

2.1 Leistungsfähigkeit des Menschen für die Fahrzeugführung

Die Arbeitsaufgabe Kraftfahrzeugführen zählt zu den vorwiegend informatorischen Tätigkeiten mit dem Arbeitsinhalt, Informationen in Reaktionen umzusetzen. Der Fahrer führt hierbei in der Regel eine Steuerungstätigkeit mit kontinuierlicher Informationsverarbeitung aus.

Dementsprechend sind für die Fahrzeugführung vor allem der Prozess der Informationsverarbeitung sowie mit diesem in Wechselwirkungen stehende Faktoren der individuellen Charakteristik des Fahrers von Bedeutung.

Zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Fahrer, Fahrzeug und Umgebung dient das im Folgenden dargestellte einfache Systemmodell (vgl. [1]). Dieses besteht aus den Elementen Fahrer und Fahrzeug. Die Eingangsgröße Fahrzeugführungsaufgabe, die auch von den Umgebungsfaktoren beeinflusst wird, wirkt auf diese zwei Systemelemente. Darüber hinaus können Störgrößen wie z.B. Ablenkungen durch den Beifahrer auftreten. Die Ausgangsgröße aus diesem System kann durch die Systemleistungen Mobilität, Sicherheit und Komfort beschrieben werden.

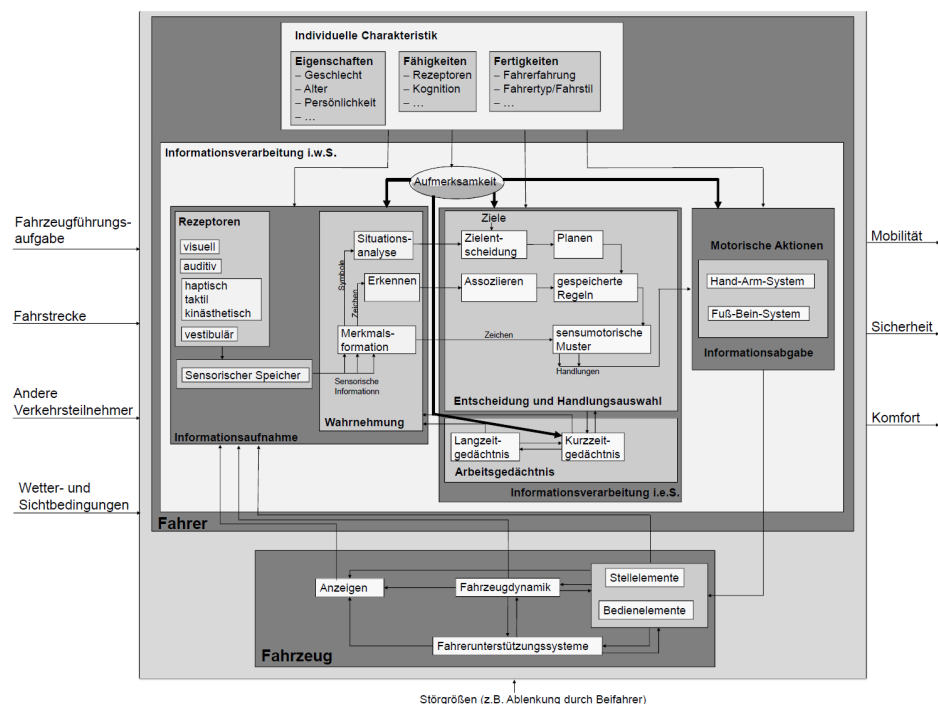


Abb. 1: Systemmodell Fahrer-Fahrzeug-Umgebung (vgl. [1])

2.1.1 Menschlicher Informationsverarbeitungsprozess

Zur Erklärung der menschlichen Informationsverarbeitung gibt es eine Vielzahl von Modellen, diese spezifizieren die allgemeine Annahme, dass das in einem Rezeptor eintreffende Signal (Stimulus) in eine kognitive Repräsentation und in eine Reaktion des Menschen (Response)

umgesetzt wird. Zu den bekanntesten Modellen im Ingenieurbereich zählen die sequentiellen Modelle und die Ressourcenmodelle. Sequentielle Modelle nehmen an, dass die Transformation von Stimulus in Response streng sequentiell abläuft, d.h. die nächste Stufe kann erst durchlaufen werden, wenn die vorherige abgeschlossen ist. Ressourcenmodelle gehen davon aus, dass die Kapazität, die für verschiedene Aktivitäten zur Verfügung steht, beschränkt ist und zwischen allen gleichzeitig ausgeführten Aufgaben aufgeteilt werden muss. Die Theorie der multiplen Ressourcen erweitert diese Sichtweise, demnach hängt das Ausmaß an Interferenz zweier Aufgaben davon ab, ob diese die gleichen Ressourcen beanspruchen [2]. Frei von Interferenz wäre demnach die gleichzeitige Verarbeitung visueller, räumlicher Bildinformationen (z.B. Zielführungsanzeige) und auditiv, verbaler Informationen (Telefongespräch, Nachrichten im Radio), da diese unterschiedliche Sinneskanäle und unterschiedliche Bereiche im Arbeitsgedächtnis nutzen. Experimentelle Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass diese Freiheit von Interferenz nicht uneingeschränkt gilt.

Die menschliche Informationsverarbeitung wird hier anhand eines kombinierten Stufen- und Ressourcenmodells erklärt (siehe Abb. 1). Dieses basiert auf den Verarbeitungsstufen Informationsaufnahme (Perzeption), Informationsverarbeitung i.e.S. (Kognition) und Informationsabgabe (Motorik) [3]. Darüber hinaus wird berücksichtigt, dass die zur Verfügung stehende Ressourcenkapazität beschränkt ist.

Die Effizienz der drei Verarbeitungsstufen des Informationsverarbeitungsprozesses wird durch die zur Verfügung stehenden Verarbeitungsressourcen beeinflusst und benötigt die Zuwendung von Aufmerksamkeit. Diese bewirkt die gezielte Selektion von Informationen, die zu Inhalten der bewussten Verarbeitung werden sollen. Denn das ständige Überangebot an Informationen übersteigt die menschliche Verarbeitungskapazität, so dass der Mensch bei Weitem nicht alles bewusst wahrnehmen kann, was ihn auf der Ebene der Sinnesrezeptoren erreicht.

Der Mensch kann seine gesamte Aufmerksamkeit unterschiedlich auf die drei Stufen des Informationsverarbeitungsprozesses verteilen, um relevante Informationsquellen auszuwählen und diese Informationen weiterzuverarbeiten. Für jede Arbeitstätigkeit kann eine günstige Aufmerksamkeitsverteilung vom Menschen erlernt werden, im Extremfall kann eine schlechte Aufmerksamkeitsverteilung menschliche Fehlhandlungen verursachen.

Auf theoretischer Ebene können verschiedene Formen der Aufmerksamkeit in den Dimensionen Selektivität und Intensität unterschieden werden. Mit der selektiven Aufmerksamkeitszuwendung wird die Tatsache beschrieben, dass der Mensch sich zwischen verschiedenen miteinander konkurrierenden Informationsquellen entscheiden muss. Im Rahmen der geteilten Aufmerksamkeit muss der Mensch verschiedene Reize simultan wahrnehmen, während er sich bei einem Aufmerksamkeitswechsel von einem Reiz abwendet, um sich anschließend einem anderen zuzuwenden. Die Intensität der Aufmerksamkeit betrifft das Aktivierungsniveau, hier sind die herabgesetzte Vigilanz (niedriger Anteil relevanter Stimuli) und die Daueraufmerksamkeit (hoher Anteil relevanter Stimuli) von Bedeutung.

2.1.1.1 Informationsaufnahme

Der Informationsaufnahme werden alle Prozesse zugeordnet, die das Entdecken und Erkennen von Informationen betreffen. Dabei wird der Vorgang der internen Repräsentation der Umwelt als Wahrnehmung bezeichnet. Dieses innere Abbild der Umwelt wird beeinflusst von der aktuellen Situation, in der sich der Mensch befindet, und den Erfahrungen über die dieser verfügt. Die Informationsaufnahme erfolgt über die Sinnesorgane. Der Mensch kann eine Vielzahl gleichzeitig übermittelter Informationen parallel über alle Sinneskanäle aufnehmen, allerdings

kann die gleichzeitige Verarbeitung verschiedener Informationen die Leistung verschlechtern. Die spezifischen Leistungsbereiche der Sinnesorgane beeinflussen Quantität und Qualität der aufgenommenen Informationen und somit auch alle folgenden Informationsverarbeitungsschritte. Dem menschlichen Wahrnehmungssystem werden neun sensorische Modalitäten zugeordnet. Für die Fahrzeugführung sind jedoch vor allem visuelle, akustische, haptische und vestibuläre Wahrnehmungen von Bedeutung. Darüber hinaus verfügt der Mensch über Rezeptoren zur Wahrnehmung von Geruch, Geschmack, Temperatur und Schmerz. Zusätzlich wird der sensorische Speicher (auch Ultrakurzzeitgedächtnis genannt) dem Bereich der Informationsaufnahme zugeordnet. Im sensorischen Speicher werden ausschließlich physikalisch kodierte Informationen gespeichert. Visuelle Informationen werden im ikonischen und akustische im echoischen Speicher für einen Zeitraum zwischen 0,25 und 2 Sekunden abgelegt [3].

Bei der visuellen Informationsaufnahme hat das Auge folgende drei Grundaufgaben: Adaptation (Anpassung der Empfindlichkeit des Auges an die jeweils herrschende Leuchtdichte), Akkomodation (Einstellung unterschiedlicher Sehentfernungen) und Fixation (Ausrichtung der Augen auf den Sehgegenstand, so dass die beiden Sehachsen konvergent sind). Das Auge dient der Farb-, Objekt- und Bewegungswahrnehmung sowie der Wahrnehmung von räumlicher Tiefe und Größe.

Das Ohr erfüllt bei der Aufnahme auditiver Informationen drei Grundfunktionen: Adaptation (Anstieg der Hörschwelle, der zur Differenzierung des Hörvorgangs erforderlich ist), auditorische Mustererkennung (notwendig für Sprach- und Geräuschidentifizierung) und akustische Raumorientierung, die durch binaurales (beidohriges) Hören realisiert wird.

Bei haptischer Informationsaufnahme werden der taktile und/oder der kinästhetische Wahrnehmungskanal genutzt. Über das taktile Wahrnehmungssystem werden Verformungen der Haut wahrgenommen. Rezeptoren (Vater-Pacinsche Lamellen und Meißnersche Tastkörperchen) vermitteln in und unter der Haut Druck-, Berührungs- und Vibrationsempfinden. Das kinästhetische Wahrnehmungssystem nimmt die Dehnung von Muskeln und die Bewegung der Gelenke wahr. Verschiedene Arten von Rezeptoren, die sich an den Muskelspindeln, im Bereich der Gelenke und der Bänder befinden, ermöglichen die Empfindung von Körperbewegungen und von Stellungen der Körperteile zueinander.

Die Orientierung im Raum wird dem Menschen über das vestibuläre Wahrnehmungssystem ermöglicht. Als Rezeptor wird der sich im Innenohr befindende Vestibularapparat genutzt. Dieser hat darüber hinaus die Aufgaben, Informationen zur Erhaltung des Gleichgewichtes und die Auslösung der Stellreflexe zur Normalhaltung des Kopfes und der Augen zu geben. Beim Autofahren trägt der vestibuläre Sinneskanal zur Wahrnehmung von Geschwindigkeit und Beschleunigung des eigenen Fahrzeugs bei.

Die meisten verkehrsrelevanten Informationen werden beim Autofahren visuell aufgenommen (ca. 80-90%). Grundlage für richtige Handlungsentscheidungen des Fahrers ist eine möglichst vollständige interne Repräsentation des relevanten Verkehrsraumes. Beim Fahren mit hoher Geschwindigkeit ist es außerordentlich wichtig, die Informationen zur Führung des Fahrzeuges schon aus großer Entfernung aufzunehmen, so dass ausreichend Zeit bleibt, um die Bewegungen des Fahrzeuges genau an diese Informationen anzupassen. Dies zeigt die Wichtigkeit des visuellen Systems des Fahrers bei der Fahrzeugführungsaufgabe, da das Auge das einzige weitreichende Rezeptorsystem des Menschen ist, das gezielt ausrichtbar ist [4].

Bei Aufgaben, die menschliches Verhalten im Verkehr umfassen, wird die Informationsaufnahme durch die Grenzen der Augenbewegungen stark dominiert. Der Bereich, aus dem der Fahrer Informationen visuell aufnehmen kann, wird durch das Gesichtsfeld, das Blick- und das Umblickfeld bestimmt. In Abhängigkeit vom Abbildungsort des Objektes auf der Netzhaut

wird foveales Sehen und peripheres Sehen unterschieden. Beim fovealen Sehen wird das Objekt in der Netzhautgrube (Fovea) abgebildet, nur in diesem Bereich bis zu einem Öffnungswinkel von 2° können Objekte scharf gesehen werden. Je entfernter das Bild von der Fovea ist, desto unschärfer erscheint ein Gegenstand. Im peripheren Sehbereich können Bewegungen und Helligkeitsänderungen wahrgenommen werden. In der Literatur bestehen unterschiedliche Ansichten zur Rolle und zum Beitrag des fovealen und des peripheren Sehens zur Informationsaufnahme beim Kraftfahrzeugführen. [4] nehmen an, dass die foveale Informationsaufnahme beim Fahrzeugführen unter hohen Belastungen, d.h. bei hoher Informationsdichte und somit hohen Anforderungen an die Informationsverarbeitung, starkes Gewicht hat.

Die Größe des nutzbaren Sehfeldes ist bei guten und schlechten Kraftfahrern unterschiedlich. Während gute Fahrer ein nutzbares Sehfeld von $9-10^\circ$ besitzen, umfasst es bei schlechten Autofahrern nur $6-7^\circ$ [5]. Unter dem nutzbaren Sehfeld wird eine variable räumliche Ausdehnung um die Netzhautgrube herum verstanden, die den Bereich beschreibt, innerhalb dessen eine Person die für eine bestimmte definierte Aufgabe erforderlichen Informationen entdecken kann.

Die Güte der visuellen Informationsaufnahme des Menschen wird durch die Art des Signals und die Darbietungshäufigkeit beeinflusst. So unterscheidet [6] kritische, neutrale und nichtkritische Signale sowie nichtkritische und kritische Zusatzsignale. Bezüglich der Häufigkeit der Informationsdarbietung haben die Untersuchungen mehrerer Autoren (eine Übersicht gibt [6]) ergeben, dass die Beobachtungsleistung um so besser ist, je mehr reaktionsfördernde Signale pro Zeiteinheit dargeboten werden. Diese Regel gilt bis zu einer optimalen Signalthäufigkeit von ca. 120 bis 300 Signalen pro Stunde. Bei einer wesentlichen Überschreitung dieser Signalthäufigkeit gerät der Beobachter in eine Überforderungssituation mit dem Ergebnis, dass mehr und mehr Signale unbeantwortet bleiben. [7] gehen in ihrer „Theory of Pathway Inhibition“ davon aus, dass sich gleichartige Reize behindern und somit durch heterogene Reize eine bessere Aufmerksamkeitsleistung erreicht wird.

2.1.1.2 Informationsverarbeitung

Signale aus der Umgebung (z.B. Charakteristik der Fahrstrecke, andere Verkehrsteilnehmer, Wetter- und Sichtbedingungen) sowie vom Fahrzeug (z.B. Anzeigen, Stell- und Bedienelemente und die Fahrzeugdynamik) werden von den menschlichen Rezeptoren aufgenommen, aufbereitet und auf der Stufe der Informationsverarbeitung i.e.S. (Kognition) weiter verarbeitet. Hier wird entschieden, ob eine Information zu einer Handlung führt (aktiver Fall) oder erduldet wird (passiver Fall). Diese Entscheidung wird maßgeblich von der individuellen Charakteristik des Fahrers beeinflusst. Die Informationsverarbeitung i.e.S. umfasst die Stufen Wahrnehmung und Entscheidung/Handlungsauswahl. Diese Stufen können durch die drei aufeinander aufbauenden Verhaltensebenen, die nach [8] als fertigkeitsbasiert, regelbasiert und wissensbasiert bezeichnet werden, erklärt werden. Auf welcher Verhaltensebene die Informationsverarbeitung abläuft, ist von der Art der auszuführenden Aufgabe sowie der individuellen Charakteristik des Fahrers, insbesondere seinen Erfahrungen im Bereich der gegebenen Anforderungen, abhängig.

Der fertigkeitsbasierten Ebene werden sensumotorische Handlungen, die ohne bewusste Regulation als automatisierte, gleichmäßige und hochintegrierte Verhaltensmuster auftreten, zugeordnet. Dies ermöglicht eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit und somit das rasche und flexible Reagieren auf situative Veränderungen. Hier handelt es sich um automatische Prozesse, die kaum Aufmerksamkeit beanspruchen. Das regelbasierte Verhalten läuft auf kognitiv anspruchsvolleren Ebenen ab und wird durch einfache Entscheidungsvorgänge auf Basis von gespeicherten Regeln bestimmt. Diese Regeln werden durch empirische Erfahrungen, kommu-

nizierte oder gelesene Verhaltensanweisungen gesammelt. Es findet eine Assoziation der Merkmale der gespeicherten Regeln mit den Umgebungsmerkmalen statt. In unbekanntem, für den Menschen neuen Situationen, für die keine Regeln vorliegen, läuft das Verhalten auf der wissensbasierten Ebene ab. Hier wird das Ziel aufgrund einer Situationsanalyse und persönlicher Präferenzen festgelegt. Es werden Alternativpläne entwickelt und der im Hinblick auf das festgelegte Ziel effektivste Plan ausgewählt. Im Gegensatz zu den auf der fertigkeitbasierten Ebene ablaufenden Prozessen, werden die den regelbasierten und wissensbasierten Ebenen zugeordneten Prozesse als kontrolliert bezeichnet und erfordern mehr Aufmerksamkeit.

Bei der kognitiven Verarbeitung von Informationen spielt das Gedächtnis eine zentrale Rolle. Mit dessen Hilfe werden die Sinneseindrücke mit erlernten und gespeicherten Strukturen des Denkens und Urteilens verglichen. Nach dem klassischen drei-Speicher-Modell besteht das Gedächtnis aus sensorischem Speicher (Ultrakurzzeitspeicher), Kurzzeitspeicher und Langzeitspeicher. Im Kurz- und Langzeitgedächtnis werden die Informationen aktiv bearbeitet. Während eines kontinuierlichen Prozesses werden die abgespeicherten Informationen aus Lang- und Kurzzeitgedächtnis abgerufen und mit den sensorisch aufgenommenen Merkmalsträgern verglichen.

Die Unfallgefahr eines Autofahrers wird sowohl von der individuellen Akzeptanz als auch von Fehlwahrnehmungen von Risiken im Straßenverkehr beeinflusst. Ein wesentlicher Aspekt des Entscheidungsvorgangs innerhalb des Informationsverarbeitungsprozesses ist die Tatsache, dass die Handlung ausgewählt wird, die unter Variation der äußeren Umstände den größten Nutzen unter Beachtung des damit verbundenen Risikos verspricht. Der Begriff Risiko wird unterschiedlich definiert. Oftmals wird er als Wahrscheinlichkeit, dass ein nicht gewünschtes Ereignis eintritt, interpretiert. So definieren z.B. [9] Risiko als das Verhältnis zwischen Größen, die negative Konsequenzen von Ereignissen beschreiben und Größen, die die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens der Bedingungen, unter denen diese Konsequenzen möglich sind, charakterisieren. Diese Sichtweise schließt jedoch das Risikobewusstsein nicht mit ein. [10] sieht das Risiko deshalb als eine multidimensionale Charakterisierung einer negativen Erwartung, die sich aus einem probabilistischen Entscheidungsprozess ergibt.

Zur Erklärung der Risikowahrnehmung von Autofahrern wurden zahlreiche Modelle entwickelt. Zu den bekanntesten zählen das ‚Zero Risk‘ Modell von [11] und das Modell der ‚Risikohomöostase‘ von [12]. Nach dem ‚Zero Risk‘ Modell handeln Menschen so, dass ihr subjektives Risiko null beträgt, dieses Modell basiert auf der individuellen Motivation, die das Fahrerverhalten beeinflusst, und der Adaptation an das im Straßenverkehr wahrgenommene Risiko. Während die Theorie der ‚Risikohomöostase‘ davon ausgeht, dass der Mensch bei einer Reduzierung des objektiven Risikos (z.B. durch technische Maßnahmen) sein Verhalten soweit in Richtung „gefährlicher“ verändert, dass die subjektive Schätzung des Risikos wieder die gleiche Distanz zum persönlich akzeptierten Risiko erhält, wie vor der Einführung der Maßnahme [12].

Das ‚Modell der subjektiven und objektiven Sicherheit‘ stellt der subjektiv erlebten Sicherheit solche Formen der Sicherheit gegenüber, die physikalisch messbar sind [13]. Das Gefahren-Vermeidungs Modell (Threat-Avoidance Model) von [14] geht davon aus, dass die Handlungen eines Fahrers bei Wahrnehmung eines potentiell gefährlichen Ereignisses vorrangig durch Abwägung des Nutzens und der Kosten aller Alternativen ausgewählt werden.

Als Hauptkomponenten bei der Risikowahrnehmung sehen [9] einerseits Informationen über potentielle Gefahren in der Verkehrsumgebung und andererseits Informationen über die Fähigkeiten des Systems Fahrer-Fahrzeug, die verhindern, dass das Gefahrenpotential zu einem Unfall führt.

2.1.1.3 Informationsabgabe

In der dritten Stufe des Informationsverarbeitungsprozesses werden die auf der Stufe der Informationsverarbeitung i.e.S. getroffenen Entscheidungen in Handlungen umgesetzt. Diese Handlungen umfassen beim Fahrzeugführen motorische Bewegungen des Hand-Arm-Systems sowie des Fuß-Bein-Systems. Die physische Belastung im Sinne einer arbeitsphysiologisch zu leistenden Arbeit ist im Vergleich zu den sich aus der Informationsaufnahme und -verarbeitung ergebenden Belastungen gering und wird durch technische Unterstützungssysteme im Fahrzeug (z.B. Servolenkung) immer weiter reduziert.

2.1.2 Fahrercharakteristik und die Grenzen menschlicher Leistungsfähigkeit

Die menschliche Leistung ist allgemein charakterisiert durch die Arbeitsergebnisse und die Beanspruchung des arbeitsausführenden Individuums. Sowohl die Arbeitsergebnisse als auch die Beanspruchungen unterliegen inter- und intraindividuellen Streuungen: nicht alle Personen erfüllen dieselbe Aufgabe gleich gut, aber auch eine einzelne Person kann Leistungsvariabilitäten aufweisen, wenn die Leistungserfüllung derselben Aufgabe zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemessen wird. Zurückzuführen sind diese Variabilitäten auf die individuelle Charakteristik des Menschen und somit auf die unterschiedlichen Leistungsvoraussetzungen. Im Folgenden werden für das Autofahren relevante menschliche Leistungsvoraussetzungen und ihre Auswirkungen auf die Fahrleistung und –sicherheit erläutert. Es erfolgt eine Systematisierung in Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten.

Eigenschaften

Als Eigenschaften werden intraindividuell weitgehend zeitunabhängige (oder sich nur innerhalb sehr großer Zeiträume ändernde) Einflussgrößen verstanden. Als wichtigste für das Autofahren relevante Eigenschaften werden häufig Geschlecht, Alter und Persönlichkeitsmerkmale genannt.

Während in einigen Untersuchungen geschlechtsspezifische Unterschiede im Fahrerverhalten festgestellt wurden, konnten in anderen Untersuchungen keine Unterschiede im Hinblick auf das Risikoverhalten sowie das Geschwindigkeitsverhalten bestätigt werden. Außerdem sind Unterschiede in der Wahrnehmung des Unfallrisikos bei Männern und Frauen festzustellen. Männer schätzen ihr Fahrkönnen besser ein als Frauen, dabei neigen Frauen eher zu einer Unterschätzung ihrer Leistungsfähigkeit, während Männer eher zu einer Überschätzung tendieren. Außerdem beurteilten männliche Fahrer bestimmte Verhaltensweisen als weniger gefährlich und weniger unfallträchtig als weibliche.

Die Fähigkeiten des Menschen, sich sensorisch zu orientieren, aufgenommene Informationen zu verarbeiten und motorische Handlungen auszuführen, wandeln sich im Zuge des Alterungsprozesses, bei dem die menschlichen Organe einer Veränderung unterliegen. Die sensumotorische Leistungsfähigkeit des Menschen hat starken Einfluss auf den Informationsverarbeitungsprozess des Fahrers und somit auf die Sicherheit des Systems Fahrer-Fahrzeug-Umgebung. Jedoch können aufgrund der bei älteren Fahrern in der Regel vorhandenen großen Fahrerfahrung die zunehmenden funktionalen Defizite zumindest teilweise kompensiert werden. Für die Definition des Begriffs „Ältere“ existieren verschiedene Ansätze. Oftmals orientiert man sich am kalendarischen bzw. chronologischen Alter, demnach werden Menschen ab dem 60. oder 65. Lebensjahr zu den Älteren gezählt, obwohl die mit dem Alterungsprozess verbundenen funktionalen Veränderungen mit erheblichen interindividuellen Varianzen behaftet sind.

Auch verschiedene Persönlichkeitsmerkmale des Fahrers beeinflussen sein Verhalten. So wurden Zusammenhänge zwischen der Risikobereitschaft von Fahrern und der von ihnen gefahre-

nen Geschwindigkeit sowie der Kraftschlussnutzung festgestellt. Fahrer, die emotional instabil, impulsiv und nicht teamfähig sind, unterliegen einem höheren Unfallrisiko als Menschen, die anpassungsfähig und emotional stabil sind. Außerdem werden die selektive Aufmerksamkeit, der Wahrnehmungsstil und die Reaktionszeit als individuelle Merkmale genannt, die als Indikatoren für die Unfallbeteiligung gelten.

Fähigkeiten

Als Fähigkeiten werden die verfügbaren intraindividuell zeitabhängig kurz- bzw. langfristigen Änderungen verstanden, sie betreffen physiologische Organ- oder sogenannte Grundfunktionen des Menschen.

Durch die als Intelligenz bezeichneten geistigen Fähigkeiten werden die Handlungen eines Fahrers insbesondere auf der wissensbasierten Ebene beeinflusst. Der Begriff Intelligenz ist in der Literatur umstritten und wird dementsprechend auch nicht einheitlich definiert. Nach einer weit gefassten Definition wird unter Intelligenz die hierarchisch strukturierte Gesamtheit jener allgemeinen geistigen Fähigkeiten verstanden, die das Niveau und die Qualität der Denkprozesse einer Persönlichkeit bestimmen. Mit Hilfe dieser Fähigkeiten können die für das Handeln wesentlichen Eigenschaften einer Problemsituation in ihren Zusammenhängen erkannt werden, so dass die Situation entsprechend bestimmter Zielvorstellungen verändert werden kann.

Aber auch die kognitiven und sensumotorischen Fähigkeiten des Menschen sowie das Reaktionsvermögen beeinflussen das Autofahren indirekt über die Auswirkungen dieser Merkmale auf den Informationsverarbeitungsprozess.

Mit zunehmendem Alter verschlechtern sich die Fähigkeiten der Rezeptoren, was insgesamt zu Einschränkungen im Bereich der Informationsaufnahme führt.

So verändern sich die Augenbestandteile aufgrund eines Flüssigkeitsentzugs im Gewebe durch den Alterungsprozess. Die sich daraus ergebenden Wirkungen auf die visuellen Fähigkeiten sind in Tab. 1 zusammengefasst).

Tab. 1: Mit dem Alter eintretende Veränderungen des visuellen Systems (↑ Zunahme; ↓ Abnahme)

Wirkung	Ursache bzw. Einflussgrößen
↓ Akkomodationsbreite	↓ Flüssigkeit im Gewebe
↓ Statische Sehschärfe	Beleuchtungsverhältnisse
↓ Dynamische Sehschärfe	↓ Akkomodationsgeschwindigkeit ↑ Trägheit der Sinneszellen
↑ Blendungsempfindlichkeit	↑ Funktionale Störungen der Netzhaut ↑ Adaptationszeit
↓ Kontrastsehen	
↑ Erforderliche Leuchtdichte	↑ Eintrübung von Hornhaut, Linse und Glaskörper
↑ Einschränkung des Gesichtsfeldes	

Die mit dem Alter fortschreitende Einschränkung des Gesichtsfeldes verschärft die Problematik des Bewegungsehens beim Autofahren, da die Bewegung relevanter Objekte zunächst im peripheren Gesichtsfeld beobachtbar ist.

Altersveränderungen des Hörvermögens bestehen in einer Abnahme der Hörschwelle, vor allem im Bereich hoher Frequenzen. Schwierigkeiten bei der Frequenz- und auch der Intensitätsdiskrimination von Tönen sowie bei der Erkennung komplexer Geräusche, wie z.B. Sprache, unter schwierigen Wahrnehmungsbedingungen (z.B. Störgeräusche, Verzerrungen) und teilweise erschwertes Richtungshören sind weitere Altersveränderungen des Hörvermögens.

Mit zunehmendem Alter nimmt auch die taktile Wahrnehmungsempfindlichkeit ab.

Der Gleichgewichtssinn ist bei 20- bis 30-jährigen am besten ausgebildet und nimmt ab dem 40. Lebensjahr stark ab, so dass sich dieser im Alter von 60 bis 70 Jahren auf die Hälfte reduziert hat.

Mit zunehmendem Alter arbeitet der sensorische Speicher weniger effizient. Akustische Signale weisen im echoischen Speicher eine höhere Zerfallsgeschwindigkeit auf, während visuelle Signale länger im ikonischen Speicher verbleiben. Dies führt bei der Bereitstellung verkehrsrelevanter Informationen dazu, dass akustische Informationen nur in zeitlich verkürztem Umfang zur Bearbeitung zur Verfügung stehen und visuelle Reize wegen der Blockierung des ikonischen Speichers nur in beschränktem Umfang aufgenommen werden können.

In den einzelnen Bereichen der Aufmerksamkeit gibt es bei älteren Menschen Leistungsreduktionen, diese ergeben in ihrer additiven Wirkung eine insgesamt schlechtere Aufmerksamkeitsleistung. Dies führt dazu, dass Ältere ihre Handlungsentscheidung auf einer relativ kleineren Basis von Umgebungsinformationen treffen müssen als jüngere Verkehrsteilnehmer, da sie nicht über alle potentiell wichtigen Informationen verfügen.

Insgesamt zeigt sich, dass für ältere Fahrer vor allem in komplexen und neuartigen Situationen, die schnelles Handeln erfordern, Schwierigkeiten auftreten können. Zusätzlich erschwerend wirken die Einschränkungen bei der Informationsaufnahme, die zu einer teilweise verzögerten sensorischen Bereitstellung relevanter Informationen führen, und somit für ältere Fahrer eine geringere Zeit für die Verarbeitung verkehrsrelevanter Informationen und entsprechender Handlungen bleibt.

Fertigkeiten

Unter Fertigkeiten werden Arbeitsfunktionen des Menschen verstanden, die sowohl durch menschliche Grundfunktionen als auch durch den konkreten Gestaltungszustand der Arbeitsaufgabe und der Arbeitsumgebung bedingt sind. In Zusammenhang mit dem Autofahren haben die Fahrerfahrung und der Fahrstil (Klassifizierung anhand der vom Fahrer gewählten Fahrzeuggrößen) bzw. Fahrertyp (Klassifizierung anhand der beobachteten Verhaltensweisen des Fahrers) eine große Bedeutung.

Die Fahrerfahrung kann unterschiedliche Auswirkungen auf das Unfallrisiko haben. Mit wachsender Fahrerfahrung verbessern sich die Fahrfertigkeiten und das Erkennen sowie die Einschätzung von Risiken. Eine Verbesserung der Fahrfertigkeit ist darauf zurückzuführen, dass mit zunehmender Kilometerzahl die Anzahl erlebter unterschiedlicher Fahrsituationen wächst, und dadurch die Ausbildung von Handlungsroutinen ermöglicht wird. Feldversuche haben gezeigt, dass sich unerfahrene Fahrer im Hinblick auf Antizipation, visuelles Suchverhalten und Sicherheitsgrenzen nicht von den erfahrenen Fahrern unterscheiden. Während die Kontrolle über das Fahrzeug mit zunehmender Fahrerfahrung besser wird, führt die Erfahrung in anderen Bereichen zur Ausbildung von Fehlern und schlechten Gewohnheiten, wie z.B. das Nichtbeachten der Spiegel, spätes Bremsen und dichtes Auffahren. Bei Fertigkeiten, die die Kontrol-

le über das Fahrzeug wiederspiegeln, haben sich Anfänger als schlechter erwiesen als erfahrene Fahrer. Dies zeigt sich durch spätes Beschleunigen, schlechte und inkonsistente Lenkbewegungen und langsame Gangwechsel bei Anfängern. Auch haben die Lenkbewegungen unerfahrener Fahrer eine höhere Frequenz als die erfahrener Fahrer. Das Blickverhalten unerfahrener Fahrer wird häufig als ineffizienter bezeichnet, da sie zu häufig Punkte im Nahbereich fixieren. So werden entfernte Unfallgefahren von jungen unerfahrenen Fahrern im Vergleich zu erfahrenen Fahrern relativ schlecht erkannt werden, bei der Erkennung naher Gefahren bestehen jedoch keine Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen. Mit zunehmender Erfahrung lernen Fahrer gefährliche Objekte und Ereignisse anhand bestimmter Teile des Verkehrssystems zu erkennen. Dies entspricht auch der Tatsache, dass sich die visuellen Fixations- und Suchmuster von unerfahrenen und erfahrenen Fahrern unterscheiden. Unterschiedliches Geschwindigkeitsverhalten ergibt sich bei Kurvenfahrten in Abhängigkeit von der Fahrerfahrung. Erfahrene Fahrer fahren schneller in Kurven ein und verzögern in der Kurve stärker als unerfahrene.

Der Fahrstil wird sowohl durch die Fahrerfahrung als auch durch die Persönlichkeit des Fahrers geprägt und kann somit auch den Eigenschaften eines Fahrers zugeordnet werden. Die in der Literatur beschriebenen Fahrstile und Fahrertypen weisen große Übereinstimmungen auf.

Unterschiedliche Formen des Fahrstils wurden festgestellt. So kann dieser bei Führern von Nutzfahrzeugen als „lahm-lasch“, „eckig-abrupt“ oder „zügig-flott“ bezeichnet werden. Bei Pkw-Fahrern wurden anhand von Kenngrößen für Geschwindigkeit, Längsbeschleunigung, Abstand zum Vorausfahrenden die Fahrstile „eher langsam und komfortbewusst“, „durchschnittlich mit hohem Sicherheitsbewusstsein“ und „schnell und sportlich“ identifiziert. Auf Basis von Verhaltensbeobachtungen wurden ähnliche Fahrertypen gefunden, die als „unauffällige Durchschnittsfahrer“, „wenig routinierte-unentschlossene Fahrer“, „sportlich-ambitionierte Fahrer“ und „risikofreudig-aggressiven Fahrer“ bezeichnet wurden.

2.1.3 Anforderungen an den Fahrzeugführer im System Fahrer-Fahrzeug-Umgebung

Die Anforderungen an den Fahrer ergeben sich aus der Fahrzeugführungsaufgabe, die durch Faktoren aus der Umgebung mitbestimmt werden. Hier steht die Komplexität der vom Fahrer zu bewältigenden Situation im Vordergrund, diese ergibt sich aus der Charakteristik der Fahrstrecke und dem dynamischen Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer. Wie der Fahrer diese Anforderungen bewältigt, ist einerseits von seiner individuellen Charakteristik und andererseits von der durch das Fahrzeug angebotenen Fahrerunterstützung (Assistenzsysteme) abhängig. In Abhängigkeit von Belastungshöhe und -dauer treten Engpässe im Informationsverarbeitungsprozess des Fahrers auf, die entsprechend des Kontinuums des Verkehrsverhaltens nach [13] zu einer Abweichung vom sogenannten „Normalverhalten“ bis hin zu kritischen Verkehrssituationen und auch zu Unfällen führen können. Um diese Engpässe zu identifizieren, werden im Folgenden die Teilaufgaben der Fahrzeugführung und die sich aus diesen ergebenden Anforderungen zusammengestellt.

Teilaufgaben der Fahrzeugführung

Ansätze zur Beschreibung der Fahrzeugführungsaufgabe durch Teilaufgaben existieren auf unterschiedlicher Detaillierungsebene, zum Teil wurden sie für spezielle Erklärungszwecke oder einzelne Aspekte der Fahrzeugführungsaufgabe abgeleitet. Im Folgenden werden nur zwei häufig genannte Klassifizierungen aufgeführt.

Eine Einteilung der Fahreraufgaben nach ihrer Bedeutung für die Erfüllung des Fahrtzwecks wird von [15] vorgeschlagen. Primäre Tätigkeiten umfassen für die Durchführung der Fahrt unbedingt notwendige Tätigkeiten wie z.B. Lenken und Gas geben und wird maßgeblich durch den Straßenverlauf, andere Verkehrsteilnehmer und die Umgebungsbedingungen bestimmt. Sekundäre Tätigkeiten sind durch die Informationsabgabe an die Umgebung, hierzu gehören beispielsweise Blinken oder Hupen, sowie durch eine Reaktion auf die aktuelle Situation, wie z.B. Einschalten des Scheibenwischers oder Einschalten des Fernlichts, charakterisiert. Tertiäre Handlungen stehen nicht in direktem Zusammenhang mit der eigentlichen Fahrzeugführung, sie dienen eher dem Fahrkomfort und umfassen z.B. die Regelung der Lüftung sowie der Klimaanlage oder die Bedienung des Radios.

Das 3-Ebenen-Modell von [16] beschreibt eine Hierarchie der primären Fahraufgaben auf oberster Ebene mit den Tätigkeiten

- Navigieren (Auswahl der Fahrtroute),
- Bahnführen (Festlegung von Sollspur und Sollgeschwindigkeit) und
- Stabilisieren (Anpassung der Fahrzeugbewegung an die festgelegten Führungsgrößen).

Diese Hierarchie spiegelt auch den zeitlichen Spielraum, der zur Erledigung der jeweiligen Aufgaben zur Verfügung steht, sowie die Fehlertoleranz wider. Während eine verspätete Entscheidung oder ein Fehler auf der Navigationsebene in der Regel zu keiner kritischen Situation führt, können auf der Stabilisierungsebene durchaus kritische Fahrsituationen oder sogar Unfälle entstehen.

Anforderungen aus der Fahrzeugführungsaufgabe

Generell ergeben sich für den Menschen die Anforderungen einer Tätigkeit aus den Arbeitsaufgaben. Unter Berücksichtigung der aufgabenunspezifischen, situativen Arbeitsbedingungen entstehen objektiv beschreibbare Belastungen. Zu diesen situativen Faktoren zählen einerseits Dauer und zeitliche Zusammensetzung der Anforderungen sowie andererseits Einflüsse aus der Arbeitsumgebung.

Um Anforderungen aus der Arbeitsaufgabe zu ermitteln, wurden verschiedene Tätigkeitsanalyseverfahren entwickelt. Zur Analyse der Anforderungen aus der Fahrzeugführungsaufgabe wurde von [17] für den Straßenverkehr eine modifizierte Version des Fragebogens zur Arbeitsanalyse (FAA, [18]) erstellt. Diese modifizierte Version berücksichtigt die Bereiche Informationsverarbeitung und Fahrzeugbedienung, ersterer wird weiter unterteilt in Quellen der Information, Sinnes- und Wahrnehmungsprozesse, Beurteilungsleistungen sowie Denk- und Entscheidungsprozesse. Insgesamt werden 32 Arbeitselemente für den Bereich Informationsverarbeitung und 7 Arbeitselemente für den Bereich der Fahrzeugbedienung angegeben.

Auf Grundlage des von [17] modifizierten FAA sowie anhand des Teils erforderliche kognitive Leistungen des Tätigkeitsbewertungssystem (TBS, [19]) werden die sich aus der Fahrzeugführungsaufgabe ergebenden Anforderungen abgeleitet.

Bei der im Folgenden aufgeführten Liste von Anforderungen umfasst der Bereich Informationsquellen, Sinnes- und Wahrnehmungsprozesse die Orientierungsleistungen im Umgebungsbereich. Dazu werden wahrgenommene Sachverhalte als Signale erfasst und aufbereitet sowie Hypothesen gebildet und geprüft. Signale sind Reize, die unterschieden und identifiziert werden, bei einer bestimmten Ausprägung eine bestimmte Bedeutung für die Arbeitstätigkeit haben und ein spezifisches Handeln als notwendig anzeigen. Die Beurteilungsleistungen werden durch das Ableiten von Diagnosen über Zustände erbracht, um geeignete Maßnahmen zu finden. Dazu werden Reize ausgesondert, verglichen und Signalausprägungen kombiniert. Die

Entscheidungs- und Denkanforderungen können einerseits aus diagnostischen Leistungen, die die Ermittlung möglicher Varianten umfassen, und andererseits aus prognostischen Leistungen, die zur Auswahl zweckmäßiger Varianten dienen, bestehen. Die Fahrzeugbedienung geschieht im Rahmen von Verarbeitungsleistungen.

I Informationsquellen, Sinnes- und Wahrnehmungsprozesse

- Optische Anzeigen im Fahrzeug
z.B. Instrumente (z.B. Geschwindigkeitsanzeige), Stellung von Bedienelementen (z.B. heizbare Heckscheibe), Informationen des Bordcomputers (z.B. Außentemperatur)
- Akustische Informationen
z.B. Sprachausgabe des Navigationssystem, Martinshorn von Einsatz- und Rettungsfahrzeugen
- Akustische Nebeninformationen
z.B. Radio, Gespräche mit Beifahrer oder über Telefon
- Andere Verkehrsteilnehmer
z.B. Fahrzeuge, Fußgänger
- Charakteristik der Fahrstrecke (Streckensituation)
z.B. Quer- und Längsverlauf der Strecke, Knotenpunkte, Fahrbahnbreite, Anzahl der Fahrstreifen
- Verkehrsschilder
z.B. Geschwindigkeitsbeschränkungen, Vorfahrtsregelungen, Wegweiser
- Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche, Wetter und Sichtbedingungen
z.B. Nässe, Verschmutzung, Schnee, Glatteis; Gegenlicht, Regen- bzw. Schneefall, Nebel

B Beurteilungsleistungen

- Längsabstände zu oder zwischen anderen Verkehrsteilnehmern bzw. Objekten
z.B. zum vorausfahrenden Fahrzeug, zwischen zwei auf der benachbarten Spur fahrenden Fahrzeugen, zu Fußgängern, Radfahrern und Hindernissen auf der Fahrspur
- Querabstände zu oder zwischen anderen Verkehrsteilnehmern bzw. Objekten
z.B. zu Fahrzeugen auf „gleicher Höhe“, zu Fahrzeugen am Fahrbahnrand
- Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeuges und anderer Fahrzeuge bzw. Verkehrsteilnehmer
- Antizipation kritischer Verkehrssituationen
Knappes Einscheren eines Fahrzeuges, Missachtung der Vorfahrtsregelungen durch andere, Kind läuft auf die Straße

E Entscheidungs- und Denkprozesse

- Auswahl geeigneter Handlungen zur Navigation des Fahrzeuges
z.B. Entscheidung, welche Fahrtroute gewählt wird, Richtungs-Entscheidung an Knotenpunkten
- Auswahl geeigneter Handlungen zur Bahnführung des Fahrzeuges
z.B. Entscheidung über zu fahrende Geschwindigkeit und einzuhaltenen Längsabstand, Überholmanöver, Wahl des Fahrstreifens und der Querposition auf diesem

F Fahrzeugbedienung

- Regelung der Fahrzeug-Längsbewegung zur Stabilisierung des Fahrzeuges
z.B. Gas geben, Bremsen, Schalten

- Regelung der Fahrzeug-Querbewegung zur Stabilisierung des Fahrzeuges
z.B. Lenken
- Bedienelemente für weitere Funktionen
z.B. für Licht, Scheibenwischer, Radio

2.1.4 Bewertung der Anforderungen aus der Fahrzeugführungsaufgabe im Hinblick auf die menschliche Leistungsfähigkeit

Abschließend werden die oben aufgeführten Anforderungsbereiche im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit des Menschen mit dem Ziel bewertet, sinnvolle Bereiche für eine technische Unterstützung des Fahrers aufzuzeigen.

Informationsquellen, Sinnes- und Wahrnehmungsprozesse

Die Wahrnehmung der für die Erfüllung der Fahrzeugführungsaufgabe relevanten Informationsquellen ist für den Fahrer von überaus großer Wichtigkeit, da er aufgrund dieser Informationen ein internes Bild des aktuellen Zustandes der Umgebung sowie seines Fahrzeuges erstellt, das Grundlage für seine Entscheidungen und Handlungen ist.

Daraus ergibt sich die Anforderung, dass die situationsabhängig relevanten Informationen im Fahrzeug sowie in der Umgebung auch vom Fahrer wahrnehmbar sein müssen. Dies betrifft zum einen die durch den Einsatz von Fahrerunterstützungssystemen neu hinzukommenden Informationen für den Fahrer und zum anderen den Bedarf für Systeme, die Informationsdefizite des Fahrers aus der Umgebung versuchen zu kompensieren.

Menschliche Wahrnehmungsprozesse werden durch Wahrnehmungsschwellen sowie die notwendige Zuwendung von Aufmerksamkeit begrenzt. Wahrnehmungsschwellen sind zum einen individuell unterschiedlich, so ist z.B. das Alter auch ein maßgeblicher Einflussfaktor auf diese, zum anderen sind sie von der Umgebung abhängig. Da Autofahren in sehr unterschiedlichen Umgebungen geschieht, ist darauf zu achten, dass im Fahrzeug dargebotene Informationen oberhalb der Wahrnehmungsschwellen liegen bzw. relevante Informationen aus der Umgebung, falls diese unter bestimmten Umständen nicht wahrgenommen werden können, technisch unterstützt werden (z.B. Night Vision mit Markierung relevanter Informationen wie Fußgänger). Insbesondere die visuellen, akustischen und haptischen Informationen spielen bei der Fahrzeugführung eine große Rolle und sind ihrer Umgebung entsprechend zu gestalten. Die Lichtverhältnisse am Tag und in der Nacht können von großer Helligkeit, starker Blendung bis hin zu starker Dunkelheit variieren, ebenso groß können die Unterschiede in der akustischen Umgebung sein, so gibt es Situationen im Fahrzeug ohne Nebengeräusche, über Außengeräusche die in das Fahrzeug dringen bis hin zu Unterhaltungen oder lauter Musik im Fahrzeug. Auch haptische Informationen im Fahrzeug sind an mögliche Vibrationen die vom Fahrzeug oder der Fahrbahn übertragen werden können, anzupassen. Insbesondere bei der Gestaltung von visuellen Informationen im Fahrzeug ist zu beachten, dass der Mensch Objekte nur bei Abbildung in der Netzhautgrube (Fovea) bis zu einem Öffnungswinkel von 2° scharf sehen kann und somit für die Aufnahme komplexer Informationen im Fahrzeug, die über sehr einfach kodierte Signale hinausgehen, den Blick von der äußeren Fahrzeugumgebung weg bewegen muss, was mit einer visuellen Ablenkung des Fahrers von der eigentlichen Fahrzeugführungsaufgabe einher geht.

Ob relevante Informationen vom Fahrer wahrgenommen werden oder nicht hängt auch maßgeblich davon ab, ob er diesen Informationen Aufmerksamkeit zuteilt. Diese Zuwendung von Aufmerksamkeit wird stark von der Gesamtsituation Fahrer-Fahrzeug-Umgebung geprägt. Hier spielen z.B. die Anzahl und Art der miteinander konkurrierenden Informationen im Fahrzeug und in der Umgebung, die mentale und/oder emotionale Beschäftigung des Fahrers mit nicht fahrtrelevanten Belangen sowie persönliche Erfahrungen des Fahrers eine Rolle. Generell hat sich gezeigt, dass Fahrer eine bessere Aufmerksamkeitsleistung in Bezug auf nähere Objekte zeigen und dass Wechsel in der Aufmerksamkeitszuwendung sich rascher und effizienter in von fern nach nah als umgekehrt von nah nach fern vollziehen.

Beurteilungsleistungen

Beurteilungsleistungen werden vom Fahrer zur Einschätzung von Abständen, Geschwindigkeiten sowie potenziell kritischer Situationen gefordert.

Da die Beurteilung absoluter Abstände für den Menschen schwierig ist, nutzt der Fahrer unterschiedliche Informationen als Beurteilungsgröße für Längsabstände. Die Blickwinkelgeschwindigkeit, die sich aus der Größe des vorausfahrenden Fahrzeugs, der Geschwindigkeitsdifferenz zu diesem Fahrzeug sowie dem absoluten Abstand zu diesem berechnet, liefert dem Fahrer eine Aussage darüber, wie sich der Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug verändert. In den letzten Jahren wird die Zeit bis zum Auftreten einer Kollision, Time to Collision (TTC), in die der absolute Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug sowie die Geschwindigkeitsdifferenz eingeht, häufig als für den Fahrer relevante Beurteilungsgröße genannt. Es wird davon ausgegangen, dass die TTC die Aktionen des Fahrers bestimmt [20].

Für die Blickwinkelgeschwindigkeit wird die menschliche Wahrnehmungsschwelle für Bewegungen beim Fahren unter idealen Sichtbedingungen zwischen 3 und $10 \cdot 10^{-4}$ rad/s angegeben. Aber auch die Beobachtungsdauer hat einen Einfluss auf die Wahrnehmungsschwelle von Abständen sowie Geschwindigkeitsdifferenzen bei Folgefahrten. Mit abnehmender Geschwindigkeitsdifferenz und abnehmender Beobachtungsdauer sinkt die Distanz, ab der eine Geschwindigkeitsdifferenz erkannt wird. Generell zeigt sich, dass Fahrer bei geringeren Geschwindigkeiten tendenziell einen größeren als den notwendigen Sicherheitsabstand lassen, bei höheren Geschwindigkeiten diesen allerdings unterschreiten.

Auch akustische Informationen können zur Beurteilung der Entfernung anderer Fahrzeuge beitragen, allerdings kann es hier zu subjektiven Fehleinschätzungen kommen, wenn beispielsweise die Entfernung eines sehr leisen LKW überschätzt, oder die eines sehr lauten Pkw unterschätzt wird.

Die Antizipation kritischer Situationen wird durch die Erfahrungen des Fahrers mit den jeweiligen potenziell kritischen Situationen geprägt. Je nachdem welche Situationen der Fahrer bereits erlebt und zum Inhalt seines Langzeitgedächtnisses hinzugefügt hat, wird er eine kritische Situation auch anhand für diese Situation relevanter Merkmale als kritisch einstufen und entsprechend reagieren.

Entscheidungs- und Denkprozesse

Bei der Erfüllung der Navigations- sowie der Bahnführungsaufgabe muss der Fahrer auf Basis von Entscheidungs- und Denkprozessen die für die jeweilige Situation geeignete Handlung auswählen. Unter der Voraussetzung, dass dem Menschen ausreichend Zeit für eine aufgrund

der äußeren Verkehrssituation notwendigen Entscheidung gegeben ist, gelingt ihm diese besser als einem technischen System. Dies liegt daran, dass dem Fahrer eine vollständigere, wenn auch in einzelnen Aspekten unpräzisere, Repräsentation der Fahrumgebung zugänglich ist und er mit zunehmender Fahrleistung auf immer mehr Erfahrungen mit solchen und ähnlichen Situationen zurückgreifen kann.

Fahrer-Reaktionszeiten liegen zwischen 0,7s bei erwarteten Situationen wie z.B. einer Annäherungsfahrt, 1,25s bei unerwarteten aber gewöhnlichen Situationen (z.B. Bremsen des Vorfahrenden) und bis zu 1,5s bei überraschenden Situationen. Je kritischer die Situation, desto schneller erfolgt die Fahrerreaktion. Trägheit und Reaktionsdauer des Menschen variieren in Abhängigkeit von Fahrsituation und Aufmerksamkeit. Der Fahrer reagiert bei Kolonnenfahrt schneller und wählt kleinerer Abstände.

Fahrzeugbedienung

Die Bedienung des Fahrzeuges zur Erfüllung der primären und sekundären Fahraufgaben stellt für den Fahrer gewöhnlich kein Problem dar. Die Regelung der Längs- und Querbewegung läuft für den Fahrer auf der fertigkeitbasierten Ebene ab, d.h. es handelt sich um automatische Prozesse, die kaum Aufmerksamkeit beanspruchen. Somit kann der Fahrer rasch und flexibel auf situative Veränderungen reagieren. Ebenso verhält es sich mit den sekundären Tätigkeiten, soweit diese häufig vorkommen und vom Fahrer entsprechend gut geübt sind.

Allerdings kann möglicherweise eine Überforderung des Fahrers im Bereich der tertiären Fahraufgaben auftreten, insbesondere dann, wenn Funktionen nur selten genutzt werden, komplexe Menüstrukturen für die Bedienung durchlaufen werden müssen oder der Fahrer mit selten auftretenden Warnhinweisen konfrontiert wird.

Literatur

- [1] Abendroth, B.: Gestaltungspotentiale für ein PKW-Abstandsregelsystem unter Berücksichtigung verschiedener Fahrertypen. Ergonomia, Stuttgart, 2001.
- [2] Wickens, C.D.: Engineering Psychology and Human Performance. HarperCollins Publishers Inc., New York, 1992.
- [3] Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. Springer, Berlin usw., 1998.
- [4] Cohen, A.S.; Hirsig, R.: The Role of Foveal Vision in the Process of Information Input. In: Gale, A.G. et al. (Hrsg.): Vision in Vehicles - III. Elsevier, Amsterdam usw., 1991.
- [5] Färber, Be.: Geteilte Aufmerksamkeit: Grundlagen und Anwendung im motorisierten Straßenverkehr. TÜV Rheinland, Köln, 1987.
- [6] Schmidtke, H.: Wachsamkeitsprobleme. In: Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie. Hanser, München, Wien, 1993.
- [7] Galinsky, T.; Warm, J.; Dember, W.; Weiler, E.; Scerbo, M.: Sensory Alternation and Vigilance Performance: The Role of Pathway Inhibition. Human Factors 32 (1990) 6, 717-728.

- [8] Rasmussen, J.: Skills, Rules, and Knowledge: Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. *IEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13 (1983) 3, 257-266.
- [9] Brown, I.D.; Groeger, J.A.: Risk Perception and Decision Taking during the Transition between Novice and Experienced Driver Status. *Ergonomics* 31 (1988) 4, 585-597.
- [10] Wagenaar, W.A.: Risk Taking and Accident Causation. In: Yates, J.F. (Hrsg.): *Risk-Taking Behaviour*. John Wiley & Sons, Chichester, 1992.
- [11] Näätänen, R.; Summala, H.: *Road-user behaviour and traffic accidents*. North-Holland Publishing, Amsterdam, Oxford, 1976.
- [12] Wilde, G.J.S.: The Theorie of Risk Homeostasis: Implications for Safety and Health. *Risk Analysis* 2 (1982), 209-225.
- [13] Klebelsberg von, D.: *Verkehrspsychologie*. Springer, Berlin usw., 1982.
- [14] Fuller, R.: A Conceptualization of Driving Behaviour as Threat Avoidance. *Ergonomics* 27 (1984) 11, 1139-1155.
- [15] Bubb, H.: Fahrerassistenz primär ein Beitrag zum Komfort oder für die Sicherheit?. VDI-Bericht Nr. 1768. VDI, Düsseldorf, 2003, 257-268
- [16] Donges, E.: Aspekte der Aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen. *Automobil-Industrie*, 1982, 183-190
- [17] Fastenmeier, W.: Die Verkehrssituation als Analyseeinheit im Verkehrssystem. In: Fastenmeier (Hrsg.): *Autofahrer und Verkehrssituation. Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme*. TÜV Rheinland, Köln, 1995
- [18] Frieling, E.; Graf Hoyos, C.: Fragebogen zur Arbeitsanalyse – FAA. Huber, Bern usw., 1978
- [19] Hacker, W.; Iwanowa, A.; Richter, P.: *Tätigkeitsbewertungssystem – TBS*. Handanweisung. Psychodiagnostisches Zentrum, Berlin, 1983
- [20] Färber, Be.: Abstandswahrnehmung und Bremsverhalten von Kraftfahrern im fließenden Verkehr. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 32 (1986) 1, 9-13