

Wie man Auto fährt - Instrumente zur Konzeption und Bewertung von Fahrerassistenz

Mark Vollrath, Jürgen Rataj

Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Lilienthalplatz 7, D-38108 Braunschweig, Tel.: 0531-295-3401, Fax: 0531-295-3402

E-Mail: Juergen.Rataj@dlr.de

Einleitung

In Marktanalysen werden Assistenzsystemen in Kraftfahrzeugen hohe Zuwachsraten prophezeit. Im zeitlichen Verlauf dieser Prognosen zeigt sich jedoch ein leichter Abwärtstrend. Die Bereitschaft des Kunden, diese Systeme auf seine Wunschliste zu setzen, scheint als rückläufig beurteilt zu werden. Um diesem Trend entgegen zu wirken, ist eine hohe Qualität der angebotenen Funktionalität, die sich vor allem hinsichtlich der Anpassung der Systeme an den Kunden, d.h. den Fahrer widerspiegelt, zu gewährleisten.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor hierbei ist die Schnelligkeit und Qualität des Entwicklungsprozesses. Die Akzeptanz durch den Fahrer sowie die Auswirkungen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit sind wesentliche Parameter, die im Entwicklungsprozess sichergestellt werden müssen. Dieser Forderung gegenüber stehen die Kosten, die dafür zu tragen sind. Betrachtet man die Möglichkeiten, auf welcher Weise man der obigen Forderungen gerecht werden kann, gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen. Eine Möglichkeit sind große Feldversuche mit vielen Fahrern im realen Verkehrsgeschehen, die auch statisch ausreichende Werte für kritische Situationen liefern. Diese Möglichkeit bietet zwar die beste Aussagekraft der Daten, ist aber praktisch nicht finanzierbar. Eine deutliche Reduktion der Versuchsfahrten kann erreicht werden, indem kritische Situationen durch Wasserwände oder ähnliche Verfahren künstlich erzeugt werden. Ein weiterer Schritt in Richtung künstlicher Testumgebung sind die Fahrsimulatoren. Das Spektrum dieser Systeme reicht von großen Bewegungssimulatoren mit einer Außensicht von 270 Grad bis zum einfachen Festsitzsimulator mit einem Bildschirm für die Umgebungssimulation. Mit steigendem Abstand zur Realität fallen im Allgemeinen die Kosten für entsprechende Versuche durch geringere Rüstzeiten, Umbau- und Sicherheitsmaßnahmen, was eine schnellere Beurteilung und Akzeptanzprüfung von Assistenz- und Informationssystemen ermöglichen. Ein wesentliches Problem bei der Verwendung von simulierten Szenarien für solche Untersuchungen besteht in der Übertragbarkeit der Simulatorergebnisse auf die Realität. Mit der hier vorgestellten Kombination aus den Untersuchungsinstrumenten ViewCar und Virtual-Reality-Labor (Festsitzsimulator) hat das DLR ein Konzept

entwickelt, mit dem der Frage nach der Übertragbarkeit in wesentlichen Punkten nachgegangen werden und die Prüfung von Assistenz- und Informationssystemen effektiv gestaltet werden kann. Mit dem Messfahrzeug ViewCar wird bei Fahrten im realen Straßenverkehr das Normalverhalten von repräsentativen Gruppen von Fahrern erfasst, wobei je nach Untersuchungsziel unterschiedliche Verkehrssituationen ausgewählt werden (z.B. Kreuzungsfahrten, Landstraßenfahrten usw.). Dieselben Verkehrssituationen können dann im Virtual-Reality-Labor (VR-Labor) in einer Fahrsimulation reproduzierbar nachgebildet werden. Durch den Vergleich des Verhaltens im VR-Labor und ViewCar ist zu beschreiben, in welcher Weise das Verhalten in der virtuellen Welt vom realen Verhalten abweicht, so dass die Realitätsnähe der Simulation zu bewerten und die Übertragungsfunktion zu bestimmen ist.

Dabei unterliegen die Testfahrten im realen Verkehr der Einschränkung, dass kritische Situationen sehr selten auftreten und aus ethischen Gründen kaum aktiv provoziert werden können. Dies betrifft gerade auch die Situationen, bei denen ein Assistenzsystem den Fahrer wirkungsvoll unterstützen soll oder für die nachzuweisen ist, dass ein Informationssystem den Fahrer nicht ablenkt. Bei diesen Einschränkungen ist es nicht möglich, die für Fahrerassistenz- bzw. Informationssysteme kritischen Situationen im realen Verkehr in ihren Auswirkungen zu untersuchen. In einer virtuellen Welt mit nur virtuellen Schäden stellt dies jedoch kein Problem dar. Dort sind kritische bzw. seltene Situationen gezielt zu manipulieren und das Fahrverhalten zu untersuchen. Allerdings ist dort zu fragen, wie sich diese Ergebnisse auf die Realität übertragen lassen und welches aus Kostensicht die minimal mögliche Realitätsnähe ist, die für eine bestimmte Untersuchung erforderlich ist. Im Folgenden werden die Tools und ein Untersuchungskonzept vorgestellt, mit dem erste Antworten auf die gestellten Fragen gegeben werden können. Zukünftig lässt sich das Untersuchungskonzept auch auf einen Bewegungssimulator erweitern, der sich gerade im Aufbau am Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung befindet.

Die Tools

Das ViewCar

Mit dem ViewCar hat das DLR ein Messfahrzeug aufgebaut, mit dem Fahrerverhalten, Fahrerbeanspruchung und -zustand, die Reaktionen des Fahrzeugs und die Veränderungen im Verkehr umfassend untersucht und dokumentiert werden können (s. Abbildung 1).

Über zwei Videokameras auf dem Armaturenbrett wird das Gesicht des Fahrers gefilmt. Eine Online-Bildverarbeitung errechnet Kopfposition und Blickrichtung, um so den Beobachtungsbereich und die Aufmerksamkeitsverteilung des Fahrers abzuschätzen. Mit der Informa-

tion der Kopfposition des Fahrers wird eine horizontal schwenkbare Videokamera mit Teleobjekt angesteuert die den aktuellen betrachteten Umgebungsausschnitt darstellt. Ein physiologisches Messsystem ermittelt aktuelle physiologische Daten wie z.B. Puls und Hautleitfähigkeit und ermöglicht damit Aussagen über den Zustand des Fahrers wie z.B. über die aktuelle Beanspruchung.

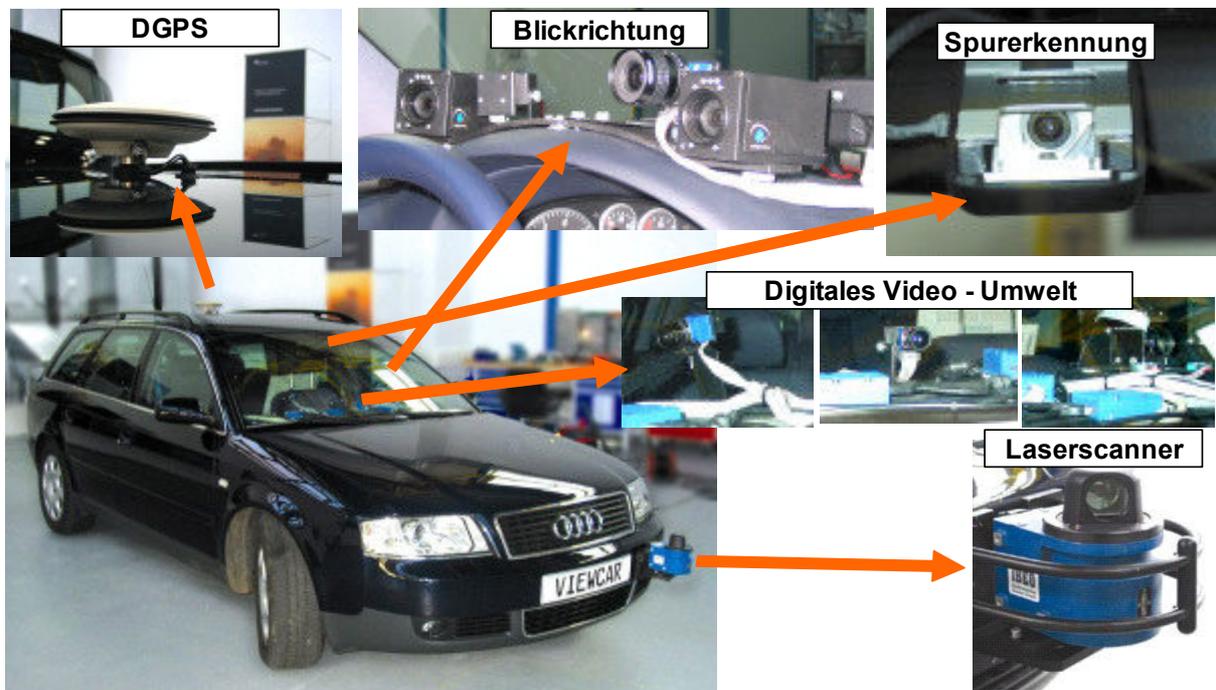


Abbildung 1: Das DLR ViewCar ist ein Messfahrzeug zur Erfassung des Fahrerverhaltens, der Fahrzeugreaktionen und des umgebenden Verkehrs. Zur Erklärung, s. Text.

Über den CAN-Bus werden die Bedientätigkeiten des Fahrers (Blinken, Gas geben, Lenken, Bremsen, Schalten) und die Fahrzeugreaktionen (z.B. Geschwindigkeit, Querschleunigung, Giergeschwindigkeit usw.) gemessen. Wegen der für die geplanten Untersuchungen teilweise unzureichenden Qualität der CAN-Bus-Daten wurden zusätzliche Sensoren (Lenkwinkelsensor und ein Odometer) mit ausreichender Genauigkeit eingebaut. Digitale Videokameras auf dem Armaturenbrett und an der hinteren Heckklappe erfassen die Umwelt vor und hinter dem Fahrzeug. Über ein nachträgliches Videorating können daraus die Merkmale der Verkehrssituation erfasst werden. Mit Hilfe eines Laserscanners werden objektive Umweltdaten wie relativer Abstand und Geschwindigkeit von den Objekten vor dem Fahrzeug hochauflösend gemessen. Die Position des ViewCars wird hochpräzise über ein DGPS-System (inklusive Trägheitsplattform und Odometer) erfasst. Mit den relativen Daten aus dem Laserscanner und der hoch präzisen Positionsmessung können von allen detektierten Objekten auch die absoluten Positionen berechnet werden. Auf diese Weise werden Teile der Daten, die für den Auf-

bau einer realitätsnahen virtuellen Umgebung notwendig sind, vermessen. Die aktuelle Fahrspur in der sich das ViewCar befindet, wird durch ein Spurerkennungssystem ermittelt. Diese Daten können ebenfalls zum Aufbau eines Abbildes einer realen Strecke verwendet werden. Alle genannten Daten werden mit einem Zeitstempel versehen in einer Datenbank gespeichert.

Das DLR ViewCar dient dazu, Untersuchungen im Realverkehr durchzuführen. Wie aus der Beschreibung deutlich wird, liegt der Schwerpunkt auf der detaillierten und objektivierten Erfassung des Fahrerverhaltens und seiner Folgen. Damit kann zum einen das „normale“, typische Verhalten verschiedener Fahrer ohne Assistenzsystem beschrieben werden (Referenzmessungen). Zum anderen wird das ViewCar zu einer Untersuchung der Ursachen von Schwierigkeit und Belastung in Fahrsituationen genutzt, um daraus Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme abzuleiten, die den Fahrer gezielt dort unterstützen, wo Schwierigkeiten oder Überforderungen auftreten. Die Kenntnis dieser Situationen wird weiterhin dazu verwendet, gezielt virtuelle Umgebungen aufzubauen, die sich durch besondere Schwierigkeiten bei der Fahrzeugführung auszeichnen. Auf diese Weise lässt sich ein Pool von Situationen entwickeln, der sich im Besonderen für die Bewertung und Evaluation von Assistenz- und Informationssystemen eignet.

Das Virtual-Reality-Labor

Um zukünftige Assistenzfunktionen für Fahrer kostengünstig erfahrbar zu machen und deren Wirkung auch in gefährlichen Situationen prüfen zu können, wurde ein Virtual-Reality-Labor (VR-Labor) aufgebaut (s. Stöbe & Schröder, 2003). Dabei handelt es sich um ein Drei-Seiten-Cave, in der in einer „Sitzkiste“ ein Fahrzeug in einer simulierten Fahrumgebung zu steuern ist (s. Abbildung 2). Durch die Nutzung von Shutterbrillen und einer speziellen für jedes Auge berechneten Darstellung sieht der Proband eine dreidimensionale Darstellung der gesamten Umgebung. Dies schließt auch Teile des Fahrzeuges selbst ein. Im VR-Labor kommen ausschließlich Standard-PCs zum Einsatz, da dies die Kosten deutlich reduziert und die Innovationszyklen bei der Rechner-Hardware sehr schnell sind. Je ein PC ist für die Darstellung auf einer CAVE-Wand verantwortlich. Diese Bildgeneratoren sind mit Wildcat-III-Grafikkarten ausgerüstet. Ein weiterer Rechner übernimmt die Sound-Ausgabe an ein Dolby 5.1-Soundsystem sowie die Verkehrs- und Umweltsimulation. Auf einem fünften Rechner werden die Fahrzeugdynamik und die Anzeigen berechnet. Zur Anzeige wird ein reales Kombiinstrument verwendet. Eine Rückkopplung zum Fahrverhalten des Fahrzeuges wird über einen Lenkkraftaktor und Pedale hergestellt. Für die Speicherung der Szenariodaten steht ein File-

server bereit, der per Bandlaufwerk gesichert wird. Über Ultraschallsensoren findet ein Head-Tracking statt, so dass die dargestellte Szenerie an die Kopfbewegungen des Probanden angepasst werden kann.

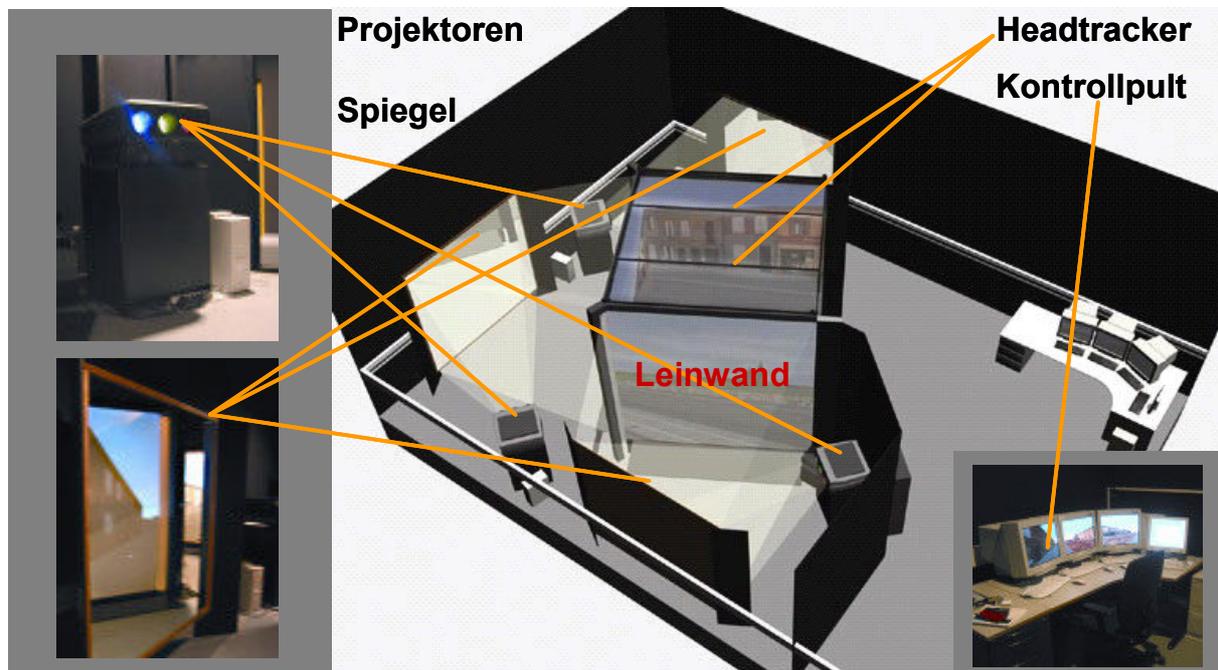


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Virtual-Reality-Labors des DLR.. In der Mitte des Dreiseiten-Caves wird eine simulierte Umgebung dargestellt, die von hinten auf die Leinwände projiziert wird. Vorne rechts ist die Bedienumgebung für den Versuchsleiter zu erkennen.

Für die Generierung der Szenerie wird WorldUP (WUP) und WorldToolkit (WTK) von Sense8 genutzt. Beide Lösungen sind Szenengraphen basierend, bieten aber zwei unterschiedliche Herangehensweisen beim Erstellen der Simulation. WTK ist eine C/C++-Bibliothek, die die Entwurfsphase der Simulationssoftware stark vereinfacht. Beispielsweise sind Funktionen zur Anbindung verschiedener Sensoren oder zur Verwaltung und Bearbeitung des Szenengraphen vorhanden. Dem Programmierer steht es trotzdem offen, etwa eigene OpenGL-Anzeigeroutinen zu verwenden und sie statt der im WTK integrierten zu nutzen.

WUP dagegen bietet eine visuelle Möglichkeit, die Simulationssoftware zu erstellen und anzupassen. Ähnlich einem 3D-Modeller kann der Entwickler 3D-Objekte wie Landschaft, Häuser, Autos etc. importieren und die Simulation visuell zusammensetzen. Die Anbindung von Sensoren erfolgt ebenfalls mit nur geringem Programmieraufwand. Einfachere Verhaltensmuster, wie etwa Bewegungen eines Objekts entlang eines vorgegebenen Pfades oder Folgen eines anderen Objekts, können über das interne Skriptsystem realisiert werden. Funktionen zur 3D-Soundausgabe inklusive Dopplereffekt stehen ebenfalls zur Verfügung.

Die Vernetzung der Simulationen geschieht über das ebenfalls von Sense8 stammende World2World, das die Kommunikation mehrerer Rechner ermöglicht, so dass die Bildberechnung auf drei Rechner verteilt werden kann.

Die Modellierung von Szenarien kann mit einer Fülle von Werkzeugen erfolgen, da WUP/WTK sehr viele Formate unterstützt, unter anderem 3ds, OpenFlight, DXF, VRML1/2 und NFF. Besonders interessant ist die Möglichkeit, GIS-Daten zu nutzen, die z.B. bei Fahrten mit dem DLR ViewCar gewonnen werden. Diese können per ArcView in VRML konvertiert und als Basis für die Landschaft verwendet werden. Ziel dieses Verfahrens ist es, die Strecken, die mit dem ViewCar gefahren wurden, in abgestuften Ähnlichkeitsgraden von „stark vereinfacht“ bis zu „möglichst ähnlich“ in das VR-Labor zu übertragen, so dass auf unterschiedlichen Stufen vergleichbare Szenerien untersucht werden können. Für die Untersuchung von Assistenz- und Informationssystemen ist außerdem interessant, ohne zusätzliche Hardware unterschiedliche Displays virtuell darzustellen.

Das Untersuchungskonzept

Fahrerassistenzsysteme (FAS) können je nach Auslegung auf unterschiedliche Art die Interaktion zwischen Fahrer, Fahrzeug und Umwelt verändern (s. Vollrath & Totzke, 2003). Einerseits werden beim Fahrer unterschiedliche Prozesse verändert, z.B. Informationsaufnahme und -verarbeitung durch warnende Systeme (z.B. Abstandswarnung) oder die motorische Ausführung von Handlungen durch unterstützende Systeme (z.B. Spurhalteassistent mit Einspeisung von Lenkmomenten). Weiterhin kommen systeminduzierte Veränderungen des Fahrerzustands (z.B. Vigilanzminderung durch den Übergang von der aktiven Fahrzeugsteuerung zur Überwachung der Assistenzsysteme) hinzu. Andererseits finden Veränderungen nicht nur im Fahrer statt, sondern auch das Verhalten des Fahrzeugs ändert sich (z.B. größere Abstände zu Führungsfahrzeugen mit ACC), was wiederum Konsequenzen für den Verkehrsfluss hat. Entsprechend müssen diese verschiedenen Aspekte des Fahrverhaltens und die verschiedenen Ebenen, auf denen sich Auswirkungen von FAS finden, bei einer Untersuchung berücksichtigt werden (s. Abbildung 3 rechts).

Die Auswirkungen von unterschiedlichen Detaillierungsgraden bei der Simulation sind abhängig von verschiedenen Einflussgrößen die dem Fahrer, dem Fahrzeug und der Umwelt zuzuordnen sind (s. Abbildung 3 links). Beim Fahrer spielen einerseits überdauernde Merkmale (z.B. Persönlichkeitseigenschaften, Alter) eine Rolle, andererseits sich kurzfristig ändernde Merkmale wie der Fahrerzustand (z.B. Müdigkeit, Stress, Emotionen). Beim Fahrzeug

ist z.B. das Beschleunigungsverhalten oder die Größe wichtig. Als Umweltmerkmale sind situative Faktoren wie Sichtverhältnisse, Wetter, aber auch straßenbauliche Merkmale von Bedeutung. Allgemein geht es hier um unterschiedliche Umgebungsreize, was dann bei den Überlegungen über unterschiedliche virtuelle Darstellungsgenauigkeit wesentlich ist.

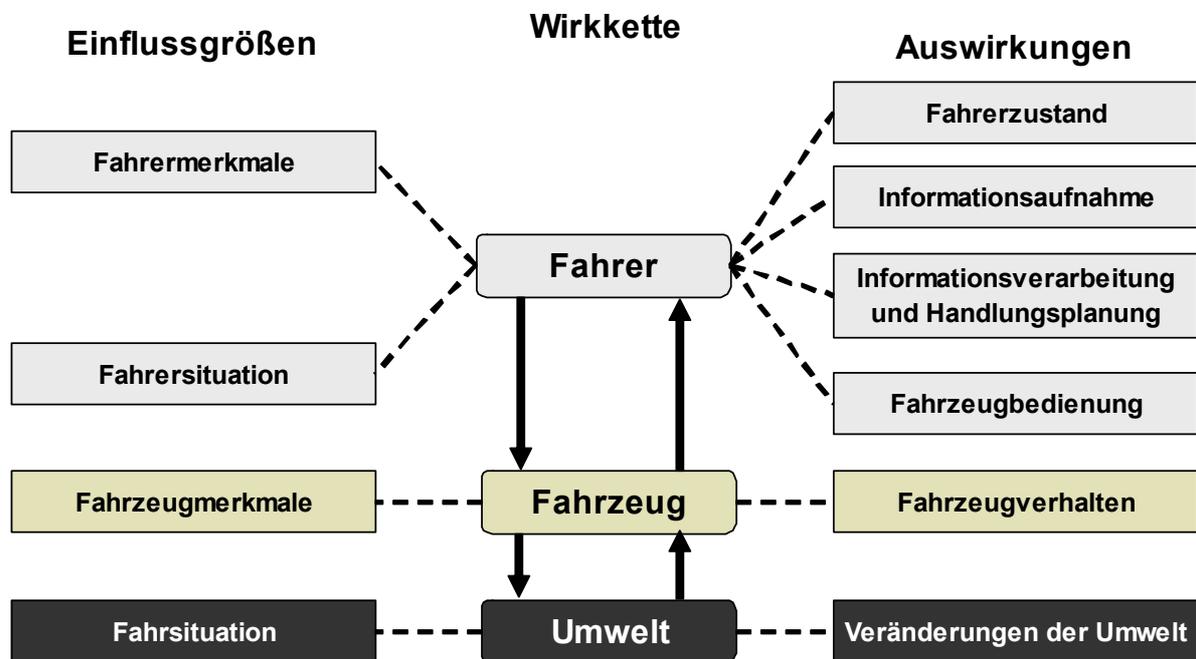


Abbildung 3: Theoretischer Hintergrund des Untersuchungskonzepts.

Das DLR ViewCar wurde wie oben beschrieben ausgerüstet, um auf der Seite der möglichen Auswirkungen umfassende Untersuchungsmöglichkeiten im realen Umfeld zu bieten, indem zu dem jeweiligen Verhalten des Fahrers alle Umgebungseinflüsse, Fahrerzustände und Fahrzeugverhalten detailliert mit hohen Aufzeichnungsraten mit aufgezeichnet werden.

Die Möglichkeiten, Assistenzfunktionen im ViewCar als Referenz für Simulatorversuche zu prüfen, sind allerdings eingeschränkt. Dies ist im Besonderen der Fall, wenn Teile der Fahraufgabe vom System übernommen werden sollen. Informierende und warnende Systeme sind dagegen gut im ViewCar zu untersuchen. So sind z.B. Untersuchungen unterschiedlicher Auslegungen des Navigationssystems ebenso möglich wie verschiedene Arten von Abstandsinformationen bzw. Warnungen.

Damit ist die Seite der Einflussgrößen angesprochen: Mit dem ViewCar können Fahrzeugmerkmale nur begrenzt variiert werden. Im Bereich der Fahrermerkmale können ebenfalls nur Einflüsse realisiert werden, die für den Fahrer nicht gefährlich werden. Auf der Seite der Fahrsituation ist es durch eine geschickte Streckenwahl möglich, unterschiedliche Situationen zu erfassen. Andererseits ist man sowohl im Bereich des Verkehrs (z.B. Vorhandensein von

mindestens zwei anderen Fahrzeugen an einer Kreuzung mit rechts-vor-links-Regelung) als auch bei situativen Bedingungen (Nebel, Regen, Schnee) darauf angewiesen, dass interessante Variationen zufällig auftreten, was in der Regel mit sehr hohem Aufwand verbunden ist. Unter den genannten Einschränkungen können bei einem entsprechenden Messkonzept Datensätze vergleichbarer Parameter mit dem ViewCar erzeugt werden. Diese Parameter werden in unterschiedlichen Realitätsgraden im VR-Labor stufenweise von rudimentär bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit virtueller Umgebungen variiert. Damit ist es möglich, direkte Vergleiche zwischen den Realfahrten und simulierten Fahrten mit unterschiedlichen Realitätsgraden im VR-Labor vorzunehmen. Hier liegt der entscheidende Punkt des Untersuchungskonzepts des DLR:

- Über den Vergleich zu Fahrten mit dem ViewCar wird demonstriert, dass die im VR-Labor angetroffenen Verhaltensweisen auch auf Fahrten in Realsituationen übertragbar sind.
- Durch die Variation der Realitätsnähe können die entscheidenden Einflussgrößen ermittelt werden, die für ein bestimmtes Verhalten ausschlaggebend sind.
- Durch die Kenntnis der minimal notwendigen Realitätsnähe kann der kostengünstigste Simulator für die Versuchsdurchführung herangezogen werden.

Die Logik dieses Vorgehens ist in Abbildung 4 dargestellt. Für verschiedene Einflussfaktoren wie Müdigkeit, unterschiedliche Auslegungen eines Warnsystems, Helligkeit, Straßenzustand oder Fahreralter werden im ViewCar und im VR-Labor Untersuchungen durchgeführt, die jeweils die Wirkung dieser Faktoren bei unterschiedlichen Realitätsgraden („VR-Labor realistisch“ bis „VR-Labor einfach“) beschreiben. Dabei sind nur Ausprägungen der Einflussfaktoren im ViewCar zu realisieren, die für die Testfahrer ungefährlich bleiben, während im VR-Labor zusätzlich extreme Ausprägungen untersucht werden können (z.B. Einschlafen). Der Vergleich der Ergebnisse im ViewCar und im VR-Labor zeigt, inwieweit die Auswirkungen vergleichbar sind bzw. welche Übertragungsfunktionen sich hier ergeben. Durch den Vergleich der Ergebnisse bei verschiedenen Stufen der Realitätsnähe im VR-Labor kann auf die entscheidenden Umweltmerkmale geschlossen werden, die für die Übertragbarkeit der Ergebnisse vom Labor auf die Realsituation entscheidend sind. Damit sind die Voraussetzungen für eine Untersuchung von FAS gegeben, die nur im VR-Labor durchgeführt wird (s. Abbildung 4 rechts unten).

| | Wach | Müde |
|----------------------|------|------|
| ViewCar Realfahrt | | |
| VR-Labor realistisch | | |
| VR-Labor ... | | |
| VR-Labor einfach | | |

| | Nass | Trocken |
|----------------------|------|---------|
| ViewCar Realfahrt | | |
| VR-Labor realistisch | | |
| VR-Labor ... | | |
| VR-Labor einfach | | |

| | Ohne Warnung | Mit Warnung |
|----------------------|--------------|-------------|
| ViewCar Realfahrt | | |
| VR-Labor realistisch | | |
| VR-Labor ... | | |
| VR-Labor einfach | | |

| | Alt | Jung |
|----------------------|-----|------|
| ViewCar Realfahrt | | |
| VR-Labor realistisch | | |
| VR-Labor ... | | |
| VR-Labor einfach | | |

| | Hell | Dunkel |
|----------------------|------|--------|
| ViewCar Realfahrt | | |
| VR-Labor realistisch | | |
| VR-Labor ... | | |
| VR-Labor einfach | | |

| | Ohne FAS | Mit FAS |
|----------------------|----------|---------|
| ViewCar Realfahrt | | |
| VR-Labor realistisch | | |
| VR-Labor ... | | |
| VR-Labor einfach | | |

Abbildung 4: Schematische Darstellung der Untersuchungspläne bzw. der Logik der Prüfung für neue Assistenzfunktionen mit ViewCar und VR-Labor. Die gezeigte Variation von Einflussfaktoren ist beispielhaft zu verstehen und nicht vollständig.

Sowohl im ViewCar als auch im VR-Labor wird zunächst die Testfahrt mit einem speziell für einen Testfall erstellten Testszenario durchgeführt. Damit lässt sich das Fahrverhalten auf den verschiedenen oben dargestellten Ebenen beschreiben für beide Testumgebungen beschreiben. Im VR-Labor wird dann z.B. eine Fahrt mit FAS oder einer kritischen Variation der Umgebungsparameter durchgeführt, um die Wirkungen dieser Veränderung zu beschreiben, die dann auf Realfahrten übertragen werden können, indem das Wissen über die Übertragungsfunktion zwischen VR-Labor und ViewCar aus den Untersuchungen der anderen Einflussfaktoren und über die entscheidenden Merkmalen der Wirkkettenelemente genutzt wird.

Die Berechnung von Übertragungsfunktionen zwischen realen und Simulatorfahrten wird dadurch unterstützt, dass aus dem Bereich des Fahrerverhaltens, der Fahrzeugreaktionen und der Umweltkonsequenzen sowohl im ViewCar als auch in der Simulation vergleichbare Parameter erfasst werden. Damit sind Übertragungsfunktionen sowohl für eine globale Einschätzung der Güte des Fahrverhaltens als auch für die Untersuchung einzelner Teilaspekte zu bestimmen. Dass dieses Vorgehen erfolgversprechend ist, zeigt z.B. die Untersuchung von Lee, Cameron & Lee (2003). Diese führten mit alten Fahrern Untersuchungen in einer einfachen Fahrsimulation und im realen Verkehr durch. Über Beobachtung verschiedener Aspekte des Fahrverhaltens wurde die Güte der fahrerischen Leistung beurteilt. Beim Simulator wurde z.B. das Befolgen von Regeln, die Geschwindigkeit, das Blinken, aber auch Gedächtnisfunktionen (Merken von Straßennamen) und Aufmerksamkeit beurteilt. In Realfahrten wurde z.B.

die Güte der Fahrleistung in verschiedenen Kreisverkehren, Fehler an Ampeln und Schildern, Geschwindigkeit beurteilt, also zum Teil vergleichbare, aber zum Teil auch durchaus unterschiedliche Aspekte der Leistungsfähigkeit im Verkehr. Für eine globale Bewertung der fahrerischen Leistung wurde für Realfahrten und den Simulatortest dann jeweils ein Gesamtscore der fahrerischen Leistung gebildet. Abbildung 5 zeigt den Zusammenhang. Die Korrelation beträgt 0.72, so dass sich ein durchaus zufriedenstellender Zusammenhang zeigt, obwohl die Übertragbarkeit durch die Untersuchung unterschiedlicher Aspekte des Fahrverhaltens erschwert wird. Entsprechend ist zu erwarten, dass bei der Untersuchung der Leistungsfähigkeit mit vergleichbaren Parametern im ViewCar und in der Fahrsimulation stärkere Zusammenhänge zu finden sind.

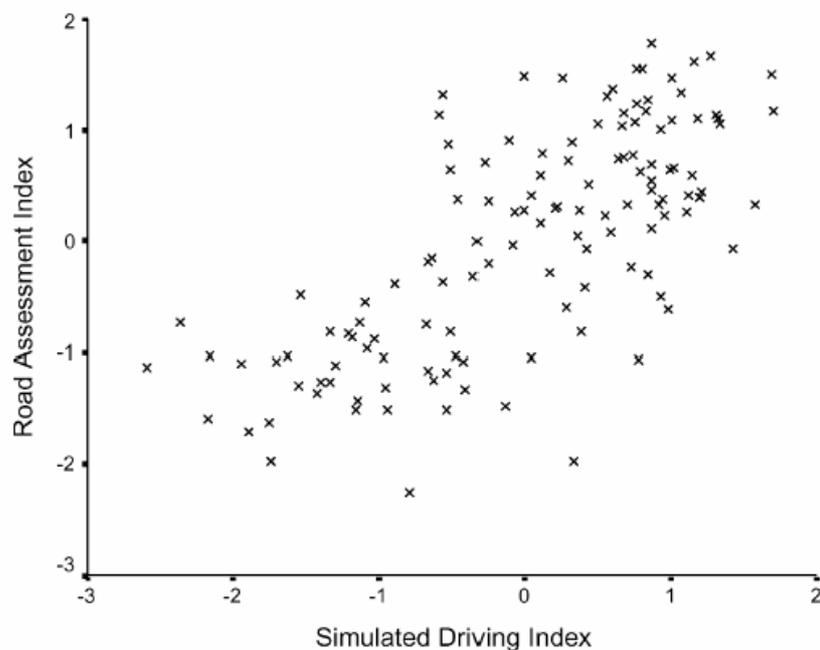


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen der Güte der Fahrleistung (Index) im Simulator (Abszisse) und bei Realfahrten (Ordinate) in der Untersuchung von Lee, Cameron & Lee (2003, S. 802).

Ausblick

Das beschriebene Untersuchungskonzept setzt voraus, dass die Wirkungen unterschiedlicher Einflussfaktoren in vergleichbarer Weise im ViewCar und VR-Labor untersucht werden, um damit den notwendigen Realitätsgrad der Simulation sowie die Übertragungsfunktion zwischen realen Fahrten und Simulatorfahrten für die unterschiedlichen Wirkungen zu bestimmen. Der notwendige Realitätsgrad der Simulation könnte ähnlich wie bei Lee, Cameron & Lee durch einen Grenzwert für die Korrelation zwischen Verhaltenweisen im ViewCar und im VR-Labor vorgegeben werden.

Die wirtschaftliche Bedeutung dieses Ansatzes ergibt sich aus zwei Gesichtspunkten. Zum einen wird eine hohe Qualität der Untersuchung durch das oben beschriebene Untersuchungskonzept sichergestellt. Durch die Übertragbarkeit der Untersuchungen von dem Realbereich in den Simulationsbereich lassen sich auch kritische Situationen frühzeitig systematisch und reproduzierbar untersuchen. Mittels der Übertragung der Ergebnisse aus dem Simulationsbereich des VR-Labors lassen sich gestützt durch das hier beschriebene Untersuchungskonzept Schlussfolgerungen für Realfahrten ableiten. Dabei ist der entscheidende Vorteil, dass in der Simulation im Gegensatz zu den Testfahrten wesentliche Einflussgrößen relativ einfach variierbar sind.

Ein zweiter wirtschaftlicher Aspekt ergibt sich aus der zugrunde liegenden mehrstufigen Vorgehensweise. Unterschiedliche Lösungsansätze z.B. für Assistenzsysteme können bewertet werden, ohne diese real aufzubauen. Dieses spart zum einen Kosten für die Implementierung ungeeigneter Ansätze, zum anderen auch durch die Schnelligkeit der Umsetzung unterschiedlicher Lösungskonzepte.

Der nächste Schritt des Ausbaus der Versuchsinfrastruktur des DLR besteht im Aufbau eines großen Bewegungssimulators. Die Integration dieses Simulators in das Untersuchungskonzept wird noch detailliertere Aussagen über die notwendige Realitätsnähe für bestimmte Versuchsdesigns und damit noch weitere Effizienzsteigerungen bzgl. der Qualität der Daten in Relation zu den notwendigen Kosten ermöglichen. Damit besteht zukünftig die Möglichkeit, valide Aussagen zu Simulatorversuchen auf der Basis von zugrunde gelegten Realfahrten zu machen. Wie weit hierbei die Möglichkeit der Extrapolation bei neuen automatisch eingreifenden Assistenzsystemen reicht, bedarf weiterer Forschung bei der z.B. der Beifahrer im ViewCar in die Untersuchung mit einbezogen wird.

Literatur

Lee, H. C., Cameron, D., & Lee, A. H. (2003). Assessing the driving performance of older adult drivers: on-road versus simulated driving. *Accident Analysis & Prevention*, 35(5), 797-803.

Stöbe, M. & Schröder, M. (2003). Entwicklung neuer Fahrerassistenzsysteme mit Virtual Reality. Vortrag bei den 6. Wissenschaftstage FhG-IFF Magdeburg.

Vollrath, M. & Totzke, I. (2003). Möglichkeiten der Nutzung unterschiedlicher Ressourcen für die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion. In VDI-Berichte 1768, Der Fahrer im 21. Jahrhundert (S. 47-58). VDI-Verlag: Düsseldorf.