



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur



Fachworkshops im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS)

**„Automatisiert und vernetzt: grün und günstig im Straßenverkehr
der Zukunft?“**

am 28. März und 4. Juli 2017

Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie für Deutschland (MKS)

Im Rahmen der Energiewende steht auch der Verkehrssektor vor der Aufgabe, seine Energiebasis zu verändern und Treibhausgasemissionen einzusparen. Heute hat der Verkehrssektor einen Anteil von rund 30 % am Endenergieverbrauch und ist für etwa 18 % der CO₂-Emissionen in Deutschland verantwortlich. Zudem ist der Verkehr zu 95 % von fossilen Energieträgern abhängig. In ihrem Energiekonzept hat sich die Bundesregierung das ambitionierte Ziel gesetzt, 40 % des Endenergieverbrauchs im Verkehr bis 2050 gegenüber 2005 einzusparen. Der Klimaschutzplan 2050 sieht zudem vor, die THG-Emissionen bis 2030 um 40-42 % gegenüber 1990 zu reduzieren.

Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) ist das Instrument zur Umsetzung der Energiewende im Verkehrssektor und damit zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung. Die MKS bildet eine verkehrsträgerübergreifende Informations- und Orientierungsgrundlage über Technologien, Energie- und Kraftstoffoptionen sowie über innovative und zeitgemäße Mobilitäts- und Verlagerungskonzepte. Daneben wird die Wissensbasis über Energie- und Technologiefragen verbreitert, und Rahmenbedingungen analysiert, um darauf aufbauend Ziele und Maßnahmen zu priorisieren.

Da sich die Rahmenbedingungen (neue Technologien, Erkenntnisse zur Verfügbarkeit von Rohstoffen, etc.) in den Bereichen Verkehr und Energie ständig verändern und auch die Akteurskonstellationen einem Wandel unterliegen, hat die Bundesregierung beschlossen, die MKS fortzuschreiben und konkrete Maßnahmen (z.B. Pilotprojekte und Markthochlaufprogramme) zu geeigneten Themen voranzutreiben. Für diese Weiterentwicklung wurde das wissenschaftliche Konsortium der MKS mit Untersuchungen zu zentralen Aspekten beauftragt. Um in den Untersuchungen auch die Perspektiven aus der Praxis mit einzubeziehen und relevante Entwicklungen frühzeitig berücksichtigen zu können, werden zu geeigneten Themen Fachveranstaltungen mit den zentralen Akteuren der Themenfelder umgesetzt.

Der erste Fachworkshop am 28. März 2017

Das automatisierte und vernetzte Fahren wird bislang vor allem aus Sicherheitsaspekten betrachtet. Doch zeigen erste Ansätze, dass dadurch auch der Endenergieverbrauch und die Emissionen im Verkehr gesenkt werden könnten. Da es zu diesem Aspekt bisher nur sehr wenige Untersuchungen gibt, hat das BMVI eine Untersuchung beauftragt, die diese Wirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens untersucht.

Der erste Fachworkshop „Automatisiert und vernetzt: grün und günstig im Straßenverkehr der Zukunft?“ am 28. März 2017 diente insbesondere dazu, die Annahmen der wissenschaftlichen Begleitung – bestehend aus Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), der PTV Group, M-Five und des Instituts für Verkehrsplanung und Logistik (VPL) der TU Hamburg-Harburg – vorzustellen und um das Wissen und die Perspektiven der zentralen Fachakteure zu ergänzen.

An dem Fachworkshop nahmen neben der der wissenschaftlichen Begleitung und Ressortvertretern insbesondere Experten der Fahrzeug-Hersteller, der Verbände sowie weiterer Forschungseinrichtungen teil.

Ablauf

Uhrzeit	Programmpunkt
10.00 Uhr	Begrüßung und inhaltliche Einführung <ul style="list-style-type: none">• <i>Silke Rittgerott, Leiterin des Referats „Energie und Klimaschutz“ im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)</i>
10.05 Uhr	Einführung in die Veranstaltung <ul style="list-style-type: none">• <i>Christian Klasen, IFOK GmbH</i>
10.10 Uhr	Impuls: Entwicklungen und Herausforderungen auf dem Weg zum autonomen und vernetzten Fahren <ul style="list-style-type: none">• <i>Aria Etemad, Volkswagen AG</i>
10.30 Uhr	Energie- und Treibhausgaswirkungen des Autonomen Fahrens im Straßenverkehr – Einstieg in die aktuelle MKS-Untersuchung <ul style="list-style-type: none">• <i>Dr. Michael Krail, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI</i>• Rückfragen
11.00 Uhr	Diskussionsrunde I – <u>Kosten des autonomen und vernetzten Fahrens und Potentiale zu ihrer Reduktion</u> <ul style="list-style-type: none">• Vorstellung erster Ergebnisse der Studie: <i>Udo Wagner, M-Five GmbH Mobility, Futures, Innovation, Economics</i>• Diskussion
12.15 Uhr	<i>Mittagspause</i>
13.15 Uhr	Diskussionsrunde II – <u>Klima- und Energiewirkungen von autonomem und vernetztem Fahren</u> <ul style="list-style-type: none">• Vorstellung erster Ergebnisse der Studie: <i>Maximilian Schellert, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML</i>• Diskussion
14.45 Uhr	Zusammenführung der Ergebnisse
14.55 Uhr	Verabschiedung <ul style="list-style-type: none">• <i>Silke Rittgerott, Leiterin des Referats „Energie und Klimaschutz“ im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)</i>
15.00 Uhr	Ende des Fachworkshops

Moderation: *Christian Klasen, IFOK GmbH*

Impuls: Entwicklungen und Herausforderungen auf dem Weg zum autonomen und vernetzten Fahren

Aria Etemad, Volkswagen AG/ Adaptive Project

- Es gibt bereits heute eine Vielzahl von Fahrzeugassistenzsystemen (FAS) auf dem Markt. Dazu gehören Spurhalteassistent, Einparkassistent und adaptiver Abstandshalter. Die weitere Automatisierung von Fahrzeugen soll insbesondere angesichts des demographischen Wandels den Zugang zu Mobilität erleichtern. Weiterhin erhofft man sich davon weniger Unfälle und eine Reduktion von Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen).

- In der Forschung und Entwicklung werden verschiedene Stufen der Automatisierung unterschieden. Diese sind in den SAE Levels (Norm SAE J3016) der *Society of Automotive Engineers* definiert¹:
 - Level 0 (keine Automatisierung) – Fahrzeuge fahren ohne jegliche Automatisierung. Unterstützende Systeme wie ein Antiblockiersystem (ABS) sind möglich.
 - Level 1 (Assistenzsysteme) – Verschiedene Assistenz-Technologien helfen dem Fahrer bei der Längs- oder Querführung des Fahrzeugs. Dazu gehören Spurhalteassistenten oder die Geschwindigkeitsregelung mit Adaptive Cruise Control (ACC).
 - Level 2 (Teilautomatisierung) – Das Fahrzeug ist mit Technologien ausgestattet, die gleichzeitige Längs- und Querunterstützung bieten, wie der Stauassistent.
 - Level 3 (Bedingte Automatisierung) – Das Fahrzeug fährt automatisiert und muss nicht dauerhaft überwacht werden muss. Der Fahrer muss nach einer Vorwarnzeit auf Aufforderung hin in der Lage sein, einzugreifen.
 - Level 4 (Hochautomatisierung) – Das Fahrzeug kann innerhalb eines definierten Gebiets (z.B. in der Stadt) alle Aufgaben selbst übernehmen. Der Fahrer muss nicht als Rückfallebene zur Verfügung stehen. Greift er nicht ein, übernimmt weiterhin das Fahrzeug.
 - Level 5 (Vollautomatisierung) – Das Fahrzeug fährt überall und unter jeder Bedingung selbstständig.
- Es ist noch nicht abzuschätzen, ob Level 5 Fahrzeuge jemals wirtschaftlich betrieben werden können, da für die Schaffung einer Rückfallebene alle Systeme (Antrieb, Bremsen, Informationstechnologie etc.) doppelt vorhanden sein müssten. Auch bedarf es für die Automatisierung auf der letzten Ebene einer rechtlichen Grundlage.
- In einem Fahrzeug können Technologien aus verschiedenen Levels verbaut werden. Bei der Einordnung eines Fahrzeugs sind die Funktionen, die es besitzt, ausschlaggebend.
- Je mehr Funktionen das Fahrzeug selbstständig übernehmen soll, desto mehr Sensoren sind notwendig (Kameras, Radar, Ultraschall etc.), um eine kontinuierliche Information über 360° zu gewährleisten. Technisch gesehen, ist das automatisierte Fahren auf der Autobahn am einfachsten zu realisieren. Komplexer ist das innerstädtische Fahren, da hier deutlich mehr Umweltfaktoren vom Fahrzeug erkannt werden müssen. Auch für das selbstständige Parken ist eine Vielzahl von Sensoren etc. notwendig, was es wiederum teuer macht.
- Die Entwicklungskosten für automatisierte und vernetzte Fahrzeuge (AVF) sind sehr hoch, da voraussichtlich bis zu 100 Mio. Testkilometer notwendig sind. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass (wie in der Luftfahrt) bis zu 50% der Entwicklungskosten für Softwaretests benötigt werden. Auch die Sensoren sind sehr hochpreisig, vor allem da noch nicht in Serie produziert wird. Wie sich diese Preise entwickeln und ob damit insgesamt die höchste Automatisierungsstufe jemals massentauglich wird, ist derzeit nicht absehbar.

¹ Im Folgenden werden die Definitionen der Entwicklungsstufen der *Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren* verwendet. Diese lauten: Level 1 – assistiertes Fahren, Level 2 – teilautomatisiert, Level 3 – hochautomatisiert, Level 4 – vollautomatisiert, Level 5 – autonomes (fahrerloses) Fahren.

Vorstellung des Untersuchungsrahmens

Dr. Michael Krail, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

- Die Wirkung automatisierten und vernetzen Fahrens auf die THG-Emissionen und den Endenergieverbrauch (EEV) wurden bisher kaum untersucht. Ziel dieser Untersuchung ist, diese Wissenslücke zu füllen. Um das Potenzial dieser Technologien abschätzen zu können, analysiert diese Untersuchung daher zunächst, wie sich das automatisierte Fahren insgesamt in den kommenden Jahrzehnten etablieren könnte. Dabei spielt insbesondere die Kostenentwicklung eine wichtige Rolle.
- Zu Beginn wurden in einer Literaturrecherche 193 Studien und Veröffentlichungen gesichtet. Dabei wurden Indikatoren zur Marktreife erarbeitet, die Kundenakzeptanz analysiert, Systemkomponenten und deren Lernraten identifiziert und eine Kostenanalyse erstellt. Darauf aufbauend sollen drei Markthochlaufszszenarien bis 2050 entwickelt werden. Zudem wurden primäre und sekundäre Einspareffekte recherchiert, um davon ausgehend Reduktionspotenziale zu ermitteln. Primäre Effekte beschreiben Potenziale einzelner Technologien, beispielsweise die Reduktion von Bremsvorgängen durch harmonisierte Geschwindigkeitsprofile. Deren Einsparpotenziale werden anhand von Kriterien (Einsatzgebiet, Verkehrsdichte, Penetrationsrate etc.) bewertet. Daraus ergeben sich konkrete Einsparpotenziale je Level der Automatisierung.
- Der erste Workshop dient dazu, Zwischenergebnisse der Untersuchung zu den Kosten und primären Effekten darzustellen und erste Einschätzungen dazu von den Teilnehmenden zu bekommen.
- Der zweite Workshop beschäftigt sich insbesondere mit den sekundären Effekten. Diese betreffen Änderungen der Verkehrssituation, d.h. Modal Split, Fahrleistungen, Verkehrsdichte. Akzeptanz, Mobilitätskonzepte und Mobilitätsverhalten stehen dabei im Fokus. Auch mögliche Rebound-Effekte werden hier betrachtet. Die Wirkungszusammenhänge sekundärer Effekte sind komplex und große Effekte erst bei hohen Durchdringungsraten zu erwarten. Einsparpotenziale sind daher auch hier stark vom Markthochlauf abhängig.
- Die erste Diskussionsrunde bespricht Kosten des autonomen und vernetzen Fahrens und Potentiale zu deren Reduktion. Dies soll in die Markthochlaufszszenarien der Studie einfließen. In der zweiten Diskussionsrunde werden die Wirkungen von Automatisierung und Vernetzung auf THG-Emissionen und EEV im Mittelpunkt stehen. Dabei wird nach Verkehrsmittel, Straßentyp (Autobahn, Landstraße, innerorts), Verkehrsdichte, Penetrationsrate und Automatisierungsstufe differenziert.

Diskussionsrunde I – Kosten des autonomen Fahrens und Potentiale zu Ihrer Reduktion

Vorstellung erster Ergebnisse der Studie: Udo Wagner, M-Five & Dr. Michael Krail, Fraunhofer ISI

- Zuerst wurden relevante Technologien für die Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen ermittelt. In einer Roadmap wird die Entwicklung dieser Technologien auf dem Weg zum autonomen Fahren dargestellt. Einzelne Funktionen können dabei verschieden stark automatisiert werden.

- Vernetzte Fahrzeuge kommunizieren mit anderen Fahrzeugen (Vehicle-to-Vehicle), mit der Infrastruktur (Vehicle-to-Infrastructure) und über Netzwerke (Vehicle-to-Network). All dies wird unter Vehicle-to-X zusammengefasst. Da momentan nicht davon ausgegangen wird, dass eine kostengünstige Ausstattung der Infrastruktur zur V2I-Kommunikation möglich ist, wird angenommen, dass sich aus Kostengründen - neben der V2V-Kommunikation - nur V2N durchsetzen wird.
- Die Technologien wurden bezüglich der dafür benötigten Komponenten aufgeschlüsselt. Da einige Komponenten für mehrere Technologien genutzt werden können, kann sich das positiv auf die Kosten auswirken.
- Die Grundlage für die Analyse der Preisentwicklung ist der Endkundenpreis eines durchschnittlichen Fahrzeugs. Für die Berechnung der Kosten ist vor allem die Kostenentwicklung der Komponenten von Bedeutung, welche stark von der Serienproduktion abhängt. Einige Technologien sind bereits standardmäßig in Fahrzeugen verbaut. Dort sind bereits Kostensenkungen zu verzeichnen.
- Die prognostizierten zukünftigen Kosten der Komponenten variieren stark, was von produzierten Stückzahlen, Lern- und Übertragungseffekten abhängig ist. Bei den Kostenschätzungen herrscht daher große Unsicherheit. Mit Hilfe einer Berechnungsformel wird ein Endpreis auf Fahrzeugebene berechnet, um davon ausgehend Markthochlaufsznarien zu entwickeln. Dabei wird in dieser Untersuchung von den Komponenten auf die Technologie und dann auf das Automatisierungslevel geschlossen (Bottom Up-Methode). Aufgrund der vielen Unsicherheiten werden in der Untersuchung jeweils Preisspannen angegeben und darauf aufbauend unterschiedliche Szenarien des Markthochlaufes berechnet.
- Vorläufig sind als Leitmärkte für die Markthochlauf-Szenarien die USA, Deutschland, Japan und Schweden festgelegt.

Diskussion und Anmerkungen:

- Es wird angeregt, in der Untersuchung immer die englischen SAE-Begrifflichkeiten zu übernehmen und auf deutsche Begriffe, eigene Übersetzungen und Marketingbezeichnungen zu verzichten, damit es keine Missverständnisse gibt. Außerdem sollten die jeweiligen Technologien eher von ihrer Funktion als von ihren einzelnen Komponenten aus betrachtet werden.
- Die Ergebnisse des „Runden Tisches Automatisiertes Fahren“ des BMVI sollten in die Untersuchung miteinbezogen werden.
- Es wird angeregt, von Standardisierungen hinsichtlich von Begrifflichkeiten wie „assist“, „chauffeur“ und „pilot“ abzusehen.
- Es wird auf mögliche Redundanzen bei Level 4/5 hingewiesen. Fahrzeuge müssten dann jeweils zwei gleiche Systeme verbaut haben. Dies muss bei den Kosten und den THG-Emissionen bedacht werden. Es wird berichtet, dass im Moment diskutiert wird, ob es bei bestimmten Komponenten – z.B. mit geringem Ausfallrisiko – ausreicht, die Technik jeweils nur einmal zu verbauen.
- Hinsichtlich des Zeitrahmens für die Erreichung von Level 4-Fahrzeugen gibt es unterschiedliche Ansichten. US-Amerikanische Hersteller planen bereits in einigen Jahren vollautomatisiert zu fahren, gehen also einen revolutionären Entwicklungspfad, während deutsche Hersteller eher einer stufenweisen Entwicklung folgen. Letzteres nimmt mehr Zeit in Anspruch, lässt aber auch mehr Zeit für Technologiereife.
- In ländlichen Gebieten könnte der Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge sinnvoll sein, um Mobilitätsbedürfnisse zu erfüllen. Die bislang diskutierten Geschäftsmodelle sind jedoch auf den städtischen Bereich ausgerichtet, in dem es bereits heute ein breites Mobilitätsangebot gibt.

Diskussionsrunde II – Klima- und Energiewirkungen von autonomem und vernetztem Fahren

Vorstellung erster Ergebnisse der Studie:

Maximilian Schellert, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

- Es gibt verschiedene Ursachen für EEV und THG-Emissionen eines Fahrzeugs, einige sind abhängig von Einzelfahrzeugen, wie Fahrweise und spezifischer Verbrauch, andere durch die Umwelt beeinflusst, wie Verkehrsfluss und -dichte.
- Die Studie fokussiert sich zunächst auf primäre Effekte die durch automatisiertes und vernetztes Fahren entstehen (harmonisierte Geschwindigkeitsprofile, optimierte Motoransteuerung, reduzierter Luftwiderstand durch Platooning). Im späteren Verlauf werden dann auch sekundäre Effekte (Veränderung im Modal Split und in der Fahrleistung (Rebound-Effekte), Veränderung der Verkehrsdichte etc.) betrachtet werden. Hierzu wird im Sommer ein weiterer öffentlicher Workshop stattfinden.
- Zur Ermittlung des Reduktionspotentials des einzelnen Fahrzeugs wurde eine Literaturanalyse durchgeführt, die Technologien identifiziert und zu Technologiebündeln zusammenfasst. Es wurden Einzelpotentiale erarbeitet und Kombinationsfaktoren erstellt, um das ganzheitliche Potenzial für ein Fahrzeugsegment und eine Automatisierungsstufe zu ermitteln.
- Die Einspareffekte des einzelnen Fahrzeugs (Primäreffekte) errechnen sich aus den einzelnen Potentialen der Technologien eines Bündels. Die große Ergebnisspanne ergibt sich aus den unterschiedlichen Penetrationsraten sowie Anwendungsbereichen. Es werden beispielhaft mehrere Fahrzeugtypen und die bisher errechneten Einsparpotenziale vorgestellt.
- Die Einsparpotenziale der einzelnen Technologien können bei deren Kombination nicht einfach addiert werden. Daher wird mit Kombinationsfaktoren dargestellt, wie sich eine Kombination auf die Einzelpotentiale auswirkt. Einige Technologien haben verstärkende Effekte, wohingegen bei anderen Kombination das Hinzufügen einer Technologie nur einen geringen Mehrwert liefert.
- Für die tatsächlichen Einsparungen müssen auch Rebound-Effekte mitbedacht werden.
- Die bisherigen vorläufigen Berechnungen gehen unter bestimmten Voraussetzungen (dichter Verkehr, hohe Penetrationsrate automatisierter Fahrzeuge) von maximalen Einsparungen von 19% bei PKW der Oberklasse und von bis zu 24% bei Nutzfahrzeugen aus.

Diskussion und Anmerkungen:

- Es wird auf die unterschiedlichen Grundlagen der in der Literaturrecherche analysierten Untersuchungen hingewiesen. Die wissenschaftliche Begleitung erläutert daraufhin, dass sie deshalb den Bottom-Up-Ansatz gewählt haben und damit jeweils für die Untersuchung individuelle Referenzfahrzeuge modellieren.
- Wesentliche Entlastungspotentiale entstehen erst ab einem gewissen Anteil automatisierter und vernetzter Fahrzeuge auf der Straße. Diese sogenannten sekundären Effekte werden in der Fortführung der Untersuchung näher betrachtet und auch Inhalt des zweiten Fachworkshops sein.
- Auf Nachfrage nach dem methodischen Grundsatz der Untersuchung erläutern die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, dass das Bezugsjahr 2050 gewählt wurde, aber auch Zwischenstufen betrachtet werden und damit auch der Markthochlauf einbezogen wird,
- Die Teilnehmenden diskutieren die in der Untersuchung errechneten Potenziale aus den Fallbeispielen:
 - Es wird angemerkt, dass die vorgestellten Reduktionspotentiale der Untersuchung sehr hoch angesetzt scheinen. Das Projekt EcoMove (www.ecomove-project.eu) gibt für das Assistenzsystem Adaptive Cruise Control (ACC; Geschwindigkeitsregelanlage) beispielsweise ein THG-Reduktionspotential von 7% an. Demgegenüber zeigen Untersuchungen, dass Eco Busse, Hybrid Fahrzeuge und Fahrerschulungen ca. 5-10% Einsparungen bringen.

- Es scheint unklar, warum die Verkehrsdichte sowie die Straßenart nicht die gleichen Einsparungsmuster aufzeigen. Auf den ersten Blick müsste Stop&Go das größte Reduktionspotential aufweisen, ebenso wie innerstädtisches Fahren. Dies ist jedoch an den Daten nicht erkennbar.
 - Es wird angemerkt, dass die Untersuchung eines Level 5 Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor nur wenig Sinn ergibt, da es bei Technologiereife von Level 5-Fahrzeugen wahrscheinlich kaum noch Verbrennungsmotoren geben wird.
 - Es wird bestätigt, dass es bei ACC ein steigendes Potential für THG-/EEV-Einsparungen bei wachsenden Penetrationsraten besteht.
 - Es wird angemerkt, dass sich bei der weiteren Automatisierung bestimmter Funktionen von Assist zum Pilot keine weiteren Einsparungen bei THG-Emissionen und EEV erreichen lassen, da sich die Funktion selbst nicht mehr groß ändert, sondern nur die Absicherungsrate.
- Es ist davon auszugehen, dass es ähnliche Potentiale bei Bussen und Nutzfahrzeugen gibt. Insbesondere Technologien zum vorrausschauenden Fahren sind dort heute zum Teil schon vorhanden (PCC, topographieabhängig).
 - Es wird angemerkt, dass höhere Fahrzeugsegmente und Nutzfahrzeuge bereits jetzt mit mehr Assistenztechnologien ausgestattet seien. Generell müsse für eine Marktdurchdringung im Nutzfahrzeugsbereich jede neue Technologie jedoch einen direkten Nutzen bringen, v. a. monetär. Diesbezüglich wird darauf aufmerksam gemacht, dass es bereits heute eine Nachfrage nach Level 2&3 Lkw gebe, die Platooning-fähig seien. Allerdings sei erst Level 3-Platooning aufgrund der geringen Distanz zwischen Fahrzeugen sinnvoll nutzbar.
 - Einerseits gibt es einen internationalen Trend zur hochausgestatteten Kompaktklasse. Andererseits zeigt die Erfahrung, dass Marktdurchdringung von Technologien immer von oben nach unten funktioniere.
 - Es wird angemerkt, dass manche Automatisierungen auf bereits vorhandenen Assistenzsystemen aufbauen und diese nur anders umsetzen. So ist Platooning nichts anderes als automatisiertes Ecodriving. Der Einspareffekt ist durch die Automatisierung nur wenig höher.
 - Bisher gibt es keine Ergebnisse zur Kombination von Automatisierung und Vernetzung mit alternativen Antriebsarten.

Zusammenführung der Ergebnisse

Dr. Michael Krail, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung

- Das Wording der Studie muss vereinheitlicht werden. Dafür könnten die SAE-Begrifflichkeiten übernommen werden.
- Die Komponentenkosten sind schwer einzuschätzen und stark von der Marktdurchdringung abhängig. Dabei spielen vor allem Fahrzeugtypen sowie Akzeptanz eine wichtige Rolle.
- Neben den Primäreffekten sind vor allem auch die Sekundäreffekte bezüglich ihrer THG- und EEV-Einsparpotentiale zu untersuchen.

In vielen Teilen hat die Studie Pioniercharakter, weshalb bei einigen Werten Annahmen getroffen werden müssen. Diese werden transparent dargestellt.

Der zweite Fachworkshop am 4. Juli 2017

Der zweite Fachworkshop „Automatisiert und vernetzt: grün und günstig im Straßenverkehr der Zukunft?“ hatte zum Ziel, die sekundären Einspareffekte durch automatisierte und vernetzte Fahrzeuge zu diskutieren. Im Fokus standen dabei die Akzeptanz automatisierter und vernetzter Fahrzeuge, neue Mobilitätskonzepte, welche durch diese Technologien erweitert oder notwendig werden können, und damit zusammenhängende Veränderungen im Mobilitätsverhalten. Die wissenschaftliche Begleitung der MKS, bestehend aus Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), PTV Group, M-Five und des Instituts für Verkehrsplanung und Logistik der TU Hamburg, stellte ihre entwickelten Annahmen zu diesen drei Themenbereichen vor und diskutierte sie mit Teilnehmenden aus Wissenschaft, Verwaltung und Praxis.

Ablauf

Uhrzeit	Programmpunkt
10.00 Uhr	Begrüßung <ul style="list-style-type: none"> • <i>Karoline Büsching, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)</i>
10.10 Uhr	Vorstellung des Untersuchungsrahmens und aktueller Stand der Studie <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Michael Krail, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)</i>
10.30 Uhr	Themeneinstieg und Vorstellung der wissenschaftlichen Zwischenergebnisse <u>Fokus I: Nutzerakzeptanz von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen</u> Impulsvortrag: <i>Stefan Trommer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)</i> Vorstellung erster Ergebnisse der Studie: <i>Dr. Elisabeth Dütschke, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)</i> <u>Fokus II: Neue Mobilitätskonzepte durch automatisierte und vernetzte Fahrzeuge</u> Impulsvortrag: <i>Eva Fraedrich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)</i> Vorstellung erster Ergebnisse der Studie: <i>Inga Luchmann, PTV Group</i> <u>Fokus III: Änderung des Mobilitätsverhaltens durch automatisierte und vernetzte Fahrzeuge</u> Impulsvortrag: <i>Prof. Dr. Kay Axhausen, ETH Zürich</i> Vorstellung erster Ergebnisse der Studie: <i>Simon Mader, M-Five GmbH</i>
12.00 Uhr	<i>Mittagspause</i>
12.45 Uhr	World Café in drei Kleingruppen <ul style="list-style-type: none"> • Fokus I: Nutzerakzeptanz von automatisierten Fahrzeugen • Fokus II: Neue Mobilitätskonzepte durch automatisierte Fahrzeuge • Fokus III: Änderung des Mobilitätsverhaltens durch automatisierte Fahrzeuge
14:45 Uhr	Zusammenführung der Ergebnisse und Ausblick <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Wolfgang Schade, M-Five GmbH</i>
15.25 Uhr	Verabschiedung <ul style="list-style-type: none"> • <i>Karoline Büsching, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)</i>
15.30 Uhr	Ende der Veranstaltung

Moderation: *Christian Klasen, IFOK GmbH*

Fokus I: Nutzerakzeptanz von automatisierten Fahrzeugen

Impulsvortrag: Stefan Trommer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

- Von der Einführung des automatisierten Fahrens wird in erster Linie erhöhte Sicherheit, verbesserte Verkehrseffizienz, Reduktion verkehrsbedingter Emissionen, (Auto)Mobilisierung neuer Nutzergruppen sowie die Ausweitung von Multi- und Intermodalität erwartet. Insbesondere für Fernfahrten, aber auch für den Arbeitsweg sind fahrerlose Fahrzeuge aus heutiger Sicht besonders attraktiv. Nutzungsmotivationen sind vielfältig und umfassen neben Zeitgewinn auch weniger Stress und Unfälle sowie die Verfügbarkeit von Tür-zu-Tür Mobilität.
- Es bestehen auch Vorbehalte, die jedoch durch Anpassungen überwindbar scheinen. Der Verlust von „Fahrspaß“ kann bspw. durch die Möglichkeit bei Bedarf das Steuer zu übernehmen, adressiert werden. Angst vor Fehlfunktionen und Kontrollverlust werden sich voraussichtlich mit der Zeit reduzieren.
- Mit automatisierten Fahrzeugen wächst auch der potenzielle MIV-Nutzerkreis. Dazu gehören neben mobilitätseingeschränkten und führerscheinlosen Personen auch Teenager bzw. Kinder. Grundlage dafür sind neue fahrerlose Mobilitätsdienstleistungen, wie beispielsweise Ride-Sharing auf der Kurzstrecke.
- Akzeptanz für diese neuen Technologien ist aus heutiger Sicht schwer messbar. Erste Untersuchungen zeigen, dass Erfahrungen mit fortschrittlichen Fahrerassistenzsystemen stark fördernd wirken. Bisher verlief die Verbreitung fortschrittlicher Assistenzsysteme top down. In Mittelklassewagen oder darunter sind die Technologien nur wenig verfügbar.
- Ältere Nutzerinnen und Nutzer sind generell eher kritisch eingestellt. Im Schnitt wäre ein Aufpreis von 3000 Euro für solche Technologien für die Befragten akzeptabel.
- Das Diffusionsmodell des DLR zeigt, dass 2035 eine Durchdringungsrate von 17 Prozent mit Level 4 und 5 Automationssystemen denkbar ist. Die Verbreitung ist hauptsächlich durch Fahrzeuge der Ober- und Mittelklasse getrieben. Fahrzeuge der Kompakt- und Kleinwagenklasse hingegen werden auch dann kaum mit entsprechenden Technologien ausgestattet sein, sollte die Verbreitung von Automationssystemen analog der Verbreitung fortschrittlicher Fahrerassistenzsysteme in der Vergangenheit folgen.

Vorstellung erster Ergebnisse der Studie: Dr. Elisabeth Dütschke, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

- Akzeptanz umfasst verschiedene Ebenen, die Einstellungen und Verhalten beinhalten: Ein sozio-politisches „Grundklima“ schafft eine generelle Befürwortung einer Gesellschaft für eine Innovation oder Veränderung. Bei lokaler Akzeptanz geht es darum, inwieweit Betroffene z.B. als Verkehrsteilnehmer automatisiertes und vernetztes Fahren befürworten, ohne selbst die Technologie zu nutzen. Auf der Marktebene muss sich schließlich klären, ob Angebot und Nachfrage zusammenkommen, also Personen bereit sind, die Fahrzeuge herzustellen und anzubieten bzw. zu kaufen und zu nutzen.
- Die Akzeptanzforschung befasst sich bisher primär mit individuell genutzten Pkw; einzelne Untersuchungen auch mit multimodalen Konzepten oder Sharing. Zur gewerblichen Nutzung der Fahrzeuge oder für den Güterverkehr liegen hingegen keine Studien vor.
- Werden Nutzerinnen und Nutzer zu automatisierten und vernetzten Fahrzeugen befragt, besteht ein generell offenes Grundklima, jedoch auch große Unentschlossenheit. Je unkonkreter und weiter in der Zukunft die Frage gerichtet ist, desto positiver ist die Einstellung. Generell sind ähnliche Akzeptanzquoten erkennbar wie für Elektro- oder Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge.

- In der Übergangsphase besteht mehr Akzeptanz dafür, selbst in einem solchen Fahrzeug zu sitzen als neben einem fahrerlosen Fahrzeug im Verkehr unterwegs zu sein. Gegenüber dem Mischverkehr bestehen Bedenken und Ängste. In einigen Diskussionen wird gar eine Trennung von fahrerlosen und konventionellen Verkehren (z.B. über eigene Spuren) angeregt.
- Eher aufgeschlossen sind Männer mittleren Alters mit höherem sozioökonomischen Status, d.h. typische Early Adopter-Gruppen. Menschen ohne eigenes Auto oder mit gesundheitlichen Einschränkungen, die durch automatisierte und vernetzte Fahrzeuge (Auto)mobilisiert werden könnten, sind weder Treiber noch deutliche Gegner.
- Fahrerlose Taxi-/Ride-Share Angebote bevorzugen eher jene Personen, die auch aktuell bereits alternative und multimodale Verkehrsangebote nutzen. Insgesamt lehnen jedoch in Deutschland 73 Prozent geteilte Taxis ab.

Fokus II: Neue Mobilitätskonzepte durch automatisierte Fahrzeuge

Impulsvortrag: Eva Fraedrich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

- Bei einer ganzheitlichen Betrachtung des Verkehrssystems werden neben positiven Effekten auch zunehmend negative verkehrliche Wirkungen des automatisierten Fahrens diskutiert, z.B. eine Zunahme der Verkehrsleistung oder auch eine Verkehrsverlagerung zugunsten des MIV. Zum jetzigen Zeitpunkt der Technikentwicklung bestehen noch zahlreiche Unsicherheiten über tatsächliche Auswirkungen. Gleichzeitig bestehen Gestaltungsmöglichkeiten, um die positiven Implikationen der Technik zu nutzen und die negativen zu begrenzen.
- Mobilitätskonzepte mit Pkw können danach unterschieden werden, ob sich die Fahrzeuge im Privatbesitz befinden oder geteilt werden. Bei geteilten Fahrzeugen werden derzeit insbesondere vom Ride-Sharing tatsächlich positive Wirkungen auf Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen erwartet. Allerdings existieren auf Seite der Nutzenden für solche Fahrzeuge (Vehicle on Demand, Robotaxis) noch einige Vorbehalte und Unwissenheit, während für Anwendungsfälle mit Privatfahrzeugen die Nutzenperspektive insgesamt greifbarer und damit auch positiver wahrgenommen wird. Nutzerperspektiven auf solche Anwendungsfälle wurden am DLR bereits in mehreren Studien untersucht, unter anderem in einer quantitativen deutschlandweiten Repräsentativbefragung von 1.000 Personen (Projekt Villa Ladenburg).
- Aus Sicht kommunaler Akteure der Stadt- und Verkehrsplanung müssen insbesondere die Wirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens auf die Verkehrsmittelwahl und die damit verbundenen Implikationen für die Kommunen insgesamt in den Blick genommen werden. Expertinnen und Experten, die in einer weiteren Untersuchung am DLR befragt wurden (e-mobil Studie), erwarten insbesondere für Anwendungsfälle mit automatisierten Privatfahrzeugen mehrheitlich negative Effekte auf die Ziele der Stadt- und Verkehrsplanung (z.B. die Stärkung des Umweltverbundes und Reduktion verkehrsbedingter Emissionen). Generell wird die Sorge artikuliert, dass durch eine Automatisierung von Privatfahrzeugen und einer damit verbundenen Attraktivitätssteigerung des MIV der öffentliche Verkehr unterminiert werden könne. Auch ein Fokus auf reiner Technologieförderung wird kritisch gesehen.
- Weil bei der Automatisierung im Straßenverkehr mit komplexen Wirkungszusammenhängen gerechnet werden muss, müssen integrierte Systemperspektiven angewandt werden. Mit Blick auf Daseinsvorsorge und Wohlfahrt favorisieren die befragten Kommunalakteure integrative Gesamtkonzepte, in denen AVF das Verkehrsangebot komplementieren statt ersetzen.
- Aus den Untersuchungen folgt unter anderem, neue, automatisierte Mobilitätskonzepte anwendungsorientiert zu erforschen und erproben. Dazu sollten alle Akteure, darunter auch Kommunen und Zivilgesellschaft, frühzeitig eingebunden werden.

Vorstellung erster Ergebnisse der Studie: Inga Luchmann, PTV Group

- Im Pkw-Bereich ist mit diversen neuen Mobilitätskonzepten zu rechnen:

- Private, automatisierte Pkw ermöglichen durch eine andere Fahrzeugausstattung (Schlaf-/Arbeitsplatz, Multimedia) neben dem Fahren weitere Aktivitäten. Denkbar ist auch, dass das eigene Fahrzeug in der bislang nicht genutzten Zeit vermietet wird. Insgesamt ist mit einem geringeren Besetzungsgrad durch Leerfahrten zu rechnen.
- Beim Car- und Ride-Sharing kann ein verstärkter Tür-zu-Tür Service für erweiterte Kundenkreise attraktiv werden. Es wird eine zunehmende Auswahl zwischen verschiedenen Fahrzeugtypen („Right-Sizing“) erwartet. Dadurch erhöhen sich Nutzungsfrequenz und Rentabilität. Sharing-Fahrzeuge ermöglichen zudem das Testen fahrerloser Fahrzeuge. Durch das Ride-Sharing kann der Besetzungsgrad erhöht werden, allerdings kommt es durch die Bündelung von Fahrtwünschen auch zu einem geringen Anteil an Umwegen. Ride-Sharing Angebote können in Gebieten mit geringer Nachfrage den öffentlichen Linienverkehr ersetzen.
- Im Güterverkehr ermöglicht die Automatisierung zuverlässige und flexible Transporte.
 - Zunehmend können kleine Zustellfahrzeuge eingesetzt werden, die eine flexible, schnelle und direkte Warenversorgung des Endkunden ermöglichen.
 - Die Vernetzung kann auch im Güterverkehr dazu führen, dass sowohl leichte als auch schwere Nutzfahrzeuge geteilt werden. Denkbar ist sowohl im urbanen bzw. regionalen Kontext als auch auf Bundesautobahnen die Buchung von Transportvolumen, welche flexibel oder als Shuttle genutzt werden. Dadurch können kooperative Versorgungsnetze mit City-Hubs und mobilen Warendepots entstehen.
 - Durch solche Angebote sowie insbesondere die geringeren Betriebskosten wird angenommen, dass der Straßengüterverkehr im Vergleich zur Schiene und der Wasserstraße weiter an Attraktivität gewinnt, wenn nicht entsprechend gegengesteuert wird.
- Beim Busverkehr sind vermehrt bedarfsangepasste, flexible Angebote zu erwarten.
 - Fahrerlose Kleinbusse ermöglichen eine rentable Bedienung nachfrageschwacher Gegenden. Als Ride-Sharing Angebote im ländlichen Raum bieten sie attraktive und günstige Mobilitätsoptionen und können so Teil der Daseinsvorsorge sein.
 - Bei Stadtbussen ist ein Einsatz auf nachfragestarken Achsen als Linienverkehr denkbar. Gegebenenfalls kommen nutzerorientierte, flexible Angebote hinzu, welche mit einer zeitlichen und räumlichen Auflösung von Linienverkehren einhergehen.
 - Im Fernbusbereich ist vor allem ein Einsatz auf Bundesautobahnen für Strecken, welche durch den Schienenverkehr nicht abgedeckt werden, denkbar.
- Im Rahmen der Untersuchung werden zwei Szenarien betrachtet:
 - Szenario I - Welt der Mobilitätsdienstleistungen: Politische Steuerung fördert die Nutzung multimodaler Wegeketten und verkehrsträgerübergreifende Transportmodelle sowie die geteilte Nutzung von Fahrzeugen im Personen und Güterverkehr. Daher kommt es zu einem hohen Ride-Sharing-Anteil bei gleichzeitig leistungsfähigem öffentlichen Verkehr. Insgesamt sinken sowohl Fahrzeugzahl als auch Verkehrsleistung.
 - Szenario II - Welt des Fahrzeugbesitzes: Pkw- und Straßengüterverkehr gewinnen an Attraktivität und können ihren Anteil am Modal Split erhöhen. Trotz eines moderaten Anstiegs von Car- und Ride-Sharing steigt die Fahrzeuganzahl und Verkehrsleistung in Personen- und Güterverkehr.
 - Referenzszenario: Verkehrsverflechtungsprognose 2030 auf 2050 fortgeführt, wobei Automatisierung und veränderte Mobilitätskonzepte keine Rolle spielen.
- Zur Erreichung maximaler THG-Reduktionen durch automatisierte und vernetzte Fahrzeuge bedarf es verschiedenster Steuerungsmechanismen, die geeignete Konzepte unterstützen, z.B.

- Integration von automatisierten Fahrzeugen in eine nachhaltige Stadt- und Verkehrsplanung und Aufbau von Kooperationen und Know-How bei Verwaltung und Entscheidungsträgern
- Förderung der kooperativen Fahrzeugnutzung (durch Kopplung von Mobilitätskonzepten an den ÖPNV, Schaffung eines finanziellen und rechtlichen Rahmens sowie der Förderung von Intermodalität)
- Anpassung von Rahmenbedingungen (Förderung alternativer Verkehrsmittel, Überprüfung MIV-orientierter Anreize).

Fokus III: Änderung des Mobilitätsverhaltens durch automatisierte Fahrzeuge

Impulsvortrag: Prof. Dr. Kay Axhausen, ETH Zürich

- Verkehrsteilnehmer beeinflussen ihre Kosten durch die Wahl ihrer Standorte (Wohnen, Arbeit) sowie ihrer Mobilitätswerkzeuge. Sinken die Kosten für Verkehrsangebote, so ist mit einer Erhöhung der Verkehrsnachfrage zu rechnen.
- Automatisierte Fahrzeuge führen zu einer Reduktion generalisierter Kosten. Dazu gehören sowohl monetäre Kosten als auch die Wahrnehmung von Reisezeiten. Wenn keine Fahraufgabe mehr übernommen wird, kann Fahrzeit alternativ genutzt werden. Weitere Zeiteinsparungen entstehen durch vermiedene Bring-, Hol- und Einkaufsfahrten.
- Entscheidend ist die Wechselwirkung zwischen verfügbaren Nutzungszeitfenstern und der bestehenden Nachfrage. Die individuelle Verkehrsnachfrage ist das Ergebnis von Aktivitäten. Wo sich welches Mobilitätskonzept durchsetzt, hängt stark von der Struktur und der gewünschten Nutzung ab.
- Der öffentliche Verkehr wird weitgehend überflüssig werden. In den Kernstädten werden aber weiter ‚große Fahrzeuge‘ benötigt. Dabei sollten die Interessen einiger Verkehrsunternehmen nicht die Technologieentwicklung einschränken dürfen.
- Die erwarteten Kosten pro Personenkilometer fallen stark und mit den neuen Mobilitätsangeboten bilden sich neue Kostenstrukturen. Außer in Innenstädten sollten autonome Taxis preislich keine Konkurrenz zum Privatfahrzeug darstellen. Die Hoffnung unendlich billige „Ubers“ zu schaffen ist nicht erfüllbar, da gewisse Kosten nicht reduziert werden können (Werbung, Reinigung) und wenn große Gewinnmargen erzielt werden sollen.
- Auch verbesserte Erreichbarkeit lässt den Verkehr ansteigen. Da die Erreichbarkeit in Städten bereits sehr groß ist, werden Erreichbarkeitsgewinne vor allem in ländlichen Regionen verzeichnet. In vielen Städten hingegen kann der zusätzliche Verkehr gar nicht ohne Geschwindigkeitsreduktionen abgewickelt werden. Diesem induzierten Verkehr kann z.B. über eine Straßenbenutzungsgebühr entgegengewirkt werden.
- Weltweit fahren bereits automatisierte Fahrzeuge im Realbetrieb. Es bedarf weiterer Studien und auch Verbesserung an den genutzten Modellen, um bessere Voraussagen über die Wirkungen der Fahrzeuge treffen zu können.

Vorstellung erster Ergebnisse der Studie: Simon Mader, M-Five

- Die Annahmen der Untersuchung sind bislang sehr vage, da vorhandene Studien selten einen Systemansatz wählen und nur einzelne Aspekte betrachten. Auch Wechselwirkungen mit anderen Megatrends (Sharing Economy, Industrie 4.0 etc.) müssen verstärkt diskutiert werden.
- Szenario I: Welt der Mobilitätsdienstleistungen
 - Verhaltensannahmen für Pkw: Höhere Besetzungsgrade, flexible Verkehrsmittelwahl und eine erhöhte Inter- und Multimodalität lassen Fahrzeugzahlen sinken. Die einzelnen Fahrzeuge verzeichnen stark steigende Fahrleistungen. Die Gesamtfahrleistung und der Modalanteil des MIV sinken, Fuß- und Radverkehr verstärken sich.

- Verhaltensannahmen für Lkw: Es entstehen kooperative und konsolidierende Versorgungsnetze. Eine höhere Auslastung und Kapazität wird mit weniger Fahrzeugen erreicht.
- Verhaltensannahmen für Busse: Insbesondere außerorts verlagern sich Verkehre auf Kleinbusse. Im Fernverkehr nehmen Klein- und Reisebusse zu.
- Szenario II: Welt des Fahrzeugbesitzes
 - Verhaltensannahmen für Pkw: Der Fokus auf den MIV führt zu sinkenden Besetzungsgraden und einer wachsenden Pkw-Flotte. Die Wegezahl bleibt konstant, es entstehen jedoch zusätzliche Pkw-Leerfahrten. Höherer Komfort führt zu längeren Wegen und steigender Fahrleistung einzelner Fahrzeuge sowie einer steigenden Gesamtfahrleistung.
 - Verhaltensannahmen für Lkw: Warenverkehre konzentrieren sich auf große Logistikdienstleister. Die Fahrzeuge sind weniger ausgelastet. Insgesamt gibt es mehr und kleinere Fahrzeuge und es kommt zu flexiblen, aber vergleichsweise teuren Angeboten.
 - Verhaltensannahmen für Busse: Insbesondere außerorts wird der MIV gestärkt. Im Fernverkehr bildet der Bus eine starke Konkurrenz zur Bahn.

World Café in drei Kleingruppen

Fokus I: Nutzerakzeptanz von automatisierten Fahrzeugen

- Als Haupttreiber für die Akzeptanz von autonomen Fahrzeugen werden v.a. mehr Komfort (v.a. durch fahrfremde Tätigkeiten) und Mobilitätsmöglichkeiten sowie eine höhere Sicherheit gesehen. Potenzielle Hemmnisse sind dagegen u.a. beim Datenschutz, dem Technikausfallrisiko sowie den hohen Kosten zu erwarten.
- Dabei ist bei den einzelnen Faktoren nach Automatisierungsstufen und Einführungsphasen sowie den Anwendungsfällen zu unterscheiden. So ist beispielsweise bis einschließlich Level 3 der Automatisierung (entsprechend der Definition der Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren des BMVI) der Zeitgewinn durch fahrfremde Tätigkeiten deutlich eingeschränkt, da die fahrende Person kurzfristig in der Lage sein muss, das Steuer selbst zu übernehmen. Dies schränkt den Nutzen deutlich ein. Auch sind die Kosten für die Technologien insbesondere im Markthochlauf hoch. Eine besondere Herausforderung in dieser Phase ist die Klärung der Frage der Haftung und Verantwortung bei Unfällen.
- Auch die Möglichkeit, neue Nutzergruppen zu gewinnen ist von der Automatisierungsstufe abhängig. So werden Kinder und Menschen ohne Führerschein erst allein autonom fahren, wenn ein Eingreifen in Notfallsituationen nicht mehr notwendig ist, also frühestens ab Stufe 4. Andererseits könnte bereits Stufe 3 dazu führen, dass Menschen, die nicht gerne oder nicht in bestimmten Situationen (Autobahn, nachts etc.) selbst fahren, bereits durch die Nutzung von Fahrerassistenzsystemen mehr bzw. längere Fahrten zurücklegen.
- Einen Schwerpunkt der Diskussion bildete die Frage der Komplexität. Demnach sei es förderlich für die Akzeptanz, wenn sowohl die Technik als auch die Angebote möglichst einfach und einheitlich für den Nutzer seien. Kontraproduktiv seien hingegen z.B. viele unterschiedliche Systeme bei Car- & Ridesharing-Angeboten oder unterschiedliche Mechanismen des Wechsels in den automatisierten Betrieb bei Stufe 3.
- Generell sollte der MIV (also private autonome Fahrzeuge) zu Gunsten von ÖV und Sharing-Modellen eingeschränkt werden. Neben politischen Maßnahmen kann dies auch durch eine Attraktivitätssteigerung der Angebote gegenüber dem MIV geschehen, z.B. über zusätzliche Dienstleistungen. So könnte im ÖV (mehr) Servicepersonal eingesetzt werden, wenn der Fahrer wegfällt. Der ÖV wird zudem als Treiber für die Sichtbarkeit der Technologien autonomen Fahrens gesehen, da die Technologien hier früher erfahrbar sind.

- Bei Ridesharing-Angeboten sind außerdem Privatsphäre und Sicherheit wichtige Faktoren für die Akzeptanz. So könnte es vielen Nutzerinnen und Nutzern unangenehm sein, mit fremden Personen auf so engem Raum zusammen zu sitzen. Mögliche Lösungen könnten hier z.B. darin bestehen, Trennwände einzubauen oder Möglichkeiten einzuräumen, auszuwählen mit wem gefahren wird (z.B. nur weibliche Mitfahrer).
- Zentraler Treiber für Mobilitätsangebote jenseits des MIV ist vermutlich deren Flexibilität.

Fokus II: Neue Mobilitätskonzepte durch automatisierte Fahrzeuge

- Obschon im ländlichen Raum Privat-Pkw den Großteil des Verkehrs abwickeln, bieten fahrerlose Fahrzeuge die Möglichkeit bei reduzierten Personalkosten den Bedarf an öffentlichem Verkehr zu decken.
- Automatisierte und vernetzte Fahrzeuge bieten insbesondere als Zubringer zu öffentlichen Linienverkehren (sowohl auf der Schiene als auch auf der Straße) eine gute Option.
- Beim Car-Sharing werden die stationsbasierten Angebote voraussichtlich nicht verschwinden. Durch fahrerlose Fahrzeuge werden sie jedoch zunehmend um Tür-zu-Tür Services ergänzt. Car- und Ride-Sharing wird möglicherweise in einem System angeboten mit der Option, eine Alleinnutzung (gegen Aufpreis) zu buchen.
- Neue Mobilitätskonzepte können auch mit ergänzenden Services in den Fahrzeugen einhergehen (W-LAN, Friseur, Geldautomat, ärztliche Versorgung, etc.).
- Auch im gewerblichen Flottenmanagement sollten neue Mobilitätskonzepte mitgedacht werden. Bei Flotten, die verschiedene Einsatzmöglichkeiten haben, können Kombiverkehre, der gemeinsame Transport von Personen und Gütern, entstehen und Leerfahrten vermieden werden. Supermärkte in ländlichen Regionen könnten fahrerlos beliefert werden oder der Lkw als „wandernder Supermarkt“ an verschiedenen Standorten genutzt werden.
- Je nach Flottenanbieter (öffentlich/OEM) entstehen andere Konzepte und Angebote. In der Logik der Mobilitätsanbieter bedeutet Profit, dass zusätzliche Nutzer gewonnen werden. Dies kann der Idee einer nachhaltigen Gestaltung des Verkehrssektors entgegen.
- Treiber für den Markthochlauf sind jene Konzepte, die als erstes funktionieren und sichtbar sind, z.B. Busse auf abgegrenzten Arealen oder Spuren oder Assistenzsysteme auf der Autobahn. Auch Fahrermangel und hohe Personalkosten können den Markthochlauf fahrerloser Fahrzeuge vorantreiben.
- Durch eine zentrale diskriminierungsfreie Mobilitätsplattform kann Intermodalität gefördert werden. Hier wäre es sinnvoll, dass Wege nach NutzerInnenpräferenz (kurze Wege, Preis, Emissionen) ausgewählt werden können. Es stellt sich die Frage, ob es eine oder mehrere interoperable Plattformen geben sollte und ob diese durch öffentliche oder private Akteure bereitgestellt werden.
- AFV und neue Mobilitätskonzepte sollten frühzeitig in die integrierte Stadt- und Verkehrsplanung eingebunden werden. Dazu gehört auch der Wissensaufbau in den lokalen Verwaltungen. Als sinnvoll angesehen wird die Ausrichtung auf eine „Stadt der kurzen Wege“, die auf den ÖV fokussiert. Einen Hebel zur Steuerung bieten die Anzahl und Lokalisierung von Stellflächen für die entsprechenden AVF.
- Um einen finanziellen und rechtlichen Rahmen für die Förderung von klimafreundlichen Mobilitätskonzepten mit AVF zu schaffen, bieten sich beispielsweise Auslastungsanreize an. So könnten jene finanziell geschont werden, die in stärker ausgelasteten Fahrzeugen unterwegs sind. Null-Emissions-Zonen oder ein ressourcen- und emissionsabhängiges Abgabensystem können weiterhin dazu beitragen, dass umweltfreundliche Fahrzeuge verstärkt angeschafft und genutzt werden.

- Zudem wird die Anpassung des Personenbeförderungsgesetzes als zentral für die Förderung neuer Mobilitätskonzepte angesehen. Weiterhin kann die Vergabe von Konzessionen durch Kommunen eine strukturierte Einführung unterstützen. Eine Finanzierung des ÖPNV in Form eines Bürgertickets oder gänzlich kostenfrei für die Nutzenden kann den ÖV stärken, wobei einige Studien zu anderen Ergebnissen kommen. Zudem können große Arbeitgeber als Drittnutzer neue Mobilitätskonzepte fördern.

Fokus III: Änderung des Mobilitätsverhaltens durch automatisierte Fahrzeuge

- Die Datenlage zum Mobilitätsverhalten im Zusammenhang mit automatisierten Fahrzeugen ist begrenzt. Es ist zu untersuchen, welche Kosten infrastrukturseitig anfallen. Auch Incentives für Ride-Sharing gilt es genauer zu betrachten. Fragen stellen sich außerdem bezüglich der Bepreisung der Angebote, insbesondere in Peak-Zeiten. Weiterhin sind die Kostenelastizitäten beim Individualverkehr und beim ÖV zu untersuchen. Auch ist zu betrachten, wie eine zunehmende Zersiedelung durch stärkere (Auto)Mobilisierung vermieden werden kann.
- Betriebliches Mobilitätsmanagement könnte als Grundlage für die Umsetzung nachhaltigen Mobilitätsverhaltens dienen. Hier können auch mögliche Multiplikatoren gewonnen werden.
- Damit die Vorteile des Carpoolings einen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten haben, bedarf es Kampagnen und Kommunikationsarbeit, welche diese in den Vordergrund stellen. Gerade auf mittleren Strecken ist das Carpooling schwieriger. Hier muss vermehrt über Aussteige- und Ersatzfunktionen nachgedacht werden. Dabei sind weniger tatsächliche Sicherheitsrisiken ein Problem als mögliches Unwohlsein.
- Bei Mobilitätsangeboten muss Zuverlässigkeit gewährleistet sein. Entstehendes Vertrauen ist geeignet, das Mobilitätsverhalten nachhaltig zu beeinflussen. Positive Erfahrungen wurden mit der Regulierung der Mobilitäts-Anbieter-Kooperation gemacht, wie das Beispiel switchHH zeigt. Zudem müssen Angebote barrierefrei sein. Entsprechende Vorgaben können in der Konzession gemacht werden.
- Elektromobilität birgt die Gefahr, dass dadurch Kritik am MIV entfällt. Bei unverändertem Besitz bleibt jedoch insbesondere das Flächenproblem bestehen. Dem entgegenwirken könnte eine Flächenbewertung über entsprechende Bepreisung.
- Die Verknüpfung von Personen- und Güterverkehr bietet Chancen zur Optimierung von Verkehrsflüssen. Im Personenverkehr besteht eine höhere Mehrkostenbereitschaft als im Güterverkehr.
- Das Nutzerverhalten verändert sich im Rahmen der zunehmenden Verfügbarkeit automatisierter und vernetzter Fahrzeuge nicht nur durch angebotene Konzepte, sondern auch durch die Flexibilität der nutzenden Personen in ihrem Verhalten.
- Die Flexibilität bestimmt die Kosten. Es stellt sich die Frage, ob dies auch beim automatisierten und vernetzten Fahren so ist. Es bedarf Reallabore zum Test neuer Angebote und zur Untersuchung möglicher Veränderungen im Mobilitätsverhalten.
- Es besteht eine Wechselwirkung zwischen vorhandenen Mobilitätskonzepten und dem Mobilitätsverhalten. Ein Instrument, um beides zusammenzubringen, ist eine zentrale Plattform für Mobilitäts-Dienstleistungen. Diese könnte möglicherweise öffentlich betrieben werden.
- Damit Innovationen in den Markt kommen und genutzt werden können, sind entsprechende Rahmenbedingungen erforderlich.
- Der Staat übernimmt die Rolle, neue Konzepte zu fördern und so das Mobilitätsverhalten zu prägen. Schlüssel zur Beeinflussung von Umweltwirkungen durch geändertes Mobilitätsverhalten ist der städtische Raum. Mittels Regulierung des Individualverkehrs könnte der öffentliche Verkehr attraktiver werden. Auch durch die Vermeidung unwirtschaftlicher Fahrten durch bedarfsgerechte Angebote wird der öffentliche Verkehr günstiger und somit attraktiver.

Ausblick in die Wirkungsabschätzung

Dr. Wolfgang Schade, M-Five GmbH

- Zentrale Frage ist, ob die Automatisierung des Fahrens zu mehr oder weniger End-Energieverbrauch im Straßenverkehr führt. In der Untersuchung basiert der Prozess der Wirkungsabschätzung für die EEV-Reduktion auf zwei Faktoren.
- Der Technik-Faktor besteht aus Fahrleistungen im Straßenverkehr, Fahrsituationen sowie der Wirkungseffekt verschiedener Assistenzsysteme und deren Einsetzbarkeit in den entsprechenden Fahrsituationen. Auch die Diffusion der Technologien in den Flotten spielt eine Rolle.
- Hinzu kommt der Verhaltens-Faktor, welcher Annahmen zu neuen Mobilitätskonzepten und sich veränderndes Mobilitätsverhalten einbezieht.

Impressionen des ersten Fachworkshops



Impressionen des zweiten Fachworkshops



Kontakt und weitere Informationen

Für Rückfragen stehen Ihnen zur Verfügung:

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Dr. Michael Krail

Nachhaltigkeit und Infrastruktursysteme

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

michael.krail@isi.fraunhofer.de

Dr. Elisabeth Dütschke

Energietechnologien und Energiesysteme

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

elisabeth.duetschke@isi.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML)

Maximilian Schellert

Verkehrslogistik

Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4, 44227 Dortmund

maximilian.schellert@iml.fraunhofer.de

PTV Group

Inga Luchmann

Zimmerstr. 67, 10117 Berlin

Inga.luchmann@ptvgroup.com

M-Five GmbH

Dr. Wolfgang Schade

Wissenschaftliche Leitung

Bahnhofstraße 46, 76137 Karlsruhe

wolfgang.schade@m-five.de

Udo Wagner

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Bahnhofstraße 46, 76137 Karlsruhe

udo.wagner@m-five.de

Simon Mader

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Bahnhofstraße 46, 76137 Karlsruhe

simon.mader@m-five.de

IFOK GmbH

Christian Klasen

Projektbüro zum Fachworkshop

Reinhardtstraße 58, 10117 Berlin

christian.klasen@ifok.de

Begleitende Webseite zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie: www.mks-dialog.de