

Verbundprojekt:

ViFa – Virtueller Fahrtrainer

Entwicklung eines virtuellen Fahrtrainers zur Unterstützung einer verbrauchs- und verschleißoptimierten Fahrweise

Schlussbericht des Teilvorhabens:

Technische Universität München – Simulatorstudien und Bewertung

Beitrag des Zuwendungsempfängers: Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM)
Technische Universität München
Boltzmannstr. 15
85748 Garching

Autoren: Thomas J. Daun, Markus Lienkamp

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen **19 G 10013B** gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Die Tätigkeiten des vorliegenden Berichts sind bereits abgeschlossen. Wie für technisch-wissenschaftliche Berichte üblich, ist der Schlussbericht im Präsens verfasst.

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Garching, 29.04.2014

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung – kurze Darstellung	3
I.1	Aufgabenstellung	3
I.2	Voraussetzungen der Durchführung	3
I.3	Planung und Ablauf	3
I.4	Ausgangslage: Stand der Wissenschaft und der Technik	5
I.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	5
II	Eingehende Darstellung	6
II.1	Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	6
II.1.1	AP1: Anforderungsanalyse	6
II.1.2	AP2: Fahranalyse	6
II.1.3	AP3: Sensorik	7
II.1.4	AP4: Mensch Maschine Schnittstelle	7
II.1.5	AP5: Akzeptanzprüfung Mensch Maschine Schnittstelle	7
II.1.6	AP6: Realisierung Prototyp	8
II.1.7	AP7: Aufbau Demonstrator	9
II.1.8	AP8: Funktionsvalidierung und Optimierung	9
II.1.9	AP9: Erprobung in Fahrten mit Probanden	9
II.1.10	AP10: Projektkoordination	9
II.1.11	Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den vorgegebenen Zielen	9
II.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweis	10
II.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	11
II.4	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	12
II.5	Während der Durchführung bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens	12
II.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	13
	Literaturverzeichnis	15

I Einleitung – kurze Darstellung

I.1 Aufgabenstellung

Der Fahrer hat mit seiner Fahrweise einen erheblichen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch. In der Literatur werden für schwere Lastkraftwagen fahrerspezifische Einsparpotentiale von durchschnittlich 10–15 % [Wäh07] und maximal 20–30 % genannt [Ham08; Hil09]. Im Rahmen des Projektes „ViFa – Virtueller Fahrtrainer“ wird daher untersucht, inwieweit dieses Potential mithilfe eines Fahrerassistenzsystems (FAS) gehoben werden kann. Dazu wird ein Assistenzsystem entwickelt, das dem Fahrer situativ Meldungen übermittelt – der Virtuelle Fahrtrainer. Die Meldungen des Virtuellen Fahrtrainers enthalten Anweisungen, deren Umsetzung zu einer effizienteren Fahrweise führen. Um die Effektivität des Systems zu maximieren, soll der ViFa in der Lage sein, prädiktive Fahrhinweise auszugeben. Diese Meldungen beziehen sich auf Infrastrukturobjekte, die im Streckenverlauf folgen, aber im Idealfall bereits zu einer Fahrerreaktion führen. Erfolgt die Reaktion des Fahrers nicht, kann der Virtuelle Fahrtrainer zum Zeitpunkt der Fehlerentstehung intervenieren. Dies steht im Gegensatz zu Systemen, die Fahrsituationen ausschließlich rückwirkend, nach deren Beendigung bewerten und Verbesserungshinweise übermitteln [And10; Voo01].

I.2 Voraussetzungen der Durchführung

Eine Serieneinführung des Virtuellen Fahrtrainers wird nur dann möglich sein, wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- Fahrzeuge sind mit Umfeldsensorik ausgestattet und
- digitale Karten stehen mit hinreichender Genauigkeit zur Verfügung.

Da die Europäische Union für neue Lkw-Fahrzeugtypen ab November 2013 und für neue Lkw-Fahrzeuge ab November 2015 sogenannte Notbrems-Assistenzsysteme vorschreibt, ist davon auszugehen, dass in absehbarer Zeit neu zugelassene Lkw über Radarsensoren verfügen [Ver09]. Mit diesen Radarsensoren ist eine Umfelderkennung für die Belange des Virtuellen Fahrtrainers möglich.

Eine Abschätzung, inwieweit digitale Karten flächendeckend und mit hinreichender Genauigkeit in den nächsten Jahren zur Verfügung stehen werden, soll im Rahmen des Projektes erfolgen. Für die Durchführung des Projekts stehen dem Verbundpartner MAN Truck & Bus AG digitale Karten zur Verfügung.

I.3 Planung und Ablauf

Das Vorhaben wird im Rahmen einer Kooperation zwischen der MAN Truck & Bus AG (MAN) und dem Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM) der Technischen Universität München (TUM) bearbeitet.

Zur Durchführung des Projekts „Virtueller Fahrtrainer“ werden neun Arbeitspakete (AP) definiert [Dör10, S.22ff]:

- **AP1 Anforderungsanalyse:** Ziel dieses Arbeitspakets ist es, zunächst eine umfassende Liste mit möglichen Fahrsituationen zu erstellen, in welchen die Fahrer unökonomisch in Bezug auf Kraftstoffverbrauch und Verschleiß fahren. Des Weiteren wer-

den zu den jeweiligen Situationen eine optimale Fahrweise und eine Handlungsanweisung für den Fahrer abgeleitet.

- **AP2 Fahranalyse:** Zu den einzelnen, im Situationskatalog genannten fehlerhaften Verhaltensweisen des Fahrers werden jeweils Konzepte erstellt, wie die Fahrweise mit Hilfe eines technischen Systems analysiert werden kann, um dann ein solches Fahrfehlerverhalten erkennen zu können. Wichtig dabei ist die Vermeidung fehlerhafter Analyseergebnisse, damit der Fahrer bei korrektem Fahrerverhalten keine ungeeigneten Fahrempfehlungen aufgrund einer fehlerhaften Analyse erhält.
- **AP3 Sensorik:** In diesem Arbeitspaket wird untersucht, inwieweit die bisher im LKW verbaute Sensorik für den Virtuellen Fahrtrainer geeignet ist. Schwerpunktmäßig wird die Eignung digitaler Karten bewertet, da diese imstande sind, den Horizont des Virtuellen Fahrtrainers erheblich zu erweitern.
- **AP4 Mensch-Maschine-Schnittstelle:** Die Akzeptanz eines virtuellen Fahrtrainers hängt maßgeblich von der Auslegung der Mensch-Maschine-Schnittstelle ab. Hier gilt es geeignete Kommunikationsmöglichkeiten zu identifizieren und die Schnittstelle fahrerfreundlich zu gestalten. Ziel dieses Arbeitspakets ist die Definition der Mensch-Maschine-Schnittstelle sowie einer Schulungsstrategie, die eine dedizierte Filter- und Priorisierungsstrategie enthält.
- **AP5 Akzeptanzprüfung:** Einsparungen in Bezug auf Kraftstoffverbrauch und Verminderung des Komponentenverschleißes lassen sich durch den Virtuellen Fahrtrainer nur erzielen, wenn das System vom Fahrer auch angenommen und angewendet wird. Daher ist die Akzeptanz des Virtuellen Fahrtrainers beim Nutzer, also dem Fahrer, von enormer Bedeutung und Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherstellung der Nutzerakzeptanz müssen frühzeitig bestimmt werden.
- **AP6 Realisierung Prototyp:** Zielsetzung des Arbeitspakets ist die Realisierung und Evaluierung des Konzepts für Fehler- und Situationserkennung.
- **AP7 Aufbau Demonstrator:** Ziel dieses Arbeitspakets ist der Aufbau eines Demonstrators zur Untersuchung und Demonstration der entwickelten Funktionen. Dies umfasst die Integration von Steuergeräten und deren Anbindung an die Fahrzeugstruktur, die Anpassung und den Einbau von Sensorik sowie die Umsetzung und die Einbindung der Mensch-Maschine-Schnittstelle.
- **AP8 Funktionsvalidierung:** Der Schwerpunkt der Arbeiten in diesem Arbeitspaket liegt in der Funktionsvalidierung und der Optimierung des realisierten Systemkonzepts. Die Erprobung erfolgt in realen Verkehrssituationen. Zunächst werden Erprobungsfahrten von den Entwicklern durchgeführt, die dann nach erster Validierung des Systems von erfahrenen Fahrtrainern begleitet werden. Nicht zufriedenstellende Systemreaktionen werden im Rahmen von Versuchsfahrten identifiziert, bei Bedarf in der Offline-HIL-Simulation nachgestellt und die Ursachen der unzulänglichen Systemreaktion untersucht. Hierbei sollen Funktionsmängel erkannt und die Funktionalität optimiert oder notfalls eingeschränkt werden, bevor in einem nachfolgenden Probandenversuch Akzeptanztests durchgeführt werden.
- **AP9 Erprobung mit Probanden:** Zur Bewertung des prototypisch realisierten Virtuellen Fahrtrainers aus Fahrersicht werden Fahrttests mit Probanden durchgeführt. Hierbei soll die Akzeptanz des Systems sowie das Interaktionsverhalten zwischen Fahrer

und System mit Probanden geprüft werden. Des Weiteren soll auch der Schulungserfolg des Virtuellen Fahrtrainers betrachtet werden. In der abschließenden Erprobung und Akzeptanzprüfung wird der Prototyp von unterschiedlichen Probanden gefahren und anhand eines Fragebogens bewertet.

Da der Zuwendungsbescheid des Forschungsvorhabens „ViFa – Virtueller Fahrtrainer“ am 06.12.2010 ausgestellt wird, ergeben sich von Beginn des Projektes Verzögerungen. Die Verzögerungen können jedoch durch Umschichtung der Ressourcen bis zum Ende des Projektes am 30.09.2014 vollständig aufgeholt werden.

I.4 Ausgangslage: Stand der Wissenschaft und der Technik

Eine ausführliche Beschreibung der wissenschaftlichen und technischen Ausgangslage findet sich im gemeinsamen Schlussbericht des Vorhabens [Hey14, S. 7 ff.]. Die Ergebnisse einer systematischen Recherche zu „Technischen Systemen zur Verbrauchsoptimierung“ werden zudem von MOHRA aufgeführt [Moh13, S. 28 ff.].

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Vorhaben wird in enger Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner MAN Truck & Bus AG durchgeführt. Zudem findet ein reger Austausch mit Wissenschaftlern und Studenten anderer Lehrstühle der Technischen Universität München statt (z. B. Lehrstuhl für Ergonomie, Lehrstuhl für Mathematische Statistik, Lehrstuhl für Unternehmensführung).

II Eingehende Darstellung

II.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Im Rahmen der Zuwendung ist der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik verpflichtet, folgende Festlegung des Verwertungsplans umzusetzen:

„Ziel des Projektes ViFa ist die Entwicklung eines Virtuellen Fahrtrainers, der zu einer kraftstoffsparenden und verschleißarmen Fahrweise führt. Im Rahmen des Projektes werden wissenschaftlich interessante Gebiete im Bereich der Fahrermotivation zur Nutzung von Assistenzsystemen und im Bereich der Systeminteraktion zur Fahrerbeeinflussung neu erschlossen und neue Methodiken und Gestaltungsrichtlinien erarbeitet. Des Weiteren werden im Bereich der Situationserkennung neue methodische Erkenntnisse erwartet.“

Es wird erwartet, dass die entwickelten Methoden und Ergebnisse in Veröffentlichungen oder Studien-/Diplomarbeiten publiziert werden und in die Ausbildung von Studenten eingehen.“

Dazu wird nachfolgend auf die Verwendung der Zuwendung innerhalb der Arbeitspakete eingegangen und erläutert, inwieweit die vorgegebenen Ziele erreicht werden. Für eine wissenschaftliche Aufbereitung der Ergebnisse sei auf den gemeinsamen Schlussbericht des Vorhabens und die entsprechenden Abschnitte der zugehörigen Arbeitspakete verwiesen [Hey14, S. 12 ff.].

II.1.1 AP1: Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse wird im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführt [Röm11]. Diese Arbeit wird operativ sowie fachlich von MAN und wissenschaftlich vom FTM betreut. Die zur Umsetzung der Anforderungsanalyse erstellte Methodik sieht zu Beginn eine Literaturrecherche vor. Diese zeigt, dass sich bisherige Forschungsvorhaben hauptsächlich mit Fehlerursachen befassten, die zu gefährlichen Verkehrssituationen führen.

Um explorativ mögliche Ursachen zu identifizieren, die erklären, warum Fahrzeugführer ihr Fahrzeug allgemeinen nicht in Nähe des Verbrauchsoptimums bewegen, wird ein Methodenmix angewandt. Zum einen werden die Teilnehmer eines Lkw-Forums direkt und offen bzgl. möglicher Ursachen befragt [Bru12]. Zudem wird eine explorative Onlinebefragung durchgeführt. Weitere Befragungen bzgl. der Ursachen werden im Rahmen der Fahrsimulatoruntersuchung (II.1.5) und des Realversuchs (II.1.9) durchgeführt. Eine systematische Auswertung der Befragungsergebnisse findet während der Projektlaufzeit nicht statt.

II.1.2 AP2: Fahranalyse

Die im Rahmen der Anforderungsanalyse ermittelten Fahrfehler werden für die Fahranalyse in vier Kategorien eingeteilt: Fahrweise, Vorausschauendes Fahren, Fahrzeugbedienung und Handschaltempfehlungen. Während die Konzepte zur Situations- und Fahrfehlererkennung der Kategorien „Vorausschauendes Fahren“ und „Handschaltempfehlungen“ schwerpunktmäßig von MAN entwickelt werden, bearbeitet der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik die Kategorien „Fahrweise“ und „Fahrzeugbedienung“. Die erstellten Konzepte werden im Rahmen von Studienarbeiten zur Situations- und Fahrfehlererkennung implementiert und getestet [Ked11; Kut12]. Um die Konzepte hinsichtlich des Einsparpotentials bewerten zu können, entwickelt

der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik darüber hinaus ein Längsdynamikverbrauchsmodell in der Softwareumgebung MATLAB/Simulink [Mat14]. Für die Validierung des Modells wird von MAN ein Versuchsträger zur Verfügung gestellt. Die Entwicklungsarbeiten sowie die Validierung werden ebenfalls in Form von studentischen Arbeiten dokumentiert [Cas12; Hie12; Zhu12].

II.1.3 AP3: Sensorik

Es ist zu vermuten, dass der Virtuelle Fahrtrainer nur dann von den Fahrern akzeptiert wird, wenn die vorausschauenden Ausrollanweisungen hinreichend genau sind, um die Zielgeschwindigkeit per Rollvorgang zu treffen. Daher wird vom Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik eine Anforderungsanalyse durchgeführt. Diese soll ermitteln, inwieweit Fehler in den Steigungsdaten der digitalen Karten die Prädiktion der Fahrzeugrollgeschwindigkeit beeinflussen.

Auch wenn die Arbeiten von MAN ergeben, dass kommerziell angebotene Kartendaten diese Anforderungen weitestgehend erfüllen, evaluiert der FTM Möglichkeiten, mit denen alternativ Steigungsdaten ermittelt werden können. Konzepte zur flottenbasierten Steigungsdatenaufzeichnung können vor allem für Länder vielversprechend sein, in denen in absehbarer Zeit von keiner flächenmäßigen Verfügbarkeit von hochgenauen, digitalen Karten auszugehen ist. Zu Inhalten des Arbeitspakets „Sensorik“ wird eine studentische Arbeit angefertigt [Jus12].

II.1.4 AP4: Mensch Maschine Schnittstelle

Im Rahmen der Ausarbeitung der Anzeigeconzepte unterstützt der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik die MAN Truck & Bus AG bei der Planung einer Fokusgruppe. Dazu werden vom FTM Lkw-Fahrer des Probandenpools kontaktiert und deren Bereitschaft zur Teilnahme ermittelt. Bei der von MAN durchgeführten Probandenstudie zum „Abstraktionsniveau der Fahrhinweise“ ist der FTM beratend tätig.

Der FTM hat die Entwicklung der Filter- und Priorisierungsstrategie schwerpunktmäßig durchgeführt. Konzeptuell stellen dabei sowohl die Nutzerakzeptanz als auch die Lernwirksamkeit Entwicklungsziele dar. Da im Rahmen des Projektes „Virtueller Fahrtrainer“ jedoch keine Längsschnittstudien vorgesehen sind, die eine Überprüfung des Ziels „Lernwirksamkeit“ erlauben, wird bei der Implementierung der Schwerpunkt auf die Nutzerakzeptanz gelegt. Die Methodik der Konzeption, Implementierung und Validierung ist Gegenstand einer Semesterarbeit [Bau13].

Das Projekt „Virtueller Fahrtrainer“ ist zudem ausschlaggebend für die Entwicklung eines neuartigen Motivationskonzepts. Dieses Konzept sieht vor, den Fahrer mittels Gamification und tätigkeitszentrierten Anreizen zu einer effizienten Fahrweise zu motivieren [Dau12a]. Die Erfindung eines Systems, das sich dieses Konzept zunutze macht, wird als Patentanmeldung eingereicht [Dau12b]. Eine Bachelorarbeit beleuchtet zudem das Thema „Motivation“ im Kontext des Virtuellen Fahrtrainers [Tau12].

II.1.5 AP5: Akzeptanzprüfung Mensch Maschine Schnittstelle

Es ist anzunehmen, dass hinsichtlich der Nutzerakzeptanz, für eine Vielzahl der Meldungen des Virtuellen Fahrtrainers die quantitativen Inhalte ausschlaggebend sind. Z. B. mögen die Fahrer eine Reduktion der Geschwindigkeit bei Konstantfahrt von 89 auf 85 oder gar 82 km/h für akzeptabel halten, eine Reduktion darüber hinaus allerdings als unzumutbar empfinden.

Eingehende Darstellung

Um eine Einschätzung bzgl. dieser Akzeptanzschwellen zu erhalten, führt der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik eine explorative Onlinebefragung durch. Außerdem enthält die Befragung eine Prüfung des vorhandenen Wissens und Fragen zur Relevanz von Szenarien in Hinblick auf eine effiziente Fahrweise (Abbildung 1). Zur Teilnahme werden die Lkw-Fahrer der Probandendatenbank des FTM aufgefordert. Der Aufforderung kommen N = 140 Teilnehmer nach und die Befragung wird von 87 Fahrern vollständig beendet. Die Konzeption, das methodische Vorgehen und die deskriptive Auswertung wird im Rahmen einer Semesterarbeit dokumentiert [Vet13].

Für wie wichtig erachten Sie für eine verbrauchs-/verschleißarme Fahrweise ... ?

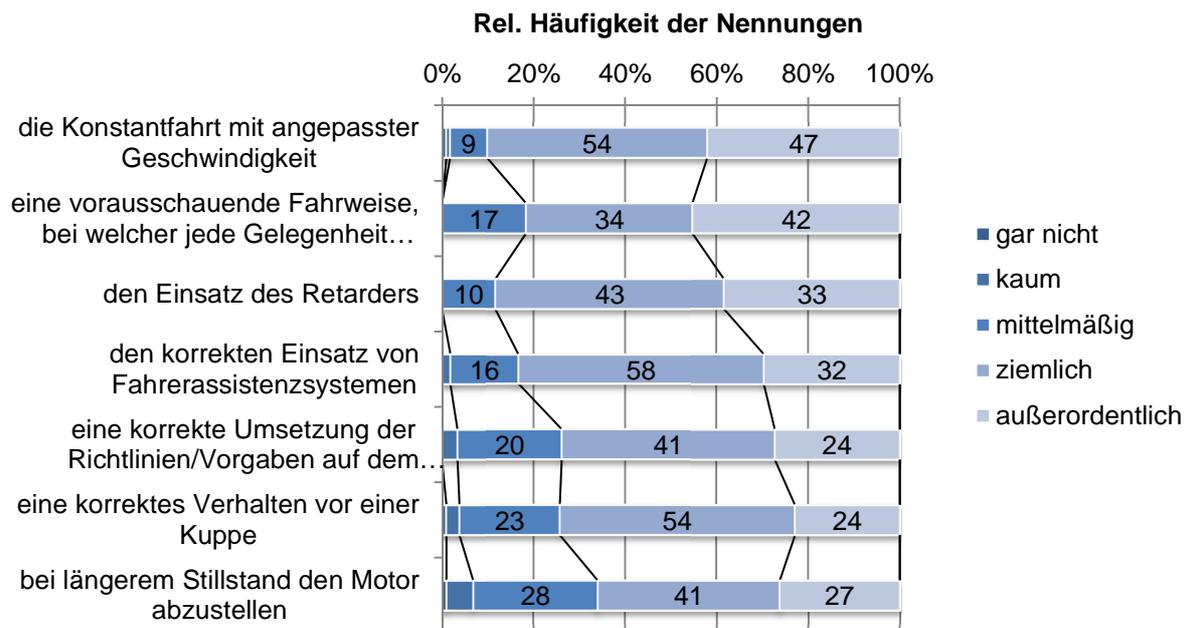


Abbildung 1: Einschätzung der Relevanz bestimmter Szenarien in Hinblick auf eine effiziente Fahrweise (rel. Häufigkeit der Nennungen, Zahlen innerhalb der Balken stellt Anzahl der absoluten Nennungen dar; eigene Darstellung nach Daten aus [Vet13])

Im vierten Quartal 2012 führt der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik eine Fahr Simulatoruntersuchung durch, um die Wirksamkeit des Virtuellen Fahrtrainers sowie deren Akzeptanz zu evaluieren [Dau13]. An dem Versuch nehmen 41 Lkw-Fahrer teil. Im Verlauf der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung werden drei studentische Arbeiten verfasst [Bin14; Bra13; Kob12].

II.1.6 AP6: Realisierung Prototyp

Aus den in der „Fahranalyse“ (II.1.2) entwickelten Konzepten werden Algorithmen abgeleitet und mithilfe einer Rapid-Control-Prototyping-Toolkette implementiert. Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik konzentriert sich dabei auf die Funktionen der Kategorien „Fahrweise“ und „Fahrzeugbedienung“. Zur effizienteren Entwicklung werden dem FTM dazu von MAN Messdaten zur Verfügung gestellt, mit denen die Funktionen offline getestet werden können. Zudem implementiert der FTM Algorithmen der Filter- und Priorisierungsstrategie (vgl. II.1.4).

II.1.7 AP7: Aufbau Demonstrator

Der Aufbau des Demonstrators wird von der MAN Truck & Bus AG durchgeführt. Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik hat an diesem Arbeitspaket keine Arbeitsinhalte.

II.1.8 AP8: Funktionsvalidierung und Optimierung

Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik unterstützt MAN bei der Durchführung von Testfahrten zur Funktionsvalidierung und Optimierung. Zudem erlaubt die funktionale Integration des Prototyps des Virtuellen Fahrtrainers im Vorfeld des Fahrsimulatorversuchs (II.1.5) umfangreiche Tests der Algorithmen und deren Optimierung. Zwar führen diese Validierungsarbeiten in der Hardware-in-the-Loop-Umgebung des Fahrsimulators zu einer Verzögerung des Versuchstarts. Dafür können Fehler im Programmcode effektiv identifiziert und abgestellt werden. Im Vorfeld des Realversuchs (II.1.9) finden weitere intensive Tests im Versuchsträger statt. Diese führen zu Änderungen und Anpassungen sowohl der Algorithmen der Situations- und Fehlererkennung als auch des Filter- und Priorisierungsmoduls.

II.1.9 AP9: Erprobung in Fahrten mit Probanden

Die Fahrten des Realversuchs werden zwischen dem 18. August und dem 11. September 2013 abgehalten. Vorbereitung, Durchführung und Auswertung wird gemeinsam von MAN und FTM bearbeitet. An dem Versuch nehmen 22 Fahrer aus der Probandendatenbank des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik teil. Im Vorfeld des Versuchs wird vom FTM anhand der Ergebnisse aus der Fahrsimulatoruntersuchung der Stichprobenumfang abgeschätzt. Der FTM erstellt zudem die Befragungen und stimmt die Termine mit den Versuchsteilnehmern ab. Der Realversuch ist Gegenstand zweier studentischer Arbeiten [Cel14; Fra14].

II.1.10 AP10: Projektkoordination

Die Projektkoordination wird scherpunktmäßig von der MAN Truck & Bus AG durchgeführt. Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik organisiert regelmäßig Projekttreffen, um die Inhalte der studentischen Arbeiten abzustimmen.

II.1.11 Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den vorgegebenen Zielen

„Ziel des Projektes ViFa ist die Entwicklung eines Virtuellen Fahrtrainers, der zu einer kraftstoffsparenden und verschleißarmen Fahrweise führt.“

Dieses Ziel konnte im Projekt umgesetzt werden. Sowohl in der Probandenuntersuchung im Fahrsimulator als auch im Realverkehr konnte die Wirksamkeit des Virtuellen Fahrtrainers nachgewiesen werden. Hingegen nicht vollständig geklärt werden konnte der quantitative Unterschied der Verbrauchseinsparungen zwischen beiden Versuchen. Um diese Unterschiede aufzudecken, ist eine tiefere Analyse der Messdaten notwendig.

„Im Rahmen des Projektes werden wissenschaftlich interessante Gebiete im Bereich der Fahrermotivation zur Nutzung von Assistenzsystemen und im Bereich der Systeminteraktion zur Fahrerbeeinflussung neu erschlossen und neue Methodiken und Gestaltungsrichtlinien erarbeitet.“

Die Akzeptanzuntersuchungen haben gezeigt, dass der Virtuelle Fahrtrainer von den Fahrern positiv aufgenommen wurde. Allerdings ist eine Aussage über die langfristige Akzeptanz nicht möglich, da keine Längsschnittstudien im Projekt vorgesehen waren. Das Projekt führte

jedoch zur Entwicklung eines neuartigen Motivationskonzept, dass darüber hinaus zu einer Patentanmeldung führte [Dau12b]. Zwar wurden neue Methoden zur Fahrerbefragung im Laufe des Projekts ausprobiert, eine abschließende Bewertung fand jedoch nicht statt. Auch konnten keine neuen Gestaltungsrichtlinien erarbeitet werden, die einen wesentlichen Mehrwert zu bekannten Richtlinien aus dem Bereich der Gebrauchstauglichkeit darstellen.

„Des Weiteren werden im Bereich der Situationserkennung neue methodische Erkenntnisse erwartet.“

Gemeinsam mit MAN wurde versucht, die Situationserkennung universal zu gestalten, also unabhängig vom Anwendungsfall (Situationserkennung, die von mehreren Assistenzsystemen genutzt wird). Dabei zeigte sich jedoch, dass Situationen teilweise anwendungsspezifisch interpretiert werden müssen. Trotzdem ist die Entwicklung einer universalen Situationserkennung empfehlenswert, da dadurch die Synergieeffekte maximiert werden können.

„Es wird erwartet, dass die entwickelten Methoden und Ergebnisse in Veröffentlichungen oder Studien-/Diplomarbeiten publiziert werden und in die Ausbildung von Studenten eingehen.“

Im Rahmen des Projektes „Virtueller Fahrtrainer“ entstanden am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik unter wesentlicher wissenschaftlicher, fachlicher und inhaltlicher Anleitung des Erstautors dieses Berichtes 15 studentische Arbeiten. Darüber hinaus wurden weitere studentische Arbeiten angefertigt, die zwar nicht unmittelbar Bestandteil des Projektinhalts waren, deren Themen jedoch durch das Projekt initiiert wurden (z. B. studentische Arbeiten zum Thema Gamification). Da studentische Arbeiten ein zentraler Bestandteil der universitären Ausbildung sind, haben die Studierenden sowohl zu den Ergebnissen des Projektes einen wesentlichen Beitrag geleistet, als auch selber unmittelbar davon profitiert. Ihnen wurde die Möglichkeit geboten, eine studentische Arbeit zu verfassen, deren Inhalt sich mit zukunftsweisenden Fragestellungen der Mobilität auseinandersetzt.

Im Rahmen des Vorhabens werden inkl. der beiden Schlussberichte (gemeinsamer Schlussbericht [Hey14] und vorliegender, individueller Bericht) sechs Veröffentlichungen publiziert. Die erfolgten Veröffentlichungen werden detailliert in Unterkapitel II.6 aufgeführt.

II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweis

Für die Durchführung des Vorhabens durch wissenschaftliche Mitarbeiter wurden 41 Personen-Monate in Anspruch genommen. Der Erstautor dieses Berichtes begleitete das Projekt hauptverantwortlich über die gesamte Laufzeit. Er plante und koordinierte die Tätigkeiten mit dem Projektpartner MAN sowie dem Projektträger TÜV Rheinland, die Arbeiten der studentischen Hilfskräfte und der Studienarbeiten sowie die Versuche am Fahrsimulator und mit dem Versuchsträger. Operativ unterstützte er bei der Implementierung der Systemalgorithmen, bei Systemtests und Validierungsläufen sowie bei den Versuchsdurchführungen. Jeweils ein weiterer wiss. Mitarbeiter unterstützte während des Fahrsimulator- und des Realversuchs. Die Tätigkeiten wurden über die gesamte Projektlaufzeit durch studentische Hilfskräfte unterstützt. Diese waren sowohl bei der Implementierung und Validierung des Systems involviert, als auch bei der Vorbereitung und Durchführung der Versuche.

Um mithilfe des Fahrsimulators die Untersuchungen zum Virtuellen Fahrtrainer zweckmäßig durchführen zu können und valide Ergebnisse zu erhalten, wurden umfangreiche Anpassungen an Hard- und Software vorgenommen. Der Verbrauch und Verschleiß eines Lkw wird entscheidend durch die Topographie der Fahrtroute beeinflusst. Um valide Ergebnisse im

Simulator zu gewährleisten, ist es notwendig, die Topographie und Infrastrukturobjekte der Routen im Fahr Simulator realistisch darzustellen. Um die Wahrnehmbarkeit zu verbessern, wurden daher neue Projektoren angeschafft und im Fahr Simulator verbaut. Da diese Projektoren darüber hinaus einen verbesserten Strahlengang aufgrund der Einbaulage erlaubten (eine Spiegelumlenkung wurde überflüssig), wurden zudem die Folienspiegel angepasst. Abbildung 2 zeigt die Verbesserungen in der Bildqualität, die aufgrund der Anpassungen erzielt wurden.



Abbildung 2: Bild der Simulation vor (links) und nach (rechts) den Anpassungen im Rahmen des Projektes Virtueller Fahrtrainer

Für die Anpassungen der Fahr Simulator Software SILAB wurde ein Auftrag an WIVW GmbH, den Hersteller der Software, vergeben [WIV14]. Der Auftrag beinhaltet Anpassungen spezifischer Streckenabschnitte, die Integration zusätzlicher Eingangs- und Ausgangssignale, Erweiterungen zur Szenarienerstellung und zur Erhöhung der Immersion sowie Erweiterungen zur effizienten Versuchsdurchführung und zur Vermeidung von Bedienfehlern durch die Probanden.

Um den Virtuellen Fahrtrainers in der Fahr Simulator Umgebung darzustellen, wurde ein Rapid-Control-Prototyping-System der Firma dSPACE GmbH angeschafft [dSP14]. Für die Aufzeichnung der Versuchsdaten erfolgte die Anschaffung eines Notebooks inkl. CAN-Interface.

Weitere Mittel wurden für Dienstreisen (Teilnahme an zwei Tagungen) sowie für Literaturschaffungen und die Beschaffung von Verbrauchsmaterial verwendet.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit war notwendig und angemessen, da sie Lösungen aufzeigt, wie Effizienzsteigerungen im straßengebundenen Warentransport möglich sind. Die Arbeiten leisten damit einen Beitrag zum Erreichen der Ziele des 3. Verkehrsforschungsprogramm der Bundesregierung „Mobilität und Verkehrstechnologien“ [Bun08].

Um die Entwicklungsarbeiten des Virtuellen Fahrtrainers methodisch abzusichern und dessen Wirksamkeit unter Einhaltung wissenschaftlicher Standards nachzuweisen, war das Vorgehen im Projekt angemessen. Das System wurde zunächst entwickelt und dann zweistufig in einem Fahr Simulator- sowie einem Realversuch evaluiert. Die Ergebnisse des Fahr Simulatorversuchs, die im Realversuch bestätigt werden konnten, können somit bis auf weiteres als gesichert angenommen werden.

II.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik hat Ergebnisse des Vorhabens in Form von Fachbeiträgen auf Konferenzen vorgestellt (siehe Unterkapitel II.6). Somit wurden die Ergebnisse und Erkenntnisse in die Wissenschaftsgemeinde zurückgespiegelt und tragen damit zum wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn bei.

Neben einer Verwertung der Ergebnisse in einer Vielzahl von studentischen Arbeiten (vgl. Abschnitt II.1.11), sind zudem zwei Dissertationen am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik geplant, die sich ebenfalls thematisch mit Inhalten des Vorhabens auseinandersetzen.

Im Rahmen des Projektes kam es ebenfalls zu einer Patentanmeldung [Dau12b]. Hinsichtlich Patentanmeldungen und deren Vermarktung arbeitet die Technische Universität München eng mit der Bayerischen Patentallianz zusammen [Bay14]. Die Bayerische Patentallianz wird daher überprüfen, in welcher Form die Erfindung vermarktet werden kann.

II.5 Während der Durchführung bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens

Von April 2010 bis Januar 2014 wurde das Projekt „eCoMove“ durchgeführt [eCo14]. Gefördert wurde dieses Projekt durch die Europäische Kommission im Rahmen des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms. Das Ziel dieses dreijährigen Projektes ist die Entwicklung von ganzheitlichen Lösungen in den Bereichen:

- Optimale Routenführung,
- Unterstützung einer ökologischen Fahrweise,
- optimales Verkehrsmanagement.

Aus dem Sub-Projekt 3 „ecoSmart Driving“ wurden während der Durchführung Ergebnisse zu der Fahrerakzeptanz von Verbrauchsassistenzsystemen [Sch11; Sta13] sowie des Einflusses der Komplexität von Szenarien auf die Wirksamkeit der Systeme veröffentlicht [Rom13]. Das Sub-Projekt 3 des Projektes eCoMove behandelt schwerpunktmäßig Pkw-Anwendungen für Verbrauchsassistenzsysteme.

Das Sub-Projekt 4 „ecoFreight & Logistics“ sollte ebenfalls Wege aufzeigen, wie Fahrer von Lastkraftwagen mittels intelligenten Logistiksystemen unterstützt und so den Kraftstoffverbrauch reduzieren können [eCo14]. Bis zum Abschluss des Vorhabens „Virtueller Fahrtrainer“ waren jedoch noch keine konkreten Ergebnisse bekannt.

VAGG et al. veröffentlichten Ergebnisse zu einem Feldversuch eines Verbrauchsassistenzsystems [Vag13]. Dieses System für leichte Lastkraftwagen führte im urbanen Raum zu einer Reduktion des Kraftstoffverbrauchs um 7,6 %. Das System animiert die Fahrer zu moderaten Beschleunigungsvorgängen und zu frühem Hochschalten. Die Möglichkeit vorausschauende, situative Anweisungen zu geben ist nicht vorgesehen.

In dem Patent von LINDHUBER et al. wird ein Fahrerassistenzsystem beschrieben, das den Fahrer bei einer „verbrauchskontrollierten“ Fahrweise unterstützt [Lin12]. Explizit wird ein „Vorausschauassistent“ dargestellt, der dem Fahrer hilft, „prädiktiv zu fahren und die Bewegungsenergie im Fahrzeug optimal zu nutzen“ [Lin12, S. 3]. Dies werde realisiert durch die prädiktive Berechnung des Ausrollzeitpunktes aufgrund von Geschwindigkeitsbegrenzungen, Kurven etc. Das im Patent aufgeführte Anzeige-Konzept ist in Abbildung 3 wiedergegeben.

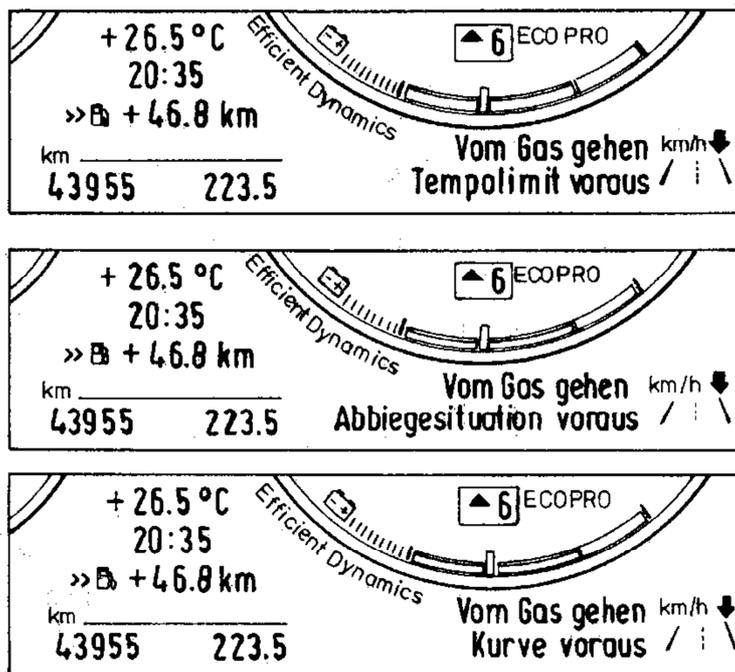


Abbildung 3: Anzeigekonzept des von LINDHUBER et al. beschriebenen Patents [Lin12]

Ein den Beschreibungen von LINDHUBER et al. in vielen Aspekten entsprechendes System kann für die Modelle der 7er-Baureihe von BMW in Verbindung mit einem speziellen Navigationssystem als Zusatzausstattung geordert werden [BMW12; BMW14].

II.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

In folgenden Publikationen und Konferenzvorträgen wurden Ergebnisse des Projekts „Virtueller Fahrtrainer“ unter Beteiligung des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik vorgestellt:

Das Vorgehen der Anforderungsanalyse (II.1.1) wurde auf der „5. Fachtagung Fahrerassistenz – Schwerpunkt Vernetzung“ in München im Mai 2012 unter dem Titel „Systematische Bewertung des Fahrereinflusses auf die Transporteffizienz von Nutzfahrzeugen“ präsentiert [Hey12].

Ein alternatives Motivationskonzept, das sich Methoden der Gamification zunutze macht und im Rahmen des AP4: Mensch Maschine Schnittstelle (II.1.4) entwickelt wurde, ist auf der „6. VDI Fachtagung USEWARE 2012, Mensch – Maschine – Interaktion“ am 05.12.2012 in Kaiserslautern einem Fachpublikum vorgestellt worden. Der Beitrag zu diesem Thema wurde unter dem Titel „Spielend Fahren: Gamification-Konzept für Fahrerassistenzsysteme“ im VDI-Tagungsband veröffentlicht [VDI12]. Zudem wurde der Tagungsbeitrag auf mediaTUM als Open-Access-Publikation zweitveröffentlicht [Dau12a].

Die Ergebnisse der Fahrsimulatoruntersuchung (II.1.5) wurden auf der „16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems – (ITSC 2013)“ im Oktober 2013 in Den Haag einem internationalen Fachpublikum vorgestellt und in einem Paper mit dem Titel „Evaluation of driving behavior and the efficacy of a predictive eco-driving assistance system for heavy commercial vehicles in a driving simulator experiment“ veröffentlicht [Dau13].

Das Konzept des Virtuellen Fahrtrainers und dessen Funktionsweise wurde auf der „6. Fachtagung Fahrerassistenz – Der Weg zum automatischen Fahren“ in München unter dem Titel

Eingehende Darstellung

„Der Virtuelle Fahrtrainer - ein prädiktives Verbrauchsassistenzsystem für schwere Nutzfahrzeuge“ präsentiert [Hey13].

Das Vorgehen und die Ergebnisse des Projektes „Virtueller Fahrtrainer“ wurden zudem im gemeinsamen Schlussbericht mit dem Titel „Verbundprojekt: ViFa – Virtueller Fahrtrainer – Entwicklung eines virtuellen Fahrtrainers zur Unterstützung einer verbrauchs- und verschleißoptimierten Fahrweise : Schlussbericht“ veröffentlicht [Hey14].

Literaturverzeichnis

- [And10]: ANDERSSON, Jonny: Applying Model-Based Design to an On-Board Driver Support System for Economic Driving. In: The MathWorks (Hrsg.): *MathWorks Automotive Conference 2010*, 2010
- [Bay14]: Bayerische Patentallianz GmbH: *Bayerische Patentallianz*. URL <http://www.baypat.de/de/> – Überprüfungsdatum 2014-04-18
- [BMW12]: BMW GROUP: *BMW Group Innovationstag 2012: Efficient Dynamics*. 09/2012
- [BMW14]: BMW International Corporate Sales: *ECO PRO Modus erstmals mit Vorausschauassistent*. URL http://www.bmw-mail.com/ics/bmw_article.php?pid=142&language=de – Überprüfungsdatum 2014-04-24
- [Bru12]: BrummiOnline.com Forum: *Brauche Expertenhilfe!* URL <http://www.brummionline.com/forum/showthread.php?13967-Brauche-Expertenhilfe!> – Überprüfungsdatum 2014-04-04
- [Bun08]: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hrsg.): *Innovationspolitik, Informationsgesellschaft, Telekommunikation - Mobilität und Verkehrstechnologien : Das 3. Verkehrsforschungsprogramm der Bundesregierung*. Berlin, 2008
- [Dau12a]: DAUN, Thomas J. ; LIENKAMP, Markus: Spielend Fahren: Gamification-Konzept für Fahrerassistenzsysteme. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): *6. VDI-Fachtagung Useware 2012 : Mensch, Maschine, Interaktion*. Düsseldorf : VDI-Verlag, 2012 (VDI-Berichte, 2179), S. 269–282
- [Dau12b]: DAUN, Thomas: *Fahrerassistenzsystem und Fahrerassistenzverfahren*. Schutzrecht PCT/EP 2013/073578 Patentanmeldung (idF v. 12.11.2013). Technische Universität München. Pr.: DE 10 2012 022 931.3 Patentanmeldung (23.11.2012)
- [Dau13]: DAUN, Thomas J. ; BRAUN, Daniel G. ; FRANK, Christopher ; HAUG, Stephan ; LIENKAMP, Markus: Evaluation of driving behavior and the efficacy of a predictive eco-driving assistance system for heavy commercial vehicles in a driving simulator experiment. In: *2013 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems - (ITSC 2013)*, 2013, S. 2379–2386
- [dSP14]: dSPACE GmbH: *dSPACE - Home*. URL <http://www.dspace.com/de/gmb/home.cfm> – Überprüfungsdatum 2014-04-10
- [eCo14]: eCoMove: *Cooperative Mobility Systems and Services for Energy Efficiency*. URL <http://www.ecomove-project.eu/> – Überprüfungsdatum 2014-04-24
- [Ham08]: HAMM, Horst: *Wie Lkw umweltfreundlicher fahren*. In: *natur+kosmos* (03/2008), Sonderbeilage, S. 2–8
- [Hey12]: HEYES, Daniel ; HIPPE, Eberhard ; ZIMMERMANN, Andreas ; RAUDSZUS, Dominik ; RÖMERSPERGER, Xaver ; LIENKAMP, Markus: Systematische Bewertung des Fahrereinflusses auf die Transporteffizienz von Nutzfahrzeugen. In: *5. Tagung Fahrerassistenz : Schwerpunkt Vernetzung*, 2012

- [Hey13]: HEYES, Daniel ; DAUN, Thomas ; ZIMMERMANN, Andreas ; LIENKAMP, Markus: Der Virtuelle Fahrtrainer - ein prädiktives Verbrauchsassistenzsystem für schwere Nutzfahrzeuge. In: *6. Tagung Fahrerassistenz : Der Weg zum automatischen Fahren*, 2013
- [Hey14]: HEYES, Daniel ; DAUN, Thomas J. ; DÖRNER, Karlheinz ; LIENKAMP, Markus: *Verbundprojekt: ViFa - Virtueller Fahrtrainer - Entwicklung eines virtuellen Fahrtrainers zur Unterstützung einer verbrauchs- und verschleißoptimierten Fahrweise : Schlussbericht*. München, 2014 (19G10013 A+B)
- [Hil09]: HILLESHEIM, Daniel ; SCHYGULLA, Michael ; BERG, Uwe ; ZÖBEL, Dieter: Fahrerinformations- und assistenzsystem zur energieeffizienten Planung und Durchführung von Gütertransporten mit Nutzfahrzeugen. In: *10. Internationale Fachtagung Nutzfahrzeuge : Mit Fachausstellung und Omnibusforum, Neu-Ulm, 27. und 28. Mai 2009*. Düsseldorf : VDI-Verlag, 2009 (VDI-Berichte, 2068), S. 97–107
- [Lin12]: LINDHUBER, Stefan ; POPP, Christian ; SCHULZE, Christof: *Fahrerassistenzsystem zur Unterstützung des Fahrers zum verbrauchskontrollierten Fahren*. Schutzrecht DE102010041544 A1 (idF v. 29. März 2012). Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft
- [Mat14]: MathWorks: *Simulink - Simulation und Model-Based Design - MathWorks Deutschland*. URL <http://www.mathworks.de/products/simulink/> – Überprüfungsdatum 2014-03-07
- [Moh13]: MOHRA, Holger Roland: *Fahrerassistenzsystem zur Unterstützung einer energieeffizienten Fahrweise*. München : Dr. Hut, 2013 (Fahrzeugtechnik)
- [Rom13]: ROMMERSKIRCHEN, Christoph ; HELMBRECHT, Magnus ; BENGLER, Klaus: Increasing complexity of driving situations and its impact on an ADAS for anticipatory assistance for the reduction of fuel consumption. In: *2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 2013, S. 573–578
- [Sch11]: SCHIEBL, Caroline ; FRICKE, Nicola ; STAUBACH, Maria: Identification and analysis of motives for eco-friendly driving within the eco-move project. In: *8th European ITS Congress Intelligent Mobility*, 2011
- [Sta13]: STAUBACH, Maria ; SCHEBITZ, Norbert ; KREHLE, Timo ; OELTZE, Katharina ; KUCK, Detlef: User acceptance of an eco-driving support system. In: *Proceedings - 9th ITS European Congress*. Dublin, 2013
- [Vag13]: VAGG, Christopher ; BRACE, Chris J. ; HARI, Deepak ; AKEHURST, Sam ; POXON, John ; ASH, Lloyd: *Development and Field Trial of a Driver Assistance System to Encourage Eco-Driving in Light Commercial Vehicle Fleets*. In: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 14 (2013), Nr. 2, S. 796–805
- [VDI12]: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): *6. VDI-Fachtagung Useware 2012 : Mensch, Maschine, Interaktion*. Düsseldorf : VDI-Verlag, 2012 (VDI-Berichte 2179)
- [Ver09]: Verordnung (EG): *Nr. 661/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juli 2009 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen, Kraftfahr-*

zeuganhängern und von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge hinsichtlich ihrer allgemeinen Sicherheit.
URL <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:200:0001:0024:DE:PDF> – Überprüfungsdatum 2014-04-03

- [Voo01]: VOORT, Mascha Cécile van der: *Design and evaluation of a new fuel-efficiency support tool*. Enschede, Universiteit Twente. Dissertation (2001)
- [Wäh07]: WÄHLBERG, Anders E. af: Fuel Wasting Behaviors of Truck Drivers. In: PEARLE, Ina M. (Hrsg.): *Industrial psychology research trends*. New York : Nova Science Publishers, 2007, S. 73–87
- [WIV14]: WIVW - Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften GmbH: *Fahrsimulationssoftware SILAB*. URL <http://www.wivw.de/ProdukteDienstleistungen/SILAB/index.php.de> – Überprüfungsdatum 2014-03-06

Verzeichnis der Studienarbeiten

Im Rahmen dieses Vorhabens entstanden am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM) der Technischen Universität München in den Jahren von 2011 bis 2014 unter wesentlicher wissenschaftlicher, fachlicher und inhaltlicher Anleitung des Erstautors dieses Berichts die im Folgenden aufgeführten studentischen Arbeiten. Deren Ergebnisse sind in Teilen in das vorliegende Dokument sowie den gemeinsamen Schlussbericht des Vorhabens eingeflossen [Hey14]. Die Autoren danken allen Studierenden für ihr Engagement bei der Unterstützung des Kooperationsprojektes „Virtueller Fahrtainer“.

- [Bau13]: BAUMGARTNER, Christopher: *Entwicklung und Implementierung einer Meldungsfilterung für ein Verbrauchsassistentensystem*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Semesterarbeit, unveröffentlicht (25.01.2013)
- [Bin14]: BING, Yao: *Auswertung und Analyse eines Fahrsimulatorversuchs zur Untersuchung des Fahrverhaltens und der Wirksamkeit eines Verbrauchsassistentensystems*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Semesterarbeit, unveröffentlicht (01.01.2014)
- [Bra13]: BRAUN, Daniel G.: *Streckenplanung eines Simulatorfahrversuchs mit anschließender Effizienzanalyse eines Verbrauchsassistentensystems*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Semesterarbeit, unveröffentlicht (15.03.2013)
- [Cas12]: CASTRUCCI, Luca: *Truck pulling a trailer: development and validation of a Simulink model*. Rom, Università degli studi di Roma Tor Vergata. Masterthesis, unveröffentlicht (2012)
- [Cel14]: CELAYIR, Utku: *Efficacy of an Eco-Driving Assistance System for Heavy Commercial Vehicles: Design, Conduct, and Evaluation of a Real-world Driving Experiment*. München, Technische Universität München, TUM School of Management. Master Thesis, unveröffentlicht (31.01.2014)

Literaturverzeichnis

- [Fra14]: FRANKL, Stephanie: *Konzeption und Durchführung eines Lkw-Fahrversuchs mit anschließender Untersuchung der Wirkweise eines Verbrauchsassistenzsystems*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Semesterarbeit, unveröffentlicht (31.01.2014)
- [Hie12]: HIERLMEIER, Matthias: *Verbrauchssimulation eines schweren Lastkraftwagens in Matlab/Simulink: Modelloptimierung und -validierung*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Semesterarbeit, unveröffentlicht (31.07.2012)
- [Jus12]: JUST, Thomas: *Anforderungs- und Machbarkeitsanalyse von Sensorkonzepten zur Steigungsermittlung im Lastkraftwagen*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Studienarbeit, unveröffentlicht (31.05.2012)
- [Ked11]: KEDDIS, Sherif: *Entwicklung einer Situationserkennung für ein Verbrauchsassistenzsystem*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Bachelorarbeit, unveröffentlicht (19.10.2011)
- [Kob12]: KOBLE, Sebastian: *Konzeption und Konstruktion des Versuchsdesigns zur Untersuchung von Lerneffekten aufgrund des Einsatzes eines Fahrerassistenzsystems*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Semesterarbeit, unveröffentlicht (15.08.2012)
- [Kut12]: KUTKA, Roland: *Konzeption und Entwicklung einer Fahrfehlererkennung zur Verbrauchs- und Verschleißreduktion im Lastkraftwagen*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Bachelorarbeit, unveröffentlicht (30.04.2012)
- [Röm11]: RÖMERSPERGER, Xaver: *Anforderungsanalyse eines virtuellen Fahrtrainers zur verbrauchs- und verschleißoptimierten Fahrweise*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Diplomarbeit, unveröffentlicht (03.05.2011)
- [Tau12]: TAUBE, Thiemo: *Motivationsanalyse des Designs eines On-Board Systems zum Training für Ökologisches LKW-Fahren*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Informatikanwendungen in der Medizin & Augmented Reality. Bachelorarbeit, unveröffentlicht (15.08.2012)
- [Vet13]: VETTER, Matthias: *Explorative Ermittlung von Akzeptanzschwellen zur Umsetzung von Anweisungen eines Verbrauchsassistenzsystems*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Semesterarbeit, unveröffentlicht (30.03.2013)
- [Zhu12]: ZHU, Qiangqiang: *Modellbasierte Optimierung von Fahrstrategien zum ökonomischen Fahren*. Garching, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Bachelorarbeit, unveröffentlicht (30.05.2012)

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Individueller Schlussbericht
3. Titel Verbundprojekt: ViFa – Virtueller Fahrtrainer Entwicklung eines virtuellen Fahrtrainers zur Unterstützung einer verbrauchs- und verschleißoptimierten Fahrweise Schlussbericht des Teilvorhabens: Technische Universität München – Simulatorstudien und Bewertung	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Daun, Thomas J. Lienkamp, Markus	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.09.2013
	6. Veröffentlichungsdatum 29.04.2014
	7. Form der Publikation öffentlicher Schlussbericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM) Technische Universität München Boltzmannstr. 15 85748 Garching	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 19 G 10013B
	11. Seitenzahl 18
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	13. Literaturangaben 43
	14. Tabellen –
	15. Abbildungen 3
16. Zusätzliche Angaben k. A.	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) TÜV Rheinland Consulting GmbH, PT MVt, 51101 Köln, 29.04.2014	
18. Kurzfassung Der Fahrer hat mit seiner Fahrweise einen erheblichen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch. In der Literatur werden für schwere Lastkraftwagen fahrerspezifische Einsparpotentiale von durchschnittlich 10–15 % und maximal 20–30 % genannt. Im Rahmen des Projektes „ViFa – Virtueller Fahrtrainer“ wird daher untersucht, inwieweit dieses Potential mithilfe eines Fahrerassistenzsystems (FAS) gehoben werden kann. Dazu wird ein Assistenzsystem entwickelt, das dem Fahrer situativ Meldungen übermittelt – der Virtuelle Fahrtrainer. Die Meldungen des Virtuellen Fahrtrainers enthalten Anweisungen, deren Umsetzung zu einer effizienteren Fahrweise führen. Um die Effektivität des Systems zu maximieren, soll der ViFa in der Lage sein, prädiktive Fahrhinweise auszugeben. Diese Meldungen beziehen sich auf Infrastrukturobjekte, die im Streckenverlauf folgen, aber im Idealfall bereits zu einer Fahrerreaktion führen. Erfolgt die Reaktion des Fahrers nicht, kann der Virtuelle Fahrtrainer zum Zeitpunkt der Fehlerentstehung intervenieren. Dies steht im Gegensatz zu Systemen, die Fahrsituationen ausschließlich rückwirkend, nach deren Beendigung bewerten und Verbesserungshinweise übermitteln. Der vorliegende Schlussbericht dokumentiert die Tätigkeiten des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität München. Für eine wissenschaftliche Aufbereitung der Ergebnisse sei auf den gemeinsamen Schlussbericht des Vorhabens verwiesen.	
19. Schlagwörter Virtueller Fahrtrainer, Fahrerassistenzsystem, Kraftstoffeffizienz, Verbrauchsassistentensystem, Lastkraftwagen, Kraftstoffverbrauch, Mensch-Maschine-Schnittstelle, Fahrerinformationssystem, Fahrversuch, Fahrsimulator, Feldversuch, Fahrverhalten	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Individual final report
3. title Joint project: ViFa – Virtual driving instructor Development of a virtual driving instructor to support a fuel-efficient and wear-reducing driving style Final report of the sub-project: Technische Universität München – simulator studies and evaluation	
4. author(s) (family name, first name(s)) Daun, Thomas J. Lienkamp, Markus	5. end of project 30.09.2013
	6. publication date 29.04.2014
	7. form of publication Final report
8. performing organization(s) (name, address) Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM) Technische Universität München Boltzmannstr. 15 85748 Garching	9. originator's report no.
	10. reference no. 19 G 10013B
	11. no. of pages 18
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	13. no. of references 43
	14. no. of tables –
	15. no. of figures 3
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) TÜV Rheinland Consulting GmbH, PT MVt, 51101 Köln, 29.04.2014	
18. abstract Through driving style, drivers affect the fuel consumption of their vehicle to a large extend. With regard to heavy commercial vehicles, previous research estimates the impact of driving style on fuel efficiency to be 10–15 % in average and 20–30 % in maximum. The aim of this project is to evaluate how much of this potential can be exploited by means of an advanced driver assistance system. Therefore, a assistance system is developed which submits advisory messages situationally to the driver – the Virtuelle Fahrtrainer (ViFa; engl. Virtual Driving Instructor). The messages of ViFa contain instructions of how to drive more fuel efficiently. In order to maximize the system's efficacy, ViFa is capable to issue predictive driving advice. These messages refer to infrastructure objects which are ahead of the current vehicle's position but ideally already induce a driver reaction. In case the driver is not reacting, ViFa will already intervene as early as the behavioral driving error is arising. ViFa's functionality thus is contrary to systems which are only capable of submitting advisory messages and evaluating driving situations retrospectively. The present report documents the project activities of the Institute of Automotive Technology at Technische Universität München. For a scientific documentation of the results please refer to the joint final report of the project.	
19. keywords virtual driving instructor, advanced driver assistance system, fuel efficiency, eco-driving assistance system, heavy duty trucks, fuel consumption, human machine interface, driver information system, driving experiment, driving simulator, field experiment, driving behavior, eco-driving	
20. publisher	21. price