der AG Forschung Forschungsbedarf in drei Themenfeldern ab:

Thema 1: Mögliche Treiber der gesellschaftlichen und individuellen Akzeptanz des automatisierten Fahrens.

Ziel ist die Identifizierung von möglichen Erwartungen (inkl. Nutzen), aber auch Befürchtungen und damit Hemmnissen gegenüber hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen. Idealerweise sollte dies in Form eines Monitoring erfolgen. Über einen quantitativen Ansatz hinaus erscheint es wichtig, den Alltags-Kontext der konventionellen Autonutzung deutlich besser zu erfassen, als dies bisher der Fall ist, um Ansatzpunkte für einen vergleichsweise schnellen und sichtbar nutzenstiftenden Einsatz hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge identifizieren zu können. Darüber hinaus muss auch die Akzeptanz von automatisierten Fahrzeugen im Wirtschaftsverkehr Eingang in die Forschung finden.

Thema 1: Was sind Erwartungen und Befürchtungen im Hinblick auf das automatisierte Fahren?

Thema 2: Veränderung des Verkehrssystems durch automatisierte Straßenfahrzeuge.

Bei der Einführung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge in den Straßenverkehr sind folgende Szenarien für den Personenverkehr denkbar:

- Veränderung der Verkehrsmittelwahl durch Neu-Bewertung von Reisezeiten
- Veränderung des Verkehrsangebotes mittels Neu-Definition von individuellem und öffentlichem Verkehr.

Daraus resultiert eine Reihe von Fragen speziell bzgl. des Personenverkehrs:

- Wie verändert die Automatisierung des motorisierten Individualverkehrs die Verkehrsmittelwahl?
- Wie verändern sich die Einstellung zum Autofahren und Handlungspraktiken der Autonutzung durch die Einführung von automatisch fahrenden Fahrzeugen?

Die Szenarien im Wirtschaftsverkehr sollten zunächst auf den Fernverkehr fokussieren und dabei auch Aspekte wie die Arbeitssituation des Fahrers berücksichtigen, mittelfristig sind auch Szenarien für den (städtischen) Lieferverkehr in Betracht zu ziehen.

Damit ergeben sich Fragen, die den Straßenverkehr insgesamt betreffen:

- Wie verändert sich das Verkehrssystem durch die Einführung von hoch- und vollautomatisierten Straßenfahrzeugen? (siehe auch Abschnitt 4.5)
- Wie kann und sollte die Nutzung von hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen im Verkehrssystem implementiert werden?

Thema 3: Welche „Ethik“ wird von der Maschine „Auto“ erwartet?

Mit der Frage, ob bzw. wie einer Maschine ethische Grundsätze „implantiert“ werden können, verbinden sich sowohl softwaretechnische Fragestellungen, wie z. B. die Auflösung von Dilemma-Situationen, als auch Fragestellungen zu den Vorstellungen zur Ethik von Maschinen und Robotern in unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen. Wichtige Aspekte aus rechtlicher wie auch aus kultur- und sozialwissenschaftlicher Sicht betreffen:

- Einstellungen gegenüber Maschinen/Robotern
- Erwartungen und Befürchtungen bezüglich der Funktionen und Funktionsweise solcher Maschinen/Roboter und der daraus entstehende Einfluss auf deren Akzeptanz
- Bedingungen der Akzeptanz von Fehlern durch Maschinen: Welche Fehler? Welche Maschinen?
- Entstehen von Dilemma-Situationen beim Handeln von Maschinen und deren Überwindung

Thema 2: Wie können automatisierte Fahrzeuge Teil des Verkehrssystems werden?

Thema 3: Was muss die Maschine „Auto“ können, um in ethisch akzeptabler Form unterwegs zu sein?

Anhang 1:

Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion

- Langfassung -

von

Klaus Bengler (Clusterleitung)

Ulrich Chiellino
Frederik Diederichs
Frank Flemisch
Frank Köster
Michael Meurer
Rüdiger Trimpop
Eberhard Zeeb

Im Folgenden werden die Fragestellungen aufgelistet, die im Rahmen der Workshops von den Experten formuliert wurden. Da möglichst wenige Änderungen an den ursprünglichen Beiträgen vorgenommen wurden, finden sich auch umgangssprachliche Formulierungen.

Fahrerzustände und Übernahmebereitschaft

Bewertung und Entwicklung von Technologien zur Fahrerverfügbarkeitsmessung
Wie kann die Leistung/Vigilanz des Fahrers während des A.F. bewertet werden, um ihn optimal in Regelkreis zurück zu holen?
Psychophysische Leistungsgrenzen bei der Überwachung von Teilautomation definieren
Kann der Fahrer die Aufmerksamkeit aufrechterhalten, während langer automatischer Fahrt?
Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit Fahrer die Kontrolle über hochautomatisierte Funktionen zurücknehmen können.
Kann der Fahrer mit häufigen Wechseln des "Modus" umgehen? Wie kann er hier unterstützt werden?
Welche Fahrerzustände müssen unterschieden werden?
Untersuchung von Angstreaktionen
Situationsbewusstsein + Systembew. des/der Fahrers/Insassen

Mensch Maschine Interaktion – Interface Gestaltung

Formulierung von Gestaltungsregeln für die MMI Interaktionen Interfaces
Entwicklung von Arbitrierungskonzepten
Gestaltung der Mensch/Maschinekooperation bei hohen Automatisierungsgraden
Gestaltung von Transitionen bei Mode-Wechseln
Erforderliches Feedback bei hohen Automatisierungsgraden
Herstellerübergreifende Bedienkonzepte/Interaktionen
Wie sehen geeignete HMI aus?
Welche HMI-Standards sind notwendig? (Mietwagenszenario, seltene Nutzung)
Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit Fahrer die Kontrolle über hochautomat. Funktionen zurücknehmen können.
Kann der Fahrer mit häufigen Wechseln des "Modus" umgehen? Wie kann er hier unterstützt werden?
Weniger Zuverlässigkeit -> mehr Aufmerksamkeit; Mehr Zuverlässigkeit-> mehr Akzeptanz
Wie sehen sichere Übernahmestrategien aus?
Was ist zu tun, um eine Fahrerübernahme zu erleichtern?
Wie kann der Fahrer in dem Regelkreis zurückgeholt werden, z.B. bei Systemgrenzen? -> Stichwort Übergabe Fahrzeug an Fahrer
Übergabe FZG <-> Fahrer; Übernahme FZG <-> Fahrer

Fahrfremde Tätigkeiten

Wie/nach welchen Regeln erlauben wir fahrfremde Nebentätigkeiten?
Ist eine Nebenätigkeit good or bad?
Wie verhält sich ein "Fahrer" (Nebenbeschäftigung) wenn das Fahrzeug eine Notbremsung macht?
Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der Ausführung fahrfremder Tätigkeiten und möglichen Beeinträchtigungen der Bewältigung der primären Fahraufgabe (Fähigkeit zur kurzfristigen Übernahme der Fahraufgabe) durch den Fahrer auf Automatisierungsstufe 3?

Erwünschter Gebrauch und Vermeidung von Missbrauch

Hält sich der Fahrer an die Vorgabe die Fahrt zu überwachen oder missbraucht er die Unterstützung? (bei Teilautomatisierung)
Ausreizen der Systeme z.B. bei Müdigkeit
Erwartung des Nutzers an das System vs. Reale Funktion des Systems

Testmethoden für MMI

Testmethoden für - Fahrerlebnis; - Akzeptanz; - Usability
Welche Szenarien sollten für die Controllability-Absicherung genutzt werden?
Welche Faktoren des autom. Fahrens wirken sich auf das Fahrerlebnis und die Akzeptanz aus?

Lernen und Training

Anforderungen an Ausbildung, Training für automatisches Fahren
Verlernt der Fahrer die Fähigkeit selbst Autofahren zu können?
Welche mentalen Modelle bildet der Fahrer über Systemfunktion? Wie können diese "geformt" werden?
Welche Schritte sozialer Akzeptanz und Lernen/Vorerfahrungen der Nutzer begleiten die schrittweise Einführung autm. Fahrfunktionen (über Jahre)?

Personenunterschiede, Aufgabeneinflüsse

professionelle vs. private Nutzung und Aufgabenunterschiede
Wie wirken Persönlichkeitsunterschiede, speziell: Locus of Control Wahrnehmung?

Standards MMI-relevanter Inhalte

Aktiver Beiträge zur internationalen Standardisierung (z.B. ISO)
Terminologien
Standards für Bewertungsmethoden
Gestaltungsstandards

Anhang 2:

Funktion, Sicherheit, Absicherung

- Langfassung -

von

Markus Maurer/ Andreas Reschka (Clusterleitung)

Jadranka Dokic

Lutz Eckstein

Marko Gustke

Michael Hüttinger

Matthias Kühn

Siegfried Meuresch

Christian Reitter

Karl-Heinz Siedersberger

Eberhard Zeeb

Bericht des Cluster

„Funktion, Sicherheit, Absicherung“ (FSA)

im Rahmen des Runden Tisches

„Automatisiertes Fahren“

der Bundesanstalt für Straßenwesen

Dritte Version der Langfassung zur Vorbereitung der 6. Sitzung am 05. März 2015

Markus Maurer (Sprecher)

Jadranka Dokic, Lutz Eckstein, Michael Hüttinger, Matthias Kühn, Siegfried Meuresch, Christian Reitter, Andreas Reschka, Karl-Heinz Siedersberger, Eberhard Zeeb

Version vom 15. Juni 2015

Inhalt

<u>1</u>	<u>Ziel des Dokuments</u>	30
<u>2</u>	<u>Struktur der Beschreibung der Forschungsfragen</u>	31
<u>3</u>	<u>Forschungsfragen</u>	32
3.1	<u>Cluster „Funktion, Kundennutzen“</u>	32
3.2	<u>Cluster „Ethische Fragen“</u>	34
3.3	<u>Cluster „Sicherheit, allgemein“</u>	36
3.4	<u>Cluster „Sicherer Zustand, Degradation“</u>	39
3.5	<u>Cluster „Metriken für Sicherheit“</u>	43
3.6	<u>Cluster „Security“</u>	47
3.7	<u>Cluster „Architektur“</u>	49
3.8	<u>Cluster „Maschinelle Wahrnehmung und Lokalisierung“</u>	52
3.9	<u>Cluster „Kooperation“</u>	56
3.10	<u>Cluster „Absicherung, Zulassung, Messtechnik“</u>	61
3.11	<u>Cluster „Wartung“</u>	69
3.12	<u>Cluster „Standardisierung“</u>	70
3.13	<u>Cluster „Spezialfragen“</u>	72
<u>4</u>	<u>Fördermöglichkeiten</u>	74
<u>5</u>	<u>Projekte und Forschungsaktivitäten</u>	75
5.1	<u>Abgeschlossen</u>	75
5.2	<u>Aktuell laufend/bewilligt</u>	75

1. Ziel des Dokuments

In diesem Dokument werden die Ergebnisse der Treffen der Unterarbeitsgruppe „Funktion, Sicherheit, Absicherung“ (FSA) im Rahmen der AG Forschung des Runden Tisches, geleitet durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), erläutert. Bei dieser Langfassung handelt es sich um die Darlegung und Erläuterung der aktuellen Forschungsfragen im Hinblick auf den Einsatz automatisierter Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr. Dies spiegelt gleichzeitig den Fortschritt der Diskussion der verschiedenen Treffen der Arbeitsgruppe wieder. Diese Dokumentation der Arbeit in der Arbeitsgruppe beinhaltet daher alle Anmerkungen, Anregungen und Ergebnisse aus den Diskussionen.

Das Dokument enthält eine kurze Beschreibung, wie die Forschungsfragen präsentiert werden, sowie eine ausführliche Beschreibung der Forschungsfragen und der zugehörigen Rahmenbedingungen. Die Forschungsfragen werden nach Clustern sortiert präsentiert.

2. Struktur der Beschreibung der Forschungsfragen

Forschungsfrage: Der vollständige Wortlaut der Forschungsfrage

Erläuterung: Eine kurze Erläuterung zum Inhalt der Forschungsfrage.

Hauptcluster: Das Hauptcluster, das für die Forschungsfrage zuständig ist. Hauptcluster sind:

- Mensch-Maschine-Interaktion (MMI)
- Gesellschaftliche Aspekte (GA)
- **Funktion, Sicherheit, Absicherung (FSA)**
- Straßeninfrastruktur und Verkehr (SIV)

In diesem Dokument werden nur die Forschungsfragen des Hauptclusters FSA betrachtet. Daher wird auf die Nennung des Clusters bei den Fragen verzichtet.

Weiteres Hauptcluster: Ein weiteres untergeordnetes Hauptcluster, das für die Forschungsfrage zuständig ist (MMI, FSA, SIV, GA).

Untergeordnetes Cluster: Die weitere untergeordnete Kategorisierung der Forschungsfrage innerhalb des Hauptclusters. Die Kategorisierung erfolgt hier thematisch in insgesamt 13 Cluster.

Zusammenfassung für Projektabgleich: Eine übergeordnete Frage zum einfacheren Abgleich für bestehende Aktivitäten und Projekte, die neben der aktuellen Forschungsfrage auch weitere beinhalten kann.

Anmerkungen: Weitere Bemerkungen zu der Forschungsfrage und Besonderheiten

Förderungsmöglichkeiten: Fördergeber, die unter anderem für diese Forschungsfragen in Betracht kommen. Eine ausführliche Erläuterung dieser findet sich in Abschnitt 4 „Förderungsmöglichkeiten“ dieses Berichtsteils.

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten: Aktivitäten nach durchführendem Unternehmen/Verband/ Verein/Ministerium/... getrennt. Eine ausführliche Erläuterung der Projekte findet sich in Abschnitt 5 „Projekte und Forschungsaktivitäten“ dieses Berichtsteils.

3. Forschungsfragen

3.1. Cluster „Funktion, Kundennutzen“

Dieses Cluster enthält Fragestellungen im Hinblick auf den Nutzen automatisierter Fahrzeuge. Neben dem individuellen Nutzen wird auch das Zusammenspiel zwischen automatisierten Fahrzeugen hinterfragt.

3.1.1. Frage F1

Forschungsfrage: Wie kann die Wirksamkeit autonomen Fahrens hinsichtlich Fahrsicherheit und -effizienz nachgewiesen werden?

Erläuterung: Es besteht die Behauptung, dass ein hoher Automatisierungsgrad von Fahrzeugen zur Verkehrssicherheit und Verkehrseffizienz beiträgt. Bei Fahrerassistenzsystemen ist es bisher sehr schwierig gewesen, den Effekt auf diese Auswirkungen zu untersuchen, da nur in den seltensten Fällen erfolgreiche unfallverhindernde und effizienzsteigernde Assistenzeingriffe dokumentiert sind. Für automatisierte Fahrzeuge stellt sich diese Frage ebenfalls.

Weiteres Hauptcluster: GA

Untergeordnetes Cluster: Funktion, Kundennutzen

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: FAT

Aktuelle Projekte/Aktivitäten:

- IP AdaptIVe SP7, 2014-2017, europäische Ebene (keine DAI Beteiligung in SP7)
- Projektskizze zu diesem Thema wurde am 9.7.2014 im FAT (Forschungsvereinigung Technik) besprochen. Ergebnisse liegen noch nicht vor.

3.1.2. Frage F2

Forschungsfrage: Wie wirken unterschiedliche Automatisierungsgrade aufeinander?

Erläuterung: Es ist zu erwarten, dass sich der Automatisierungsgrad von Fahrzeugen inkrementell erhöht. Dadurch wird es zu einem gemischten Verkehr aus manuell gefahrenen Fahrzeugen und Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden kommen. Es stellt sich die Frage, wie das Zusammenwirken aller Verkehrsteilnehmer aussehen wird.

Weiteres Hauptcluster: SIV

Untergeordnetes Cluster: Funktion, Kundennutzen

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: später (Beantwortung der Frage wird erst nach längerfristigen Untersuchungen des Mischverkehrs möglich sein)

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten: keine bekannt

3.2. Cluster „Ethische Fragen“

In diesem Cluster wurden Forschungsfragen formuliert, die ethische Aspekte beim Betrieb von automatisierten Fahrzeugen betreffen. Da automatisierte Fahrzeuge von Menschen entwickelt werden, Menschen und Tiere transportieren und im Straßenverkehr mit diesen interagieren, kann eine vorgreifende Betrachtung der ethischen Aspekte notwendig sein.

3.2.1. Frage F3

Forschungsfrage: Was ist ein akzeptables, „vernünftiges“ Risiko? (das Gegenteil von unreasonable risk in ISO 26262)

Erläuterung: Automatisierte Fahrzeuge werden mit einem gewissen Risiko betrieben. Es stellt sich die Frage wie groß dieses Risiko sein darf, damit ein Einsatz im öffentlichen Straßenverkehr für Insassen und weitere Verkehrsteilnehmer sicher ist.

Weiteres Hauptcluster: GA

Untergeordnetes Cluster: Ethische Fragen

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen:

- wichtig, wohin? (Es stellt sich die Frage, ob es sich um eine sicherheitstechnische oder ethische Frage handelt)
- siehe auch ID F1, sonst ISO 26262

Förderungsmöglichkeiten: Response IV

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- Teilweise im Projekt aFAS

3.2.2. Frage F4

Forschungsfrage: Wie müssen verschiedene "Regelübertretungen" (z.B. Verstoß gegen StVO, Unfall mit Sachschaden, Unfall mit Personenschaden) priorisiert umgesetzt werden?

Erläuterung: Im Straßenverkehr gelten verschiedene „Regeln“. In verschiedenen Situationen kann eine/ können mehrere Regelübertretung(en) notwendig werden, um Schäden an Personen zu verhindern/ zu vermindern. Wie kann dies unter Berücksichtigung der StVO unmittelbar umgesetzt werden?

Weiteres Hauptcluster: GA

Untergeordnetes Cluster: Ethische Fragen

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen:

- sensibel
- Integrierbar in UR:BAN

Förderungsmöglichkeiten: DFG

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten: keine bekannt

3.2.3. Frage F5

Forschungsfrage: Unter welchen Aspekten muss eine Verhaltensentscheidung in Dilemma-Situationen erfolgen?

Erläuterung: Es gibt Situationen in denen ein Personenschaden nicht mehr abgewendet werden kann. Diese erfordern eine Entscheidung zwischen verschiedenen „Schäden“. Welche relevanten Aspekte müssen berücksichtigt werden, um in solchen Situationen eine Entscheidung zu treffen?

Weiteres Hauptcluster: GA

Untergeordnetes Cluster: Ethische Fragen

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: DFG

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten: keine bekannt

3.3. Cluster „Sicherheit, allgemein“

In diesem Cluster sind Fragestellungen enthalten, die allgemein auf die Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen abzielen. Die Fragen betreffen unter anderem Terminologie, Rahmenbedingungen und geltende Normen/ Gesetze, so wie Einflussfaktoren und notwendige Informationen für einen sicheren Betrieb.

3.3.1. Frage F6

Forschungsfrage: Definition eines einheitlichen Vokabulars

Erläuterung: Zum gemeinsamen Verständnis aller Beteiligten Instanzen ist ein einheitliches Vokabular sinnvoll.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Sicherheit, allgemein

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: 4. Verkehrsforschungsprogramm

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- Glossar-Erstellung in Ko-HAF vorgesehen
- Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung

BAST-Bericht F 83

Tom M. Gasser, Clemens Arzt, Mihir Ayoubi, Arne Bartels, Jana Eier, Frank Flemisch, Dirk Häcker, Tobias Hesse, Werner Huber, Christine Lotz, Markus Maurer, Simone Ruth-Schumacher, Jürgen Schwarz, Wolfgang Vogt, Projektgruppe "Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung"

(siehe <http://www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-f/2013-2012/f83.html>)

3.3.2. Frage F7

Forschungsfrage: Welche Normen und Entwicklungsgrundsätze sind relevant?

Erläuterung: Im Automobilbereich und besonders im Fahrerassistenzbereich gibt es bereits zahlreiche Normen und etablierte Vorgehensweisen bei der Entwicklung. Welche davon sind auch für automatisierte Fahrzeuge relevant?

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Sicherheit, allgemein

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: ggf. aFAS

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Funktionale Sicherheit ist Schwerpunkt in aFAS
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26

3.3.3. Frage F8

Forschungsfrage: Welche Faktoren wirken sich auf die Sicherheit aus?

Erläuterung: Im Straßenverkehr und im technischen System Fahrzeug können zahlreiche Faktoren einen Einfluss auf die Betriebssicherheit von automatisierten Fahrzeugen nehmen. Welche sind diese?

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Sicherheit, allgemein

Zusammenfassung für Projektabgleich: Welche Einflussfaktoren auf die Sicherheit automatisierter Fahrzeuge bestehen?

Anmerkungen: Mit F9 zusammenfassen

Förderungsmöglichkeiten: Response IV

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26

3.3.4. Frage F9

Forschungsfrage: Welche Informationen sind relevant für die Sicherheit eines Systems? (Interne, Externe, Weitere)

Erläuterung: Im Straßenverkehr und im technischen System Fahrzeug fallen zahlreiche Informationen an. Welche dieser Informationen sind für die Betriebssicherheit relevant und daher notwendig?

Weiteres Hauptcluster:

Untergeordnetes Cluster: Sicherheit, allgemein

Zusammenfassung für Projektabgleich: Welche Einflussfaktoren auf die Sicherheit automatisierter Fahrzeuge bestehen?

Anmerkungen:

-
- Mit F8 zusammenfassen
 - Im Rahmen der Entwicklungsverantwortung des OEM

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten: keine bekannt

3.3.5. Frage F10

Forschungsfrage: Wie kreativ darf ein Fahrzeugführungssystem sein?

Erläuterung: Die möglichen Verfahren der künstlichen Intelligenz in einem Entscheidungen treffenden Fahrzeug haben einen gewissen Handlungsspielraum. Wie kreativ darf ein automatisiertes Fahrzeug innerhalb dieses Handlungsspielraums sein?

Weiteres Hauptcluster: MMI

Untergeordnetes Cluster: Sicherheit, allgemein / Kooperation

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: Spezialfrage

Förderungsmöglichkeiten: DFG

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- VDA AK 26

3.4. Cluster „Sicherer Zustand, Degradation“

Der sichere Zustand ist das Ziel sowohl während der Fahrt, als auch in gefährlichen Situationen und bei gefährlichen Ereignissen. Der sichere Zustand muss stets erhalten/ erreicht werden können. Dies kann unter anderem durch Degradation, also durch eine Verringerung des Leistungsumfangs erfolgen.

3.4.1. Frage F11

Forschungsfrage: Wie ist der "sichere Zustand" definiert?

Erläuterung: Bisher besteht keine Definition für den sicheren Zustand eines automatisierten Fahrzeugs im öffentlichen Straßenverkehr. Es ist nicht erforscht, welche Eigenschaften ein Zustand haben muss, um als sicher zu gelten.

Weiteres Hauptcluster: GA

Untergeordnetes Cluster: sicherer Zustand, Degradation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Eigenschaften, Erkennung, Antizipation, Erhaltung und Erreichung des sicheren Zustands?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: BASt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- Teilaspekte in aFAS und Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26
- Forschungsprojekt FE 82.0570/2012

3.4.2. Frage F12

Forschungsfrage: Wie kann ein sicherer Zustand erhalten werden?

Erläuterung: Die Betriebssicherheit eines automatisierten Fahrzeugs ändert sich ständig und es gibt stets verschiedene Handlungsoptionen. Befindet sich ein Fahrzeug in einem sicheren Zustand und ändert sich die Situation, stellt sich die Frage nach den Aktionen, die den sicheren Zustand erhalten.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: sicherer Zustand, Degradation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Eigenschaften, Erkennung, Antizipation, Erhaltung und Erreichung des sicheren Zustands?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: BAST

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- Teilaspekte in aFAS und Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26

3.4.3. Frage F13

Forschungsfrage: Wie kann ein sicherer Zustand erreicht werden?

Erläuterung: Die Betriebssicherheit eines automatisierten Fahrzeugs ändert sich ständig und es gibt stets verschiedene Handlungsoptionen. Tritt ein Ereignis auf, das den Betrieb in einen nicht sicheren Zustand überträgt, stellt sich die Frage nach den Aktionen, mit denen ein sicherer Zustand erreicht werden kann.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: sicherer Zustand, Degradation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Eigenschaften, Erkennung, Antizipation, Erhaltung und Erreichung des sicheren Zustands?

Anmerkungen:

- Zentral für hochautomatisiertes Fahren

Förderungsmöglichkeiten: FAT auch Ko-HAF / BMWi

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- Teilaspekte in aFAS und Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26

3.4.4. Frage F14

Forschungsfrage: Wie kann der aktuelle Zustand bewertet werden?

Erläuterung: Ein automatisiertes Fahrzeug bewegt sich in einer sich kontinuierlich ändernden Umgebung. Um die Sicherheit des aktuellen Zustands zu ermitteln, müssen Methoden gefunden werden, die eine Bewertung des aktuellen Zustands ermöglichen.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: sicherer Zustand, Degradation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Eigenschaften, Erkennung, Antizipation, Erhaltung und Erreichung des sicheren Zustands?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- Teilaspekte in aFAS und Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26

3.4.5. Frage F15

Forschungsfrage: Wie kann eine Veränderung des Zustands antizipiert werden?

Erläuterung: Neben dem reaktiven Verhalten bei Ereignissen kann es von Vorteil sein, die Sicherheit des Fahrzeugs in zukünftigen Situationen zu antizipieren und Vorkehrungen zu treffen. Es stellt sich die Frage, wie Veränderungen der Situation und damit des Zustands des Fahrzeugs vorhergesehen werden können.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: sicherer Zustand, Degradation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Eigenschaften, Erkennung, Antizipation, Erhaltung und Erreichung des sicheren Zustands?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- Teilaspekte in aFAS und Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26

3.4.6. Frage F16

Forschungsfrage: Wie können funktionale Grenzen erkannt werden?

Erläuterung: Automatisierte Fahrzeuge verschiedener Automatisierungsgrade werden funktionale Grenzen haben, in denen ein Betrieb nicht mehr sicher ist. Es stellt sich die Frage nach Methoden, wie diese Grenzen erkannt werden können.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: sicherer Zustand, Degradation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Eigenschaften, Erkennung, Antizipation, Erhaltung und Erreichung des sicheren Zustands?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- Teilaspekte in aFAS und Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26

3.4.7. Frage F17

Forschungsfrage: Wie hängen Risiko und sicherer Zustand zusammen?

Erläuterung: Das aktuelle Betriebsrisiko könnte ein Maß für den aktuellen Zustand eines automatisierten Fahrzeugs sein. Es stellt sich daher die Frage, wie das Betriebsrisiko mit dem sicheren Zustand zusammenhängt.

Weiteres Hauptcluster: GA

Untergeordnetes Cluster: sicherer Zustand, Degradation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Eigenschaften, Erkennung, Antizipation, Erhaltung und Erreichung des sicheren Zustands?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- Teilaspekte in aFAS und Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26

3.5. Cluster „Metriken für Sicherheit“

Zur Beurteilung der Sicherheit sind Metriken sinnvoll, die eine Aussage über verschiedene Aspekte der Sicherheit automatisierte Fahrzeuge treffen. In diesem Cluster sind Fragen nach dem Nutzen und den Eigenschaften von Metriken gebündelt.

3.5.1. Frage F18

Forschungsfrage: Ist funktionale Sicherheit objektivierbar?

Erläuterung: Funktionale Sicherheit als abstrakter Begriff erscheint stets vom Betrachter abhängig zu sein (In der Praxis ergeben sich Ermessensspielräume). Es stellt sich die Frage, ob sich die Funktionale Sicherheit eines automatisierten Fahrzeugs objektivieren lässt, damit diese von allen beteiligten Instanzen gleichermaßen eingeschätzt wird.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Metriken für Sicherheit

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann eine Bewertung der Sicherheit automatisierter Fahrzeuge erfolgen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- Teilaspekte in Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26

3.5.2. Frage F19

Forschungsfrage: Wie messe ich das Sicherheitsniveau (vgl. Mensch vs. System)?

Erläuterung: Im Straßenverkehr werden die unterschiedliche Leistung der Menschen und das daraus resultierende Risiko akzeptiert. Es stellt sich die Frage, ob und wie ein Vergleich der Leistungsfähigkeit von menschlichen Fahrern mit technischen Systemen möglich ist.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Metriken für Sicherheit

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann eine Bewertung der Sicherheit automatisierter Fahrzeuge erfolgen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: DGUV

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Teilaspekte in Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26
- PEGASUS

3.5.3. Frage F20

Forschungsfrage: Welche Metriken eignen sich zur Bewertung des eigenen Zustands?

Erläuterung: Der eigene Zustand eines automatisierten Systems verändert sich kontinuierlich. Welche Metriken gibt es, die die Sicherheit und weitere Eigenschaften des eigenen Zustands bewerten? (Dysfunktionale Anforderungen z.B. wenn Geisterziele erkannt werden)

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Metriken für Sicherheit

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann eine Bewertung der Sicherheit automatisierter Fahrzeuge erfolgen?

Anmerkungen:

- Mit F21,F22 zusammenfassen
- nicht relevant - wird im Rahmen der Entwicklung berücksichtigt (z.B. funktionale Sicherheit, FMEA, ...)

Förderungsmöglichkeiten: BAUA/BAST

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Teilaspekte in Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26
- PEGASUS

3.5.4. Frage F21

Forschungsfrage: Welche Metriken eignen sich zur Bewertung der eigenen Leistungsfähigkeit?

Erläuterung: Die Leistungsfähigkeit eines automatisierten Systems verändert sich kontinuierlich. Welche Metriken gibt es, die die Leistungsfähigkeit bewerten?

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Metriken für Sicherheit

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann eine Bewertung der Sicherheit automatisierter Fahrzeuge erfolgen?

Anmerkungen:

- Mit F20, F22 zusammenfassen
- nicht relevant - wird im Rahmen der Entwicklung berücksichtigt (z.B. funktionale Sicherheit, FMEA, ...)

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Teilaspekte in Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26
- PEGASUS

3.5.5. Frage F22

Forschungsfrage: Welche Metriken eignen sich zur Bewertung des aktuellen Risikos?

Erläuterung: Das aktuelle Betriebsrisiko eines automatisierten Systems verändert sich kontinuierlich. Welche Metriken gibt es, die das Risiko bewerten?

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Metriken für Sicherheit

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann eine Bewertung der Sicherheit automatisierter Fahrzeuge erfolgen?

Anmerkungen:

- Mit F20, F21 zusammenfassen
- nicht relevant - wird im Rahmen der Entwicklung berücksichtigt (z.B. funktionale Sicherheit, FMEA, ...)

Förderungsmöglichkeiten: FAT

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- Teilaspekte in Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26
- PEGASUS

3.5.6. Frage F23

Forschungsfrage: Wie kann die Wirksamkeit „besser als der Mensch“ nachgewiesen werden?

Erläuterung: Damit automatisierte Fahrzeuge im Straßenverkehr von der Gesellschaft akzeptiert werden, erscheint es notwendig, dass diese „besser als der Mensch“ funktionieren. Kann dies nachgewiesen werden?

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Metriken für Sicherheit

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann eine Bewertung der Sicherheit automatisierter Fahrzeuge erfolgen?

Anmerkungen: siehe F1, F3

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Teilaspekte in Ko-HAF
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26
- PEGASUS

3.5.7. Frage F24

Forschungsfrage: Wann ist ein System sicher genug?

Erläuterung: „Besser als der Mensch“ ist eine unpräzise Aussage. Die Leistungsfähigkeit und Sicherheit eines automatisierten Fahrzeugs wird dies jedoch erreichen müssen. Es stellt sich die Frage, wann ein System sicher genug ist, also wie „besser als der Mensch“ zu verstehen ist.

Weiteres Hauptcluster: GA

Untergeordnetes Cluster: Metriken für Sicherheit

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen:

- Bezug zu F3
- siehe F1, F3

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- ISO 26262 Weiterentwicklung im VDA AK 26
- PEGASUS

3.6. Cluster „Security“

Neben der Funktionalen Sicherheit (engl. Safety) spielt auch die „Security“ eine große Rolle. Aufgrund der Datenmengen, die in automatisierten Fahrzeugen verarbeitet werden und der elektronischen Ansteuerung der Aktuatoren sind ein vertraulicher Umgang mit Daten und eine Absicherung gegen externe Angriffe notwendig.

3.6.1. Frage F25

Forschungsfrage: Wie kann das Fahrzeugführungssystem gegen Manipulationen von außen hinsichtlich der Datenintegrität von Fahrzeug-zu-Fahrzeug- und Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation geschützt werden?

Erläuterung: Automatisierte Fahrzeuge werden nicht nur untereinander, sondern auch mit der Infrastruktur und eventuell sogar mit externen Operatoren über Funkverbindungen kommunizieren. Es stellt sich die Frage, wie diese gegen Fremdzugriffe und Manipulationen geschützt werden können.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Security

Zusammenfassung für Projektabgleich: Welche Security-Aspekte bestehen für automatisierte Fahrzeuge?

Anmerkungen: Mit F26 zusammenfassen

Förderungsmöglichkeiten: BMVI

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- TU9 / CN (BMBF) bis 2015 - sichert C2X-Kommunikation

3.6.2. Frage F26

Forschungsfrage: Wie kann Trust in Data erreicht werden (Integrität und Authentizität)?

Erläuterung: Neben Manipulationen von außen können auch „regulär“ gewonnene Daten fehlerhaft sein, wie zum Beispiel Kartenmaterial. Es stellt sich die Frage, ob und wie diesen Daten vertraut werden kann?

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Security

Zusammenfassung für Projektabgleich: Welche Security-Aspekte bestehen für automatisierte Fahrzeuge?

Anmerkungen: Mit F25 zusammenfassen

Förderungsmöglichkeiten: -

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- TU9 / CN (BMBF) bis 2015 - sichert C2X-Kommunikation

3.7. Cluster „Architektur“

Ein automatisiertes Fahrzeug besteht aus einem elektronischen (programmierbaren) System, Sensorik, Kommunikationseinrichtungen und Aktuatorik. In diesem Cluster werden Fragen nach der Systemarchitektur für ein solches System formuliert.

3.7.1. Frage F27

Forschungsfrage: Welche Mindestanforderungen muss die Architektur zum automatisierten Fahren on-board und off-board erfüllen?

Erläuterung: Das Gesamtsystem automatisiertes Fahrzeug besteht aus on-board- und off-board-Komponenten, beispielsweise in der Verkehrsinfrastruktur. Ziel der Frage ist die Identifikation von Mindestanforderungen an die Architektur, damit diese on-board- und off-board-Komponenten beinhalten kann und den notwendigen Funktionsumfang eines automatisierten Fahrzeugs ermöglicht.

Weiteres Hauptcluster: SIV

Untergeordnetes Cluster: Architektur

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie sieht eine Systemarchitektur für automatisierte Fahrzeuge aus?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety

3.7.2. Frage F28

Forschungsfrage: Wie sieht eine Systemarchitektur für hochautomatisierte Fahrzeuge mit guten Eigenschaften für das Testen aus?

Erläuterung: Die Umsetzung von Funktionalität durch eine geeignete Systemarchitektur ist eine notwendige Voraussetzung für den Betrieb von automatisierten Fahrzeugen. Zusätzlich muss diese Funktionalität auch getestet werden können. Wie kann dies in einer Systemarchitektur berücksichtigt werden?

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Architektur

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie sieht eine Systemarchitektur für automatisierte Fahrzeuge aus?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety

3.7.3. Frage F29

Forschungsfrage: Wie sieht ein mögliches Redundanzkonzept aus und welche Anforderungen daran bestehen?

Erläuterung: Um eine hohe Verfügbarkeit von Funktionalität zu ermöglichen, werden funktionale Komponenten häufig redundant umgesetzt. Es stellt sich die Frage, ob und wie ein Redundanzkonzept für automatisierte Fahrzeuge realisiert werden kann.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Architektur

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: Spezialfrage

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety

3.7.4. Frage F30

Forschungsfrage: Welche Teilsysteme eines Fahrzeugführungssystems sind sicherheitsrelevant?

Erläuterung: Ein System zur automatisierten Fahrzeugführung wird aus zahlreichen Teilsystemen bestehen, die ihrerseits unterschiedliche Funktionalitäten bereitstellen. Nicht jedes Teilsystem ist daher sicherheitsrelevant.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Architektur

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: Spezialfrage

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety

3.7.5. Frage F31

Forschungsfrage: Welche Aufgaben ergeben sich aus Funktion und Architektur an die Kommunikationstechnologien?

Erläuterung: Die Kommunikation zwischen Fahrzeugen, dem Fahrzeug und der Infrastruktur und dem Fahrzeug und externen Operatoren muss gewisse Aufgaben erfüllen. Diese ergeben sich aus dem Funktionsumfang und der Systemarchitektur.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Architektur

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: Spezialfrage

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety

3.8. Cluster „Maschinelle Wahrnehmung und Lokalisierung“

Für den Betrieb eines automatisierten Fahrzeugs muss sich dieses in der Welt, auf der Straße und im Fahrstreifen lokalisieren können. Außerdem muss die stationäre und dynamische Umgebung maschinell wahrgenommen werden. In diesem Cluster werden Fragen formuliert, die sich mit diesem Thema befassen.

3.8.1. Frage F32

Forschungsfrage: Ist eine zuverlässige maschinelle Wahrnehmung möglich? Falls ja, wie?

Erläuterung: Die maschinelle Wahrnehmung einer offenen Menge an möglichen Situationen mit zahlreichen Einflussfaktoren ist herausfordernd. Es stellt sich die Frage, ob und wie ein maschinelles Wahrnehmungssystem zuverlässig arbeiten kann.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Maschinelle Wahrnehmung u. Lokalisierung

Zusammenfassung für Projektabgleich: Überwachung und Antizipation der Wahrnehmungsleistung

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: BMWi: Förderung Ziel-/Produktgerichtet; DFG: Grundsatzfrage; BMVi

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- EFA 2014 II (BMBF) gerade zu Ende; Umfelderkennung, Lokalisierung;
- SPP Kooperativ interagierende Automobile (DFG) ab 2015
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.8.2. Frage F33

Forschungsfrage: Reichen die vorhandenen Sensorprinzipien aus, um in allen Situationen automatisch zu fahren?

Erläuterung: Die Umgebung eines Fahrzeugs kann mit unterschiedlichen Sensorprinzipien erfasst werden. Es ist bisher nicht bekannt, ob die verfügbaren Sensortechnologien für eine vollständige Umfeldwahrnehmung ausreichen. In diesem Zusammenhang sollte die Algorithmik mit betrachtet werden (HW und SW)

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Maschinelle Wahrnehmung u. Lokalisierung

Zusammenfassung für Projektabgleich: Überwachung und Antizipation der Wahrnehmungsleistung

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- EFA 2014 II (BMBF) gerade zu Ende; Umfelderkennung, Lokalisierung;
- SPP Kooperativ interagierende Automobile (DFG) ab 2015
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.8.3. Frage F34

Forschungsfrage: Welche Gütemaße sind für die maschinelle Wahrnehmung möglich und notwendig?

Erläuterung: Die Bewertung einer Umfeldwahrnehmung gestaltet sich schwierig, da die aktuell verfügbare Umfeldsensorik noch nicht für eine zuverlässige Wahrnehmung ausreicht. Es stellt sich die Frage, welche Gütemaße für die Wahrnehmungsleistung mit einer Umfeldwahrnehmung ermittelt werden können.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Maschinelle Wahrnehmung u. Lokalisierung

Zusammenfassung für Projektabgleich: Überwachung und Antizipation der Wahrnehmungsleistung

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- EFA 2014 II (BMBF) gerade zu Ende; Umfelderkennung, Lokalisierung;
- SPP Kooperativ interagierende Automobile (DFG) ab 2015
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.8.4. Frage F35

Forschungsfrage: Wie kann Sicherheit für offene Systeme hinsichtlich Wahrnehmungskomponenten und Situationserfassung erreicht werden?

Erläuterung: Für die Ermittlung des Betriebsrisikos eines automatisierten Fahrzeugs ist die Bewertung der aktuellen Leistungsfähigkeit, insbesondere der Umfeldwahrnehmung und Situationserfassung, notwendig. Es stellt sich die Frage, wie diese Leistungsfähigkeit für ein offenes System ermittelt werden kann, bei dem nicht alle möglichen Situationen und Ereignisse bekannt sind.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Maschinelle Wahrnehmung u. Lokalisierung

Zusammenfassung für Projektabgleich: Überwachung und Antizipation der Wahrnehmungsleistung

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- EFA 2014 II (BMBF) gerade zu Ende; Umfelderkennung, Lokalisierung;
- SPP Kooperativ interagierende Automobile (DFG) ab 2015
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.8.5. Frage F36

Forschungsfrage: Lassen sich funktionale Degradationen in der Wahrnehmung vorab erkennen?

Erläuterung: Zu Antizipation des zukünftigen Risikos müssen Situationen wahrgenommen und deren Entwicklung präzisiert werden. Es stellt sich die Frage, ob eine Vorhersage des Risikos in der möglichen zukünftigen Entwicklung von wahrgenommenen Situationen, basierend auf der Umfeldwahrnehmung und geeigneter Prädiktionsverfahren möglich ist.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Maschinelle Wahrnehmung u. Lokalisierung

Zusammenfassung für Projektabgleich: Überwachung und Antizipation der Wahrnehmungsleistung

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: Horizon 2020 MG.3.6-2015

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- EFA 2014 II (BMBF) gerade zu Ende; Umfelderkennung, Lokalisierung;
- SPP Kooperativ interagierende Automobile (DFG) ab 2015
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.8.6. Frage F37

Forschungsfrage: Der Übergang zu kooperativen Systemen erfordert hochgenaue absolute Positionen. Ist eine robuste, hoch genaue Eigenlokalisierung möglich?

Erläuterung: Zur gegenseitigen Lokalisierung von Verkehrsteilnehmern und der Verkehrsinfrastruktur ist eine zuverlässige absolute Lokalisierung in der Welt erforderlich. Es stellt sich die Frage, wie diese erreicht werden kann.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Maschinelle Wahrnehmung u. Lokalisierung

Zusammenfassung für Projektabgleich: Überwachung und Antizipation der Wahrnehmungsleistung

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- EFA 2014 II (BMBF) gerade zu Ende; Umfelderkennung, Lokalisierung;
- SPP Kooperativ interagierende Automobile (DFG) ab 2015
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.9. Cluster „Kooperation“

Automatisierte Fahrzeuge ermöglichen eine direkte Kooperation zwischen Verkehrsteilnehmern und der Verkehrsinfrastruktur. Die Fragestellungen in diesem Cluster zielen auf die Möglichkeiten und Eigenschaften kooperativen Verhaltens ab. Unter Kooperation wird hier nicht die Kooperation zwischen Mensch und Maschine innerhalb eines Fahrzeugs (vgl. Cluster Mensch-Maschine-Interaktion), sondern zwischen Fahrzeugen im Mischverkehr verstanden.

3.9.1. Frage F38

Forschungsfrage: Welche besonderen Anforderungen hat die Sicherheit kooperativer Systeme?

Erläuterung:

Weiteres Hauptcluster: MMI

Untergeordnetes Cluster: Kooperation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Was sind Eigenschaften und Anforderungen an die Kooperation mit und zwischen automatisierten Fahrzeugen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi;
- Adaptive, europäische Ebene
- Horizon 2020
- SPP Kooperativ interagierende Automobile ab 2015
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.9.2. Frage F39

Forschungsfrage: Was sind Kriterien für kooperatives automatisiertes Fahren?

Erläuterung: Das kooperative Fahren soll für alle Beteiligten Vorteile bereitstellen. Es stellt sich die Frage, nach welchen Kriterien Kooperation im Straßenverkehr stattfinden soll.

Weiteres Hauptcluster: MMI

Untergeordnetes Cluster: Kooperation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Was sind Eigenschaften und Anforderungen an die Kooperation mit und zwischen automatisierten Fahrzeugen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi;
- AdaptIVe, europäische Ebene
- Horizon 2020
- SPP Kooperativ interagierende Automobile ab 2015
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.9.3. Frage F40

Forschungsfrage: Welche Kooperationsschemata gibt es?

Erläuterung: Neben der direkten Kooperation zweier Verkehrsteilnehmer sind zahlreiche weitere Möglichkeiten der Kooperation denkbar. Es ist bisher nicht untersucht, welche Kooperations-schemata es im öffentlichen Straßenverkehr gibt und welche möglich sind.

Weiteres Hauptcluster: MMI

Untergeordnetes Cluster: Kooperation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Was sind Eigenschaften und Anforderungen an die Kooperation mit und zwischen automatisierten Fahrzeugen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: BMVi, DFG

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi;
- AdaptIVe, europäische Ebene
- Horizon 2020
- SPP Kooperativ interagierende Automobile ab 2015

3.9.4. Frage F41

Forschungsfrage: In welchem Umfang ist Kooperation möglich (Anzahl der kooperierenden Verkehrsteilnehmer, Kolonnenstabilität,...)?

Erläuterung: Es ist anzunehmen, dass Kooperation nicht uneingeschränkt möglich ist. Der Umfang, in dem Kooperation stattfinden kann ist jedoch noch nicht untersucht.

Weiteres Hauptcluster: MMI

Untergeordnetes Cluster: Kooperation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Was sind Eigenschaften und Anforderungen an die Kooperation mit und zwischen automatisierten Fahrzeugen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: Horizon 2020, DFG

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi;
- AdaptIVe, europäische Ebene
- Horizon 2020
- SPP Kooperativ interagierende Automobile ab 2015
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.9.5. Frage F42

Forschungsfrage: Kann Kooperation zuverlässig implementiert werden?

Erläuterung: Zur Kooperation im Straßenverkehr gehören mindestens zwei Kooperationspartner, die auf unterschiedlichen Wegen miteinander kommunizieren können. Es stellt sich die Frage, ob sich kooperatives Verhalten über Kommunikationswege zuverlässig implementieren lässt.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Kooperation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Was sind Eigenschaften und Anforderungen an die Kooperation mit und zwischen automatisierten Fahrzeugen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: DFG, SPP

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi;
- AdaptIVe, europäische Ebene
- Horizon 2020
- SPP Kooperativ interagierende Automobile ab 2015
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.9.6. Frage F43

Forschungsfrage: Welche Bedeutung hat die automatische Fehlerkompensation für die Sicherheit (Fehler anderer Fahrer)?

Erläuterung: Neben der direkten Kooperation können Verkehrsteilnehmer auch zur Kooperation gezwungen werden. Es stellt sich die Frage, ob Fehler von anderen Verkehrsteilnehmern durch kooperatives Verhalten kompensiert werden können.

Weiteres Hauptcluster: MMI

Untergeordnetes Cluster: Kooperation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Was sind Eigenschaften und Anforderungen an die Kooperation mit und zwischen automatisierten Fahrzeugen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: Ko-HAF

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi;
- AdaptIVe, europäische Ebene
- Horizon 2020
- SPP Kooperativ interagierende Automobile ab 2015
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.9.7. Frage F44

Forschungsfrage: Wie werden menschliche Äußerungen, z.B. Fahrtrichtungsanzeige, interpretiert?

Erläuterung: Die Kooperation zwischen Menschen erfolgt häufig durch Gesten. Es stellt sich die Frage, ob und wie diese durch eine maschinelle Wahrnehmung erfasst und interpretiert werden können.

Weiteres Hauptcluster: MMI

Untergeordnetes Cluster: Kooperation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Was sind Eigenschaften und Anforderungen an die Kooperation mit und zwischen automatisierten Fahrzeugen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: BMVi

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

-
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi;
 - AdaptIVe, europäische Ebene
 - Horizon 2020
 - SPP Kooperativ interagierende Automobile ab 2015
 - Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.9.8. Frage F45

Forschungsfrage: Für welche Situationen eignet sich zentral gesteuerte Kooperation besser als "Peer-to-peer"-Kooperation?

Erläuterung: Neben der direkten Kooperation von Fahrzeugen ist es denkbar, den Verkehrsfluss von zentraler Stelle aus über Kommunikationsmittel zu steuern. In welchen Situationen dies besser sein kann, besonders im Hinblick auf den Mischverkehr ist noch nicht untersucht.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Kooperation

Zusammenfassung für Projektabgleich: Was sind Eigenschaften und Anforderungen an die Kooperation mit und zwischen automatisierten Fahrzeugen?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi;
- AdaptIVe, europäische Ebene
- Horizon 2020
- SPP Kooperativ interagierende Automobile ab 2015
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

3.10. Cluster „Absicherung, Zulassung, Messtechnik“

In diesem Cluster sind Fragen formuliert, die sich mit dem Testen und mit Testbarkeit von automatisierten Fahrzeugen und deren Funktionen befassen. Die dafür notwendige Messtechnik ist ebenfalls Teil des Clusters. Außerdem werden zulassungsrelevante Fragestellungen aufgegriffen.

3.10.1. Frage F46

Forschungsfrage: Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Erläuterung: Die Verfahren zum Testen von Fahrerassistenzsystemen scheinen mit höheren Automatisierungsgraden an ihre Grenzen zu stoßen. Es stellt sich daher die Frage, mit welchen Verfahren ein Nachweis über die Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen erbracht werden kann.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Anmerkungen:

- Showstopper:
 - Fehlende Methoden, Werkzeuge und Testgelände
 - Bewußtsein bei (Förder-)gebern unterentwickelt

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP Adaptive SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- MotorBrain (BMBF) bis 2014: Ansätze der funktionalen Sicherheit von elektrischen Antrieben
- PEGASUS

3.10.2. Frage F47

Forschungsfrage: Wie kann Funktionale Sicherheit nachgewiesen werden?

Erläuterung: Neben den bestehenden Testverfahren stellt sich die Frage nach neuen Methoden und Werkzeugen, die einen Nachweis über die Funktionale Sicherheit eines Systems erbringen.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP Adaptive SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- MotorBrain (BMBF) bis 2014: Ansätze der funktionalen Sicherheit von elektrischen Antrieben
- PEGASUS

3.10.3. Frage F48

Forschungsfrage: Wieviel „Kreativität“ eines Fahrzeugführungssystems ist testbar?

Erläuterung: Aufgrund des Handlungsspielraums automatisierter Fahrzeuge, sind unerwartete Lösungen von Situationen denkbar, die dennoch sicher sind. Es stellt sich die Frage, ob und wie diese unerwarteten Handlungen getestet werden können, wenn diese im Vorhinein nicht bekannt sind.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Anmerkungen: Spezialfrage

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP Adaptive SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi

- MotorBrain (BMBF) bis 2014: Ansätze der funktionalen Sicherheit von elektrischen Antrieben

3.10.4. Frage F49

Forschungsfrage: Wie kann Unsicherheit in Testfällen modelliert werden?

Erläuterung: Besonders in der Umfeldwahrnehmung werden Informationen mit hoher Unsicherheit verarbeitet und die Unsicherheit aus Rohdaten propagiert sich durch die verschiedenen Verarbeitungsstufen. Für das Testen und die Simulation ist es daher notwendig diese Unsicherheiten zu modellieren.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP Adaptive SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- MotorBrain (BMBF) bis 2014: Ansätze der funktionalen Sicherheit von elektrischen Antrieben
- PEGASUS

3.10.5. Frage F50

Forschungsfrage: Entwicklung Prüfverfahren Sensorik & Algorithmen, Erweiterung (z.B. X-in-the-loop)

Erläuterung: Für das Testen von automatisierten Fahrzeuge erscheinen die bestehende Sensorik zur Überwachung der Tests und die Algorithmen, die zum Testen verwendet werden, unzureichend. Es stellt sich die Frage nach neuen Prüfverfahren.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP AdaptIVe SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- MotorBrain (BMBF) bis 2014: Ansätze der funktionalen Sicherheit von elektrischen Antrieben
- PEGASUS

3.10.6.Frage F51

Forschungsfrage: Kilometer vs. Anzahl Szenarien

Erläuterung: Beim bisherigen „proven-in-use“ Nachweis, wird eine hohe Zahl von Kilometern im Feldversuch gefahren und so die Sicherheit nachgewiesen. Es stellt sich die Frage, ob sich dieser Fahraufwand durch andere Testmethoden, wie zum Beispiel eine validierte Simulation oder eine geschickte Auswahl von Testszenarien, reduzieren lässt.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Anmerkungen:

- Spezialfrage
- „Proven in use“ wird beim autonomen Fahren nicht möglich sein, deshalb muss eine Alternative gefunden werden. Z.B. Inkrementell in dem man bei niedriger Automatisierung die Systeme freifährt. Ansatz könnte im ISO AK besprochen werden.

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP AdaptIVe SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi

- MotorBrain (BMBF) bis 2014: Ansätze der funktionalen Sicherheit von elektrischen Antrieben
- PEGASUS

3.10.7.Frage F52

Forschungsfrage: Welche Anforderungen bestehen an eine Testeinrichtung für vollautomatisierte Fahrzeuge?

Erläuterung: Eine vollständige Testeinrichtung für automatisierte Fahrzeuge geht vermutlich über die bisherigen Testzentren hinaus. Besonders innerstädtische Szenarien erscheinen schwierig. Es stellt sich daher die Frage nach den Anforderungen an eine Testeinrichtung (z.B. ein Testgelände).

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP Adaptive SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- MotorBrain (BMBF) bis 2014: Ansätze der funktionalen Sicherheit von elektrischen Antrieben
- PEGASUS

3.10.8.Frage F53

Forschungsfrage: Wie kann eine Simulation validiert werden?

Erläuterung: Ein mögliches Mittel zum Test von automatisierten Fahrzeugen ist die Simulation. Es besteht bisher jedoch keine ausreichende Möglichkeit, eine Simulation zu validieren, sodass die ermittelten Simulationsergebnisse auch in der realen Welt erzielt worden wären.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie muss eine Simulationsumgebung für automatisierte Fahrzeuge beschaffen sein? Siehe auch : Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP Adaptive SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- PEGASUS

3.10.9.Frage F54

Forschungsfrage: Überführung von real gemessenen Szenarien in Simulationsszenarien

Erläuterung: Zur Automatisierung von Tests besteht die Möglichkeit zur Überführung von real gemessenen Szenarien in eine Simulationsumgebung. Es stellt sich die Frage, wie dies realisiert werden kann.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie muss eine Simulationsumgebung für automatisierte Fahrzeuge beschaffen sein?

Anmerkungen: Spezialfrage

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP Adaptive SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- PEGASUS

3.10.10.Frage F55

Forschungsfrage: Entwicklung von Simulationsmethoden für virtuelle Absicherung

Erläuterung: Es stellt sich die Frage, ob und wie eine Simulationsumgebung als Nachweis für die Funktionsfähigkeit in der realen Welt dienen kann.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie muss eine Simulationsumgebung für automatisierte Fahrzeuge beschaffen sein? Wie kann die Sicherheit von autonomen Fahrzeugen (ASIL D) abgeprüft/abgesichert werden?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP Adaptive SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- PEGASUS

3.10.11.Frage F56

Forschungsfrage: Wie referenziere ich eine Referenz?

Erläuterung: Eine Referenz wird üblicherweise zur Bewertung von Systemen herangezogen. Es stellt sich die Frage, wie man eine Referenz referenzieren kann, wenn diese das technisch Machbare bereits nutzt, um Systeme zu referenzieren.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: Wie muss eine Simulationsumgebung für automatisierte Fahrzeuge beschaffen sein?

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP Adaptive SP2, 2014-2017, europäische Ebene
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- UR:BAN (BMWi) bis 2016

-
- PEGASUS

3.10.12.Frage F57

Forschungsfrage: Zulassen

Erläuterung: Nach dem erfolgreichen Test müssen automatisierte Fahrzeuge für den Straßenverkehr zugelassen werden. Es stellt sich die Frage nach einem Zulassungsprozess für automatisierte Fahrzeuge.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Absicherung, Zulassung, Messtechnik

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: Aktualisierung des Wiener Weltabkommens erfolgte im April 2014. Hier sind nun die UN ECE Arbeitsgruppen gefragt.

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Response IV
- IP AdaptIVe SP2, 2014-2017, europäische Ebene

3.11. Cluster „Wartung“

Aufgrund der steigenden Komplexität steigt auch der Wartungsaufwand der verwendeten Sensorik, Rechnerhardware und Software. In diesem Cluster werden entsprechende Fragestellungen formuliert.

3.11.1. Frage F58

Forschungsfrage: Wie können regelmäßige Updates der Funktionen sichergestellt werden?

Erläuterung: Durch den Verbau von Umfeldsensorik ist es denkbar, dass neue Funktionalitäten über Softwareupdates bereitgestellt werden. Außerdem kann es sein, dass Fehler über Updates behoben werden können. Es stellt sich die Frage, wie diese Updates eingespielt und überprüft werden können.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Wartung

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten: keine bekannt

3.11.2. Frage F59

Forschungsfrage: Prüfbarkeit Langzeitverhalten (Entwicklung + Funktion bei HU)

Erläuterung: Bei der Hauptuntersuchung wird das Fahrzeug auf sichere Funktion untersucht. Dies wird möglicherweise auch eine Prüfung der Systeme zur automatischen Fahrzeugführung beinhalten. Es stellt sich die Frage nach dem Bedarf und der Durchführung der Prüfbarkeit der sicheren Funktionalität.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Wartung

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- Prüfung der Funktion erfolgt ab 2017 im Rahmen der HU (Prüffahrt, Zustandsprüfung und Funktion über HU-Adapter+))

3.12. Cluster „Standardisierung“

Im Hinblick auf eine grenzüberschreitende Nutzbarkeit von automatisierten Fahrzeugen ergeben sich Fragestellungen im Cluster Standardisierung.

3.12.1. Frage F60

Forschungsfrage: Ist ein neuer internationaler Standard für Sicherheitsanforderungen notwendig und möglich? (Unterschiedliche StVO, unterschiedliche Mentalität der Verkehrsteilnehmer)

Erläuterung: Automatisierte Fahrzeuge sollen international vertrieben und auch nach dem Kauf in verschiedenen Ländern genutzt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Straßenverkehrsordnungen und Gepflogenheiten im Straßenverkehr stellt sich die Frage nach einem internationalen (weltweiten) Standard für das Verhalten und die Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Standardisierung

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety

3.12.2. Frage F61

Forschungsfrage: Was sind relevante Standardisierungsinhalte?

Erläuterung: Nicht nur die Straßenverkehrsordnungen, sondern auch Funkstandards, Beschilderung und viele weitere Themenfelder betreffen automatisierte Fahrzeuge. Im Hinblick auf einen grenzübergreifenden Einsatz eines Fahrzeugs stellt sich die Frage nach den Themengebieten, die einer Standardisierung unterzogen werden müssen.

Weiteres Hauptcluster: MMI

Untergeordnetes Cluster: Standardisierung

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: Horizon 2020 MG.3.6-2015

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten:

-
- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
 - UR:BAN (BMWi) bis 2016

3.13. Cluster „Spezialfragen“

In diesem Cluster sind Spezialfragen gesammelt, die nicht direkt in eines der vorhergehenden Cluster passen. Die Fragen zielen meist auf spezielle Ausprägungen von Funktionen oder Technologien ab.

3.13.1. Frage F62

Forschungsfrage: Interaktion im variablen Umfeld, dynamische Fahrstreifenzuteilung.

Erläuterung: Automatisierte Fahrzeuge werden in sich veränderlichen Straßennetzwerken betrieben. Beispielsweise gibt es Fahrstreifen, die je nach erforderlicher Nutzung in wechselnden Richtungen befahren werden. Es ist daher erforderlich, dass sich automatisierte Fahrzeuge mit diesem variablen Umfeld zurecht kommen.

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Spezialfragen

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten: keine bekannt

3.13.2. Frage F63

Forschungsfrage: Betriebliche vs. Private Nutzung Haftung + Programmierung nach Firmenstandards

Erläuterung: Bei der betrieblichen und privaten Nutzung automatisierter Fahrzeuge ergeben sich unterschiedliche Haftungsfragen. Diese müssen detailliert betrachtet und klar geregelt werden. Es ergibt sich auch die Frage, wie die Programmierung automatisierter Fahrzeuge nach Firmenstandards und geltenden rechtlichen Regelungen erfolgen muss und kann, falls automatisierte Fahrzeuge in Betrieben eingesetzt werden.

Weiteres Hauptcluster: GA

Untergeordnetes Cluster: Spezialfragen

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: keine

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten: keine bekannt

3.13.3.Frage F64

Forschungsfrage: Ist es bei der Zulassung zukünftig notwendig nicht mehr Teilsysteme, sondern das Fahrzeug als Gesamtsystem zu betrachten und zu bewerten?

Erläuterung: In modernen Fahrzeugen sind immer mehr elektronische Systeme enthalten. Oftmals werden deren Funktionen nur für sich betrachtet. Auch in den Genehmigungen werden komplexe elektronische Systeme einzeln nach den geltenden rechtlichen Regelungen betrachtet und bewertet (Z.B. R79, R13, R13H,...).

Weiteres Hauptcluster: keines

Untergeordnetes Cluster: Spezialfragen

Zusammenfassung für Projektabgleich: keine

Anmerkungen: Ebenfalls ein Thema für die ECE Arbeitsgruppen.

Förderungsmöglichkeiten: keine bekannt

Aktuelle und geplante Projekte/Aktivitäten: keine bekannt

Fördermöglichkeiten

Im Folgenden sind Fördermöglichkeiten für Projekte zu den Forschungsfragen aufgeführt, die sich bei der Sammlung der Forschungsfragen ergeben haben. Auf eine detaillierte Beschreibung wird hier verzichtet.

- Fördergeber
 - Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
 - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
 - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
 - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Förderung Ziel-/Produktgerichtet
 - Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Grundsatzfragen
 - Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
 - Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)
- Förderprogramme
 - Bundesregierung: 4. Verkehrsforschungsprogramm (geplant)
 - DFG: Schwerpunktprogramm (SPP) Kooperativ interagierende Automobile
 - EU: Horizon 2020
 - SIFOP

4. Projekte und Forschungsaktivitäten

Die folgenden abgeschlossenen und laufenden Projekte beschäftigen sich mit den Forschungsfragen zumindest teilweise. Auf eine ausführliche Projektbeschreibung wird hier verzichtet.

4.1. Abgeschlossen

- Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung, BASt-Bericht F 83, Tom M. Gasser, Clemens Arzt, Mihir Ayoubi, Arne Bartels, Jana Eier, Frank Flemisch, Dirk Häcker, Tobias Hesse, Werner Huber, Christine Lotz, Markus Maurer, Simone Ruth-Schumacher, Jürgen Schwarz, Wolfgang Vogt, Projektgruppe "Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung" (siehe <http://www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-f/2013-2012/f83.html>)
- EFA (Energieeffizientes Fahren) 2014 II (BMBF) gerade zuende; Umfelderkennung, Lokalisierung;
- Absicherungsstrategien für FAS mit Umfeldwahrnehmung FE 82.0546/2012 (Alexander Weitzel, Herrmann Winner, Cao Peng, Sebastian Geyer, Felix Lotz, Mohsen Sefati). Projektbericht aktuell im Druck, erscheint als BASt-Bericht der F-Reihe.

4.2. Aktuell laufend/bewilligt

- IP Adaptive SP2 und SP7, 2014-2017, europäische Ebene (keine Daimler Beteiligung in SP7)
- ISO TC22 SC3 WG16 Functional safety
- ISO 26262 Weiterentwicklung VDA AK 26
- Prüfung der Assistenzfunktion erfolgt ab 2017 im Rahmen der Hauptuntersuchung durch Sachverständigenorganisation (Probefahrt, Zustandsprüfung und Funktion über HU-Adapter+))
- Ko-HAF, nationale Ebene, BMWi
- Adaptive
- Horizon 2020, europäische Ebene
- Funktionale Sicherheit ist Schwerpunkt in aFAS
- Teilaspekte in aFAS und Ko-HAF
- UR:BAN (BMWi) bis 2016
- Ko-FAS (BMWi) bis 2013

-
- MotorBrain (BMBF) bis 2014: Ansätze der funktionalen Sicherheit von elektrischen Antrieben
 - TU9 / CN (BMBF) bis 2015 - sichert C2X-Kommunikation
 - Kooperativ interagierende Automobile (DFG) ab 2015
 - Forschungsprojekt FE 82.0570/2012 (sicherer Zustand)
 - PEGASUS - Projekt zur Etablierung von generell akzeptierten Gütekriterien, Werkzeugen und Methoden sowie Szenarien und Situationen zur Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen

Anhang 3:

Straßeninfrastruktur und Verkehr

- Langfassung -

von

Gerd Riegelhuth/ Nina Müller (Clusterleitung)

Erich Fuchs
Robert Hoyer
Christine Lotz
Jan Ritter

Cluster Straßeninfrastruktur und Verkehr

16.01.2015

1. Straßeninfrastruktur und Verkehr

Das automatisierte Fahren findet in einem festgelegten Rechtsrahmen auf der öffentlichen Straßeninfrastruktur statt und wird Auswirkungen auf die Sicherheit und Effizienz des Straßenverkehrs haben. An die Einführung des automatisierten Fahrens ist u. a. die Erwartung geknüpft, dass die Verkehrssicherheit und Verkehrseffizienz gegenüber dem Status quo verbessert und damit letztlich auch verkehrsbedingte Emissionen weiter gesenkt werden können. Es gibt bisher keine fundierten Erkenntnisse, in welchem Maße sich diese Erwartungen erfüllen werden.

Insbesondere das hochautomatisierte Fahren mit einem temporären Rückzug des Fahrers aus der Kontrolle über sein Fahrzeug ist auf das fehlerfreie Funktionieren aller fahrzeugseitigen Sensor- und Steuerungssysteme angewiesen. Ein probates Mittel diesbezüglich sind redundante Systeme zur Umgebungserfassung und -interpretation sowie Rückfallebenen für den Ausfall von Teilsystemen. Das Funktionieren der fahrzeugseitigen Systeme könnte wiederum das Vorhandensein einer baulichen und verkehrstechnischen Infrastruktur in ausreichender Verfügbarkeit und Qualität voraussetzen. Bisher fehlen jedoch für die Vorbereitung des (hoch)automatisierten Fahrens notwendige Erkenntnisse, welche Anforderungen das Straßenumfeld und die Infrastruktur in Abhängigkeit des Automatisierungsgrades bestehen. Es stellt sich die Frage, ob und in welchem Maße für die Vermittlung von verkehrsregelnden Informationen neben der visuellen Erfassung von Verkehrsschildern, Lichtsignalen und Markierungen ein zweiter nichtvisueller Informationskanal durch die Infrastruktur bereitgestellt werden muss, um ein jederzeit sicheres und effizientes Fahren gewährleisten zu können. Von besonderem Interesse sind hierbei die zu erwartenden Kosten für die ggf. zusätzliche Infrastrukturausrüstung, die möglichen Ausbaustufen und denkbare Betreibermodelle.

Das hoch- und vollautomatisierte Fahren benötigt eine hinreichende Zeitreserve für die Übergabe der Fahraufgabe an den Fahrer für den Fall, dass sich eine Überforderung der fahrzeugseitigen Automatik abzeichnet. Während dieser Zeit können Fahrzeuge mehrere hundert Meter zurücklegen, sodass sich entsprechende Situationen wohl nicht mehr mit der fahrzeugseitigen Sensorik identifizieren lassen. Auch die Vernetzung mehrerer Fahrzeuge für den Informationstransport scheint insbesondere bei einer geringen Ausstattungsrate intelligenter Fahrzeuge im Verkehrsraum zu unsicher. Diesbezüglich ist zu klären, welche Informationen in welcher Qualität infrastrukturseitig bereitgestellt werden müssen, und wer dafür verantwortlich zeichnet.

Schließlich muss davon ausgegangen werden, dass es auch bei einer zukünftigen Vollausrüstung immer noch Verkehrsteilnehmer geben wird, die nicht automatisch fahren und sich dadurch einer gemeinsamen Kooperationsstrategie für das hoch automatisierte Fahren entziehen können.

Im Folgenden wird der Forschungsbedarf im Cluster Straßeninfrastruktur und Verkehr dargelegt. Die aus den Diskussionen abgeleiteten Forschungsfragestellungen werden in Tabellenform aufgelistet, **Kernpunkte** und **Kernfragen** werden hervorgehoben. Schnittstellen zu anderen Clustern werden hier unter Verweis auf den entsprechenden Cluster genannt, aber nicht weiter vertieft.

Zunächst sind die funktionellen Anforderungen des hochautomatisierten Fahrens an die Straßeninfrastruktur zu ermitteln. Diese ergeben sich aus bestehenden und zukünftigen Funktionen automatisierten Fahrens und den fahrzeugseitig erforderlichen Informationen für den verkehrssicheren Betrieb. Wiederum daraus können Anforderungen an die Straßeninfrastruktur und das Verkehrsmanagement abgeleitet werden.

Da die Einführung des hochautomatisierten Fahrens nur schrittweise vonstattengehen kann, ist die Betrachtung des Mischverkehrs in den verschiedenen Ausbaustufen essentiell. Nicht nur die Gewährleistung von Verkehrssicherheit und –effizienz sind hier wichtig, sondern auch die Akzeptanz seitens der Nutzer. Diese ist für die zügige Erhöhung der Ausstattungsrate und damit auch für den Systemausbau grundlegend.

Ausbaustufen und Anforderungen an die Straßeninfrastruktur sind direkt miteinander verknüpft, weshalb sie hier gemeinsam betrachtet werden. Die im folgenden Abschnitt zu ermittelnden Auswirkungen auf die Verkehrseffizienz und –sicherheit werden ihrerseits Einfluss auf die Planung der Ausbaustufen haben. Daher sind die Abschnitte 2 und 3 ineinandergreifend.

Die ermittelten Anforderungen fließen in die Informationstechnologie ein: Es gilt nicht nur geeignete Systemarchitekturen und Datenstrukturen zu entwickeln, sondern auch die Systemsicherheit insbesondere auch auf der organisatorisch-institutionellen Ebene zu gewährleisten. Hierfür sind neue Testmethoden zu erarbeiten. Da es hier noch keine Referenzen gibt, ist in dieser Hinsicht ebenfalls Forschungsbedarf vorhanden.

Schließlich werden durch die neuen Systeme noch nicht dagewesene Anforderungen an das Straßenverkehrsrecht gestellt. Auf diese wird hier nur hinsichtlich der technischen Aspekte eingegangen und im Weiteren auf die AG Recht verwiesen.

Wichtig ist auch der Umgang mit Systemausfällen und Notsituationen. Mangels existierender Referenzsysteme besteht hier ebenfalls Forschungsbedarf.

Um die Infrastrukturseite des automatisierten Fahrens strukturiert entwickeln und sicher betreiben zu können, müssen von vorneherein strategische Aspekte diskutiert werden: Die bisherigen Rollen müssen unter Berücksichtigung der geänderten Anforderungen neu definiert werden, neue Kooperationen können sinnvoll und neue Stakeholder gefordert sein.

1.1. Der Begriff Straßenumfeld

Der Begriff „Straßenumfeld“ soll in diesem Kontext bewusst weit gefasst werden und alle für das automatisierte Fahren erforderlichen, nicht fahrzeugseitig vorhandenen Elemente enthalten. Neben der baulichen, verkehrstechnischen und informationstechnischen Infrastruktur werden im Weiteren äußere Einflüsse wie das Wetter behandelt.

Die bauliche Infrastruktur umfasst die Straße als Bauwerk. Zur verkehrstechnischen Infrastruktur zählen alle Einrichtungen, die über Verbote, Gebote sowie Informationen Auswirkungen auf das Verkehrsgeschehen haben und die die dazu erforderlichen Voraussetzungen beispielsweise zur Datenaufbereitung erbringen. Die informationstechnische Infrastruktur beinhaltet die für das automatisierte Fahren bereitgestellten Daten sowie alle Einrichtungen zur Erzeugung und Pflege dieser Daten, zur Datenübertragung und direkten (bi-direktionalen) Kommunikation.

1.2. Funktionen automatisierten Fahrens

Um die Anforderungen des hochautomatisierten Fahrens an die Straßen- und IT-Infrastruktur zu ermitteln, muss definiert werden, welche notwendigen Funktionen Fahrzeug und Straße ausführen und welche Dienste zusätzlich zur Verfügung gestellt werden (Use Cases). Es muss festgelegt werden, wie sich das Fahrzeug bei verschiedenen Verkehrszuständen verhält, im Freifluss- und Stauverkehr (in zu definierenden Unterstufen), und wie es auf bestimmte Verkehrssituationen reagiert.

Die Funktionen des Fahrzeuges, die Informationen von Seiten der Infrastruktur benötigen, sind hier festzulegen, die Ein- und Ausgangsdaten müssen definiert werden. Weiterhin kann die Infrastruktur eigene Funktionen, wie Verkehrs- und Streckenbeeinflussungsmaßnahmen, anbieten sowie Daten zu Verkehrslage und Gefahrensituationen zur Verfügung stellen.

Das Maß der Anforderungen richtet sich nach den verschiedenen Ausbaustufen bzw. Ausstattungsgraden. Es ist auch der inkrementelle Bedarf je Stufe zu ermitteln.

Aus den Anforderungen ergeben sich die folgenden Forschungsbereiche:

- *I2C- und C2I-Funktionen:* Zunächst müssen die Funktionen ermittelt werden, die zur Gewährleistung eines sicheren Verkehrsablaufes nötig sind. Sie umfassen unter anderem das Senden des eigenen Zustandes (mindestens Geschwindigkeit und Position) mit einer hinreichenden Genauigkeit. Hier können die Ergebnisse verschiedener Forschungsprojekte hinzugezogen werden, die zu kooperativen Verkehrssystemen durchgeführt wurden und werden. Zu nennen sind hier vor allem die Projekte SIM^{TD} (www.simtd.de), Ko-FAS (www.kofas.de), DRIVE-C2X (<http://www.drive-c2x.eu>) und CONVERGE (www.converge-online.de), die mehrere Technologien für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur vereinen und im Zusammenspiel testen. Diese kooperativen Dienste stellen keine Kerntechnologien des automatisierten Fahrens dar. Allerdings sind sie zur Vervollständigung der Datenbasis zur Repräsentation des Verkehrsumfeldes notwendig.
- *Informationsdienste:* Zur Vervollständigung der Informationen, die aus C2C-Kommunikation gewonnen werden, werden Informationsdienste herangezogen, die durch die Straßeninfrastruktur bzw. den Infrastrukturbetreiber zur Verfügung gestellt werden. Sie beinhalten unter anderem Daten über Änderungen im Verkehrsablauf und im Straßenverlauf, z.B. über Unfälle, Spursperrungen oder Änderungen der Verkehrsführung z.B. bei Großereignissen. Hier sind die Projekte SIM^{TD} und LENA4ITS zu berücksichtigen. Sie behandeln einerseits die Erfassung der Verkehrslage durch die Verkehrszentrale in Kombination zur Erfassung durch die Fahrzeuge, und andererseits anschließende Maßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung durch Informationsweitergabe an Navigationssysteme bzw. direkt an den Fahrzeugführer.
- *Zusätzliche Dienste:* Neben den für einen sicheren Verkehrsablauf notwendigen Diensten können auch optionale Dienste angeboten werden.

Nr.	Forschungsfrage/ Forschungsbedarf
1	Wie wird mit widrigen Bedingungen (Sichtbarkeit von Markierungen, Schildern, fehlender Seitenstreifen) umgegangen?
2	Inwieweit sind Gebote und Verbote wie z.B. Geschwindigkeitsbegrenzungen, allein als Beschilderung als Anweisung für das hochautomatisierte Fahren hinreichend? Muss es hier Korrekturen oder abweichende bzw. ergänzende Informationen in der digitalen Karte geben? Ist eine zusätzliche Kommunikationsbasis für die Fahrzeuge notwendig?
3	Müssen Beschilderungen, Signale und Markierungen sowie deren Wirkbereich (insbesondere die Aufhebung) vor Ort oder zentral in Form einer digitalen Karte redundant identifizierbar sein?
4	Wie ist mit nicht konsistenten Informationen zur Beschilderung oder zum Verkehrs- und Straßenzustand, gewonnen aus der bordeigenen Sensorik (bspw. Kamera, Radsensoren), aus der digitalen Karte und aus den infrastrukturseitig gelieferten Verkehrs- und Umfelddaten umzugehen?
5	In welchem Umfang sollten Korrekturinformationen an die Infrastruktur oder andere Fahrzeuge direkt gemeldet werden?
6	Wie kann die Verkehrsregelung, beispielsweise durch die Polizei, berücksichtigt werden?
7	Wie können Fahrzeuge mit Sondersignalen kooperativ priorisiert werden?
8	Im Fall einer kooperativen hochautomatisierten-Kolonne: Wie wird mit einem Ausfall innerhalb der Kolonne umgegangen? Wie wird das Verlassen der Kolonne umgesetzt?
9	Wie funktioniert der Übergang in den risikoarmen Zustand ohne Seitenstreifen?

1.3. Anforderungen aus der Interaktion Straßeninfrastruktur und Fahrzeuge

Nach der Definition der Funktionen und der Ausbaustufen, ist der aktuelle Ausstattungszustand von Straßeninfrastruktur und informationstechnischer Infrastruktur zu ermitteln.

Anschließend wird der Ausstattungsbedarf für hochautomatisiertes Fahren festgestellt, wobei zunächst die Fälle des weitest möglichen Ausbaus und des **Minimalausbaus** betrachtet werden. Daraus kann unmittelbar der **stufenweise Ausbaubedarf** – sofern vorhanden – abgeleitet werden.

Die Fragen, ob und ggf. um welchen Faktor Qualität, Integrität und Verfügbarkeit als Voraussetzung für das automatisierte Fahren angehoben werden müssen, soll in diesem Zuge beantwortet werden; ebenso die Frage, ab welcher Stufe qualitativ zusätzliche verkehrstechnische Ausrüstung (Straßenausstattung und Telematik) gebraucht wird.

Zudem ist zu untersuchen, welche Anforderungen sich an hochautomatisierte Fahrzeuge aus der Beschaffenheit und dem Zustand des Straßenumfelds (ab dem Zeitpunkt der Nutzung von Umfeld und Infrastruktur durch hochautomatisierte Fahrzeuge) im Hinblick auf die Sicherstellung eines effizienten und sicheren Verkehrsablaufs ergeben.

Hinsichtlich Organisation und technischen Gesichtspunkten soll der Aufwand eines eventuellen Ausbaus abgeschätzt werden. Auch sollen die Ausbaustufen einzeln betrachtet werden, und ein Zeitrahmen abgesteckt werden. Auf Grundlage des ermittelten Aufwands ist die Machbarkeit unter Berücksichtigung bestehender und zukünftiger Betreibermodelle zu bewerten.

Die Interaktion zwischen den Systemen Infrastruktur und Fahrzeug soll konzeptionell betrachtet werden. Beispielsweise gilt es zu untersuchen, ob und wie die Infrastruktur bei **Notfällen**, wie z.B. der Rückübernahme der Fahraufgabe durch den Fahrer, unterstützend eingreifen kann. Dies können beispielsweise Funktionen aus dem Bereich Telematik oder auch Eigenschaften der Straßenausstattung sein.

Es ist zu analysieren, wie aktuell genutzte Technologien in der Straßeninfrastruktur wie z.B. DORA¹ oder ASDA/FOTO² weiter verwendet werden können, oder ob und wie sie schrittweise durch neue Elemente zu substituieren sind. Forschungsprojekte, die kooperative Technologien erforschen und testen, wie z.B. UR:BAN (<http://urban-online.org/>), DRIVE-C2X oder Testfeld Telematik (<http://www.testfeld-telematik.at/>) können hierzu Anhaltspunkte liefern.

Diese erleichtern auch die Bestimmung von Architektur Anforderungen an die Straßeninfrastruktur, insbesondere die Identifikation für das hochautomatisierte Fahren geeigneter bzw. ungeeigneter Elemente und Topologien und ihrer Merkmale.

Aus den ermittelten Anforderungen kann auf den Handlungsbedarf bei den Baulasträgern oder neuen Stakeholdern (vgl. Abschnitt 2.4.8) geschlossen werden. Ein Konzept für den Systembetrieb und die Einbettung in zukünftige Systeme sollte erarbeitet werden.

¹ Dynamische Ortung von Arbeitsstellen

² ASDA/Automatische Staudynamikanalyse - Verfahren zur Verfolgung von Stau
FOTO - Verfahren zur Verfolgung des Verkehrszustandes „Synchronisierter Verkehr“

Nr.	Forschungsfrage/ Forschungsbedarf
1	Ab welchem Funktionsumfang wird gegenüber dem Status quo zusätzliche verkehrstechnische und bauliche Infrastruktur benötigt? Gibt es besonders hochautomatisierungs-geeignete bzw. -ungeeignete Infrastrukturelemente, die bei einem Roll-out gesondert berücksichtigt werden müssten? Wodurch zeichnen sich hochautomatisierungs-geeignete Infrastrukturelemente bzw. -topologien aus? Reicht die Qualität der bestehenden Beschilderungen und Markierungen aus? Welchen Handlungsbedarf gibt es für Baulastträger?
2	Gibt es Anforderungen an den Erhaltungszustand? Welche sind die Minimalanforderungen an die Infrastruktur?
3	Um welchen Betrag muss die Qualität, Integrität und Verfügbarkeit der infrastrukturseitig gelieferten Daten gegenüber dem Status Quo angehoben werden? Welcher Aufwand entsteht dadurch? Welcher Anpassungsbedarf besteht bezüglich der Zustandserfassung und –bewertung sowie Unterhaltung für Gegenstände der Straßenausstattung (Verkehrszeichen, Markierungen, ...)? Müssen ggf. neuartige Daten erhoben und zur Verfügung gestellt werden?
4	Welcher Markierungsart wird welche Priorität für das automatisierte Fahren zugeordnet (Fahrbahnbegrenzung, Fahrstreifenbegrenzung, Leitlinien, etc.)? Weiß- und gelbe Markierungen, die parallel verlaufen: Können die fahrzeugseitigen Systeme diese ohne weiteres unterscheiden?
5	Besteht Anpassungsbedarf hinsichtlich der bestehenden Anforderungen gemäß ZTV M 13 für die für das hochautomatisierte Fahren benötigten Markierungen?
6	Vergleich der Anforderungen, die in Bezug auf den Nutzer „Mensch“ oder „automatisiertes Fahrzeug“ an Verkehrszeichen und Markierungen abgeleitet werden.
7	Wie kann bzw. muss eine Referenzarchitektur aussehen? Gibt es Unterschiede zur derzeitigen IVS-Architektur? Wie kann die IVS-Architektur weiterentwickelt werden?
8	Wie kann eine eindeutige "passive" Infrastruktur sichergestellt werden? (klare Signalgeberzuordnung, Baustellenkennzeichnung, Wirkungsbereiche von Verkehrszeichen (insbesondere auch Aufhebungen))
9	Wie ist die funktionale und technische Verträglichkeit mit konventionellen und kommenden kooperativen IVS?

1.4. Verkehrssicherheit und –effizienz

Die bisher verwendeten Modelle zur Berechnung und Vorhersage des Verkehrsflusses gehen von einer individuellen Motivation der Fahrzeugführer aus. Autonome Fahrzeuge verhalten sich anders als die individuell gesteuerten. Wenn dann auch noch Informationen über die Verkehrslage, in der direkten Umgebung oder auch global, vorliegen, wird sich das Verhalten der autonomen Fahrzeuge weiter verändern. Daher werden neue Verkehrsmodelle gebraucht, die dieses mit einbeziehen und auch verschiedene Ausstattungsstufen quantitativ berücksichtigen.

Die Berichte "Effects of Cooperative Adaptive Cruise Control on Traffic Flow: Testing Drivers' Choices of Following Distances" von S.E. Shladover et al. sowie "The impact of cooperative adaptive cruise control on traffic-flow characteristics" von B. van Arem et al. ([1] und [2]) können hier z.B. betrachtet werden.

Neben der Ausstattungsrate sollen verschiedene Automatisierungsstufen bis hin zum hochautomatisierten, selbststeuernden Fahrzeug untersucht werden.

Zusätzlich sollten auch Fälle betrachtet werden, in denen Fahrzeuge eine unkooperative oder sogar destruktive Fahrweise zeigen, wenn keine Assistenzsysteme vorliegen bzw. wenn sie ausgeschaltet wurden. Ein Spezialfall liegt hier bei der Berücksichtigung „übersehener“ Beschilderung oder in Situationen, die Geschwindigkeitsbeschränkungen aufheben (bspw. bei Ende der angezeigten Gefahr).

Hier stellt sich auch die Frage, ob und in welcher Art und Weise es sich auf den Verkehr auswirkt, wenn automatisierte Fahrzeuge ihren Status nach außen kommunizieren. Andere Verkehrsteilnehmer können dann erkennen, ob sich das Fahrzeug im automatisierten Modus befindet oder nicht.

Die Anpassung der Verkehrsmodelle erlaubt Untersuchungen, durch die auf das wirtschaftliche Sparpotential durch autonomes Fahren geschlossen werden kann. Der Effekt auf Straßenkapazität und damit auch der Verkehrsleistung ist durch entsprechende Studien zu beziffern. Dabei sollte auch die zukünftige demografische Entwicklung einbezogen werden. Eine höhere Verkehrseffizienz erhöht, vor allem durch die Stauvermeidung, den Nutzen für die Umwelt, da insgesamt geringere Emissionen auftreten. Dieser erwartete Nutzen ist zu quantifizieren.

Nicht nur die Effizienz, sondern vor allem die Verkehrssicherheit soll durch das autonome Fahren verbessert werden. Um festzustellen, welcher Fortschritt hier erzielt werden kann, sollen geeignete Untersuchungen durchgeführt werden. In Kombination mit der Erforschung von Unfallursachen können gezielt riskante Verkehrssituationen identifiziert und vermieden werden, wie z.B. die Gefährdung von Betriebspersonal auf Autobahnen, Baustellendurchfahrten oder das Abbremsen am Stauende. Die Behandlung dieser Situationen variiert je nach Ausbaustufe, weshalb diese einzeln betrachtet und quantitativ bewertet werden sollen.

1. Hier könnten z.B. die Studie der TU Dresden im Auftrag der UDV zu Unfällen im Baustellenbereich auf Autobahnen und der Artikel "Sensitivity analysis of CORSIM with respect to the process of freeway flow breakdown at bottleneck locations" von A. Kondyli einbezogen werden ([3] und [4]).

Nr.	Forschungsfrage/ Forschungsbedarf
1	Wie wirkt sich das hochautomatisierte Fahren (quantitativ) auf die Verkehrssicherheit aus? Können Infrastrukturmaßnahmen die Sicherheitswirkung automatischer Fahrfunktionen unterstützen?
2	In welchem Umfang kann Hochautomatisierung die typischen Unfallursachen auf Landstraßen reduzieren?
3	Welche Probleme kann es im Mischverkehr geben?
4	Ergeben sich Sicherheitsrisiken für nicht hochautomatisiert fahrende Verkehrsteilnehmer?
5	Wie funktioniert die Kooperation zwischen den Verkehrsteilnehmern auf der funktionalen und der technischen Ebene? Was kann die Kooperation funktional und/oder technisch stören?
6	Tragen hochautomatisierte Fahrzeuge zu Instabilitäten im Verkehrsfluss bei hohen Belastungen bei? In welchem Maße können (teil-)ausgefallene hochautomatisierte Fahrzeuge zu Instabilitäten beitragen? Trägt die Rückübernahme der Kontrolle durch den Fahrer zu Instabilitäten bei?
7	Wie kann die Infrastruktur die Zeitreserve für eine ggf. erforderliche Aufforderung zur Rückübernahme durch den Fahrer vergrößern und welcher Sicherheitsgewinn ist hierdurch zu erwarten?
8	Was passiert, wenn regelkonformes hochautomatisiertes Fahren auf regelwidriges Fahrverhalten trifft?
9	Wie wirkt sich autonomes Fahren in den verschiedenen Ausbaustufen (quantitativ) auf die Verkehrseffizienz aus?
10	Wie verändert sich der Verkehrsfluss durch automatisiertes Fahren (auch in Abhängigkeit der Ausstattungsrate)? Ab welchem Durchsetzungsgrad wirkt sich hochautomatisiertes Fahren in welcher Weise auf den Verkehr aus?
11	Sollten Lenkungsstrategien dem Systemoptimum oder dem Nutzeroptimum folgen?
12	In welchem Maße können hochautomatisierte Fahrzeuge die Kapazität erhöhen, bspw. durch sichere Nutzung des Überholfahrstreifens im Baustellenbereich oder durch zügiges Anfahren aus dem Stau heraus?
13	Verkehrsflussmodelle sind heute Grundlage von vielen Planungen (z.B. Investitionen, Regelungen). Diese Modelle beruhen auf dem Verhalten des Menschen im Straßenverkehr. Welche Modelle gelten zukünftig?
14	Kann/sollte es für hochautomatisierte Fahrzeuge andere Abstandsregeln geben?
15	Wie betten sich hochautomatisierte Fahrzeuge in kooperative Verkehrssysteme ein? Welche Szenarien sind denkbar?
16	Welche Notwendigkeit einer Verhaltenskooperation etwa beim Einfädeln oder Fahrstreifenwechsel ergibt sich? Kommt es dadurch zu Kapazitätsverlusten?
17	Wie sind die Auswirkungen auf den Modal Split? Was passiert mit dem (straßengebundenen) ÖV?

1.5. Anforderungen an die Informationstechnologie

In der zukünftig notwendigen Infrastruktur für hochautomatisierte Fahrzeuge wird die Informationstechnologie mit allen ihren Ausprägungen (Datenbereitstellung, -sicherheit, -aktualität, -genauigkeit) eine entscheidende Rolle spielen. Bei allen bisherigen hochautomatisierten Showcases sind hochgenaue digitale Karten eine unverzichtbare Grundlage. Deshalb müssen Inhalte und Standards für digitale Karten, die für Hochautomatisierung geeignet sind und weit über die Genauigkeit von heute verfügbaren Navigationskarten hinausgehen, definiert werden. Dies schließt auch eine **standardisierte Datenrepräsentation** von relevanten Objekten und Elementen, die in solchen Karten dargestellt werden, mit ein. Ohne standardisierte Datenrepräsentation ist ein Datenaustausch zwischen Fahrzeugen sowohl untereinander als auch mit der Infrastruktur unnötig erschwert, was wiederum negative Auswirkungen auf die Schaffung kooperativer Lösungen hat. Als zentrale Fragen bleiben hier (immer noch) die Generierung solcher hochgenauer, standardisierter digitaler Karten, die Möglichkeiten, diese aktuell zu halten, und die Gewährleistung einer permanenten Korrektheit dieser Karten bei hoher Verfügbarkeit. Auch die Frage, wer für diesen Teil der Infrastruktur in einer endgültigen Lösung verantwortlich ist, ist noch nicht geklärt.

Ferner wird eine globale, sehr genaue Fahrzeugeigenlokalisierung für kooperative Anwendungen unumgänglich sein. Für sicherheitsrelevante Anwendungen muss ein hochautomatisiertes Fahrzeug sehr genau wissen, wo es sich global auf der Erde befindet. Nur so kann auch ein Nachrichtenaustausch (z.B. über Objekte der Infrastruktur) zwischen den Fahrzeugen untereinander und mit der Infrastruktur die erforderliche Genauigkeit erreichen (Stichwort: kooperatives Lernen, Cloudlösungen). Voraussetzungen für eine ausreichend genaue Fahrzeugeigenlokalisierung (weit jenseits einer GPS-Genauigkeit) ist auch das Vorhandensein der dafür notwendigen (digitalen) Infrastruktur, z.B. in Form von Landmarken in hoch genauen digitalen Karten oder in Form von positionsgebenden Infrastrukturelementen.

Insgesamt ist die ganze Denkweise (auch für Hochautomatisierung) noch sehr fahrzeugorientiert und auf das einzelne Fahrzeug bezogen. Für den Übergang von Einzellösungen für hochautomatisiertes Fahren zu einem gemischten Verkehr ist aber ein Wechsel von einer nur fahrzeugzentralen Umgebungspersonal zu einer kooperativen gemeinsamen Umgebungs- und Situationserfassung notwendig.

Nur so lassen sich kooperative Lösungen für die Situationsbewertung, die Entscheidungsfindung, Trajektorienplanung und für den Informationsgewinn durch gemeinsames Lernen realisieren. Dafür ist eine standardisierte digitale Infrastruktur unverzichtbar, angefangen bei hoch genauen digitalen Karten. Teile dieser Themen wurden bereits in von der EU geförderten Projekten als nächste notwendige Schritte identifiziert, aber noch nicht umgesetzt. Im Kommunikationsbereich gibt es bereits Ansätze in Richtung Standardisierung (Converge, SIM^{TD}), dagegen fehlen solche Ansätze für die darunter liegenden Daten. Im geplanten Projekt Ko-HAF werden prototypisch einige Aspekte des kooperativen Lernens von Infrastrukturkomponenten behandelt, aber bei weitem kann dies nicht erschöpfend erfolgen. Zusammenfassend bleiben folgende Stichpunkte zu behandeln:

- Hochgenaue digitale Karten
 - o Generierung
 - o Aktualität und Genauigkeit
 - o Hohe Verfügbarkeit

Neben Eigenlokalisierung und Umfeldinformation sind die Anforderungen an Daten und Datenübertragung hinsichtlich Standards, Qualität und Informations- und Kommunikationstechnologie zu definieren. Dazu zählen auch die Identifikation zwingend notwendiger Basisinformationen sowie weiterer erforderlicher Daten aus der Infrastruktur.

Weiterhin muss die Datensicherheit gewährleistet werden; Konzepte zu Redundanzen bzw. Rückfallebenen sind auszuarbeiten, um Ausfallsicherheit zu erreichen; ein integriertes Sicherheitskonzept muss ausgearbeitet werden.

Hier gilt es ebenfalls, das gegenwärtige Rollenmodell zu überarbeiten, um die **Verantwortlichkeit für die digitale Infrastruktur** festzulegen.

Nr.	Forschungsfrage/ Forschungsbedarf
1	Standardisierung von Datenformaten und Übertragungsprotokollen
2	Welche Standards für die Kommunikationsinfrastruktur gibt es bereits, welche werden darüber hinaus noch benötigt?
3	Welche Daten, Informationen und Funktionen müssen dem in welcher Qualität extern bereitgestellt werden?
4	Welche Informationen <u>müssen</u> den hochautomatisierten Fahrzeugen unter Berücksichtigung des Automatisierungsgrades und mit Blick auf notwendige informationelle Redundanzen und Rückfallebenen für den verkehrssicheren Betrieb zwingend geliefert werden? Welche Informationen sind darüber hinaus hilfreich?
5	Welche Aktualität, Integrität und Verfügbarkeit müssen die erforderlichen Daten und Informationen der Infrastruktur wie etwa zur (Mikro-)Verkehrslage, zum Straßenzustand und der digitalen Karte haben? (Stichwort LOS: Level of Service)
6	Wie groß muss die Verfügbarkeit benötigter Daten im hochautomatisierten Fahrzeug sein, welche Konsequenzen haben Ausfälle, wie wird mit diesen umgegangen?
7	Definition von Inhalten und Standards für digitale Karten, die für Hochautomatisierung geeignet sind, einschließlich einer standardisierten (Daten-)Repräsentation der Objekte in diesen Karten
8	Welche Qualität der digitalen Karte ist erforderlich und wird voraussichtlich verfügbar sein?
9	Welche Möglichkeiten und Verfahren gibt es, digitale Karten, die für Hochautomatisierung geeignet sind, aktuell und korrekt zu halten?
10	Welche Sicherheit / Aktualität der Umfelddaten kann das Backend / ein Safety Server gewährleisten?
11	Wie hoch muss die Daten-Überwachungsichte bei externen Servern sein? In welchem Maße muss die Ausfallsicherheit der Funktionskette gewährleistet werden? Wer ist hier zuständig?
12	Welche Anforderungen an die Kommunikationstechnologien ergeben sich aus Funktion und Architektur des hochautomatisierten Fahrens?
13	Inwieweit kann durch die fahrzeugseitige Erfassung der Mikroverkehrslage in der Fahrzeugumgebung einschließlich des Gegenverkehrs durch vorhandene Kameras oder andere Hochautomatisierungs-Sensorik und mit deren Weitergabe an andere Fahrzeuge über C2C und C2I der Wahrnehmungshorizont so erweitert werden, dass bspw. Verdeckungen erkannt werden können? Wie groß ist dadurch der Gewinn hinsichtlich Verfügbarkeit, Redundanz und Reaktionszeit?
14	Wie können die Belange des Datenschutzes geregelt werden?
15	Wie ist die Verträglichkeit mit konventionellen IVS (VBA, SBA, ...)? Gibt es strategische Konflikte bei der Verkehrslenkung?

1.6. Testmethoden

Die Fahrzeuge werden auf lange Sicht dem Fahrer die Fahraufgabe vollständig abnehmen. Da dies ein Zusammenspiel vieler komplexer Methoden voraussetzt und die Folgen eines Fehlverhaltens fatal sein können, müssen ausführliche Systemtests durchgeführt werden.

Als System wird hier die Gesamtheit aller am hochautomatisierten Fahren beteiligten Komponenten bezeichnet: Fahrer, Fahrzeuge, Straßeninfrastruktur sowie die informationstechnologische Infrastruktur. An dieser Stelle nicht einbezogen sind rechtliche Instanzen.

Bisher wurde noch kein in Bezug auf Funktion und Umfang vergleichbares System implementiert, was zur Folge hat, dass keine Testkonzepte als Referenzen verwendet werden können und ein neues, vollständiges Konzept erstellt werden muss.

Die Funktionen müssen einzeln, in ihrer jeweiligen Umgebung und auch im Gesamtzusammenhang getestet werden. Das heißt, dass z.B. die Positionserkennung auf Richtigkeit überprüft werden muss; weiterhin muss geprüft werden, ob die Daten zentralenseitig korrekt verarbeitet werden und auch, ob sie korrekt an das Gesamtsystem übermittelt werden. Für alle Funktionen, die infrastrukturseitig beteiligt sind, also baulich, straßenverkehrs- und informationstechnisch, müssen Testmethoden erarbeitet werden. Die Priorisierung von Tests und Fehlerabfang erfolgt durch eine Risikoanalyse.

Einige Forschungsprojekte, z.B. City Mobil (www.citymobil-project.eu) und SIM^{TD} (<http://www.simtd.de>) setzen bereits Teilfunktionen um. Aus diesen Projekten können Tests für Teilfunktionen abgeleitet werden.

Je nach Ausbaustufe steigt die Komplexität des Systems und damit auch die der Systemtests. Das Testkonzept sollte daher die Stufen zunächst einzeln betrachten, gleichzeitig aber auch die Entwicklungen der nächsten Stufe insoweit mit einbeziehen, dass die Voraussetzungen für den kommenden Ausbauschritt gegeben sind.

1.7. Umgang mit Notfällen und Systemausfällen

Falls es trotz Tests und Sicherheitsmaßnahmen zu Systemausfällen kommt, müssen Strategien erarbeitet werden, wie damit umgegangen werden soll. Ein Beispiel wäre der Ausfall von Informationskanälen. In diesem Falle könnte ein Bestandteil der Positionsbestimmung der Fahrzeuge wegfallen oder auch die Informationen zur Verkehrslage. Hier ist zwischen Ausfällen bei einem einzelnen Verkehrsteilnehmer und Ausfällen, die ein Kollektiv betreffen, zu unterscheiden, außerdem zwischen Teilausfällen, die z.B. einen von mehreren redundanten Kanälen betreffen, und Totalausfällen, bei denen eine ganze Funktion nicht mehr zur Verfügung steht.

Für Notfälle, also z.B. Unfälle oder Naturereignisse, müssen Managementstrategien erarbeitet werden. Dabei können die Arten und Ursachen von Notfällen vielfältig sein: ein Fahrzeug verunfallt, ein Mensch in einem Fahrzeug erleidet einen medizinischen Notfall, die Straße ist beschädigt oder nicht befahrbar etc.

Ein Notfall kann auch aus einem Systemausfall oder einer Fehlfunktion resultieren. Eine Risikoanalyse erlaubt eine Einschätzung potentieller Notfälle und deren Folgen. Zwei Studien der UDV zu Fahrerassistenz bzw. infrastrukturgestützter Fahrerassistenz können hier herangezogen werden ([5] und [6]).

Nr.	Forschungsfrage/ Forschungsbedarf
1	Welche Anforderungen an die Infrastruktur ergeben sich im Hinblick auf Notfälle und Systemausfälle?
2	Wie funktioniert der Übergang in den risikoarmen Zustand ohne Seitenstreifen?

1.8. Strategische Aspekte und Rollenmodelle

Durch die neue Technologie werden sich Straßeninfrastruktur und Verkehr verändern. Die Anforderungen an die Straßeninfrastruktur werden sich zunehmend in Richtung Informationstechnologie verlagern, weshalb die bisherigen **Rollenmodelle** überarbeitet werden müssen. Die Unterschiede in den Anforderungen müssen analysiert und klassifiziert werden; neue **Kooperationsmodelle** gefunden werden. Eventuell müssen neue Stakeholder eingebunden werden.

Vor allem ist eine **Strategie** zu entwickeln, die die Vorgehensweise zur **Einführung des hochautomatisierten Fahrens** in das Verkehrsumfeld beschreibt (Deploymentstrategie). Nach einer Bestandsanalyse und der in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Forschung kann abgeschätzt werden, wie und in welcher Reihenfolge neue Funktionen eingesetzt werden und inwieweit die Integration in bestehende Systeme möglich ist. Außerdem kann dann eine Aufwandsschätzung durchgeführt werden.

Da die Einführung voraussichtlich stufenweise erfolgen wird, sollte die Definition der Ausbaustufen Teil der Strategie sein.

Zu Beginn der Einführung werden Fahrzeuge mit fortgeschrittenen Assistenzsystemen ein Hindernis im fließenden Verkehr darstellen. Dies ist heute schon beim Abstandsregeltempomat (Automatic Cruise Control) zu beobachten. Durch den regelkonformen Abstand zum Vorgängerscheren vor dem ausgestatteten Fahrzeug kontinuierlich weitere Fahrzeuge ein, was den Abstandsregler zu einer Reduktion der Geschwindigkeit veranlasst usw. Aus diesem Grund kann es eine Option sein, bestimmten Straßen oder Straßenabschnitten eine Sonderwidmung zu geben, sodass dort nur Fahrzeuge mit einer Mindestausstattung an Assistenzsystemen zugelassen sind. Maßnahmen dieser Art müssen im Vorfeld nach den Gesichtspunkten des Verkehrsmanagements bewertet werden, um die Auswirkungen auf den Verkehrsfluss abzuschätzen. Wenn eine ausreichend große Ausstattungsrate erreicht ist, werden wiederum Fahrzeuge ohne Assistenzsysteme ein Hindernis darstellen. Auch dies sollte eine Einführungsstrategie berücksichtigen. Und schließlich besteht die Möglichkeit, dass einzelne Fahrer die Kontrolle über ihr Fahrzeug in bestimmten Situationen oder überhaupt nicht abgeben wollen. Auch diese Fälle sind in die Strategie mit einzubeziehen.

Nr.	Forschungsfrage/ Forschungsbedarf
1	Welche Strategien kann es für das Deployment von verkehrstechnischen Infrastrukturen für die Hochautomatisierung geben?
2	Welche Verkehrsarten und Straßenklassen sollten vorrangig in einen autonomen Modus versetzt werden? Personenverkehr, Güterverkehr, Wirtschaftsverkehr, öffentlicher Verkehr?
3	Ist eine Kopplung zwischen Hochautomatisierung und der Infrastruktur überhaupt notwendig? Wie wird die Umsetzung der Interaktion zwischen den Systemen realisiert?
4	Wie sieht die Entwicklungslinie der infrastrukturellen Ertüchtigung aus und ergeben sich daraus neue Rollenmodelle?
5	Wer ist für die digitale Infrastruktur zuständig und verantwortlich? Wie muss die bisherige Rollenverteilung weiterentwickelt werden? Muss es neue Stakeholder geben?
6	Wie können unter Berücksichtigung einer geeigneten Rollenverteilung organisatorische Kooperationsmodelle bzw. -strukturen aussehen?
7	Wie groß sind Interesse bzw. Nutzerakzeptanz? Müsste Hochautomatisierung zwingend kostenfrei sein? Wie sieht die Zahlungsbereitschaft der Autofahrer für den echten Komfortgewinn aus? Welche Preissensitivität besteht bei diesen?
8	Welche Potentiale ergeben sich aus automatisierten Systemen künftiger Generationen für die Infrastruktur?

1.9. Weiteres Vorgehen

Die oben dargelegten Forschungsbereiche bauen teilweise aufeinander auf. Dies sollte bei ihrer Bearbeitung berücksichtigt werden, indem hier einem strukturierten Ablauf gefolgt wird (Abb. 1).

Zunächst müssen die Anforderungen an das System analysiert werden, weshalb Funktionen und Use Cases in einem ersten Schritt definiert werden.

Daraus ergeben sich die **Anforderungen an das Straßenumfeld** – insbesondere an die bauliche, verkehrstechnische und informationstechnologische Infrastruktur. Auch der Ausbaubedarf im Vergleich zum Status quo ist zu klären sowie der geschätzte organisatorische, finanzielle, technische und zeitliche Aufwand und der Handlungsbedarf bei den Baulastträgern (oder anderen Stakeholdern).

Die einzelnen Ausbaustufen sind zu definieren und die Bedarfe auf diese abzustimmen.

Weiterhin müssen die Verkehrsmodelle hinsichtlich hochautomatisierten Fahrens angepasst werden, unter Berücksichtigung der Ausstattungsraten in den Ausbaustufen. Dies soll Rückschlüsse auf Verkehrseffizienz und –sicherheit sowie auf volkswirtschaftliches Potential erlauben.

Anforderungen an die **informationstechnische Infrastruktur** müssen formuliert werden, was Inhalte wie z.B. das digitale Kartenmaterial, Formate, Datenübertragung aber auch die globale Systemarchitektur einschließt. Dazu kommen die Datensicherheit und die Ausfallsicherheit.

Nach der Definition der Systemeigenschaften müssen Testmethoden entwickelt werden

Aus den Funktionen des Systems und den Ergebnissen der Modellrechnungen können institutionelle Aspekte abgeleitet werden, wie Auswirkungen auf das Straßenverkehrsrecht oder das Verkehrssicherungsrecht.

Die Voraussetzung für eine Diskussion von Notfällen und Systemausfällen ist die Kenntnis von Funktionen, Systemarchitektur und Testmethoden.

Alle genannten Aspekte haben Einfluss auf die **Strategie** zur Einführung des hochautomatisierten Fahrens und auf eine möglicherweise **neue Rollenverteilung**.

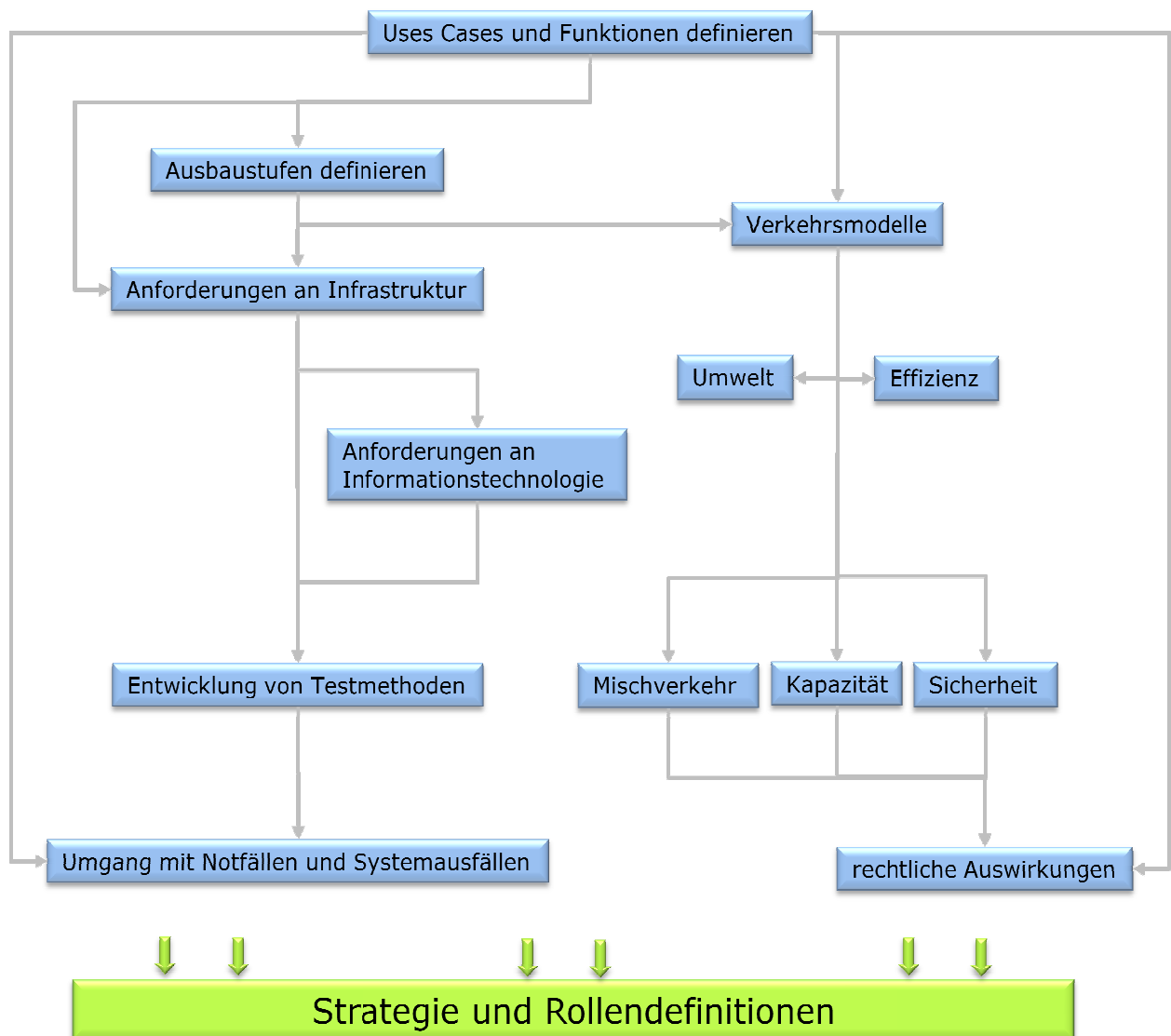


Abbildung 1: Vorgehensweise (Entwurf): Dieses Schaubild bezieht sich ausschließlich auf die Forschung zu Straßeninfrastruktur und Verkehr. Schnittstellen zu anderen Forschungsclustern sind nicht eingezeichnet.

2. Übersicht: dringlicher Forschungsbedarf

Im Folgenden sind die Themen dargestellt, die den dringlichen Forschungsbedarf aufzeigen, aufgeteilt in vier Bereiche, die gleichberechtigt nebeneinander stehen:

Verkehr: Quantitative Bestimmung des Potentials von hochautomatisierten Fahrzeugen in den verschiedenen Ausstattungs- und Penetrationsstufen anhand vordefinierter Szenarien mit den Zielkriterien

- Verbesserung der Verkehrseffizienz
- Erhöhung der Verkehrssicherheit
- Verringerung der Umweltbelastung

Straßeninfrastruktur: Untersuchung der wechselseitigen Anforderungen, die sich durch Hochautomatisierung sowohl an die Infrastruktur als auch an die Fahrzeuge, sowie aus deren Interaktion ergeben.

- Ermittlung der Mindestanforderungen
 - in Abhängigkeit vom Automatisierungsgrad der Fahrzeuge bzw. der Ausstattungsrate im Verkehr
 - bezogen auf die unterschiedlichen Straßenklassen
 - resultierend aus den straßenverkehrsrechtlichen Verbindlichkeiten der Maßnahmen des Verkehrsmanagements
- Auf dieser Grundlage ist der konkrete Handlungsbedarf bei Infrastrukturbetreibern und Kfz-Herstellern in Bezug auf die Schaffung möglicher Rahmenbedingungen für den Betrieb von Hochautomatisierung in Bezug auf Automatisierungsgrad und Ausstattungsrate abzuleiten. Dabei sind auch Nutzungsvarianten der Straßeninfrastruktur, die über den Gemeingebrauch hinaus gehen, zu betrachten

Digitale Infrastruktur: Beschreibung und Ausgestaltung des digitalen Kooperationsverbunds Infrastruktur-Fahrzeug

- Definition von Inhalt und Umfang der notwendigen Datenkommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur
- Notwendigkeit zur dazu erforderlichen Standardisierung von Schnittstellen, Protokollen, Datenmodellen, digitaler Kartengrundlage etc.
- Ermittlung von Verantwortlichkeiten für aus den Szenarien abgeleitete Rollenmodelle.
- Einheitliche Beschreibung der technischen Ausgestaltung des digitalen Kooperationsverbundes

Strategische Aspekte von Einführung und Betrieb

- Bewertung von Einführungsszenarien zu hochautomatisierten Fahrzeugen insbesondere unter dem Aspekt der Organisation des Verkehrs sowie im Hinblick auf bestehende Lösungen zum Verkehrsmanagement
- Entwicklung von Szenarien für neue Kooperationsmodelle, Rollenmodelle bzw. neue Betreibermodelle
- Reflexion aller Aspekte im europäischen Kontext und Aufzeigen eines möglichen Handlungsbedarfs

Literatur

- [1] Steven E. Shladover et al.: *Effects of Cooperative Adaptive Cruise Control on Traffic Flow: Testing Drivers' Choices of Following Distances*, California PATH Research Report, UCB-ITS-PRR-2009-23, California Path Program, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, ISSN 1055-1425, 2009
- 2.[2] B. van Arem et al.: *The Impact of Cooperative Adaptive Cruise Control on Traffic-Flow Characteristics*, Intelligent Transportation Systems, IEEE Transaction, Volume 7, Issue 4, Pages 429-436, ISSN 1524-9050, 2006
- 3.[3] J.E. Bakaba et al.: *Untersuchung der Verkehrssicherheit im Bereich von Baustellen auf Bundesautobahnen*, im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV), Forschungsbericht VI04, <http://www.udv.de/de/strasse/planung-und-betrieb/autobahn/unfaelle-autobahnbaustellen>, ISBN-Nr.: 978-3-939163-45-9, Mai 2012
- [4] A. Kondyli et al.: *Sensitivity analysis of CORSIM with respect to the process of freeway flow breakdown at bottleneck locations*, Simulation Modelling Practice and Theory, Volume 22, Pages 197-206, ISSN 1569-190X, März 2012
- [5] Th. Heinrich et al.: *Infrastrukturgestützte Fahrerassistenz*, im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV), Forschungsbericht VI 02, <http://www.udv.de/de/publikationen/forschungsberichte>, ISBN-Nr.: 978-3-939163-42-8, November 2011
- [6] Th. Hummel et al.: *Fahrerassistenzsysteme – Ermittlung des Sicherheitspotentials auf Basis des Schadensgeschehens der Deutschen Versicherer*, im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV), Forschungsbericht FS 03, <http://www.udv.de/de/publikationen/forschungsberichte>, ISBN-Nr.: 978-3-939163-37-4, September 2011

Anhang 4:

Gesellschaftliche Aspekte

- Langfassung -

von

Barbara Lenz/ Eva Fraedrich (Clusterleitung)

Christian Reitter
Welf Stankowitz

Runder Tisch „Automatisiertes Fahren“ des BMVI

Arbeitsgruppe Forschung

Bericht aus dem Themencluster „Gesellschaftliche Aspekte“

Barbara Lenz, Welf Stankowitz, Eva Fraedrich

Stand 18. Januar 2015

Inhalt

Einleitung	100
Stand der Forschung	104
Forschungsfragen	106
<i>Thema 1: Treiber der Akzeptanz</i>	106
<i>Thema 2: Veränderung des Verkehrssystems</i>	109
2.1 Verkehrsmittelwahl	110
2.2 Verkehrssystem	110
2.3 Implementierung im Verkehrssystem	111
2.4 Autonutzung	112
<i>Thema 3: Ethik der Maschine</i>	113
Literatur	114

Einleitung:

Motive und Argumente für die Thematisierung des voll automatisierten Fahrens aus gesellschaftlicher Perspektive

Der erwartete Übergang von „autonomen“ oder „voll automatisierten“ Fahrzeugen im Straßenverkehr („voll automatisiert“ in Anlehnung an die Definition der BASt 2012) ist nicht nur eine enorme technische Herausforderung, sondern impliziert gleichzeitig einen möglicherweise tiefgreifenden Wandel des gesamten Verkehrssystems, das eingebettet ist in gesellschaftliche Werte und Normen, politische und wirtschaftliche Zielsetzungen, rechtliche Festlegungen und Vereinbarungen, aber auch in die Alltagspraktiken der Nutzerinnen und Nutzer des Verkehrssystems. Während die bisherige Entwicklung der Fahrerassistenz, auch wenn es sich um die Automatisierung von Funktionen gehandelt hat, in einem inkrementellen Fortgang der Fahrzeug-Innovation bestanden hat, hat die Einführung voll automatisierter Straßenfahrzeuge das Potential, einen grundsätzlichen Wandel sowohl des Verkehrs als auch des Autofahrens an sich herbeizuführen. In diesem Zusammenhang ergibt sich eine besondere Notwendigkeit zur Diskussion von gesellschaftlichen Aspekten. Im Einzelnen möchten wir dafür folgende Motive und Argumente anführen:

Die Einführung autonomer Fahrzeuge in das Verkehrssystem betrifft alle Verkehrsteilnehmer.

Nicht nur die Nutzer von automatisiert fahrenden Fahrzeugen, sondern auch andere Verkehrsteilnehmer werden als Partner im direkten Verkehrsumfeld durch das Fahrverhalten autonomer Fahrzeuge beeinflusst. Eine hohe Akzeptanz auf gesellschaftlicher Ebene, die über die reine Nutzerakzeptanz hinausgeht, ist deswegen die Voraussetzung für eine erfolgreiche und zügige Implementierung der neuen Fahrzeuge. Es wird angenommen, dass mittels autonomer Fahrzeuge ein hohes Potential zur Umgestaltung des Verkehrssystems in Richtung erhöhter Nachhaltigkeit und Effizienz, aber auch in Richtung einer deutlich höheren Verkehrssicherheit verwirklicht werden kann. Hier stellt eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz eine wesentliche Voraussetzung dar.

Der Entwurf von Szenarien ist Voraussetzung für die verlässliche Abschätzung.

Lange vor der Einführung eines autonomen Fahrzeuges in das Verkehrssystem ist es notwendig, Konzepte und Szenarien (Anwendungsfälle) zu den möglichen und erwarteten

ten Funktionen und Funktionsweisen der Fahrzeuge zu entwerfen, um mögliche Auswirkungen verlässlicher und besser abschätzen zu können. Dies ist sowohl aus Sicht des einzelnen Nutzers ebenso wie mit Blick auf das gesamte Verkehrssystem notwendig. Darauf basieren prinzipielle Entscheidungen zu den Algorithmen, mit denen die Fahrzeuge gesteuert werden, zu den rechtlichen Aspekten, die für den Betrieb der Fahrzeuge geregelt sein müssen, aber auch zu möglichen Anforderungen an das Verkehrssystem als Ganzes. Hierzu gehören Fragen zur notwendigen Ausgestaltung der Verkehrsinfrastruktur, zu geforderten Kommunikationstechniken für die Übermittlung von Daten oder zur Schnittstellenausgestaltung mit anderen Verkehrsträgern. Ein großer Teil dieser Entscheidungen muss schon im Vorfeld der Implementierung autonomer Fahrzeuge in den öffentlichen Straßenverkehr getroffen werden.

Die öffentliche, mediale Resonanz adressiert derzeit noch kaum systemische Aspekte.

Es zeigt sich darüber hinaus, dass die gesellschaftlichen Diskussion (über die mediale Darstellung und deren Rezeption) bereits heute, das heißt lange vor der Einführung der ersten voll automatisiert fahrenden Fahrzeuge, einsetzt – wenn auch erst allmählich. Für die Zukunft ist jedenfalls damit zu rechnen, dass das Thema insgesamt vermehrt von den Medien aufgegriffen wird, vor allem dann, wenn beispielsweise Softwarehersteller wie Google ein Projekt wie das 100-Vehicle AMoD-Projekt ankündigt, Daimler die Berta-Benz-Fahrt durchführt oder Volvo den Test eines Autobahnpiloten auf dem Autobahnring von Göteborg plant. Wie die Diskussion in der (deutschen) Öffentlichkeit letztlich geführt werden wird, ist momentan erst in Ansätzen absehbar. Neben einer Auseinandersetzung mit dem Thema, die derzeit eher einzelne, durch die neue Technologie möglich werdende Eigenschaften hervorhebt (z.B. Sicherheit, alternative Zeitnutzung etc.), existieren bisher noch kaum Beiträge, die Auswirkungen auf der Ebene des Verkehrssystems und auf die Gesellschaft ganzheitlicher betrachten.

Auch die Automatisierung von Nutzfahrzeugen sollte adressiert werden.

Integration von autonomen Straßenfahrzeugen in das Verkehrssystem bedeutet auch, nicht alleine den Pkw im Blick zu haben, sondern auch die Automatisierung von leichten Nutzfahrzeugen und Lkw als Teil des Wechsels in ein voll automatisiertes System mit zu berücksichtigen. Da der Güterverkehr weiterhin ein wesentlicher Bestandteil des Stra-

ßenverkehrs sein wird, wäre eine Diskussion, die sich ausschließlich auf den Pkw richtet, wenig angebracht.

Die ökonomischen Bedingungen des Güterkraftverkehrs unterscheiden sich grundsätzlich von denen des privaten Individualverkehrs.

Im Güterkraftverkehr sind die Anforderungen an wirtschaftlich optimale Fahrweisen und Fahrtzeiten hoch. Auch werden die Aufgabenstellungen und die Leistungen des Fahrpersonals unter dem Aspekt der Optimierung gesehen. Die Möglichkeit, beim automatisierten Fahren Zeitgewinne für andere Tätigkeiten zu erzielen, könnte zum Beispiel zu einer deutlichen Änderung des Berufsbildes des Kraftfahrers führen. Daher ist die Betrachtung des Güterverkehrs im Zusammenhang mit Automatisierung unumgänglich.

Das autonome Fahrzeug produziert Daten und benötigt Daten.

Schon alleine um die permanente technische Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen zu gewährleisten, sind eine regelmäßige Kontrolle der wichtigsten Fahrfunktionen sowie ständige Updates notwendig (z.B. bei verhaltensrechtlichen Änderungen). Hierzu sind technische und rechtliche Voraussetzungen notwendig. Halter können verpflichtet werden, eine permanente Kommunikation zu ermöglichen. Ggfs. könnte es auch notwendig sein, Besitzverhältnisse am Fahrzeug oder an Teilen davon anders als bisher zu gestalten.

Darüber hinaus schafft eine verstärkte Vernetzung Möglichkeiten, die autonomen Fahrzeuge auf neuartige Weise in das Verkehrssystem einzubinden, bspw. im Rahmen einer Weiterentwicklung der momentan entstehenden „Neuen Mobilitätskonzepte“, die eine Verknüpfung von unterschiedlichen Quasi-Individualfahrzeugen und öffentlichem Verkehr bedeuten. Für die Verkehrsteilnehmer könnte sich damit – vorausgesetzt, dass Datensicherheit und Privacy gewährleistet werden können – eine aktive Nutzung der Daten verbinden.

Die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander als auch zu anderen Verkehrsträgern bietet schließlich auch die Möglichkeit von Optimierungsprozessen in unterschiedlicher Hinsicht. So könnte der Gesamtverkehr umweltgerecht gelenkt werden. Individuelle Fahrzeiten könnten optimiert werden, indem gezielt Einfluss auf die Verkehrslenkung genommen wird. Ebenso wie z. Zt. Vorrangnetze für die Datenübertragung im Internet diskutiert werden, könnte es Vorrangmodelle für bestimmte Fahrzeuge oder Fahrzeugkategorien geben.

Alternative Entwicklungspfade der Technologieentwicklung betrachten.

Derzeit wird die Diskussion um das autonome Fahren von einem linearen Verständnis des weiteren Entwicklungsganges beherrscht: Demnach ergibt sich die vollständige Automatisierung der Straßenfahrzeuge aus der fortschreitenden Entwicklung der Fahrerassistenz, so dass „eines Tages“ nahezu unweigerlich der Moment der Vollautomatisierung erreicht ist. Alternative Entwicklungspfade, bspw. in Form einer Einführung von autonomen Fahrzeugen in spezifischen öffentlichen oder halb-öffentlichen „Nischen“ – wie es z.B. auf dem Gelände einer Universität, einer Firma oder einer Insel der Fall wäre – werden nur an wenigen Stellen diskutiert. Gleichzeitig fehlen Szenarien, die die Interaktion zwischen der Automatisierung des Straßenverkehrs und denjenigen Systemen (Verkehr, Politik, Recht, Wirtschaft, Gesellschaft), in die der Straßenverkehr eingebettet ist bzw. zu denen er in unmittelbarer Beziehung steht, thematisieren.

Autofahren besteht nicht nur in der Beherrschung einer mobilen Kraftmaschine.

Es fehlen konkrete Vorstellungen zu den Anforderungen an die „Fahrer“ von autonom fahrenden Fahrzeugen. Langfristig stellt sich die Frage, ob Fahrer, die verstärkt automatisiert fahren, ihre Fähigkeiten zum selbstbestimmten Fahren einbüßen. An diese eher psychologische Fragestellung schließt sich die Frage an, welche grundlegenden Anforderungen (Fahrerlaubnis) an Fahrer automatisiert fahrender Fahrzeuge gestellt werden müssen. Damit einher geht die mögliche Entwicklung, dass die bisher von den einzelnen Fahrern erbrachten Leistungen zum Führen eines Fahrzeugs nunmehr anderen übertragen werden. Der bisherige Beitrag des Einzelnen, den Verkehrsprozess durch z.B. die selbstbestimmte Fahrweise mit zu gestalten, wird eingeschränkt. Es stellt sich die Frage, welche Institutionen die notwendige Gestaltung der bislang vom Fahrzeugführer erbrachten Entscheidungen übernehmen.

Am Verkehr teilnehmen bedeutet, in hohem Maße mit anderen Verkehrsteilnehmern zu kommunizieren, deren Verhalten zu verstehen und vorauszusehen. Dabei müssen nicht nur formal erlernte Regeln (StVO), sondern auch soziale Verhaltensregeln angewandt werden. Das soziale Verhalten beim Fahren hat mannigfaltige Bezüge zum sozialen Verhalten in anderen Lebensbereichen und gestaltet diese indirekt mit. Durch das automatisierte Fahren kann ein wichtiger sozialer Raum entfallen, in dem speziell Jugendliche soziale Verhaltensregeln erlernen bzw. anwenden.

Ausgehend von diesen Beobachtungen sollen im Folgenden diejenigen Forschungsthemen benannt werden, die wir im Hinblick auf eine mögliche Einführung von autonomen Fahrzeugen im Straßenverkehr aus einer gesellschaftlichen Perspektive für wesentlich halten. Ihre Bedeutung liegt weniger in einer unmittelbaren Unterstützung des wie auch immer gearteten Implementierungsprozesses, sondern in der frühzeitigen Thematisierung und Diskussion von Chancen, Möglichkeiten und Wirkungen der Automatisierung im Straßenverkehr sowohl aus Sicht einer Vielzahl an gesellschaftlichen Gruppen als auch aus Sicht des einzelnen Verkehrsteilnehmers. Das bedeutet auch, dass es nicht so sehr darum geht, das Marktpotential von autonomen Fahrzeugen abzuschätzen, sondern vor allem um den Diskurs zur Realisierung einer Mobilität von morgen, die den Bedürfnissen von weiten Teilen der Gesellschaft entgegenkommt.

Darüber hinaus sei an dieser Stelle auf Fragestellungen verwiesen, die jenseits der unmittelbar an das autonome Fahren gekoppelten „gesellschaftlichen Aspekte“ liegen und deswegen auch – zumindest zum jetzigen Zeitpunkt – nicht vertieft ausgearbeitet werden. Vor allem geht es dabei um die Kompetenzen und Rahmenbedingungen, die die Produktion autonomer Fahrzeuge und deren Integration in ein allgemeines Verkehrssystem betreffen. Es ist nicht auszuschließen, dass sich mit der dramatisch wachsenden Bedeutung von Informationstechnologie im Fahrzeug auch Standortbedingungen und -bewertungen verändern. Allerdings sind bislang konkrete Folgen für die Fahrzeugindustrie in Europa nicht absehbar, wenngleich immer mehr europäische Hersteller in der augenblicklichen Entwicklungsphase ganz offensichtlich die Nähe zu den führenden Softwareentwicklern und das entsprechende politisch-gesellschaftliche Umfeld suchen. Verbände und Politik nehmen diese Fragen erst ganz allmählich wahr; die Nutzung wissenschaftlicher Expertise in der weiteren Entwicklung erscheint uns dringend angeraten.

Stand der Forschung

Forschung zu „gesellschaftlichen Aspekten“ von automatisiertem Fahren ist derzeit erst ansatzweise vorhanden. Dabei stehen verschiedene eher marktorientierte, Befragungen, wie bspw. die Mobilitätsstudie 2013 von Continental, die Studien von KPMG und CAR 2012 und 2013, Ernst & Young 2011 oder Autoscout24 2012 und 2013, neben Ansätzen, wie sie im Projekt „Villa Ladenburg“ der Daimler und Benz-Stiftung anzutreffen sind, wo einerseits gesellschaftlich relevante Aspekte des automatisierten Fahrens aufgegriffen werden – so z.B. die möglichen Auswirkungen der Verfügbarkeit autonomer Fahrzeuge auf die Verkehrsmittelwahl oder auf urbane Struk-

turen, – und andererseits Erwartungen und Hoffnungen, aber auch Ängste und Befürchtungen der Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer empirisch erschlossen werden.

Befragungen zum autonomen Fahren, die im Wesentlichen der Markt- und Meinungsforschung zuzuordnen sind und dabei Einschätzungen zum autonomen Fahren direkt abprüfen, stehen derzeit vor allem vor der Herausforderung, dass weder von einem breiten Kenntnisstand noch von konkreten Erfahrungen mit der Technologie ausgegangen werden kann: Nicht klar ist vor allem, was die Befragten unter „autonomem Fahren“ eigentlich verstehen, in welchen Kontext ihre Wahrnehmungen und Bewertungen eingebettet sind und welche Herausforderungen und Hürden, aber auch welchen Nutzen sie aufgrund einer nur wenig spezifizierten Vorstellung von autonomem Fahren wahrnehmen. Die erfassten Einstellungen und Bewertungen sind deswegen möglicherweise nur bedingt valide, denn der Gegenstand der Befragung ist, weil kaum bekannt, nicht eindeutig definiert.

Die wenigen Untersuchungen, die speziell Aspekte von Akzeptanz autonomen Fahrens betrachtet haben, vermitteln ein insgesamt recht heterogenes Bild. Frost & Sullivan zeigen in ihrer Studie zu aktiven und passiven Sicherheitssystemen, dass bei der Mehrheit der Autonutzerinnen und -nutzer bisher ein grundsätzlicher Widerstand gegenüber der Vorstellung besteht, die Kontrolle über die Steuerung ihres Fahrzeugs an eine Maschine bzw. einen Roboter abzugeben. Andere Befragungen wiederum suggerieren, dass vor allem jüngere Fahrerinnen und Fahrer zwischen 19 und 31 Jahren das Fahren selbst oft als lästig empfinden, da ihnen die IKT-basierte Kommunikation mit anderen eigentlich wichtiger ist. Eine Umfrage zu Wünschen von Europäerinnen und Europäern an das zukünftige Auto hat ergeben, dass etwa zwei Drittel der Befragten dem autonomen Fahren gegenüber eher aufgeschlossen sind. Die auf einen internationalen Vergleich hin angelegte Mobilitätsstudie von Continental hat Autofahrerinnen und Autofahrer aus Deutschland, China, den USA und Japan befragt, und konnte zwar einerseits eine prinzipielle Offenheit gegenüber dem autonomen Fahren konstatieren, aber andererseits auch zeigen, dass über alle Länder hinweg eine große Zahl der Befragten derzeit an der sicheren Funktionsweise der Technologie (noch) Zweifel hat oder diese sogar eher beängstigend findet.

Arbeiten, die im Rahmen des Projektes „Villa Ladenburg“ entstanden sind, untersuchen im Gegensatz dazu vor allem den Zusammenhang zwischen aktueller Alltagspraxis, vor allem im Hinblick auf die Autonutzung, und deren Bedeutung für Einstellungen gegenüber dem autonomen Fahren sowie den Erwartungen und Befürchtungen, die dieser neuen Technologie entgegengebracht werden. Die entsprechenden Arbeiten (Fraedrich/Lenz a und b, Cyganski) zeigen zum ei-

nen, dass die öffentliche, in den (Online-)Medien (insbesondere nationale Tages- und Wochenzeitungen) vorhandene Kommentierung des autonomen Fahrens durch die Nutzer die gängigen Argumente aufgreift und vor allem den erwarteten Sicherheitsgewinn, aber auch die weiter wachsende Flexibilität für die individuelle Mobilität in den Vordergrund rückt. Gleichzeitig wird deutlich, dass einfache „Schemata“, wie „die Jungen“ versus „die Älteren“ bei der Bewertung des autonomen Fahrens nur sehr bedingt greifen. Wichtiger erscheint die Rolle des Autos als „Raum“, der auch emotionale und soziale Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer befriedigt, wie z.B. die Bereitstellung eines nicht nur passiv genutzten Rückzugsraumes im Übergang zwischen Pflicht- und nicht pflichtgetriebenen Aktivitäten: Autofahren ermöglicht an dieser Stelle einen aktiven Wechsel. Darüber hinaus zeigen diese Arbeiten die Notwendigkeit, neben der generellen Akzeptanz auch die Bewertung konkreter Substitutions-Szenarien durch die Verkehrsteilnehmer zu beleuchten. So gibt es erste Hinweise darauf – und dies schließt an die oben berichteten Beobachtungen zu den Übergangssituationen an –, dass die unmittelbare Situation, in der ein derzeit verwendetes Verkehrsmittel durch ein autonomes Fahrzeug ersetzt werden könnte, einen direkten Einfluss auf die Akzeptanz hat.

Weitere Arbeiten, die sich mit der gesellschaftlichen Diskussion zum autonomen Fahren im Spannungsfeld zwischen Nutzen- und Risikobetrachtung auseinandersetzen, betonen, wie wichtig es ist, mittels einer offenen, transparenten Kommunikation wesentliche Aspekte des Nutzens zu thematisieren und zu durchleuchten (Grunwald).

Forschungsfragen

Angesichts des aktuellen, noch sehr rudimentären Standes der Forschung zu gesellschaftlichen Aspekten des autonomen Fahrens, die auch Fragen der (potenziellen) Nutzung einschließen, halten wir die nachfolgend genannten Forschungsfragen für besonders relevant im Hinblick vor allem auf die Transition hin zum voll automatisierten Fahren. Die Reihenfolge der Themen entspricht ihrer Priorisierung durch die Untergruppe „Gesellschaftliche Aspekte“ der AG Forschung/ Forschungsbedarf.

Thema 1: Was sind mögliche Treiber der gesellschaftlichen und individuellen Akzeptanz des automatisierten Fahrens?

Derzeit kann erst in Ansätzen beschrieben werden, welche Erwartungen und Befürchtungen seitens der Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer in Bezug auf das einzelne Fahrzeug, aber ebenso das gesamte Verkehrssystem aktuell bestehen. Weder die Erwartungen und Befürch-

tungen selbst als auch die dahinter liegenden Gründe sind derzeit hinreichend bekannt. Jedoch ist davon auszugehen, dass sowohl die Kenntnis der Erwartungen und Befürchtungen (oft auch mit dem Begriff „Akzeptanz“ umschrieben) wie auch deren Gründe eine grundlegende Voraussetzung für die spätere Einführung von autonomen Fahrzeugen in das Verkehrssystem ist.

Als mögliche Erwartungen lassen sich derzeit – überwiegend aus dem fachwissenschaftlichen und fachlichen Diskurs abgeleitet – hauptsächlich die folgenden Aspekte identifizieren, die zu- vorderst einen gesellschaftlichen Nutzen darstellen:

höhere Verkehrssicherheit

schnellerer Verkehrsfluss

Optionen für individuelle Mobilität auch für Personen mit eingeschränkter Mobilität oder Fahr- tüchtigkeit

Kraftstoffersparnis.

Mögliche Befürchtungen, die momentan die Diskussion – auch in der interessierten Öffentlich- keit – beherrschen, betreffen

die Höhe der möglicherweise entstehenden Kosten. Dabei geht es auch um Gerechtigkeit, vor al- lem um die Frage, ob bzw. inwieweit die Gesellschaft Kosten tragen muss für technologische Entwicklungen, die letztendlich nur Wenigen zu Gute kommen.

Konflikte zwischen automatisiert und nichtautomatisiert fahrenden Fahrzeugen

Entmündigung durch die Technik

Zwang zum autonomen Fahrzeug/ autonomen Fahren, da Mischverkehre auf Dauer Effizienzge- winne und damit grundsätzlich mögliche, positive Umwelteffekte verhindern oder zumindest stark einschränken

Möglichkeit zur verstärkten Überwachung des Individuums durch vermehrten Datenaustausch.

Der Nutzen auf individueller Ebene geht teilweise Hand in Hand mit dem gesellschaftlichen Nutzen, wie z.B. im Hinblick auf den Sicherheitsgewinn durch autonome Fahrzeuge. Eine be- sonders wichtige Frage ist dabei die Bewertung der Reisezeit, vor allem hinsichtlich der Bewer- tung des Zeitgewinns für fahrfremde Tätigkeiten. Darüber hinaus stellt sich die Frage, in welcher

Weise das Gefühl, einer Gruppe von Innovatoren anzugehören (gilt im Wesentlichen für die Early Adopter und First Follower), die Einführung des autonomen Fahrens beeinflussen kann.

Ergänzend dazu wird zu untersuchen sein, wie sich Soziodemographie/ Sozialstruktur, Geschlecht, Ethnie sowie sozialer und kultureller Kontext auf die Akzeptanz oder auch Ablehnung des autonomen Fahrens auswirken.

Insgesamt stellt sich die Frage, inwieweit diese Erwartungen und Befürchtungen zu gesellschaftlich relevanten Wirkungen, aber auch zum individuellen Nutzen des autonomen Fahrens Treiber oder auch Hemmnis für die Akzeptanz dieser neuen Technologie sind. Idealerweise sollten diese Fragen in Form eines Monitoring, eventuell verknüpft mit der nationalen Mobilitätsbefragung MiD (Mobilität in Deutschland) oder auch dem „Mobilitätspanel“ sowie mit direkten Befragungen beantwortet werden. Es ist kaum davon auszugehen, dass einzelne Querschnittsbefragungen hierfür ein konsistentes Bild abgeben können. Über einen quantitativen Ansatz hinaus erscheint es wichtig, den Alltags-Kontext der konventionellen Autonutzung deutlich besser zu erfassen, als dies bisher der Fall ist, um Ansatzpunkte für einen vergleichsweise schnellen und sichtbar nutzenstiftenden Einsatz von autonomen Fahrzeugen identifizieren zu können.

Welche Besonderheiten gelten, wenn Busse und Lkw automatisch unterwegs sind?

Ergänzend zur Frage nach der Akzeptanz des autonomen Fahrens von Pkw stellt sich die Frage nach der Akzeptanz einer Automatisierung von Wirtschaftsverkehren. Dabei trifft auch für den Wirtschaftsverkehr, d.h. für Fahrten zur Personenbeförderung auf der Straße sowie für Fahrten mit kleiner Nutzfahrzeugen und Lkw, die grundsätzliche Differenzierung nach individueller und gesellschaftlicher Akzeptanz, zu. Allerdings gelten dabei andere Konstellationen:

Die **individuelle Akzeptanz** durch den Fahrer wird dabei stark überlagert durch die Interessen der Speditionen und Busbetreiber. Während im Pkw die Zeitspanne, in der das automatisierte Fahren stattfindet, möglicherweise eher der „Freizeit“ des Lenkers zugerechnet werden kann, zeichnet sich im gewerblichen Bereich eine andere Entwicklung ab. Es ist schon jetzt absehbar, dass der Fahrer in dieser Zeitspanne mit Aufgaben von Seiten des Spediteurs oder des Disponenten beaufschlagt wird, die eindeutig nicht freizeitorientiert sein werden. Darüber hinaus sind Bestrebungen seitens der Speditionen und Busunternehmen wahrscheinlich, für die Zeitspanne des automatisierten Fahrens anteilig eine Lenkzeitverlängerung zu ermöglichen. Hierzu wären allerdings deutliche Anpassungen in den Rahmenbedingungen notwendig.

Die *gesellschaftliche Akzeptanz* von Straßenfahrzeugen im Wirtschaftsverkehr, d.h. deren Akzeptanz vor allem durch die verschiedenen Gruppen an Verkehrsteilnehmern ist nach Kenntnisstand der Autorinnen und Autoren des vorliegenden Berichtes bislang in keiner Weise adressiert worden. Vermutlich geht derzeit niemand davon aus, dass ein automatisiertes Fahren dieser Fahrzeuge auch außerhalb von Fernstraßen, d.h. im regionalen oder städtischen Verkehr, angestrebt wird.

Vor diesem Hintergrund besteht dringender Forschungsbedarf zu folgenden Fragen:

Welche Konsequenzen hat die Einführung von automatisch fahrenden Nutzfahrzeugen auf die am Fahrerarbeitsplatz zu erledigenden Arbeiten?

In welchem Umfang und in welcher Weise müssen Rahmenbedingungen angepasst werden, um automatisch fahrende Nutzfahrzeuge zu implementieren – arbeitsrechtliche, versicherungsrechtliche, straßenverkehrsrechtliche Aspekte?

Was sind spezifische Treiber für oder gegen die Akzeptanz im Falle des Wirtschaftsverkehrs?

Was ist der gesellschaftliche Nutzen von autonomen Fahrzeugen im Wirtschaftsverkehr?

Welche Anforderungen ergeben sich aus der Einführung von automatisch fahrenden Nutzfahrzeugen an den Standort und die Infrastrukturen von Versendern und Empfängern (Makro- und Mikroperspektive)? Was bedeutet das auch im Hinblick auf bestehende Siedlungsstrukturen und ihre Einbindung in das Straßennetz?

Thema 2: Wie verändert sich das Verkehrssystem durch automatisierte Straßenfahrzeuge?

Grundsätzlich beinhaltet die Einführung autonomer Fahrzeuge in den Straßenverkehr das Potential zu einer grundlegenden Veränderung des Verkehrssystems. Folgende Szenarien sind dafür denkbar:

Veränderung der Verkehrsmittelwahl durch Neu-Bewertung von Reisezeiten

Veränderung des Verkehrsangebotes mittels Neu-Definition von individuellem und öffentlichem Verkehr.

Die daraus resultierenden Fragestellungen werden im Folgenden beschrieben.

2.1 Wie verändert die Automatisierung des motorisierten Individualverkehrs die Verkehrsmittelwahl?

Die Verkehrsforschung geht derzeit davon aus, dass die Wahl eines Verkehrsmittels vor allem auf diejenigen monetären Kosten sowie auf den Zeitaufwand zurückzuführen ist, die aus der Nutzung resultieren. Daneben gibt es weitere wichtige Faktoren, insbesondere der wahrgenommene Komfort. Geht man davon aus, dass ein autonomes Fahrzeug ein verändertes Innenraumkonzept anbieten kann, das „neue“ Aktivitäten wie Lesen, Filme ansehen, Arbeiten oder Gespräche führen im Auto erlaubt, wird eine veränderte Bewertung der Reisezeit wahrscheinlich. Zu erforschen wäre deshalb in einer deutlich differenzierteren Weise, als dies bislang der Fall ist, die Abhängigkeit der Bewertung der Reisezeit von Faktoren wie Reisekomfort, Länge der Zu- und Abgangszeiten, bestehende Mobilitätsmuster, im Fahrzeug verbrachte Zeit, subjektive Wertigkeit des Fahrens selbst sowie derjenigen Aktivitäten, die nun alternativ zur Fahraufgabe durchgeführt werden können. Dies erscheint uns auch wichtig vor dem Hintergrund der aktuell noch sehr offenen Diskussion um die Bedeutung des „always connected“ für die sog. Generation Y und dessen Wechselwirkung zu Autonutzung und eventuell auch Autobesitz.

Mögliche Veränderungen in der Bewertung von Reisezeit haben auch vor dem Hintergrund des engen Zusammenhangs zwischen Verkehrsmittelwahl und Wohnstandortwahl eine hohe Bedeutung. Ein Wandel der Reisezeit von nicht-produktiver zu produktiver Zeit könnte erhebliche Auswirkungen auf die Siedlungsstruktur haben, indem nunmehr auch längere Pendelzeiten in Kauf genommen werden. Hier wird vor allem zu untersuchen sein, ob und ggf. wie unterschiedliche Grade der Produktivität von Pendelwegen die Verkehrsmittelwahl beeinflussen.

Die in diesem Themenblock angeschnittenen Fragen stehen in engem inhaltlichem Zusammenhang zur generellen Frage des subjektiven Nutzens von autonomem Fahren.

2.2 Wie verändert sich das Verkehrssystem durch die Einführung von voll automatischen Straßenfahrzeugen?

Im Zusammenhang mit dem autonomen Fahren werden immer wieder Erwartungen ausgesprochen, dass die Entwicklung mittelfristig nicht bei einem bloßen Ersatz von konventionellen durch vollautomatische Fahrzeuge stehenbleiben wird. Vielmehr wird mittels der autonomen Fahrzeuge das Potential gesehen, die derzeit noch weitestgehend starre Grenze zwischen Individualverkehr und öffentlichem Verkehr aufzuweichen bzw. individuelle Mobilitätsansprüche mit öffentlich bereit stehenden Angeboten zu verbinden. Als einen ersten Schritt in Richtung „Individualisierung des öffentlichen Verkehrs“ lassen sich die heute schon vorhandenen flexiblen und

stationsgebundenen Carsharing-Systeme verstehen. Damit verbinden sich folgende Forschungsfragen:

Welchen Einfluss haben Veränderungen auf der Angebotsseite auf das Verkehrssystem, insbesondere durch die Integration autonomer Fahrzeuge in „Neue Mobilitätskonzepte“ (vor allem Car und Trip Sharing) sowie durch die (Teil-)Individualisierung des öffentlichen Verkehrs?

Welche Anpassungen und Veränderungen im Hinblick auf explizite (z.B. StVO, Fahrerlaubnisrecht) und implizite (allgemein sozial und kulturell anerkannte) Regeln sind notwendig oder haben Einfluss auf das Funktionieren des Verkehrs, nicht zuletzt für die Interaktion zwischen den Verkehrsteilnehmern?

Welche möglichen, neuartigen Marktangebote (Optimierung des Verkehrsflusses, Entertainment während der Fahrt, Informationen zu Verkehrsdaten u.a.) wird es geben und welchen Einfluss haben sie auf das Verkehrssystem?

Inwiefern stellt das Verkehrsgeschehen einen „Ort“ des täglich gelebten und erlebten gesellschaftlichen Miteinanders dar, und welcher Einfluss auf dieses gesellschaftliche Miteinander würde von autonomen Fahrzeugen im Straßenverkehr ausgehen? (gesellschaftlich-philosophische Fragestellung)

2.3 Wie kann und sollte die Nutzung von autonomen Fahrzeugen im Verkehrssystem implementiert werden?

Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren haben das Potential, einen radikalen Umbruch zu initiieren, da es damit nicht nur zu Veränderungen auf der Ebene des einzelnen Fahrzeugs kommt, sondern auf der Ebene des gesamten Verkehrssystems und der damit verbundenen Systeme, z.B. Recht und Haftung, oder auch Stadt und Siedlungsstrukturen. Gleichzeitig haben die Erfahrungen bei der Diskussion um neue Technologien und ihre Implementierung in der Vergangenheit gezeigt, dass die Frage der Nützlichkeit und Nutzbarkeit bei radikal neuen Technologien einer „Vermittlung“ gegenüber den potenziellen Nutzerinnen und Nutzern bedarf. Diese Vermittlung kann quasi passiv geschehen, indem Nischen zugelassen werden, in denen die Technologie in einem öffentlichen oder quasi-öffentlichen Raum, z.B. auf dem Gelände einer öffentlichen Einrichtung, zugelassen wird. Alternativ dazu wäre eine breite Zulassung in bestimmten Quartieren, z.B. in besonders ausgewiesenen Zonen in Städten unterschiedlicher Größe, vorstellbar.

Im Vordergrund stehen zunächst Überlegungen zu möglichen Experimentierfeldern sowie nach Implementierungsphasen. Dabei stellen sich die folgenden Fragen:

Welche Art von „Nischen-Anwendungen“ und öffentlich zugänglichen Experimentierfeldern sind denkbar? Welche Anforderungen (fahrzeugtechnisch, rechtlich, infrastrukturell, baulich) bestehen an die Implementierung solcher Nischen und Experimentierfelder?

Wie können solche Nischenanwendungen und Experimentierfelder das Erfahren von voll automatisierten Fahrzeugen ermöglichen und gleichzeitig Gelegenheit geben, den Umgangs mit voll automatisierten Fahrzeugen durch die Verkehrsteilnehmer außerhalb der Fahrzeuge erlebbar zu machen?

Wie lassen sich die Nischenanwendungen und Experimentierfelder nutzen, um daraus wesentliche Erkenntnisse für die mögliche Implementierung voll automatisierter Fahrzeuge ins Gesamtsystem abzuleiten?

Darüber hinaus ist es notwendig, nicht zuletzt vor dem Hintergrund der heutigen Diskussion zu den Kosten des Infrastrukturerhalts, zu prüfen, welche Kosten mit dem Aufbau eines Verkehrssystems verbunden sein werden, in dem autonome Straßenfahrzeuge unterwegs sind. Daraus leiten sich die folgenden Forschungsaufgaben ab:

Definition eines möglichen (zusätzlichen) Infrastrukturbedarfs inkl. möglicher Kosten

Abschätzung von gesellschaftlichem Nutzen versus gesellschaftlichen Kosten.

2.4 Wie verändern sich die Einstellungen zum Autofahren und Handlungspraktiken der Autonutzung durch die Einführung von automatisch fahrenden Fahrzeugen?

Derzeit lässt sich feststellen, dass verschiedene Bevölkerungsgruppen ihre Autonutzung verändern: Junge Erwachsene nutzen das Auto seltener als noch vor wenigen Jahren, ältere Menschen nutzen es deutlich häufiger, Stadtbewohner tendieren ebenfalls zur Reduzierung der Autonutzung. Die Gründe für die beobachteten Veränderungen sind vielfältig und sollen hier nicht weiter erörtert werden. Derzeit ist vor allem unklar, ob die beobachteten Entwicklungen nur vorübergehend sind oder längerfristigen Charakter haben. Immer wieder wird aus diesen Beobachtungen zum Handeln der Menschen abgeleitet, dass damit eine Veränderung in den Einstellungen zum Autofahren und zum Auto einhergehe. De facto gibt es dazu derzeit aber keine gesicherten Erkenntnisse. Vor diesem Hintergrund sind Themen, die ein deutlich besseres Verständnis der All-

tagspraxis der Autonutzung sowie der möglicherweise sich wandelnden Einstellungen zum Auto erlauben, wichtig als Startpunkt oder aber als mögliche Bruchstelle beim Übergang zum autonomen Fahren. Die entsprechenden Fragestellungen sind:

Welche Aspekte der Einstellungen zum Autofahren unterliegen einer Veränderung – wie verändern sich emotionale und statusbehaftete Motive („Freude am Fahren“), wie verändert sich die Einstellung hinsichtlich der funktionalen Bedeutung des Autos?

Es ist zu vermuten, dass Personen mit automatisiert fahrenden Fahrzeugen sich sicherer auf den Straßen bewegen als Selbstfahrer. Diese gesellschaftlich wünschenswerte Situation kann zu einem sozialen Druck werden, wenn Organisationen (z.B. Automobilhersteller, Versicherungsunternehmen, staatliche Stellen) vermehrt das automatisierte Fahren propagieren. Es stellt sich dabei die Frage, ob bzw. welche Einstellungen und Wertungen die Selbstfahrer und die automatisiert Fahrerenden bzgl. ihrer eigenen bzw. der jeweils anderen Gruppe entwickeln.

Thema 3: Welche „Ethik“ wird von der Maschine „Auto“ erwartet?

In der jüngeren Diskussion um das voll automatisierte Fahren findet die Frage, ob bzw. wie einer Maschine ethische Grundsätze „eingepflanzt“ werden können, zunehmend Aufmerksamkeit. Zum einen verbinden sich damit softwaretechnische Fragestellungen, wie z.B. die Auflösung von Dilemma-Situationen oder notwendige Regelübertretungen zur Gewährleistung des Verkehrsflusses, aber auch Fragestellungen, die in unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen vorhandene Vorstellungen zur Ethik von Maschinen und Robotern analysieren und mit Blick auf die Erwartungen und Ängste angesichts einer möglichen Einführung von voll automatisierten Fahrzeugen interpretieren. Im Einzelnen halten wir die folgenden Fragen für besonders wichtig:

Welche Einstellungen gegenüber Maschinen/ Robotern sind vorhanden?

Welche Erwartungen und Befürchtungen werden bezüglich der Funktionen und Funktionsweise solcher Maschinen/ Roboter geäußert? Wie beeinflusst das deren Akzeptanz?

Wann werden Fehler von Maschinen akzeptiert? Welche Fehler werden akzeptiert? Welche Maschinen dürfen Fehler machen, welche nicht?

Wo entstehen Dilemma (und Polylemma)-Situationen beim Handeln von Maschinen? Wie wird in der Diskussion zum Einsatz von Maschinen/ Robotern damit umgegangen?

Die Bearbeitung dieser Fragen sollte nicht nur aus rechtlicher, sondern auch aus kultur- und sozialwissenschaftlicher Sicht erfolgen.

Literaturverweise:

AutoScout24 GmbH (2013): Unser Auto von morgen 2013/14

<http://ww2.autoscout24.de/special/unser-auto-von-morgen--2013-14/was-wuenschen-sich-die-europaeer-vom-auto-von-morgen/4319/392974/> Zugegriffen: 30.09.2014

AutoScout24 GmbH (2012): Unser Auto von morgen. Studie zu den Wünschen der Europäer an das Auto von morgen about.autoscout24.com/de-de/autopress/2012_as24_studie_auto_v_morgen_en.pdf Zugegriffen: 30.09.2014

Continental AG (2013): Continental Mobilitätsstudie. http://www.continental-corporation.com/www/download/presseportal_com_de/allgemein/automatisiertes_fahren_de/ov_mobilitaetsstudie_2013/download_channel/praes_mobilitaetsstudie_de.pdf Zugegriffen: 30.09.2014

Ernst und Young (2013): Autonomes Fahren – die Zukunft des PKW-Marktes? Ergebnisse einer Befragung von 1.000 Verbrauchern aus Deutschland. Online abrufbar unter <http://www.ey.com/DE/de/Newsroom/News-releases/20130903-Unterwegs-im-Roboterauto>

Gasser, T. M. et al. (2012): Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. Forschung kompakt 11/12, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

Maurer, M; Gerdes, J.C.; Lenz, B.; Winner, H. (Hrsg.) (2015): Autonomes Fahren. Automatisierung von Fahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr aus ingenieur- und gesellschaftswissenschaftlicher Sicht. Heidelberg: Springer. (im Druck)

Silberg, G., Wallace, R., Matuszak, G., Plessers, J., Brower, C., & Subramanian, D. (2012). Self-driving cars : The next revolution

Silberg, G., Manassa, M., Everhart, K., Subramanian, D., Corley, M., Fraser, H., & Sinha, V. (2013). Self-Driving Cars: Are we Ready?

Anhang 5:

Übersicht über Begrifflichkeiten des Runden Tisches Automatisiertes Fahren:

„Benennung und Klassifizierung automatisierter
Fahrfunktionen“

Benennung und Klassifizierung der kontinuierlichen Fahrzeugautomatisierung



Nomenklatur	Beschreibung Automatisierungsgrad und Erwartung des Fahrers	beispielhafte Systemausprägung
Driver Only	Fahrer führt dauerhaft (während der gesamten Fahrt) die Längsführung (Beschleunigen / Verzögern) und die Querverführung (Lenken) aus.	Kein in die Längs- oder Querverführung eingreifendes (Fahrerassistenz-)System aktiv
Assistiert	Fahrer führt dauerhaft <u>entweder</u> die Quer- <u>oder</u> die Längsführung aus. Die jeweils andere Teilaufgabe wird in gewissen Grenzen vom System ausgeführt. • Der Fahrer muss das System dauerhaft überwachen • Der Fahrer muss jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahraufgabe bereit sein	Adaptive Cruise Control: • Längsführung mit adaptiver Abstands- und Geschwindigkeitsregelung • Parkassistent: • Querverführung durch Parkassistent (Automatisches Lenken in Parklücken. Der Fahrer steuert die Längsführung.)
Teil-automatisiert	Das System übernimmt Quer- <u>und</u> Längsführung (für einen gewissen Zeitraum und/oder in spezifischen Situationen). • Der Fahrer muss das System <u>dauerhaft</u> überwachen • Der Fahrer muss jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahraufgabe bereit sein	Autobahnassistent: • Automatische Längs- und Querverführung • Auf Autobahnen bis zu einer oberen Geschwindigkeitsgrenze • Fahrer muss dauerhaft überwachen und bei Übernahmeaufforderung sofort reagieren
Hoch-automatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Situationen. • Der Fahrer muss das System dabei <u>nicht</u> dauerhaft überwachen • Bei Bedarf wird der Fahrer zur Übernahme der Fahraufgabe mit ausreichender Zeitreserve aufgefordert • Systemgrenzen werden alle vom System erkannt. Das System ist nicht in der Lage, aus jeder Ausgangssituation den risikominimalen Zustand herbeizuführen.	Autobahn-Chauffeur: • Automatische Längs- und Querverführung • Auf Autobahnen bis zu einer oberen Geschwindigkeitsgrenze • Fahrer muss nicht dauerhaft überwachen muss aber nach Übernahmeaufforderung mit gewisser Zeitreserve reagieren
Voll-automatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig in einem definierten Anwendungsfall. • Der Fahrer muss das System dabei <u>nicht</u> überwachen • Vor dem Verlassen des Anwendungsfalles fordert das System den Fahrer mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Fahraufgabe auf • Erfolgt dies nicht, wird in den risikominimalen Systemzustand zurückgeführt • Systemgrenzen werden alle vom System erkannt, das System ist in allen Situationen in der Lage, in den risikominimalen Systemzustand zurückzuführen	Autobahnpiilot: • Automatische Längs- und Querverführung • Auf Autobahnen bis zu einer oberen Geschwindigkeitsgrenze • Fahrer muss nicht überwachen • Reagiert der Fahrer nicht auf eine Übernahmeaufforderung, bringt die Maschine das Fahrzeug auf dem Seitenstreifen zum Stillstand.