

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



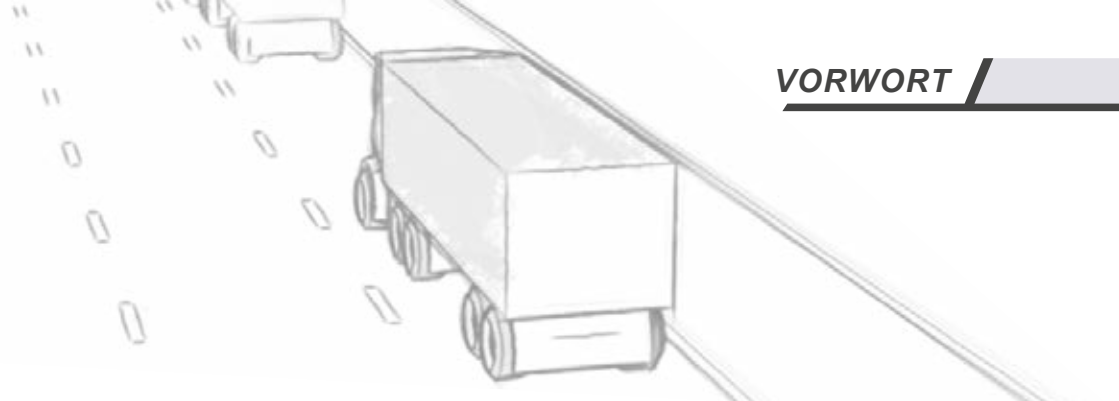
Technologie für
automatisiertes Fahren
nutzergerecht optimiert



**Halbzeitpräsentation
20. November 2018**

Karlsfeld, MAN Truck & Bus AG

Nutzerstudien
Realfahrzeuge
Simulatorstudien
Styleguide
Aufmerksamkeits- und
Aktivitätenassistent



Als Könige der Landstraße bezeichneten sich früher Lkw-Fahrer und gingen in ihrem Beruf einer großen Leidenschaft mit viel Freude nach. Das Bild hat sich heutzutage deutlich gewandelt. Lkw-Fahrer sind einem gnadenlosen Kampf gegen die Uhr und um die letzten freien Parkplätzen ausgesetzt. Endlose Kilometer Stau, lange Wartezeiten beim Be- und Entladen sowie ein schlechter werdendes Image in der Gesellschaft bestimmen heutzutage den Alltag.

Als wäre das nicht schon genug, ist mit dem automatisierten Fahren eine neue Technologie auf dem Vormarsch, welche das Transportgewerbe in Zukunft maßgeblich verändern wird. Die damit verbundenen Ängste um die Fahrerkabine als Arbeitsplatz führen zu einer großen Ablehnung der Technologie bei den Fahrern.

In diesem Spannungsfeld hat sich ein Konsortium zusammengefunden und mit dem Projekt „TANGO“ ein Forschungsvorhaben beim **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)** initiiert, um diesen Fragestellungen nachzugehen. Im Verbundprojekt stehen die Nutzerbedürfnisse im Mittelpunkt – mit dem Ziel, das Arbeitsumfeld sowie das Fahrerlebnis nachhaltig zu verbessern.

Seit dem 01.12.2016 forscht das Konsortium gemeinschaftlich für die **Projektlaufzeit von 3,5 Jahren** an diesem Themenfeld, entwickelt Lösungen und evaluiert diese in regelmäßigen Abständen mit Lkw-Fahrern.

Anlässlich der Projekthalbzeit möchte das Konsortium die Gelegenheit nutzen, den aktuellen Zwischenstand der Forschungsarbeiten vorzustellen und mit Ihnen zu diskutieren.

Das TANGO-Konsortium wünscht Ihnen einen informativen Tag, intensive Gespräche und eine angenehme Zeit bei der TANGO-Halbzeitpräsentation.

Agenda..... 5

Studien & Demonstratoren 6

Konsortium 7

Pojektziele..... 8

Der nutzerorientierte Ansatz 10

Systemkomponenten 11

- Fahrerbeobachtung..... 11
- Fahrermodell 12
- Umfeldmodell 14
- Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistent 15
- Nutzerorientiertes Human-Machine-Interface 16

Sudien & Demonstratoren..... 18

- Fahrerbeanspruchung bei unterschiedlichen Nebenaufgaben & Automatisierungsleveln 18
- Der Effekt von aktivierenden Nebenaufgaben auf den müden Fahrer (SAE L3) 19
- Fahrerbeanspruchung bei unterschiedlichen Nebenaufgaben (SAE L2) 20
- Untersuchung der Fahrerübernahme aus einer Schlafphase (SAE L4) 21
- Mode Confusion und Situation Awareness bei häufigen Transitionen 22
- Syleguide für zukünftige Entwicklungen eines digitalen Assistenten im Kontext des automatisierten Fahrens..... 23

Literatur 24

Notizen 25

Dienstag, 20. November 2018

09:30 Uhr	Begrüßung des Hausherrn	Torsten Klein, Senior Vice President Research, MAN Truck & Bus AG
09:40 Uhr	Grußworte Projektträger	Nicole Ankelin, TÜV Rheinland Consulting GmbH
09:50 Uhr	Einführung TANGO	Michael Schulz, Robert Bosch GmbH
10:10 Uhr	User Experience und nutzerorientiertes Vorgehen in TANGO	Prof. Dr. Arnd Engeln, Hochschule der Medien
10:30 Uhr	Fahrereobachtung im Lkw mithilfe von 2D & 3D Sensorik	Michael Sielski, CanControls GmbH
10:50 Uhr	Fahrerzustandsschätzung für teil- und hochautomatisierte Fahrt	Dr. Hans-Joachim Bieg, Robert Bosch GmbH

11:10 Uhr Kaffeepause

11:20 Uhr	Kritikalitätsbestimmung von Fahrsituationen	Dorothea Sturtz, Robert Bosch GmbH
11:40 Uhr	Entwicklung eines Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistenten	Wolfgang Krautter, Robert Bosch GmbH
12:00 Uhr	Nutzerzentrierte Entwicklung eines Human-Machine-Interfaces (HMI)	Dr. Ina Othersen, Volkswagen AG

12:20 Uhr Mittagspause

13:20 Uhr	Pitch-Session	
13:45 Uhr	Live Demonstrationen und Poster	
16:45 Uhr	Ausblick und Abschluss	Michael Schulz, Robert Bosch GmbH

17:00 Uhr Ende

- 1 Fahrerbeanspruchung bei unterschiedlichen Nebenaufgaben & Automatisierungsleveln
- 2 Der Effekt von aktivierenden Nebenaufgaben auf den müden Fahrer (SAE L3)
- 3 Fahrerbeanspruchung bei unterschiedlichen Nebenaufgaben (SAE L2)
- 4 Mode Confusion und Situation Awareness bei häufigen Transitionen
- 5 Untersuchung der Fahrerübernahme aus einer Schlafphase (SAE L4)
- 6 Live Demonstration Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistenten im Simulator
- 7 Live Demonstration Fahrerbeobachtung im Lkw
- 8 Live Demonstration Mimikanalyse und Körperposenschätzung
- 9 Entwicklung eines Styleguides inklusive Methodenevaluierung
- 10 Nutzerzentrierte Studien bei der Anforderungsanalyse
- 11 Motion Sickness Untersuchungen mit einem Rechtslenker-Lkw



Ihre Ansprechperson:



Michael Schulz
E-Mail: michael.schulz2@de.bosch.com



Dr. Ina Othersen
E-Mail: ina.othersen@volkswagen.de



Dr. Britta Michel
E-Mail: britta.michel@man.eu



Marcus Jenke
E-Mail: marcus.jenke@iktd.uni-stuttgart.de



Prof. Dr. Arnd Engeln
E-Mail: arnd.engeln@hdm-stuttgart.de



Philip Rigley
E-Mail: p.rigley@spiegel-institut.de



Dr. Ulrich Canzler
E-Mail: canzler@cancontrols.com

Der Name TANGO steht für

**„Technologie für automatisiertes Fahren,
die nutzergerecht optimiert wird“.**

Das Ziel des Forschungsprojekts TANGO ist eine Verbesserung des Nutzererlebnisses und der Akzeptanz von automatisierten Fahrfunktionen im Lkw. Im Projekt wird eine neue Technologie entwickelt, welche dem Fahrer einen maßgeblichen Mehrwert der Zwischenstufen des automatisierten Fahrens, unter Gewährleistung des geforderten Komforts, ermöglicht.

Automatisierte Fahrzeuge können im Gegensatz zum manuellen Fahren

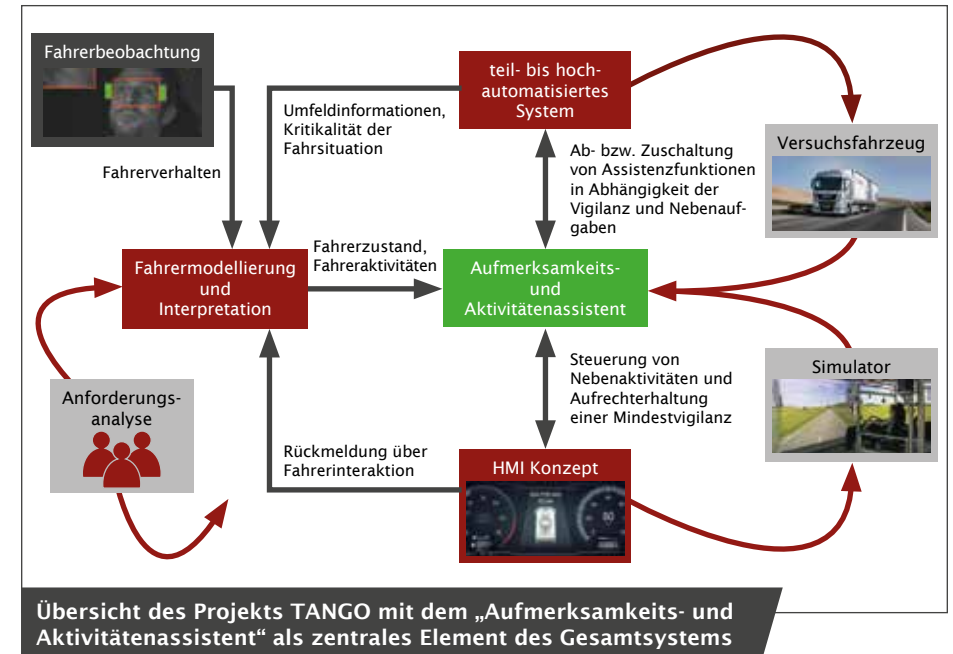
- die Verkehrssicherheit und -effizienz im Einzelfall deutlich steigern,
- das Fahrerlebnis ermüdungs- und stressfreier werden lassen und nicht zuletzt
- können eingebaute Informations- und Kommunikationssysteme während der Fahrt sicher genutzt werden.

Automatisierte Fahrzeuge können sich jedoch auch negativ auswirken. Zwar übernimmt das System teilweise die Fahrzeugführung, jedoch muss der Fahrer nach wie vor das Verkehrsgeschehen sowie das Systemverhalten ausreichend überwachen oder übernahmebereit sein, um bei Bedarf korrigierend eingreifen zu können. Die verringerte Fahraufgabe des Fahrers kann zu einer reduzierten Aufmerksamkeit und gleichzeitig einem Verlangen nach fahrfremden Nebenaufgaben führen. Beim aktuellen Stand der Technik werden fahrfremde Nebenaufgaben weder zur Verfügung gestellt noch sind sie durch die bisherige Gesetzgebung erlaubt.

Damit der Fahrer von den Vorteilen teil- (SAE L2) und hochautomatisierter Fahrzeuge (SAE L3)¹ ohne Komforteinbußen (bspw. erhöhtes Unfallrisiko durch reduziertes Situationsbewusstsein) profitieren kann, müssen sowohl die Interaktion mit dem automatisierten System, als auch mit der Nebenaufgabe nutzer- und situationsangepasst gestaltet werden.

Im Mittelpunkt des TANGO Projekts steht die Entwicklung eines „**Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistenten**“, welcher dem Fahrer unter Berücksichtigung des aktuellen Fahrerzustandes, der Fahrsituation, des Assistenzlevels und des verwendeten Interaktionskanals unterschiedliche Nebenaufgaben zur Verfügung stellt. Das Projekt kombiniert dabei bewährte Umfeldsensorik mit neuer Innenraumsensorik und neuen Konzepten für ein Human-Machine-Interface (HMI).

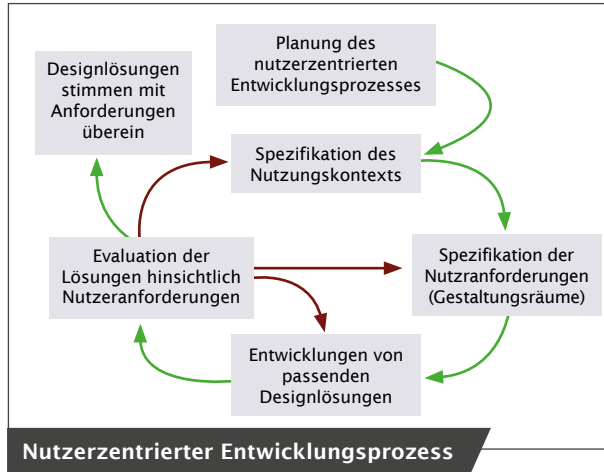
¹ Im folgenden werden die Automationsstufen immer nach das SAE Klassifikation (SAE International, 2014) angegeben



Die im Forschungsprojekt adressierte Problematik hat einen starken Fokus auf die individuellen Bedürfnisse der Lkw-Fahrer. Aus diesem Grund wird im Projekt eine starke nutzerorientierte Entwicklung über mehrere Phasen angestrebt, beginnend mit dem User Research, der Anforderungsanalyse über die Konzeption und Erstellung von Prototypen bis zur Evaluierung. Ziel des Projekts ist eine prototypische Realisierung des Gesamtsystems und Integration des HMI- und Cockpitkonzeptes für den Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistenten in einen Lkw. Die entwicklungsbegleitenden Tests sowie die Evaluation mit Probanden finden sowohl im Simulator als auch im Versuchsfahrzeug statt.

Die Grundidee des nutzerzentrierten Entwicklungsprozesses (DIN EN ISO 9241-210:2010) ist es, die Bedürfnisse der späteren Nutzer eines Produktes in allen Phasen der Produktentwicklung zu berücksichtigen.

Nach einer Planungsphase werden zunächst die Anforderungen aus Nutzersicht empirisch untersucht. In der nächsten Phase werden die Anforderungen zusammengetragen, hinsichtlich erlebenskritischer Ereignisse analysiert und zu Gestaltungsräumen für innovative Lösungen strukturiert. Die anschließende Phase beinhaltet die darauf aufbauende Generierung möglichst vieler und unterschiedlicher Lösungsideen. Diese werden dann in iterativen Phasen von einfachsten Prototypen über Simulationen zu technisch funktionierenden Prototypen weiterentwickelt und in Nutzertests evaluiert.



So wurden zu Beginn des Projektes Lkw-Fahrer auf ihren Fahrten im Arbeitsalltag begleitet, um ihre Anforderungen und Bedürfnisse kennenzulernen. Anschließende qualitative Interviews thematisierten das beobachtete Verhalten sowie Wünsche, aber auch Ängste, um das Erleben der Fahrer besser verstehen zu können. Die Erkenntnisse dieser ersten Untersuchungen wurden in Form von Nutzersteckbriefen sowie daraus abgeleiteten Key Learnings und Gestaltungsräumen für die Optimierung des Nutzererlebens aufgearbeitet. Auf Basis dieser Gestaltungsräume wurden Ideen generiert, wie ein Aktivitäten- und Aufmerksamkeitsassistent realisiert werden könnte.

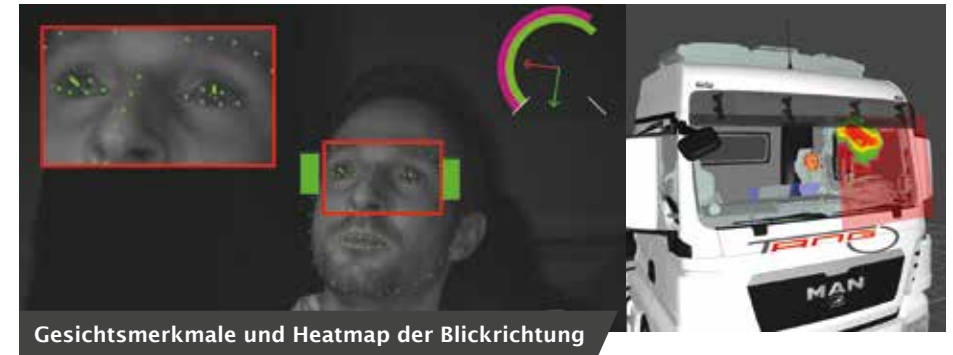


Begleitete Fahrt zur Anforderungsanalyse

Diese wurden in Fokusgruppen mit Lkw-Fahrern diskutiert, um gezielt Anregungen für die weitere Ausgestaltung des Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistenten zu erhalten.

FAHRERBEOBACHTUNG

CanControls GmbH entwickelt im Rahmen des Projektes die Fahrerbeobachtung mithilfe geeigneter Innenraumsensorik und stellt damit Merkmale zur Einschätzung des Fahrerzustandes der Fahrermodellierung zur Verfügung. Die Merkmale der Mimik- und Körperanalyse werden fusioniert, um auf Aktivitäten des Fahrers schließen zu können.

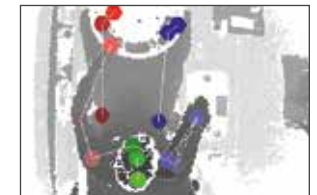


Gesichtsmerkmale

Das Gesicht verrät viel über den inneren Zustand eines Menschen. Der Fahrer wird daher mit zwei Kameras beobachtet, um eine Vielzahl von Merkmalen bei einer hohen Verfügbarkeit erfassen zu können. Dabei handelt es sich um äußerliche Merkmale wie die Gesichtsform und -position, Augen- und Mundöffnung sowie Blickrichtung, aber auch um die Zuordnung der Mimik zu Action Units nach dem Facial Action Coding System (FACS).

Körperposenschätzung

Die Analyse der Körperpose erfolgt auf Basis eines Tiefensensors. Dieser liefert eine Tiefenkarte, welche als 3D-Punktwolke interpretiert werden kann und mithilfe von Convolutional Neural Networks ausgewertet wird.



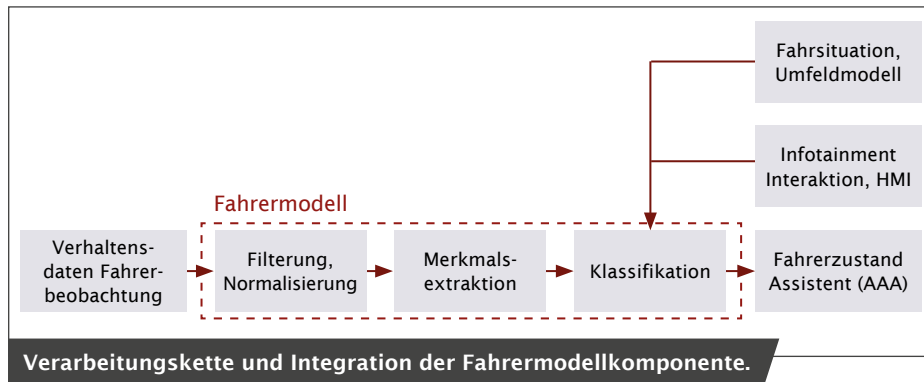
Zuordnung von Aktivitäten

Die Kenntnis darüber, wohin der Fahrer schaut oder wohin er greift, ermöglicht eine Einschätzung seiner gerade ausgeführten Tätigkeit und so eine Zuordnung zu relevanten Anwendungsfällen.



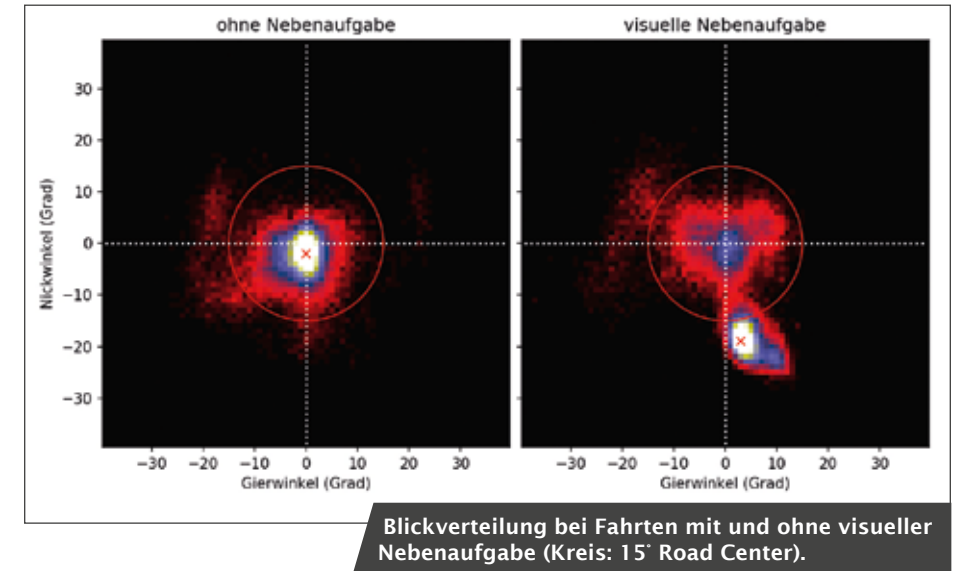
FAHRERMODELL

Das Wissen über den aktuellen Fahrerzustand kann zur Absicherung und Verbesserung des Nutzererlebnisses von automatisierten Fahrfunktionen dienen. So ist es für den Fahrer notwendig, bei teilautomatisierter Fahrt (SAE L2) die Straße und die Automatisierungsfunktion zu überwachen. Einschränkungen können durch Ablenkung bei der Beschäftigung mit Nebenaufgaben entstehen. Bei höheren Automatisierungsgraden (ab SAE L3) besteht die Gefahr, dass Fahrer durch monotone Fahrten und aufkommende Müdigkeit schlechter in der Lage sind, die Fahraufgabe nach der automatisierten Fahrt zu übernehmen. Ziel der Fahrermodellierung ist es, anhand verfügbarer fahrerbezogener Messgrößen, z. B. aus der Fahrerbeobachtung mit Innenraumkameras, solche Einschränkungen des Fahrerzustands zu erkennen und so eine bedarfsgerechte Assistenz zu ermöglichen.



Die Entwicklung von Algorithmen zur Fahrerzustandsschätzung erfolgt auf Grundlage der im Rahmen von TANGO erhobenen Versuchsdaten. In der Verarbeitungskette, angefangen von den Basissignalen der Fahrerbeobachtung bis hin zur Klassifikation des Fahrerzustands, finden sich mehrere Verarbeitungsschritte, beispielsweise zur fahrerindividuellen Signalnormalisierung (Abbildung oben).

Zur Fahrerzustandsklassifikation kommen beispielsweise Verfahren auf Basis der prozentualen Verteilung der Blicke auf die Straße (PRC, Percentage Road Center) zum Einsatz (Abbildung unten).

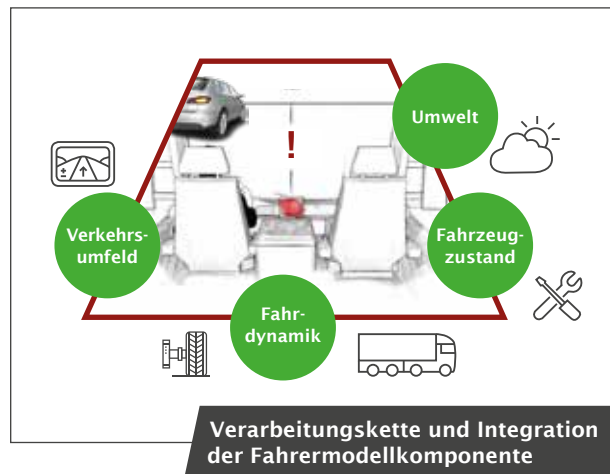


Blickverteilung bei Fahrten mit und ohne visueller Nebenaufgabe (Kreis: 15° Road Center).

UMFELDMODELL

Im Allgemeinen setzt sich eine Fahrsituation aus dem Zusammenspiel von Fahrer, Umwelt und Fahrzeug zusammen. Im Umfeldmodell wird unter anderem eine Bewertung der Fahrsituation nach ihrer Kritikalität auf Basis vorhandener Informationen vorgenommen. Das Zusammenspiel der einzelnen unterschiedlichen Kriterien aus Fahrdynamik, Umwelt, Verkehrsumfeld und Fahrzeugzustand ergibt dann die Gesamtkritikalität einer Fahrsituation (siehe Abbildung).

Die Kritikalität der aktuellen, aber auch der prädierten Fahrsituation bestimmt die notwendige Fahreraufmerksamkeit. Zusätzlich können auch Aussagen über die Wahrscheinlichkeit einer Systemgrenze für automatisierte Fahrfunktionen gemacht werden und bereits früher die Fahrstrategie an die jeweilige Situation angepasst werden. Die Übergabe der Fahraufgabe an den Fahrer (Take-Over Request [TOR]) könnte vermieden werden oder aber eine konservativere Aufmerksamkeitswarnung an den Fahrer bei teilautomatisierter Fahrt (SAE L2) erfolgen.



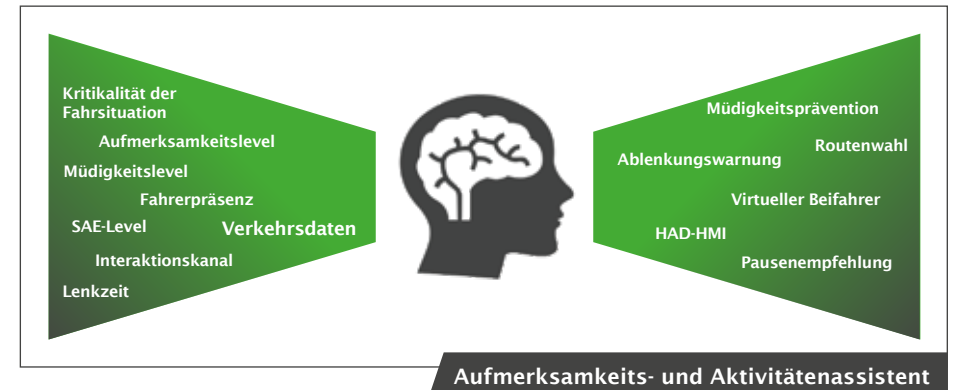
Die Wahrscheinlichkeit einer Systemgrenze für automatisierte Fahrfunktionen gemacht werden und bereits früher die Fahrstrategie an die jeweilige Situation angepasst werden. Die Übergabe der Fahraufgabe an den Fahrer (Take-Over Request [TOR]) könnte vermieden werden oder aber eine konservativere Aufmerksamkeitswarnung an den Fahrer bei teilautomatisierter Fahrt (SAE L2) erfolgen.

In der ersten Integrationsstufe der Kritikalität in das Gesamtsystem werden im Umfeldmodell vorhersehbare Ereignisse wie verfügbare Spurinformatoren, Verkehrsdichte und Einscherer auf die eigene Fahrspur sowie das Schadenspotenzial bei einem möglichen Unfall betrachtet. Über die Verkehrsdichte lässt sich zum Beispiel eine Aussage treffen, wie stark frequentiert die jeweiligen Fahrspuren sind. Hier liegt die Überlegung zugrunde, dass ein hoher Verkehrsfluss bei entsprechender Geschwindigkeit potentiell eher zu einer kritischen Fahrsituation führen kann. Umgekehrt kann aber auch geringer Verkehr die Monotonie des Fahrens vergrößern.

Eine gewichtete Kritikalitätsbewertung dieser jeweiligen Unterfaktoren wird anschließend vom Umfeldmodell ans Fahrermodell gesendet und dort mit weiteren Informationen aus der Fahrerbeobachtung verwendet, um Empfehlungen zur Fahrstrategie und der Interaktion zum Fahrer zu geben.

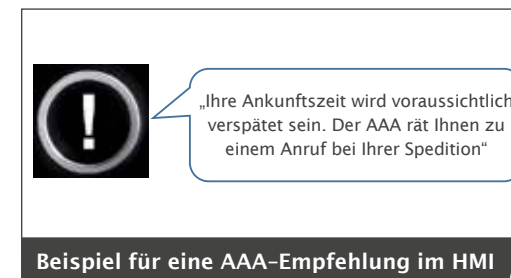
AUFMERKSAMKEITS- UND AKTIVITÄTENASSISTENT

Der Aufmerksamkeits- und Aktivitätenassistent (AAA) koordiniert die Signale der einzelnen Komponenten (Fahrermodell, Umfeldmodell, HMI, Eingaben vom Fahrer) und leitet daraus Handlungsempfehlungen ab. Abhängig von den Signalen triggert der AAA Entscheidungen und sendet Botschaften an die anderen Komponenten.



Der AAA regelt auch das Zeitverhalten der Ausführung:

- Wie oft wird eine Empfehlung wiederholt, wenn der Fahrer nicht oder ablehnend reagiert?
- Wie gestaltet sich eine Eskalationsstrategie?
Beispiel: Ein Fahrer wird bei teilautomatisierter Fahrt (SAE L2) als abgelenkt erkannt
Eskalation: Ablenkungswarnung → Empfehlung: Wechsel in höheres Automatisierungslevel (z. B. SAE L3) → Fahrer lehnt ab → Take-Over Request triggern

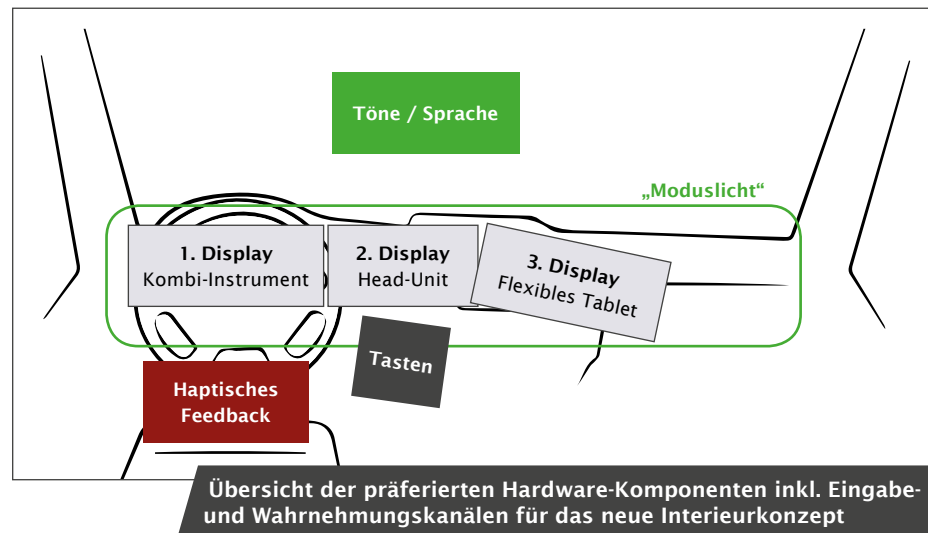


Insbesondere kommuniziert der AAA mit der Komponente HMI, welche Hinweise, Warnungen und Empfehlungen an den Fahrer ausgibt und die vom AAA getroffenen Entscheidungen dem Fahrer mitteilt (siehe Systemkomponente HMI).

NUTZERZENTRIERTES HUMAN-MACHINE-INTERFACE

Das Gesamtziel des Vorhabens TANGO ist eine Verbesserung des Nutzererlebnisses und der Akzeptanz von automatisierten Fahrfunktionen im Lkw. Ein wichtiger Bestandteil ist dabei die Erarbeitung eines nutzerzentrierten und neuartigen HMI- und Cockpitkonzeptes, welches die automatisierte Fahrfunktion, den Aufmerksamkeits- und Aktivitätsassistenten (AAA) sowie alle fahrzeugspezifischen Funktionen miteinander kombiniert.

Erlebbar wird das holistische HMI über eine Kombination aus visuellen, akustischen und haptischen Elementen, da diese dem Fahrer am transparentesten den aktuellen Systemstatus und fahrzeugspezifische Informationen vermitteln können (siehe Abbildung).



Ein essentieller Bestandteil des HMIs ist der AAA, welcher als eine Art virtueller Beifahrer mit dem Fahrer interagiert. Dieser wird in einem iterativen Prozess begleitend entwickelt und erarbeitet. Dabei stellt sich vor allem die Frage, ob der AAA als abstraktes Icon oder in Form eines Avatars auftreten sollte. Der Fahrer hat zudem die Möglichkeit, die Häufigkeit und Komplexität der Interaktion mit diesem System zu konfigurieren, wobei sich dabei die Art bzw. Modalität der Ausgabe den Wünschen des Nutzers anpasst. Die sicherheitsrelevanten Informationen werden bei allen Einstellungen jedoch immer an den Fahrer durchgestellt.

Hinsichtlich der automatisierten Fahrfunktion ist ein multimodales HMI Konzept für die transparente Übermittlung von Systemstatus und Zustandsübergängen essentiell. Der Fahrer kann bei Vorliegen geeigneter Bedingungen selbständig die Fahraufgabe über eine Aktivierung bzw. Deaktivierung der automatisierten Systeme abgeben oder aufnehmen. Außerdem gibt es systemgenerierte Events, die ein sofortiges Eingreifen des Fahrers erfordern und durch das HMI ermöglicht werden müssen.

Die gleichzeitige Verfügbarkeit einander funktional sehr ähnlicher automatisierter Fahrfunktionen (SAE L2 und SAE L3) kann zur Verwechslung beim Fahrer (Mode Confusion) führen. Dadurch ist der Systemstatus (System aktiviert vs. deaktiviert) für den Fahrer neben der Übernahmeaufforderung die wichtigste Information.

Eine Anzeige der Verfügbarkeitsdauer der hochautomatisierten Fahrfunktion (SAE L3) ermöglicht dabei ein vorausschauendes Fahrerverhalten, vor allem nach kurzen automatisierten Fahrten. Zudem wünscht sich der Fahrer Informationen dazu, was das Fahrzeug aktuell sieht, plant und funktionsseitig ausführen kann.

Ein weiteres Nutzerbedürfnis stellt ein nutzerzentriertes Design der Innenkabine dar, welches auf potentiell neue Nebenaufgaben und Anforderungen des zukünftigen Fahrer-arbeitsplatzes eingeht. Dabei sollen ein erweitertes Displaykonzept, ein beweglicher Fahrersitz, ein neuartiges Tischkonzept sowie die Interaktion über Sprache und Gestik in das Interieur integriert werden.

FAHRERBEANSPRUCHUNG BEI UNTERSCHIEDLICHEN NEBENAUFGABEN & AUTOMATISIERUNGSLEVELN

Mit steigendem Automatisierungslevel verlagert sich das Aufgabenfeld des Fahrers von der Ausführung der Fahraufgabe hin zu einer Rolle des Überwachers oder sogar zum passiven Insassen. Dies geht mit einer Reduktion der mentalen Beanspruchung des Fahrers einher (de Winter, Happee, Martnes & Stanton, 2014). Auf der anderen Seite ist mit einer Erhöhung der Beanspruchung zu rechnen, sobald der Fahrer die dadurch freigewordenen Ressourcen dafür nutzt, um sich Nebenaufgaben zuzuwenden. Gerade in der teil- (SAE L2) und hochautomatisierten Fahrt (SAE L3) muss jedoch gewährleistet werden, dass der Fahrer jederzeit in der Lage ist, die Fahraufgabe sofort bzw. kurzfristig vom System zu übernehmen. Er darf demnach weder über- noch unterbeansprucht sein. Daher ist es von besonderer Wichtigkeit zu erfassen, wie die Beanspruchung des Fahrers durch die automatisierte Fahrt im Allgemeinen als auch durch Nebenaufgaben während der automatisierten Fahrt beeinflusst wird.

Dieser Fragestellung widmete sich die vorliegende Studie mit 32 Berufskraftfahrern. Die Fahrer absolvierten hierzu eine teil- (SAE L2) und eine hochautomatisierte Fahrt (SAE L3) in einem statischen Fahrsimulator der MAN Truck & Bus AG. In verschiedenen Abschnitten beider Fahrten führten die Probanden entweder keine Nebenaufgabe aus oder bearbeiteten eine von zwei unterschiedlichen Formen eines Quiz. Bei der ersten Form handelte es sich um eine auditive Nebenaufgabe (vergleichbar mit einem Telefonanruf), bei der zweiten um eine visuell-motorische Nebenaufgabe (vergleichbar mit der Erledigung von Office-Arbeiten auf Notebook oder Tablet). Währenddessen erfolgte stetig die Messung der mentalen Beanspruchung sowohl objektiv mittels psychophysiologischer Parameter (EKG, HRV, EDA) und Reaktionszeiten (PDT) als auch subjektiv mittels Fragebogen (Driving Activity Load Index – DALI).



Versuchsaufbau (visuell-motorische Nebenaufgabe, PDT)

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass die Bearbeitung einer Nebenaufgabe während der automatisierten Fahrt – zumindest subjektiv – eine erhöhte Beanspruchung mit sich bringt im Vergleich zur Situation ohne Nebenaufgabe. Auditive und visuell-motorische Aufgaben wirken sich dabei jedoch unterschiedlich auf empfundenen Stress und Reaktionsfähigkeit aus.

DER EFFEKT VON AKTIVIERENDEN NEBENAUFGABEN AUF DEN MÜDEN FAHRER (SAE L3)

In der hochautomatisierten Fahrt (SAE L3) muss der Fahrer nicht mehr selbst fahren und ist zudem nicht einmal mehr in der Pflicht, die Überwachung des Systems dauerhaft zu übernehmen. Dies geht oftmals mit einer mangelnden Stimulation des Fahrers einher, was wiederum die Chance erhöht, dass der Fahrer ermüdet und nicht mehr übernahmebereit ist. Gerade in der hochautomatisierten Fahrt (SAE L3) ist dies jedoch problematisch, da der Fahrer in bestimmten Situationen schnell wieder in der Lage sein muss das Fahrzeug zu steuern. Studienergebnisse zeigen, dass die Ausführung von Nebenaufgaben einer Ermüdung in der automatisierten Fahrt entgegenwirken kann (z. B. Verwey & Zaidel, 1999). Bisher wurde dies aber hauptsächlich als präventive Maßnahme untersucht und nicht festgestellt, ob die Ausführung von Nebenaufgaben einen bereits ermüdeten Fahrer wieder aktivieren und somit fahrtüchtig machen kann.

Daher untersuchte die vorliegende Studie diese Fragestellung am statischen Fahrsimulator der MAN Truck & Bus AG an einer Stichprobe von 29 hauptberuflichen Lkw-Fahrern. Die Probanden absolvierten drei Fahrten mit einem hochautomatisierten System (SAE L3). In den ersten 30 Minuten jeder Fahrt – der sogenannten Ermüdungsfahrt – führten die Probanden keine Nebenaufgabe aus. Darauf folgend beschäftigten sich die Fahrer für 7 Minuten entweder mit einem Chat, einem Bewegungsspiel oder mit keiner Nebenaufgabe. Im Anschluss an eine 5-minütige Messphase wurde dann durch das hochautomatisierte System (SAE L3) eine Übernahmeaufforderung (TOR) ausgegeben und die Probanden mussten von der Autobahn abfahren, um eine anspruchsvolle manuelle Fahrt (inkl. enger Kurven, Windböen) auszuführen. Während der gesamten Ermüdungsfahrt sowie in der Messphase wurde die Müdigkeit mittels Selbsteinschätzung (Karolinska Sleepiness Scale – KSS) und objektiver Bewertung (Observer Rating of Drowsiness – ORD) erfasst. Zudem erfolgte die Messung von Reaktionszeiten während des TOR und von Fahrdaten während der manuellen Fahrt.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die gewählten Nebenaufgaben eine aktivierende Wirkung auf die Fahrer haben. Diese zeigt sich allerdings nur in der Müdigkeitseinschätzung (subjektiv/objektiv), aber nicht in den Fahrdaten der manuellen Fahrt.

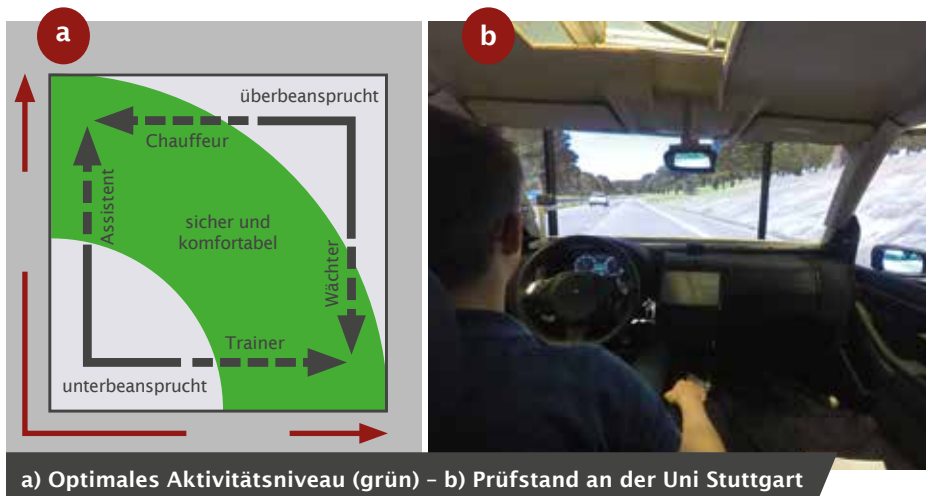


Versuchsaufbau: a) Chat – b) Bewegungsspiel

FAHRERBEANSPRUCHUNG BEI UNTERSCHIEDLICHEN NEBENAUFGABEN (SAE L2)

Der Fahrer muss in der teilautomatisierten Fahrt (SAE L2) das System überwachen und in der Lage sein, die Fahrzeugführung unmittelbar zu übernehmen. Aus diesem Grund ist es wichtig, den Fahrer in einem optimalen Beanspruchungszustand zwischen Unter- und Überforderung zu halten, damit er die erforderliche Überwachungsleistung bringen kann (De Waard, 1996). Eine Herausforderung ist die Frage, wie das TANGO-System (der AAA) während der Fahrt bestimmen kann, ob der Fahrer, trotz Nebenaufgabe, in der Lage ist, bei einem Systemfehler zu reagieren.

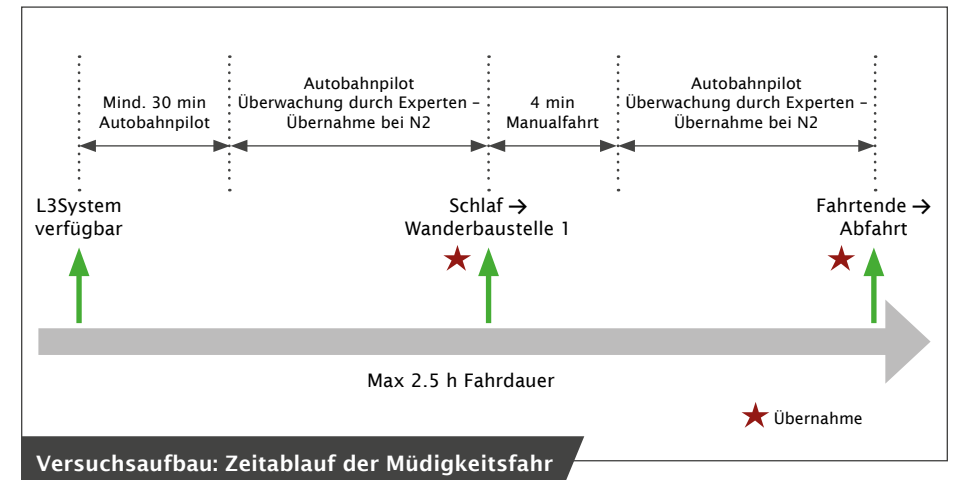
Im Rahmen einer Fahrsimulatorstudie durchliefen 34 Probanden acht Versuchsbedingungen: Zwei Baselinefahrten (manuelle und teilautomatisierte Fahrt (SAE L2) ohne Nebenaufgabe) und sechs Konditionen in einer teilautomatisierten Fahrt (SAE L2) mit Nebenaufgaben. Dabei handelte es sich um verschiedene Ausprägungen einer auditiven Aufgabe in Form des n-back-Tasks (1- und 2-back) sowie des Surrogate Reference Tasks (ISO14198:2012, 2012). Des Weiteren wurde eine Nebentätigkeit in Form von aktivierenden Bewegungs- und Dehnübungseinheiten sowie eine Bedingung, in der ein Video gesehen wurde, integriert. Die subjektive Beanspruchung wurde über Fragebögen, die objektive Beanspruchung mithilfe einer Schilderererkennungsaufgabe erhoben. Des Weiteren wurden Blick- und Videodaten der Probanden aufgenommen. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass nicht der Beanspruchungsgrad einer Nebenaufgabe entscheidend ist, sondern die Wahrnehmungsmodalität. Visuelle Nebenaufgaben eignen sich nach dieser Studie nicht für eine Nebentätigkeit, wohingegen eine kognitiv beanspruchende, auditive Nebenaufgabe kein Problem darstellt.



UNTERSUCHUNG DER FAHRERÜBERNAHME AUS EINER SCHLAFPHASE (SAE L4)

Das Thema Schlafen und Müdigkeit bei Fahrern spielt bei der näheren Betrachtung des automatisierten Fahrens eine große Rolle und stellt sogar ein Nutzerbedürfnis von Lkw-Fahrern dar. Innerhalb von einer teil- (SAE L2) oder hochautomatisierten Fahrt (SAE L3) ist dies jedoch strikt untersagt. Um die wirklichen Auswirkungen eines eingeschlafenen Fahrers auf die Übernahmequalität sowie die Fahrleistung zu identifizieren, wurde eine Fahrsimulatorstudie mit 25 Probanden am Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften GmbH (WIVW) durchgeführt. Dazu wurden eine 35-minütige Wachfahrt sowie eine circa 120-minütige Müdigkeitsfahrt nach Schlafdeprivation mit einem hochautomatisierten System (entspricht somit eher SAE L4) erlebt, bei dem die Instruktion den Fahrern nahegelegt, die Fahrt zum Schlafen zu nutzen. Die Wach- und Schlafphasen wurden dabei über ein EEG mit Online-Bewertung durch einen Experten erfasst. Abhängig vom Schlafverhalten sowie der erreichten Schlafstadien wurde eine Übernahmesituation getriggert, auf die der Fahrer innerhalb von 60 Sekunden reagieren sollte.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass ein eingeschlafener Fahrer eine schlechtere Übernahmequalität (objektive und subjektive Messkriterien, wie z. B. Absicherungsblicke, Spurhaltung, Geschwindigkeit und Fahrfehler) zeigt als ein wacher Fahrer. In Summe unterschieden sich die mittleren Reaktionszeiten zwischen den beiden Fahrerzuständen jedoch kaum voneinander. Das TANGO-HMI wurde in der Studie zudem als genau richtig in Bezug auf den Zeitpunkt und die Intensität bewertet.

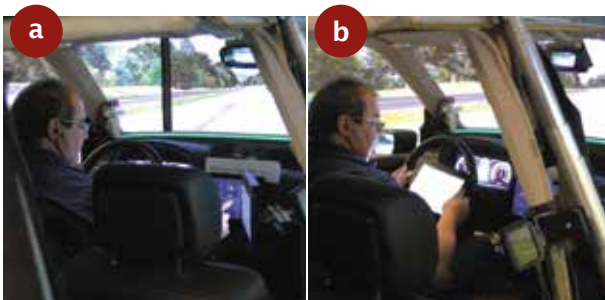


MODE CONFUSION UND SITUATION AWARENESS BEI HÄUFIGEN TRANSITIONEN

Das für die jeweiligen Automatisierungslevel konzeptionierte Interface ermöglicht zum einen die Beschäftigung mit Nebenaufgaben wie zum Beispiel die Tablet-Nutzung, muss aber zum anderen dem Fahrer zu jedem Zeitpunkt eindeutig darstellen, in welchem Systemzustand sich das Fahrzeug befindet. Eine eindeutige Darbietung stellt nicht nur den momentanen Systemstatus dar, sondern informiert auch über zukünftige Status und spricht darüber hinaus auch Empfehlungen bzgl. geeigneter Automationsgrade aus.

Die zentrale Forschungsfrage dieser Simulatorstudie ist daher das Modusbewusstsein des Fahrers sowie das Fahrerlebnis zu überprüfen und mögliche Modusverwirrungen zu identifizieren. Somit stellt diese Studie nicht nur einen wichtigen Baustein für die Handhabung der in TANGO relevanten Automatisierungslevel dar, sondern dient auch der Evaluation des HMI-Prototyps für das TANGO Cockpitkonzept. Dazu fahren die Fahrer Strecken in häufig wechselnden Automatisierungsleveln (SAE L0, SAE L2 und SAE L3) und durchleben systematisierte Transitionen sowie eine Übergabe, in der die Transition durch eine kritische Situation (in SAE L2) ausgelöst wird (Stauende), die vom Fahrer selbst erkannt werden muss. Das Interface für die Automatisierungslevel lässt den Fahrer multimodal (visuell: Kombiinstrument, LED-Leiste in Scheibenwurzel, akustisch: Sprachansagen und Töne, taktil: vibrotaktile Sitzmatrix) in den jeweiligen Automatisierungslevel eintauchen.

Um das Fahrerverhalten zwischen und während der Transition erfassen zu können, werden neben der Fahrerbeobachtung (Blickdaten und Körperposen) auch Nebenaufgaben wie der PDT (Schilderererkennungsaufgabe) und die automationsgradabhängige Tablet-Nutzung (Frage-Quiz) durchgeführt. Die subjektive Einschätzung der Klarheit des Automatisierungslevels, des Modusbewusstseins und der Beanspruchung bei den Transitionen wird mittels Befragung während und nach der Fahrt erhoben und mit den objektiven Daten in Zusammenhang gebracht.



Die Ergebnisse werden in das umfassende HMI des TANGO Cockpitkonzepts integriert.

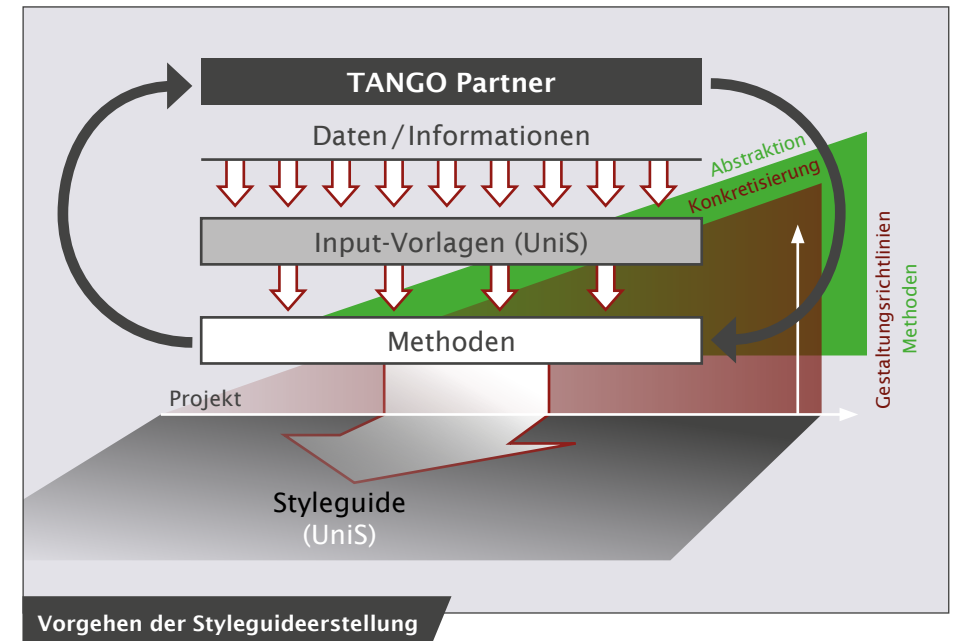
Versuchsaufbau: a) Nebenaufgabe in SAE L2 – b) Nebenaufgabe in SAE L3

STYLEGUIDE FÜR ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN EINES DIGITALEN ASSISTENTEN IM KONTEXT DES AUTOMATISIERTEN FAHRENS

Der Styleguide für den AAA wird im Laufe des Projektes auf Basis der gefundenen Erkenntnisse entwickelt. Dessen Umfänge beschreiben die Interaktionsweise, wie der AAA mit dem Nutzer situativ und angepasst interagiert, wie Informationen aus dem Fahrermodell, dem Umfeldmodell und der HMI-Interaktion verarbeitet und dem Lkw-Fahrer über das HMI wieder vermittelt werden.

Darüber hinaus dient der Styleguide dazu, die im Laufe des Projektes angewandten Methoden, wie zum Beispiel Nutzerbefragungen, Expertenbewertungen oder Simulatoruntersuchungen, zu erfassen und diese in Bezug auf den Entwicklungsprozess zu evaluieren.

Das Ziel ist eine objektive Empfehlung nicht nur für den AAA selbst, sondern auch für die Entwicklungsmethodik zukünftiger mit dem Fahrer interagierender Systeme anzubieten.



De Waard, D. (1996). The measurement of drivers' mental workload. Netherlands: Groningen University, Traffic Research Center.

De Winter, J. C., Happee, R., Martnes, M. H., & Stanton, N. A. (2014). Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness. A review of the empirical evidence. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 27, S. 196-217.

ISO14198:2012 (2012). Road vehicles – Ergonomic aspects of transport information and control systems – Calibration tasks for methods which asses driver demand due to the use of in vehicle systems, vol PD ISO/TS 14198:2012. International Organization for Standardization, Schweiz.

ISO 9241-210:2010 (2010). Ergonomics of human-system interaction. Part 210: Humancentred design for interactive systems. International Organization for Standardization

SAE International. (2018). Taxonomy and definitions for terms related to on-road automated motor vehicles (J3016_201806). https://doi.org/10.4271/J3016_201806 (Zugriff am 17.10.2018)

Verwey, W. B., & Zaidel, D. M. (1999). Preventing drowsiness accidents by an alertness maintenance device. *Accident Analysis and Prevention*, 31(3), S. 199-211.

Konsortium



BOSCH
Technik fürs Leben

VOLKSWAGEN
AKTIENGESELLSCHAFT



Universität Stuttgart
KTO

**HOCHSCHULE
DER MEDIEN**

spiegelinstitut

CanControls
The Art of Image Understanding