

Situation Awareness beim Autofahren als Verstehensprozess

MARTIN R.K. BAUMANN¹, TIBOR PETZOLDT² & JOSEF KREMS²

¹ Bundesanstalt für Straßenwesen

² Institut für Psychologie, TU Chemnitz

Schlüsselwörter: Situation Awareness, Ablenkung, Fahrerinformationssysteme

1. Einführung

Eine wesentliche Voraussetzung für sicheres Fahren besteht darin, dass der Fahrer die verschiedenen Elemente einer Verkehrssituation wahrnimmt und korrekt interpretiert. Bei diesen Elementen handelt es sich zum Beispiel um andere Verkehrsteilnehmer, die Oberfläche der Straße oder Verkehrsschilder. Bei all diesen Elementen ist es nicht nur entscheidend, dass der Fahrer diese Elemente wahrnimmt. Sie/Er muss sie auch in ihrer Bedeutung für das eigene Verhalten und die eigene Sicherheit verstehen. Zusätzlich müssen Annahmen über das zukünftige Verhalten und die zukünftigen Zustände dieser Elemente generiert werden. So reicht es zum Beispiel nicht aus, dass ein von rechts kommendes Fahrzeug bei der Annäherung an eine Kreuzung wahrgenommen wird. Der Fahrer muss die Bedeutung dieses Fahrzeugs in Bezug auf die eigenen Ziele, nämlich die Kreuzung sicher zu überqueren, einschätzen. Er muss berücksichtigen, ob er oder das Fahrzeug von rechts Vorfahrt hat. Aber selbst wenn der Fahrer erkannt hat, dass das Fahrzeug von rechts Vorfahrt gewähren muss, reicht das noch nicht, um eine angemessene Reaktion auszuwählen. Der Fahrer muss darüber hinaus aus dem Geschwindigkeitsverhalten des Fahrzeugs und eventuell aus dem Blickverhalten des Fahrers einschätzen, ob dieser auch tatsächlich an der Kreuzung halten wird, um Vorfahrt zu gewähren.

Ein Konzept, das seit einiger Zeit im Bereich der Flugpsychologie diskutiert wird und das zum Ziel hat, diese verschiedenen Prozesse der Wahrnehmung, der Interpretation und Vorhersage des zukünftigen Verhaltens von Elementen in komplexen dynamischen Situationen zu beschreiben, ist *Situation Awareness*.

2. Situation Awareness

Endsley (1995b) beschreibt *Situation Awareness* als einen Wissenszustand. Sie verwendet diesen Begriff synonym zu „Situationsmodell“. Entsprechend ihrer Definition von *Situation Awareness* als „the perception of the elements in the environment within a span of time and space, the comprehension of their meaning and the projection of their status in the near future“ (Endsley 1995b, S. 36) werden drei Ebenen von *Situation Awareness* unterschieden. Die erste Ebene beinhaltet die Wahrnehmung des Zustands, der Merkmale und der Dynamik der relevanten Situationselemente. Die zweite Ebene, die Verstehensebene, beschreibt die Integration der verschiedenen Situationselemente zu einem ganzheitlichen Bild der augenblicklichen Situation. Diese Integration führt zu einem Verstehen der Bedeutung der einzelnen Situationselemente. Die dritte Ebene beinhaltet die Generierung von Annahmen über das zukünftige Verhalten der Situationselemente, das auf der Basis des in der zweiten Ebene erreichten Verstehens der Situation geschieht.

2.1 Generierung und Aktualisierung des Situationsmodells: Ein verstehensbasiertes Modell von Situation Awareness

Endsleys (1995b) Modell ist sicherlich eines der einflussreichsten Modelle von *Situation Awareness*. Eine ganze Reihe von Studien zu diesem Thema sowie verschiedene Bemühungen der Modellierung beschäftigen sich mit verschiedenen Aspekten von *Situation Awareness*. Die meisten dieser Modelle bewegen sich innerhalb der Grenzen von Endsleys Modell (Rousseau, Tremblay & Breton 2005). Doch trotz der bemerkenswerten Erfolge dieses Modells weist es auch einige Schwächen auf. Das Modell hat zum Ziel, die Prozesse zu beschreiben, die zum Aufbau und zur Aufrechterhaltung von *Situation Awareness* führen. Doch die Beschreibung dieser Prozesse bleibt zu abstrakt und spezifiziert nicht, mit Hilfe welcher Prozesse und Mechanismen eine augenblickliche Situation verstanden wird oder wie Annahmen über das zukünftige Verhalten von Situationselementen generiert werden. Das Ziel dieses Beitrags ist es, darzustellen, wie Endsleys Modell durch kognitionspsychologische Theorien des Aufbaus einer Situationsrepräsentation und der Handlungsauswahl ergänzt werden kann, um diese Lücke zu füllen. Dabei wird auf Modelle zurückgegriffen, die im Rahmen kognitionspsychologischer Forschung eine breite empirische Basis aufweisen.

Die Grundlage für unsere Annahmen über die Prozesse, die am Aufbau einer mentalen Repräsentation der Fahrsituation beteiligt sind, bildet die *Construction-Integration Theory* des Verstehens von Kintsch (1998). Kintschs Theorie nimmt an, dass während des Verstehensprozesses ein Wissensnetz aus einfachen Assoziationen zwischen wahrgenommener Information und dem Hintergrundwissen aufgebaut wird. Diese Assoziationen werden dann benutzt, um die Aktivierungsausbreitung in diesem Wissensnetz in einem „constraint-based integration process“ (Doane & Sohn 2000, S. 2) zu steuern. Dadurch entsteht eine kontextsensitive Wissensaktivierung, die als Situationsmodell bezeichnet wird und den augenblicklichen Zustand des Verstehensprozesses beschreibt. Kintschs Theorie wurde bereits zur Erklärung einer Reihe von Phänomenen in verschiedenen Bereichen verwendet, so zum Beispiel für das Verstehen von Texten (Kintsch 1998), für die Bearbeitung einfacher Rechenaufgaben (Mannes & Kintsch 1991), für das Lösen des Turm-von-Hanoi-Problems (Schmalhofer & Tschaitchian 1993), für die Zuwendung visueller Aufmerksamkeit

und die Handlungsplanung beim Steuern eines Flugzeugs (Doane & Sohn 2000). Gerade die Anwendung von Doane & Sohn zeigt, dass Kintschs Theorie geeignet erscheint, den Aufbau der mentalen Repräsentation einer Situation in einer komplexen und dynamischen Aufgabenumgebung, wie sie das Führen eines Kraftfahrzeugs darstellt, zu beschreiben und damit zu erklären, wie *Situation Awareness* aufgebaut wird.

Situation Awareness als mentales Modell der augenblicklichen Situation bildet die Grundlage für die Auswahl von Handlungen. Gerade Annahmen über die zukünftige Entwicklung einer Verkehrssituation stellen einen wesentlichen Faktor für die Auswahl von Handlungen dar. Wird der andere Fahrer an der Kreuzung anhalten und mir Vorfahrt gewähren oder hat er das Verkehrsschild übersehen und wird nicht anhalten? Ein Modell von *Situation Awareness* bedarf damit auch der Spezifikation eines Mechanismus, der die mentale Repräsentation der Situation mit der Auswahl der für die so verstandene Situation am besten passenden Handlung verbindet. Die Ausführung dieser Handlung wiederum beeinflusst die Situation, so dass eine Aktualisierung des Situationsmodells erforderlich ist.

Um diesen wechselseitigen Einfluss von *Situation Awareness* als Wissenszustand und *Situation Awareness* als Prozess, der zu diesem Wissenszustand führt, zu beschreiben, verwenden Adams, Tenney und Pew (1995) Neissers (1976) Wahrnehmungs-Handlungszyklus. Ihnen zufolge beeinflusst das aktuelle Situationsmodell, welchen Elementen einer Situation Aufmerksamkeit geschenkt wird und welche Elemente nicht beachtet werden. Die beachteten Elemente werden dann im Detail verarbeitet und die entsprechende neue Information in das Situationsmodell integriert. Das aktualisierte Situationsmodell beeinflusst dann wiederum, welche Handlungen als situationsangemessen beurteilt und ausgeführt werden und welche Situationselemente beachtet werden. Shinoda, Hayhoe und Shrivastava (2001) konnten die Bedeutung derartiger *top-down* Prozesse für die Steuerung visueller Aufmerksamkeit während des Fahrens und der Interpretation von Verkehrssituationen belegen.

Als Modell für einen Mechanismus, der beschreibt, wie im Rahmen des Aufbaus einer mentalen Repräsentation der aktuellen Situation jene Handlungen ausgewählt werden, die für diese Situation am besten geeignet sind, schlagen wir die Theorie der Handlungsauswahl und -steuerung von Norman und Shallice (1986) vor, die im folgenden nur kurz skizziert wird, da der Schwerpunkt dieses Beitrags auf der Konstruktion und Aufrechterhaltung des Situationsmodells liegt. Groeger (2000) hat bereits beschrieben, wie diese Theorie eingesetzt werden kann, um die Auswahl von Handlungen im Verkehrskontext zu beschreiben. Diese Theorie geht davon aus, dass Handlungen über Schemata gesteuert werden, die miteinander um Aktivierung konkurrieren. Es übernimmt dasjenige Schema die Handlungskontrolle und wird somit ausgeführt, welches die höchste Aktivierung besitzt. Die Aktivierung eines Schemas erfolgt zum einen über *bottom-up* Prozesse, wenn die Ausführungsbedingungen eines Schemas in der aktuellen Situation vorliegen, zum anderen über *top-down* Prozesse, so dass diejenigen Schemata, die mit den aktuellen Handlungszielen übereinstimmen, stärker aktiviert sind als andere. Gleichzeitig beeinflussen sich die Schemata untereinander über aktivierende und hemmende Verknüpfungen.

Das Situationsmodell beeinflusst die Aktivierung von Handlungsschemata über diese zwei Wege. Zum einen beinhaltet das Situationsmodell die Repräsentation der aktuellen Situation. Diese Repräsentation enthält Informationen, die mit den Ausführungsbedingungen der verschiedenen Handlungsschemata verglichen werden. Die

Aktivierung von Schemata, deren Ausführungsbedingungen im augenblicklichen Situationsmodell erfüllt sind, wird erhöht. Zum anderen enthält das Situationsmodell auch langfristige Handlungsziele, wie zum Beispiel das Fahrziel. Diese Informationen stellen den Ausgangspunkt für *top-down* Prozesse dar, die die Aktivierung von dazu passenden Schemata erhöhen. Auf der Grundlage der im Situationsmodell repräsentierten Informationen findet somit die Aktivierung situationsadäquater und die Hemmung situationsinkompatibler Schemata und der entsprechenden Handlungen statt. Die ausgeführten Handlungen wiederum beeinflussen, welche Informationen beachtet und verarbeitet werden und führen zu einer entsprechenden Anpassung des Situationsmodells.

2.2 Die Konstruktion des Situationsmodell: Das Verstehen der Situation

Wie wird das Situationsmodell Kintschs (1998) *Construction-Integration Theory* zufolge aufgebaut? Kintsch nimmt an, dass das Verstehen von Information in zwei Phasen erfolgt. In der Konstruktionsphase führt die Wahrnehmung von Informationen aus der Umwelt zu einer Aktivierung von Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis, die mit diesen Informationen assoziiert sind. Dieser Aktivierungsprozess ist parallel, ungerichtet und folgt gelernten Assoziationen zwischen diesen Wissensstrukturen. In der Integrationsphase wird das aktivierte Wissen integriert, so dass eine kohärente mentale Repräsentation der aktuellen Situation entsteht. Dies geschieht mit Hilfe von wechselseitigen Erregungs- und Hemmungsprozessen zwischen den Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis, die über die jeweiligen Verknüpfungen der Wissensstrukturen untereinander gesteuert werden. Kompatible Strukturen sind exzitatorisch, inkompatible Strukturen inhibitorisch miteinander assoziiert, so dass sich kompatible Wissensstrukturen wechselseitig aktivieren, während sich inkompatible Strukturen hemmen. Führt also die Wahrnehmung von neuer Information in der Konstruktionsphase zur Aktivierung von unterschiedlichen, inkompatiblen Wissensstrukturen, werden sich am Ende diejenigen durchsetzen, welche mit der aktuellen mentalen Repräsentation am ehesten kompatibel sind, da diese Strukturen über die bereits aktivierten Elemente des aktuellen Situationsmodells weitere Aktivierung erfahren, während damit inkompatible Elemente gehemmt werden. Wenn der Fahrer aus obigem Beispiel sich also der Kreuzung nähert und erkannt hat, dass er Vorfahrt hat, ist die Wahrnehmung eines Fahrzeugs auf der nachrangigen Straße, das die Geschwindigkeit nicht reduziert, inkompatibel mit dem augenblicklichen Situationsmodell. Es kommt zu wechselseitigen Hemmungsprozessen, die im günstigsten Fall dazu führen, dass die normalerweise mit dieser Situation verbundenen Handlungsschemata, nämlich Überqueren der Kreuzung, gehemmt werden, und sich statt dessen Schemata durchsetzen, die zum Anhalten vor der Kreuzung und damit zum Vermeiden eines Zusammenstoßes führen.

Dieses Modell der Konstruktion eines Situationsmodells beschreibt somit auch einen Mechanismus, wie zumindest in Routinesituationen Annahmen über das zukünftige Verhalten von Situationselementen generiert werden können. In derartigen Routinesituationen ist anzunehmen, dass Erwartungen über das zukünftige Verhalten relevanter Situationselemente über die Wahrnehmung der entsprechenden Elemente mit aktiviert werden und so für den Fahrer verfügbar sind. Wenn ein erfahrener Fahrer sich einer Kreuzung nähert und das Vorfahrtsschild wahrnimmt, wird dies vermutlich

automatisch zur Generierung der Erwartung führen, dass Fahrzeuge auf nachgeordneten Straßen vor der Kreuzung anhalten werden, um ihm Vorfahrt zu gewähren.

2.3 Situation Awareness und Ablenkung

Die Ablenkung des Fahrers ist eine wesentliche Ursache für Fahrfehler. Sie kann eine Reihe von Ursachen haben, wie Mitfahrer im Fahrzeug, Objekte außerhalb des Fahrzeugs oder Aufgaben, die während der Fahrt im Fahrzeug bearbeitet werden. Diese Ablenkung kann visuell sein, wenn der Fahrer von der Straße weg auf das Display eines Fahrerinformationssystems (FIS) blickt. Sie kann biomechanisch sein, wenn der Fahrer zum Beispiel seine Hand vom Lenkrad nimmt, um das Radio zu bedienen. Sie kann auditiv sein, wenn das Radio im Fahrzeug Signale anderer Fahrzeuge übertönt. Und sie kann kognitiv sein, wenn sich zum Beispiel der Fahrer intensiv mit dem Beifahrer unterhält. Das verstehensbasierte Modell von *Situation Awareness* kann vor allem Hinweise geben, wie kognitive Ablenkung zu Fahrfehlern führen kann.

Eine bestimmte Form von Fehler, der häufig als *looked-but-did-not-see* bezeichnet wird, besteht darin, dass der Fahrer zwar zum relevanten Objekt geblickt hat, aber offenbar die Bedeutung des Objekts nicht erkannt hat (z.B. zur roten Ampel blicken, aber nicht anhalten). Dies tritt besonders häufig in Situationen auf, in denen der Fahrer kognitiv abgelenkt ist. Das verstehensbasierte Modell von *Situation Awareness* macht deutlich, dass das Verstehen von Elementen einer Situation Ressourcen beansprucht. Vor allem das Arbeitsgedächtnis spielt eine wesentliche Rolle. Die Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses sind notwendig, um wahrgenommene Elemente mit den entsprechenden Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis zu verknüpfen, um diese Strukturen in das vorhandene Situationsmodell zu integrieren, um irrelevante Elemente aus dem Situationsmodell zu entfernen, um relevante Elemente für die weitere Verarbeitung verfügbar zu halten und um die Auswahl und die Ausführung der ausgewählten Handlungen zu überwachen. Im Falle kognitiver Ablenkung sind diese Ressourcen zum Teil durch andere, fahrtirrelevante Aufgaben gebunden. Dies kann dazu führen, dass wahrgenommene Elemente zu oberflächlich verarbeitet werden und nicht ausreichend mit Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis verknüpft werden. Der Verstehensprozess wird vorzeitig beendet und nicht alle relevanten Implikationen des wahrgenommenen Elements werden in das Situationsmodell integriert. Darüber hinaus kann die unzureichende Verarbeitung des Situationselements zu einer schwachen Gedächtnisspur führen, die schnell zerfällt und damit im Situationsmodell nicht mehr enthalten ist. In beiden Fällen wird das entsprechende Element bei der Auswahl der folgenden Handlungen nicht ausreichend berücksichtigt.

2.4 Situation Awareness und Fahrerinformationssysteme

Dieses verstehensbasierte Modell der Konstruktion und Aufrechterhaltung eines Situationsmodells beim Autofahren betont damit die Rolle des Arbeitsgedächtnisses für *Situation Awareness*. Ausgehend von der Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses für die Aufrechterhaltung eines korrekten Situationsmodells einerseits und der Bedeutung eines korrekten Situationsmodells für die Güte der Fahrperformanz andererseits erscheint die Untersuchung der Belastung von Arbeitsgedächtnisressourcen durch zusätzliche Aufgaben, die während des Fahrens bearbeitet werden, in höchstem Maße relevant.

Durch die Belastung des Arbeitsgedächtnisses durch Zusatzaufgaben besteht wie oben dargestellt die Gefahr, dass der Fahrer zu sehr kognitiv abgelenkt ist und somit nicht mehr ausreichend Ressourcen vorhanden sind, um das Situationsmodell aktuell und alle relevanten Informationen im Situationsmodell verfügbar zu halten. Das kann dazu führen, dass bestimmte Elemente der tatsächlichen Situation nicht im Situationsmodell des Fahrers repräsentiert sind, zum Beispiel wenn vergessen wurde, welche Geschwindigkeitsbeschränkung im Augenblick gilt, oder dass das Situationsmodell falsche Interpretationen von Situationselementen enthält, wenn zum Beispiel nicht erkannt wurde, dass eine Geschwindigkeitsbegrenzung nur bei Nässe gilt. Eine Möglichkeit, um die Gefahr kognitiver Ablenkung zu reduzieren, besteht darin, den Fahrer bei der Aufrechterhaltung und Konstruktion des Situationsmodells zu unterstützen. Dies kann zum Beispiel dadurch geschehen, dass Informationen extern verfügbar gemacht werden, die der Fahrer dann nicht mehr intern zu repräsentieren braucht. In diesem Sinne könnte die augenblicklich geltende zulässige Höchstgeschwindigkeit im Cockpit des Fahrers angezeigt werden.

Andererseits muss bei der Entwicklung von Fahrerinformationssystemen (FIS) darauf geachtet werden, dass die Bedienung dieser Systeme nicht zu einer zu starken kognitiven Ablenkung des Fahrers führt, so dass die für den Aufbau und die Aufrechterhaltung eines kohärenten und konsistenten Situationsmodells notwendigen Ressourcen nicht mehr zur Verfügung stehen. Es ist also notwendig, bei der Gestaltung von FIS die Auswirkungen der Bedienung dieser Systeme auf *Situation Awareness* des Fahrers zu berücksichtigen. Wie kann dies erreicht werden?

Eine Möglichkeit besteht darin, Fahrer die entsprechenden Aufgaben während der Fahrt bearbeiten zu lassen und dann die Auswirkungen der Bearbeitung auf *Situation Awareness* direkt zu erfassen. Das wohl bekannteste Verfahren, das diesem Ansatz folgt, dürfte das von Endsley (1995a) entwickelte SAGAT-Verfahren (*Situation Awareness Global Assessment Technique*) sein. In seiner Konzeption grundsätzlich domänenunabhängig, findet es hauptsächlich Anwendung im Flugwesen, allerdings liegen auch Adaptionen für andere Bereiche, zum Beispiel die Kontrolle von Kernkraftwerken, vor. Das Verfahren beruht darauf, dass Domänenexperten wie etwa Piloten in einem entsprechenden Simulator tätigkeitsrelevante Aktionen und Manöver ausführen. Die Simulation wird zu unterschiedlichen Zeitpunkten angehalten und den Experten werden Fragen zu der augenblicklichen Situation gestellt, beispielsweise über die aktuelle Flughöhe oder wo sich ein weiteres Flugzeug befindet, aber auch komplexere Fragen wie etwa welche Flugzeuge bestimmte Lufträume verletzen, wenn sie den aktuellen Kurs beibehalten. Der Anteil der korrekt beantworteten Fragen wird als Maß für die Güte von *Situation Awareness* verwendet. Mit diesem Verfahren kann so die Auswirkung von Zusatzaufgaben oder neuartiger Anzeigen auf *Situation Awareness* direkt erfasst werden. Die Formulierung der nach der Unterbrechung zu stellenden Fragen bedarf allerdings einer detaillierten Aufgabenanalyse, damit die relevanten Situationsparameter abgefragt werden. Diese liegt bisher für den Bereich des Autofahrens nicht in ausreichendem Maße vor. Darüber hinaus ist es schwierig, aus den fehlerhaften Antworten Rückschlüsse auf die Ursachen verringerter *Situation Awareness* zu ziehen. Wurde die Frage falsch beantwortet, weil das neuartige System zu stark visuell oder zu stark kognitiv ablenkt? Schließlich lassen sich mit einem derartigen Verfahren nur Systeme bewerten, die in ihrer Entwicklung schon relativ weit fortgeschritten sind, so dass sie in einem Simulator implementiert werden können. Es erscheint aber notwendig, Verfahren zu besitzen, die bereits frühzeitig im Gestaltungsprozess eingesetzt werden können, um effektiv und rechtzeitig

jene Gestaltungsvarianten aussortieren zu können, die zu einer inakzeptablen Beeinträchtigung von *Situation Awareness* des Fahrers führen könnten.

Unser Ansatz ist stärker prozess-orientiert. Basierend auf den Annahmen des verstehensbasierten Modells von *Situation Awareness* über die Prozesse, die an der Generierung und Aufrechterhaltung von *Situation Awareness* beteiligt sind, wurde ein Verfahren entwickelt und getestet, mit dem Zusatzaufgaben im Fahrzeug bewertet werden sollen. Die Bewertung sollte Aussagen darüber machen, wie stark die Ausführung dieser Aufgaben mit *Situation Awareness* Prozessen interferiert. Das heißt, mit Hilfe des Modells wurden jene Prozesse identifiziert, die wesentlich am Aufbau und der Aufrechterhaltung von *Situation Awareness* beteiligt sind. So ist ein wesentlicher Aspekt die Kontextabhängigkeit der Interpretation neuer Informationen. Welche Verknüpfungen zwischen neu enkodierter Information und dem Hintergrundwissen aufgebaut und aufrechterhalten werden, hängt entscheidend von dem bereits aktivierten Wissensnetz, also dem aktuellen Situationsmodell, ab. Deshalb sollte das Verfahren erfassen, inwieweit die Bearbeitung von Zusatzaufgaben das Aufrechterhalten und die Aktualisierung eines Wissenskontexts beeinträchtigt. Der wesentliche Vorteil dieses Ansatzes liegt unserer Einschätzung nach darin, dass eine Bewertung von Zusatzaufgaben auf dieser Grundlage es erlaubt, spezifische Vorhersagen über die Auswirkungen dieser Zusatzaufgaben auf *Situation Awareness* zu machen.

Visuelle Ablenkung sollte zum Beispiel dazu führen, dass Situationselemente nicht wahrgenommen und deshalb nicht in das Situationsmodell aufgenommen werden. Kognitive Ablenkung dagegen sollte nicht zu einer Beeinträchtigung der Wahrnehmungsebene von *Situation Awareness*, sondern vielmehr wie oben dargestellt zu einer Beeinträchtigung der Verstehensebene und der Vorhersageebene führen. Kognitiv beanspruchende Aufgaben sollten dazu führen, dass Assoziationen zwischen wahrgenommener Information und Hintergrundwissen nur unzureichend aufgebaut werden. Es entsteht ein eingeschränktes Wissensnetz und damit eine unvollständig interpretierte und damit verstandene Situation. Bestimmte Aspekte, zum Beispiel Erwartungen über die weitere Entwicklung der Situation könnten nicht im Situationsmodell enthalten sein oder es werden nur die Standardinterpretationen einer Situation aktiviert und diesen widersprechende Informationen nicht integriert.

Eine weitere Anforderung an das Verfahren sollte sein, dass es frühzeitig im Gestaltungsprozess von Systemen eingesetzt werden kann. Dies erfordert, dass ohne großen technischen Aufwand bereits Prototypen der Zusatzaufgaben getestet werden können.

Im Rahmen der Entwicklung eines derartigen Verfahrens wurde eine Serie von Experimenten durchgeführt, in der eine Reihe von Aufgaben bewertet wurde. Ziel dieser Experimente war die Validierung des von uns vorgeschlagenen Verfahrens. Dazu wurden Aufgaben konstruiert, die ein klares Profil hinsichtlich ihres visuellen und kognitiven Ablenkungspotentials aufweisen. Es sollte überprüft werden, inwieweit die Bewertungen durch das Verfahren das angenommene Ablenkungsprofil der Aufgaben nachbilden und in einer abschließenden Fahrstudie inwieweit diese Bewertungen mit den Auswirkungen der Aufgaben auf *Situation Awareness* übereinstimmen. Im Folgenden wird zunächst das Prinzip des Verfahrens kurz dargestellt und anschließend das erste Experiment zur Validierung dieses Verfahrens berichtet. In diesem Experiment wurden Laboraufgaben zur Simulation von Zusatzaufgaben im Fahrzeug verwendet, um die Anforderung an den Probanden klar kontrollieren zu

können. Ziel dieses Experiments war zu untersuchen, ob das entwickelte Verfahren prinzipiell funktionieren könnte.

3. Das Verfahren

Um visuelle und kognitive Ablenkung durch FIS zu untersuchen wurde eine kontextabhängige Wahlreaktionsaufgabe entwickelt, welche vom Probanden den Aufbau eines simplen Situationsmodells erfordert. Diese Aufgabe verlangt die Wahrnehmung relevanter Reize, die in Abhängigkeit eines wechselnden Kontexts interpretiert werden müssen, um richtig darauf zu reagieren. Damit sind an der Bearbeitung dieser Aufgabe auch jene Prozesse beteiligt, die an der Generierung und Aufrechterhaltung eines Situationsmodells im Straßenverkehr beteiligt sind. Diese kontextabhängige Wahlreaktionsaufgabe ist gleichzeitig zu der zu bewertenden Aufgabe durchzuführen, wobei die Wahlreaktionsaufgabe die Sekundäraufgabe darstellt. Somit werden die für diese Aufgabe nutzbaren Ressourcen entscheidend beeinflusst und beeinträchtigt durch die akkurate Bearbeitung der zu bewertenden Systemaufgabe.

Konkret werden 19° Sehwinkel links und rechts von den Probanden verschiedenfarbige Stimuli präsentiert. Dieses Vorgehen ähnelt einer Laborvariante der *Peripheral Detection Task* (PDT; van Winsum, Martens & Herland 1999), die bereits in einer früheren Untersuchung zur Erfassung der visuellen Ablenkung evaluiert wurde (Baumann, Rösler, Jahn & Krems 2003). Die Farben der Reize sind bezüglich ihrer Leuchtdichte an den Hintergrund angepasst, so dass hier eine foveale Zuwendung zu den möglichen Stimuluspositionen zur Entdeckung der Reize notwendig ist.

Für die Auswahl der richtigen Reaktion ist aber nicht nur die Wahrnehmung des Reizes und seiner Farbe wichtig. Gleichzeitig muss der Proband den aktuellen Kontext berücksichtigen. Dieser wurde in unserem Experiment über einen akustischen Kontextreiz signalisiert. Dabei handelte es sich entweder um einen hohen oder tiefen Ton. Der Kontext signalisiert dem Versuchsteilnehmer, welches Reaktionsmuster im jeweiligen Fall aktuell gültig ist. Es ist also kein visueller Zielreiz über den gesamten Untersuchungsverlauf hinweg an die gleiche Reaktion gekoppelt. Stattdessen ist ein ständiges Überprüfen und Verändern des Antwortverhaltens gefordert. Mit jeder Darbietung eines Kontextreizes ist eine Aktualisierung des aktuellen Situationsmodells in Bezug auf den herrschenden Kontext notwendig. Zudem muss der aktuell relevante Kontext generell aktiviert gehalten werden bis ein neuer Kontextreiz einen Kontextwechsel anzeigt. Für diese Vorgänge sollten aufgrund der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisse nur diejenigen kognitiven Ressourcen zur Verfügung stehen, die nicht durch die zu bewertende Aufgabe beansprucht werden. Als Kontextreize sind dabei grundsätzlich sehr verschiedenartige Stimuli denkbar. Allerdings bietet sich in diesem Fall aufgrund der starken visuellen Komponente der zu untersuchenden Fahraufgabe die Wahl auditiver Reize als Kontextsignale an.

Diese kontextabhängige Wahlreaktionsaufgabe liefert somit zwei Maße, die zur Bewertung der visuellen und der kognitiven Ablenkung einer Aufgabe herangezogen werden können. Das erste Maß ist die Entdeckungsrate der Reize, d.h. der Anteil der Reize, auf die überhaupt reagiert wurde, unabhängig von der Korrektheit der Reaktion. Dieses Maß wird als Maß für die visuelle Ablenkung durch die Aufgabe verwendet. Aufgaben, die mit einer hohen visuellen Ablenkung verbunden sind, erfordern eine hohe Blickzuwendung. Das führt dazu, dass die Blickzuwendungen zu den visuellen Reizen der Wahlreaktionsaufgabe reduziert sind. Je größer die visuelle Ablen-

kung, die die Aufgabe mit sich bringt, desto seltener ist es möglich, den Blick den Stimuluspositionen zuzuwenden, um die Zielreize zu entdecken. Die Entdeckungsrate sollte dementsprechend sinken.

Auch in anderen Arbeiten zu *Situation Awareness* finden derartige Entdeckungsaufgaben in verschiedener Form Anwendung. So verwendeten Gugerty & Falzetta (2005) ein so genanntes *Event-Detection* – Maß, also die Entdeckungsrate, im Fahr-simulator. Aufgabe der Teilnehmer war es, auf Zielereignisse mit einem Tastendruck zu reagieren. Die Autoren sind der Auffassung, dass derartige Entdeckungsaufgaben auf die erste Stufe von *Situation Awareness* abzielen. Dementsprechend wird erwartet, dass die Entdeckungskomponente der Wahlreaktionsaufgabe verwendet werden kann, um die Korrektheit der *Situation Awareness* im Hinblick auf die Wahrnehmungsebene zu beurteilen.

Das zweite Maß ist die Trefferrate, d.h. der Anteil der richtigen Reaktionen an allen gezeigten Reaktionen. Die Trefferrate wird als Maß für die kognitive Ablenkung durch die Aufgaben verwendet. Aufgaben, die mit einer hohen kognitiven Ablenkung verbunden sind, beanspruchen das Arbeitsgedächtnis in hohem Maße. Demzufolge sollten Probanden während der Bearbeitung dieser Aufgaben häufiger den aktuellen Kontext für die Wahlreaktionsaufgabe vergessen oder die Aktualisierung des Kontexts bei einem Kontextwechsel nicht vornehmen. Je höher die kognitive Ablenkung ist, desto häufiger sollten diese Fehler auftreten und desto stärker sollte die Trefferrate sinken. Ausgehend von der Tatsache, dass in dem hier entwickelten Verfahren eine Reaktion auf die Zielreize der Wahlreaktionsaufgabe überhaupt nur dann erfolgt, wenn der Zielreiz entdeckt wurde, deuten fehlerhafte Reaktionen auf eine Beeinträchtigung der Verstehensebene der *Situation Awareness* hin. Dieser Ansatz ähnelt einer von Pritchett, Hansman und Johnson (1996) berichteten Messung von *Situation Awareness*, die auf der richtigen Reaktion auf relevante Ereignisse in einer Simulation basiert. Sie sind der Auffassung, dass sich mit diesem Verfahren direkt messen lässt, ob der Teilnehmer ausreichende *Situation Awareness* entwickelt hat, um eine korrekte Aktion auszuführen.

4. Experiment

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die grundlegende Leistungsfähigkeit der entwickelten Wahlreaktionsaufgabe zu überprüfen. Dafür wurde die von Informationssystemen ausgehende Beanspruchung mit Hilfe simpler Laboraufgaben simuliert. Die Herstellung einer visuellen Ablenkung erfolgte dabei mittels visueller Suchaufgabe, kognitive Ablenkung wurde über eine *1-back* Aufgabe induziert (Dobbs & Rule 1989). Bei dieser Aufgabe wird dem Probanden jeweils ein Reiz, in unserem Experiment ein Buchstabe, präsentiert, den sich der Proband merken muss. Gleichzeitig muss er den unmittelbar zuvor gezeigten Reiz erinnern. Diese Aufgabe erfordert also eine ständige Aktualisierung des Arbeitsgedächtnisinhalts und beansprucht die Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses in hohem Maße. Es wurde angenommen, dass sich die gleichzeitige Ausführung der Suchaufgabe negativ auf die Entdeckungsrate bei der Wahlreaktionsaufgabe auswirkt, während die parallele Bearbeitung der *1-back* Aufgabe eine erhöhte Rate an Fehlreaktionen zur Folge haben sollte. Zusätzlich dazu sollte sich, unabhängig von der bearbeiteten Aufgabe, für die *dual-task* Bedingungen eine deutliche Beeinträchtigung in den relevanten Maßen vergleichen

mit der *Baseline*, also der ausschließlichen Bearbeitung der kontextabhängigen Wahlreaktionsaufgabe, ergeben.

4.1 Methodisches Vorgehen

4.1.1 Probanden und Design

Es konnten 26 studentische Versuchspersonen für die Teilnahme an der Untersuchung gewonnen werden. Die Probanden wurden einzeln in einem einfaktoriellen *within-design* getestet. Unabhängige Variable war dabei die Art der Zusatzaufgabe zur Wahlreaktionsaufgabe: Wahlreaktionsaufgabe ohne Zusatzaufgabe (*Baseline*), Wahlreaktionsaufgabe mit gleichzeitiger visueller Suchaufgabe und Wahlreaktionsaufgabe mit gleichzeitiger *1-back* Aufgabe. Die Erfassung der *Baseline* erfolgte immer zu Beginn einer Sitzung, die Abfolge der beiden Zusatzaufgaben war über die Versuchsteilnehmer hinweg ausbalanciert.

4.1.2 Material und Aufgaben

Alle verwendeten Aufgaben wurden mit E-Prime erstellt (Schneider, Eschman & Zuccolotto, 2002a; Schneider, Eschman & Zuccolotto, 2002b). Die Darbietung der visuellen Zielreize der kontextabhängigen Wahlreaktionsaufgabe erfolgte über einen IBM-kompatiblen Pentium-PC mittels Projektor. In einem Sehwinkel von etwa 19° wurden 2,5cm große gelbe und blaue kreisförmige Zielreize in Abständen von drei bis fünf Sekunden für jeweils 500ms dargeboten. Nach drei bis fünf Zielreizen wurde der Kontextreiz präsentiert, ein tiefer oder hoher Sinuston (200Hz bzw. 800Hz) von 1000ms Dauer. Dieser akustische Reiz definierte, wie auf die nachfolgenden visuellen Zielreize zu reagieren war. Für die Hälfte der Versuchsteilnehmer signalisierte ein niedriger Ton, dass sie auf einen gelben Reiz mit dem Drücken der rechten Reaktionstaste und auf einen blauen Zielreiz mit dem Drücken der linken Reaktionstaste zu reagieren hatten. Ein hoher Ton signalisierte, das jetzt in umgekehrter Weise zu reagieren war, d.h. bei einem gelben Zielreiz mit der linken und bei einem blauen Zielreiz mit der rechten Taste. Bei der anderen Hälfte der Versuchsteilnehmer war die Bedeutung der Kontextreize vertauscht.

Die visuelle Suchaufgabe ebenso wie die *1-back* Aufgabe wurden zentral vor dem Probanden auf einem 12 Zoll großen Notebook-Display dargeboten. In der Suchaufgabe sollten die Probanden einen Zielreiz (E, F, K, L, N oder T) unter 158 Distraktoren (Z und H) finden. Die Reizvorlagen wurden maximal zehn Sekunden gezeigt, die Teilnehmer waren angehalten den Zielreiz bei Entdecken zu verbalisieren. Für die *1-back* Aufgabe wurden sechs verschiedene Buchstaben (C, H, J, L, Q, X) in Abständen von jeweils zwei Sekunden für zwei Sekunden in zufälliger Reihenfolge präsentiert. Sobald ein neuer Buchstabe dargeboten wurde, verbalisierten die Probanden den vorangegangenen.

4.1.3 Ablauf

Nach Durchführung eines kurzen Sehtest wurden den Teilnehmern schriftliche Instruktionen zum Zweck der Untersuchung und den bevorstehenden Aufgaben gegeben. Es wurde dabei darauf hingewiesen, dass die kontextabhängige Wahlreaktionsaufgabe als Sekundäraufgabe zu betrachten ist. Zunächst wurden demographische Daten wie Alter, Geschlecht etc. erfasst. Es folgten eine Einführung und Baselineerfassung für die Wahlreaktionsaufgabe, wobei zehn Kontextreize mit etwa 40 Zielrei-

zen dargeboten wurden. Danach wurde die erste der beiden Zusatzaufgaben erklärt, auch hier erfolgte eine Baselineerfassung für die Leistung in der Zusatzaufgabe ohne gleichzeitige Wahlreaktionsaufgabe, bevor die Zusatzaufgabe und die kontextabhängige Wahlreaktionsaufgabe parallel bearbeitet wurden. Nach einer Übungsphase wurden hier in zwei Blöcken insgesamt 50 Kontextreize mit dementsprechend zirka 200 Zielreizen präsentiert. Dieser Ablauf wiederholte sich für die zweite Zusatzaufgabe. Die Gesamtdauer einer Sitzung betrug, je nach Übungslänge, 65 bis 80 Minuten.

4.2 Ergebnisse und Diskussion

In die Analyse gingen die Datensätze von 24 Probanden ein. Die von zwei Teilnehmern in der kontextabhängigen Wahlreaktionsaufgabe erzielten Ergebnisse lagen deutlich unter dem Durchschnitt der übrigen Teilnehmer. Bei einem der Probanden lag eine massive Beeinträchtigung des Sehvermögens vor, so dass in den Experimentaldurchgängen Entdeckungsraten von unter 5% erzielt wurden. Eine zweite Versuchsperson produzierte trotz korrekter Bearbeitung der Übungen in den Experimentaldurchgängen Trefferraten von unter 3%. Diese beiden Teilnehmer wurden in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Für die Testaufgaben wurden deutliche Lerneffekte festgestellt, so dass nur die Leistungen im 2. Experimentalblock als ausreichend stabil und somit verwertbar betrachtet wurden. Zur Analyse der Daten wurden für alle Versuchspersonen Entdeckungsrate und Trefferrate berechnet (Tabelle 1).

Tabelle 1. Mittelwerte und Standardabweichungen für Entdeckungsrate und Trefferrate in Abhängigkeit von der Zusatzaufgabe

abhängige Variable	keine Testaufgabe		visuelle Suche		1-back-Aufgabe	
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
Entdeckungsrate	0.99	0.043	0.80	0.12	0.90	0.12
Trefferrate	0.93	0.11	0.86	0.12	0.88	0.12

Der Friedman-Test ergab für die Entdeckungsrate ein signifikantes Ergebnis ($\chi^2 = 36.583$, $df = 2$, $p < .001$). Die paarweisen Vergleiche nach Wilcoxon mit nach Bonferroni angepasstem α -Niveau von $p = .017$ zeigten, dass ohne zusätzliche Aufgabe signifikant mehr Zielreize entdeckt wurden als bei gleichzeitiger Bearbeitung einer der beiden Zusatzaufgaben (keine Zusatzaufgabe vs. visuelle Suche mit $Z = -4.286$, $p < .001$; keine Zusatzaufgabe vs. 1-back mit $Z = -3.914$, $p < .001$). Zudem wurden bei paralleler Bearbeitung der visuellen Suchaufgabe signifikant weniger Zielreize entdeckt als bei zeitgleicher Ausführung der 1-back Aufgabe ($Z = -3.371$, $p = .001$). Für die Trefferrate ergab der Friedman-Test ebenfalls ein signifikantes Ergebnis ($\chi^2 = 14.463$, $df = 2$, $p = .001$). Die paarweisen Vergleiche zeigten dabei mit einem erneut auf $p = .017$ korrigierten α -Niveau eine signifikant höhere Trefferrate für die alleinige Bearbeitung der Wahlreaktionsaufgabe verglichen mit gleichzeitiger Bearbeitung von Wahlreaktionsaufgabe und visueller Such-

aufgabe ($Z = -2.686, p = .007$), jedoch keinen Unterschied verglichen mit der *1-back* Aufgabe ($Z = -2.342, p = .019$). Auch zwischen visueller Suche und *1-back* Aufgabe konnten keine Unterschiede gefunden werden ($Z = -1.686, p = .092$).

Auf die Vermutung hin, dass die richtige Bearbeitung der kontextabhängigen Wahlreaktionsaufgabe direkt nach Auftreten eines Kontextreizes aufgrund der höheren kognitiven Belastung am schwierigsten und deshalb der Einfluss der *1-back* Aufgabe am größten sein sollte, wurden alle Reaktionen auf visuelle Zielreize, die auf einen Kontextreiz folgten (Tabelle 2), gesondert ausgewertet.

Tabelle 2. Mittelwerte und Standardabweichungen für Entdeckungsrate und Trefferrate in Abhängigkeit von der Zusatzaufgabe für Reaktionen direkt nach einem Kontextreiz

abhängige Variable	keine Testaufgabe		visuelle Suche		1-back-Aufgabe	
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
Entdeckungsrate	.99	.028	0.83	0.12	0.91	0.093
Trefferrate	0.92	0.13	0.84	0.15	0.85	0.11

Der Friedman-Test ergab für die Entdeckungsrate ein signifikantes Ergebnis ($\chi^2 = 28.447, df = 2, p < .001$). Analog zur Untersuchung des gesamten Datensatzes zeigten die paarweisen Vergleiche auch hier eine signifikant höhere Entdeckungsrate bei der alleinigen Bearbeitung der Wahlreaktionsaufgabe verglichen mit der parallelen Bearbeitung einer der Zusatzaufgaben (keine Zusatzaufgabe vs. visuelle Suche mit $Z = -4.025, p < .001$, keine Zusatzaufgabe vs. *1-back* mit $Z = -3.418, p = .001$). Die Entdeckungsrate war bei gleichzeitiger visueller Suche ebenfalls geringer als bei zeitgleich ausgeführter *1-back* Aufgabe ($Z = -2.688, p = .007$).

Auch für die Trefferrate wurden signifikante Unterschiede gefunden ($\chi^2 = 10.731, df = 2, p = .005$). Die paarweisen Vergleiche zeigten eine signifikant höhere Trefferrate bei der alleinigen Bearbeitung der kontextabhängigen Wahlreaktionsaufgabe verglichen mit den beiden Zusatzaufgabenbedingungen (keine Aufgabe vs. visuelle Suche mit $Z = -2.443, p = .015$; keine Aufgabe vs. *1-back* mit $Z = -2.486, p = .013$). Der Unterschied in der Trefferrate zwischen visueller Suche und *1-back* Aufgabe wurde erneut nicht signifikant ($Z = -.714, p = .475$).

Die Ergebnisse hinsichtlich der visuellen Ablenkung bestätigen Ergebnisse früherer Untersuchungen, in der eine visuelle Entdeckungsaufgabe, die der Wahlreaktionsaufgabe dieses Experiments ähnlich war, verwendet wurde (Baumann et al. 2003). Ähnlich wie in diesem Experiment erwies sich die Entdeckungsrate als valides Maß für die Bewertung der visuellen Ablenkung durch Zusatzaufgaben. Die Weiterentwicklung der von Baumann et al. (2003) verwendeten Entdeckungsaufgabe zu einer kontextabhängigen Wahlreaktionsaufgabe, um damit auch kognitive Ablenkung erfassen zu können, erscheint aber angesichts der Ergebnisse bezüglich der Trefferrate als nur in Grundzügen gelungen. Die Trefferraten zeigen keinen signifikanten Unterschied zwischen der visuellen Suchaufgabe und der *1-back* Aufgabe. Es ist aber davon auszugehen, dass sich diese beiden Aufgaben hinsichtlich ihres Potentials zur

kognitiven Ablenkung deutlich unterscheiden. Eine mögliche Ursache für diesen fehlenden Unterschied in den Trefferraten könnte die zu geringe kognitive Belastung durch die Wahlreaktionsaufgabe sein. Damit wäre die Wahlreaktionsaufgabe in der hier verwendeten Form nicht sensitiv genug, um die Unterschiede zwischen den Zusatzaufgaben zu erfassen. Eine Möglichkeit, um die Beanspruchung durch die Wahlreaktionsaufgabe zu erhöhen, könnte sein, die Anzahl der Kontextwechsel zu erhöhen. Zum Zeitpunkt eines Kontextwechsels ist die kognitive Belastung durch die Wahlreaktionsaufgabe am höchsten, da ein neuer Kontext enkodiert werden muss und der irrelevante Kontext entfernt werden muss. Das bedeutet, es müssen neue Reiz-Reaktions-Verbindungen etabliert und die bisherigen gehemmt werden. Darüber deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass das Aufrechterhalten eines Kontexts weniger Ressourcen beansprucht. Ein Vergleich der Trefferraten in Abhängigkeit von der Anzahl der visuellen Zielreize seit dem letzten Kontextreiz ergab keinen Abfall der Leistung mit zunehmender Anzahl.

Aus diesen Gründen wurde in nachfolgenden Experimenten die Häufigkeit der Kontextwechsel deutlich erhöht, um die Belastung durch die Wahlreaktionsaufgabe zu erhöhen. Außerdem scheinen die Reaktionen unmittelbar nach einem Kontextwechsel besonders sensitiv für die Erfassung von kognitiver Ablenkung zu sein.

5. Schlussfolgerungen

Wir stellten in diesem Beitrag ein verstehensbasiertes Modell der Generierung und Aufrechterhaltung von *Situation Awareness* vor. Ziel dieses Modells ist es, das von Endsley (1995b) formulierte Modell näher zu spezifizieren und die kognitiven Prozesse detaillierter zu beschreiben, die am Aufbau von *Situation Awareness* beteiligt sind. Dabei wurde auf Theorien, Kintschs (1998) *Construction-Integration Theory* und Norman und Shallice' (1986) Theorie der Handlungsauswahl, zurückgegriffen, die bereits über eine breite empirische Basis verfügen. Ähnlich wie Adams, Tenney und Pew (1995) nehmen wir an, dass der Aufbau von *Situation Awareness* ein Verstehensprozess ist, der zu einer mentalen Repräsentation der Bedeutung von Situationselementen und der gesamten Situation führt. Dieses Situationsmodell stellt die Grundlage für die Auswahl von Handlungen dar, deren Ausführung wiederum die aktuelle Situation verändert und zu einer Aktualisierung des Situationsmodells führen muss. Dieses verstehensbasierte Modell von *Situation Awareness* beschreibt eine Reihe von Prozessen, die dem Aufbau und der Auswahl von Handlungen zugrunde liegen. Dabei wird die Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses als zentrale Ressource deutlich. Es wird auch ersichtlich, wie sich zusätzliche Belastungen durch gleichzeitig während der Fahrt ausgeführte Aufgaben auf die *Situation Awareness* auswirken können. Dieses Modell bildete die Grundlage für die Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung visueller und kognitiver Ablenkungspotentiale durch Zusatzaufgaben. Die grundlegende Idee hinter diesem Verfahren ist, dass die Kenntnis über die visuelle und kognitive Belastung durch Zusatzaufgaben Vorhersagen über die Auswirkungen dieser Aufgaben auf *Situation Awareness* erlaubt. In einem ersten Experiment wurde die Sensitivität dieses Verfahrens gegenüber visueller und kognitiver Ablenkung getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass das verwendete Verfahren zwar in der Lage zu sein scheint, das visuelle Ablenkungspotential einer Aufgabe bewerten zu können, die kognitive Ablenkung durch diese Aufgabe aber nur unzureichend erfasst. Ziel weiterer Experimente ist die Weiterentwicklung dieses Verfahrens, so dass es auch gelingt, kognitive Ablenkung reliabel zu erfassen. Schließlich sollen die

Bewertungen von realistischen Aufgaben durch dieses Verfahren mit den tatsächlichen Auswirkungen dieser Aufgaben auf das Fahrverhalten im Fahrsimulator und auf das Fahrsituationsbewusstsein der Fahrer verglichen werden. Besonders von diesem letzten Vergleich wird es entscheidend abhängen, inwieweit dieses Verfahren im Gestaltungsprozess von Zusatzaufgaben für das Fahrzeug eingesetzt werden kann. Wenn es gelingt, aus den Bewertungen dieses Verfahrens Vorhersagen über die Auswirkung der bewerteten Aufgaben auf *Situation Awareness* zu machen, könnte dieses Verfahren eingesetzt werden, um Prototypen von Systemen zum Beispiel gegeneinander zu testen, um zu einer relativen Bewertung der Prototypen zu kommen. Dies würde erlauben, bereits früh im Gestaltungsprozess jene Alternativen auszusortieren, die wahrscheinlich zu wesentlichen Beeinträchtigungen von *Situation Awareness* führen, wenn der Fahrer sie während des Fahrens ausführt.

6. Literatur

- Adams, M.J.; Tenney Y.J. & Pew, R.W. (1995). Situation awareness and the cognitive management of complex systems. *Human Factors* 37, 85-104.
- Baumann, M.; Rösler, D.; Jahn, G. & Krems, J.F. (2003). Assessing driver distraction using occlusion method and peripheral detection task. In: H. Strasser; K. Kluth; H. Rausch & H. Bubb (Hrsg.). *Quality of work and products in enterprises of the future*, 53-56. Stuttgart: Ergonomia Verlag.
- Doane, S.M. & Sohn, Y.W. (2000). ADAPT: A predictive cognitive model of user visual attention and action planning. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 10, 1-45.
- Dobbs, A.R. & Rule, B.G. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychology & Aging* 4, 500-503.
- Endsley, M.R. (1995a). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors* 37, 65-84.
- Endsley, M.R. (1995b). Towards a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors* 37, 32-64.
- Groeger, J. (2000). *Understanding driving*. Hove: Psychology Press.
- Gugerty, L. & Falzetta, M. (2005). Using an event-detection measure to assess drivers' attention and situation awareness. *Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*. Santa Monica: Human Factors & Ergonomics Society.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.
- Mannes, S.M. & Kintsch, W. (1991). Routine computing tasks: Planning as understanding. *Cognitive Science* 15, 305-342.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology*. San Francisco: Freeman.

- Norman, D.A. & Shallice T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In: R.J. Davidson; G.E. Schwartz & D. Shapiro (Hrsg.). *Consciousness and self-regulation. Volume 4*, 1-18. New York: Plenum Press.
- Pritchett, A.R.; Hansman, R.J. & Johnson, E.N. (1996). Use of testable responses for performance-based measurement of situation awareness. *Proceedings of the International Conference on Experimental Analysis and Measurement of Situation Awareness*. Daytona Beach: Embry-Riddle University Press.
- Rousseau, R.; Tremblay, S. & Breton, R. (2004). Defining and modeling situation awareness: A critical review. In: S. Banbury & S. Tremblay (Hrsg.). *A cognitive approach to situation awareness: Theory and application*, 3-21. Aldershot: Ashgate & Town.
- Schmalhofer, F. & Tschaitshian, B. (1993). The acquisition of a procedure schema from text and experiences. *Proceedings of the 15th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schneider, W.; Eschman, A. & Zuccolotto, A. (2002a). *E-Prime User's Guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc.
- Schneider, W.; Eschman, A. & Zuccolotto, A. (2002b). *E-Prime Reference Guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc.
- Shinoda, H.; Hayhoe, M. & Shrivastava, A. (2001). What controls attention in natural environments? *Vision Research* 41, 3535-3546.
- van Winsum, W.; Martens, M.H. & Herland, L. (1999). *The effects of speech versus tactile driver support messages on workload, driver behaviour and user acceptance* Report No. TM-99-C043. Soesterberg, Netherlands: TNO Human Factors.