

Ein verhaltensbasiertes Messmodell zur Erfassung von Situationsbewusstsein im Fahrkontext

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Philosophischen Fakultät II
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Vorgelegt von
Dipl. Psych. Nadja Rauch
aus Würzburg

Erstgutachter: Prof. Dr. Hans-Peter Krüger

Zweitgutachter: Prof. Dr. Joachim Hoffmann

Tag des Kolloquiums: 26.06.2009

VORWORT

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Forschungsprojekts „Das Konzept des Situationsbewusstseins und seine Implikationen für die Fahrsicherheit“, das im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) am WIVW (Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften) durchgeführt wurde. Besonders bedanken möchte ich mich daher stellvertretend für den gesamten FAT-Arbeitskreis 2 bei dessen Leiter Herrn Dr. Wilfried König und dem Projektverantwortlichen bei der BASt Herrn Dr. Christhard Gelau, dass sie die vorliegende Arbeit ermöglicht haben.

Darüber hinaus gebührt einigen weiteren Personen mein besonderer Dank, die zum Gelingen dieser Arbeit durch ihre kompetente Mithilfe und ihre hohe Einsatzbereitschaft wesentlich beigetragen haben.

Zuallerst ist hierbei meine Kollegin Barbara Metz (geb. Gradenegger) zu nennen, mit der ich gemeinsam das Projekt bearbeitet habe. Ohne sie wäre diese Arbeit überhaupt nicht möglich gewesen. Sowohl zur Vorbereitung der Studien, insbesondere der Erstellung der aufwändigen Strecke, der Durchführung als auch der Auswertung hat sie maßgeblich beigetragen. Vor allem ihre Analysen zur visuellen Aufmerksamkeitsverteilung des Fahrers bei der Bearbeitung von Nebenaufgaben sind eine wesentliche Voraussetzung zum Verständnis des Begriffs von Situationsbewusstsein und dessen Messung, wie ich es in meiner Arbeit vorstelle. Daher verweise ich an entsprechenden Stellen immer wieder auf ihre Dissertation. Ich freue mich sehr, dass wir beide die Möglichkeit hatten, im Rahmen dieses Projekts zu promovieren, und uns gegenseitig in unseren Arbeiten unterstützen konnten.

Desweiteren geht ein außerordentlicher Dank an meinen Doktorvater Herrn Prof. Dr. Krüger, der diese Arbeit betreut und durch zahlreiche kreative Diskussionen angeregt hat.

Weiter möchte ich Danke sagen an Sonja Hoffmann für die Rekrutierung der Probanden, an die Informatiker für die erforderlichen Vorbereitungen der Simulation, sowie an Meike für die Unterstützung bei der Versuchsleitung. Danke auch an Susanne Buld für das Gegenlesen und die hilfreichen Kommentare zu dieser Arbeit.

Und schließlich ein besonderer Dank an meine Freunde und meine Familie, die mich während des Studiums und der Erstellung dieser Arbeit immer gefördert und unterstützt haben.

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| 1 ZIELSETZUNG DER ARBEIT | 1 |
| I THEORETISCHER TEIL | 2 |
| 2 AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND ZUM KONZEPT DES SITUATIONSBEWUSSTSEINS..... | 3 |
| 2.1 Definitionen und Modelle | 3 |
| 2.1.1 Definitionen von Situationsbewusstsein | 3 |
| 2.1.2 Modell von Endsley | 4 |
| 2.1.3 Modell von Adams, Tenney & Pew | 5 |
| 2.1.4 Modell von Smith & Hancock | 7 |
| 2.1.5 Fazit | 8 |
| 2.2 An Situationsbewusstsein beteiligte kognitive Prozesse | 9 |
| 2.2.1 Wahrnehmung und Aufmerksamkeit | 9 |
| 2.2.2 Gedächtnisprozesse und Bewusstsein | 11 |
| 2.2.3 Schemata, mentale Modelle und Situationsmodelle | 13 |
| 2.2.4 Fazit | 16 |
| 2.3 Bestehende Messmethoden zur Erfassung von Situationsbewusstsein | 17 |
| 2.3.1 Prozessmaße | 17 |
| 2.3.2 Ratingskalen | 17 |
| 2.3.3 Befragungsverfahren | 18 |
| 2.3.4 Verhaltensmaße | 20 |
| 2.4 Untersuchungen zu Situationsbewusstsein | 22 |
| 2.4.1 Die Auswirkungen von Automation auf Situationsbewusstsein | 22 |
| 2.4.2 Einfluss von Nebenaufgaben auf Situationsbewusstsein | 23 |
| 3 FAZIT UND ENTWICKLUNG DER FRAGESTELLUNG | 25 |
| 3.1 Diskussion des theoretischen Konzepts | 25 |
| 3.2 Diskussion der Methoden zur Erfassung von Situationsbewusstsein | 26 |
| 4 ENTWICKLUNG EINES MODELLS FÜR SITUATIONSBEWUSSTSEIN IM FAHRKONTEXT | 29 |
| 4.1 Ausgangspunkt: Der Begriff der Antizipation | 29 |
| 4.1.1 Ansätze zum Zusammenhang zwischen Wahrnehmung und Verhalten | 29 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.1.2 | Die antizipative Verhaltenssteuerung | 30 |
| 4.1.3 | Die Bedeutung der Antizipation beim Fahren | 32 |
| 4.1.4 | Einschränkungen des Antizipationsbegriffs | 35 |
| 4.2 | Situationsbewusstsein als Erweiterung des Antizipationsbegriffs | 35 |
| 4.2.1 | Erweiterung auf Prozesse der Handlungsabsicherung | 35 |
| 4.2.2 | Anwendung auf Multitasking-Situationen | 38 |
| 4.3 | Übertragung auf den Fahrkontext | 42 |
| 4.3.1 | Theoretische Modelle der Fahrhandlung | 42 |
| 4.3.2 | Definition der für Situationsbewusstsein relevanten Prozesse | 46 |
| 4.4 | Fazit | 51 |
| 5 | MESSUNG VON SITUATIONSBEWUSSTSEIN IM FAHRKONTEXT | 52 |
| 5.1 | Die Nebenaufgabe als Untersuchungsparadigma | 52 |
| 5.2 | Klassifikation von Nebenaufgaben | 53 |
| 5.2.1 | Klassifikation nach Aufgabenmodalität | 53 |
| 5.2.2 | Unterscheidung zwischen Ablenkung und Abwendung | 54 |
| 5.3 | Anforderungen aus der Bearbeitung einer Nebenaufgabe | 55 |
| 5.3.1 | Anforderungen an die antizipative Handlungssteuerung | 55 |
| 5.3.2 | Anforderungen an die Handlungsabsicherung | 62 |
| 5.4 | Entwicklung eines Messmodells | 66 |
| 5.4.1 | Relevante Prozesse für Situationsbewusstsein im Umgang mit Nebenaufgaben | 66 |
| 5.4.2 | Das PDC-Modell | 68 |
| 5.5 | Messung von Situationsbewusstsein im Umgang mit Nebenaufgaben | 70 |
| II | EMPIRISCHER TEIL | 71 |
| 6 | METHODE DER DATENGEWINNUNG- DER WÜRZBURGER FAHRSIMULATOR | 72 |
| 7 | STUDIE 1: DER UMGANG MIT EINER NEBENAUFGABE ALS MAß FÜR SITUATIONSBEWUSSTSEIN | 75 |
| 7.1 | Fragestellungen des Versuchs | 75 |
| 7.2 | Methodisches Vorgehen | 75 |
| 7.2.1 | Versuchsaufbau | 75 |
| 7.2.2 | Situationen | 76 |
| 7.2.3 | Nebenaufgabe | 85 |
| 7.2.4 | Befragungen | 88 |
| 7.2.5 | Versuchsplan | 90 |
| 7.2.6 | Stichprobe | 90 |
| 7.2.7 | Versuchsablauf | 91 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 7.2.8 | Abhängige Variablen | 92 |
| 7.3 | Ergebnisse | 96 |
| 7.3.1 | Einfluss der Situation auf NA-Bearbeitung | 96 |
| 7.3.2 | Einfluss des Zeitfensters zwischen kritischen Situationen | 98 |
| 7.3.3 | Einfluss der Vorhersehbarkeit auf NA-Bearbeitung | 100 |
| 7.3.4 | Einfluss verschiedener NA-Varianten auf NA-Bearbeitung | 101 |
| 7.3.5 | Einfluss der Situation auf das Blickverhalten | 103 |
| 7.3.6 | Einfluss der Situation auf das kontinuierliche Fahrverhalten | 104 |
| 7.3.7 | Einfluss der NA-Bearbeitung auf Fahrfehler | 110 |
| 7.3.8 | Spezifische Betrachtung einzelner Situationen | 115 |
| 7.3.9 | Situationen mit zweitem Handlungsstrang | 122 |
| 7.3.10 | Subjektive Bewertung von Fahr- und Nebenaufgabe | 125 |
| 7.3.11 | Individuelle Unterschiede | 126 |
| 7.4 | Zusammenfassung der Ergebnisse aus Studie 1 | 134 |
| 7.5 | Diskussion Studie 1 | 137 |

8 STUDIE 2: DER SITUATIONSBEWUSSTE UMGANG MIT EINEM MENÜSYSTEM BEIM FAHREN 139

| | | |
|------------|--|------------|
| 8.1 | Fragestellung | 139 |
| 8.1.1 | Anforderungen an die Nebenaufgabe | 139 |
| 8.1.2 | Hypothesen bezüglich Situationsbewusstsein | 140 |
| 8.2 | Methodisches Vorgehen | 141 |
| 8.2.1 | Versuchsaufbau | 141 |
| 8.2.2 | Situationen | 141 |
| 8.2.3 | Nebenaufgabe | 141 |
| 8.2.4 | Nebenaufgaben-Varianten | 144 |
| 8.2.5 | Versuchsplan | 145 |
| 8.2.6 | Stichprobe | 145 |
| 8.2.7 | Versuchsablauf | 145 |
| 8.2.8 | Abhängige Variablen | 146 |
| 8.3 | Ergebnisse | 148 |
| 8.3.1 | Einfluss der Situation auf NA-Bedienung | 148 |
| 8.3.2 | Einfluss der Situation auf das Blickverhalten | 152 |
| 8.3.3 | Einfluss der Vorhersehbarkeit auf NA-Bedienung | 154 |
| 8.3.4 | Einfluss der Menüstruktur auf NA-Bedienung und Blickverhalten | 156 |
| 8.3.5 | Einfluss von Bedienverhalten und Menüstruktur auf kontinuierliches Fahrverhalten | 160 |
| 8.3.6 | Einfluss von Bedienverhalten und Menüstruktur auf Fahrfehler | 163 |
| 8.3.7 | Klassifikation von Bedienstrategien | 165 |
| 8.3.8 | Subjektive Bewertung von Fahr- und Nebenaufgabe | 171 |
| 8.3.9 | Individuelle Unterschiede | 171 |
| 8.4 | Zusammenfassung der Ergebnisse aus Studie 2 | 175 |
| 8.5 | Diskussion Studie 2 | 177 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 8.5.1 | Situationsbewusster Umgang mit Nebenaufgaben | 177 |
| 8.5.2 | Auswirkungen der Sequentierbarkeit auf die Fahrsicherheit | 178 |
| 8.5.3 | Auswirkungen der Menüstruktur auf die Fahrsicherheit | 179 |
| 9 | ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG..... | 180 |
| 9.1 | Validierung des Modells | 180 |
| 9.1.1 | Prozesse der antizipativen Handlungssteuerung | 180 |
| 9.1.2 | Prozesse der Handlungsabsicherung | 183 |
| 9.2 | Das Konzept Situationsbewusstsein: Abgrenzung zu anderen Konzepten | 184 |
| 9.2.1 | Abgrenzung zu Workload | 184 |
| 9.2.2 | Abgrenzung zu Aufmerksamkeit | 185 |
| 9.2.3 | Abgrenzung zur Hazard Perception | 187 |
| 9.3 | Besonderheiten des vorgestellten Ansatzes im Hinblick auf die Bearbeitung von Nebenaufgaben | 187 |
| 9.4 | Praktische Relevanz und Handlungsempfehlungen | 189 |
| 9.4.1 | Situationsabhängige Grenzen und daraus resultierende Unterstützung durch Fahrerassistenz | 189 |
| 9.4.2 | Personenabhängige Grenzen und daraus resultierende Trainingsmaßnahmen zum situationsbewussten Umgang mit NA | 190 |
| 9.4.3 | Nebenaufgabenabhängige Grenzen und daraus resultierende Gestaltungsempfehlungen für FIS | 192 |
| 9.4.4 | Fazit | 193 |
| 9.5 | Gesamtfazit | 196 |
| 10 | LITERATURVERZEICHNIS..... | 198 |
| 11 | ANHANG | 214 |

ZUSAMMENFASSUNG

Unter dem Begriff des „Situationsbewusstseins“ wird im Allgemeinen die Fähigkeit einer Person verstanden, hoch dynamische bzw. komplexe Situationen umfassend wahrzunehmen und sie richtig zu interpretieren. Dies soll sie befähigen, angemessen in ihnen agieren und auf sie reagieren zu können. In der vorliegenden Arbeit wird diskutiert, inwieweit dieses im Bereich der Luftfahrt entwickelte Konzept auf den Fahrkontext übertragen werden kann. Zudem wird geprüft, ob die gängigen Methoden zur Erfassung in diesem Bereich geeignet sind. Basierend auf bestehenden Definitionen und Modellen werden zwei wesentliche Merkmale von Situationsbewusstsein definiert: Antizipative Prozesse der Handlungsplanung sowie kontrollierende Prozesse der Handlungsabsicherung. Diese sollen es ermöglichen, jederzeit das eigene Verhalten an Veränderungen der Situation anzupassen.

Die methodischen Überlegungen zeigen, dass die bestehenden Ansätze zur Erfassung von Situationsbewusstsein für die Anwendung im Fahrkontext nicht ausreichend sind. Die in der Luftfahrt häufig eingesetzten Befragungsverfahren haben den Nachteil, dass sie nur das explizit berichtbare Wissen einer Person über die Situation abbilden können. Das Fahren stellt dagegen eine primär implizit gesteuerte Handlung dar. Daher wird ein neues Messmodell entwickelt, das vermehrt Verhaltensmaße als Indikatoren für Situationsbewusstsein verwendet. Als Untersuchungsparadigma wird hierfür zusätzlich zur Fahraufgabe eine Nebenaufgabe eingeführt. Dies ermöglicht es, Situationsbewusstsein über das Verhalten in einer konkreten Aufgabe messbar zu machen und die beiden postulierten Prozesse der Handlungsplanung und -absicherung voneinander zu trennen.

Situationsbewusstsein wird in diesem Zusammenhang als wesentliche Voraussetzung für eine flexible Anpassung der Priorisierung von Fahr- und Nebenaufgabe an die aktuellen Kontextbedingungen verstanden. In einem antizipativen Prozess der Handlungsplanung ist zunächst eine Situationseinschätzung erforderlich, um zu entscheiden, ob überhaupt eine Zuwendung zu einer Nebenaufgabe stattfinden kann. Diese muss Wissen um die Anforderungen der Situation, notwendige Reaktionen sowie die Antizipation der wahrscheinlichen Situationsentwicklung beinhalten. Während der Nebenaufgabenbeschäftigung muss zudem sichergestellt werden, dass eventuelle Änderungen der Situationsentwicklung bemerkt werden, die zu einer Verhaltensanpassung führen müssen und damit eine Unterbrechung der Nebenaufgabe erforderlich machen. Dabei handelt es sich überwiegend um Prozesse der Handlungsabsicherung.

Im Rahmen der Arbeit wird eine spezielle Versuchsanordnung in der Fahrsimulation entwickelt, die es ermöglicht, das Situationsbewusstsein eines Fahrers über den Umgang mit einer Nebenaufgabe zu prüfen. Dazu werden dem Fahrer vor unterschiedlich anspruchsvollen Situationen Aufgaben angeboten. Der Fahrer muss sich innerhalb eines vorgegebenen Intervalls entscheiden, ob und wie lange er die Aufgabe bearbeiten möchte. Maße für einen situationsbewussten Umgang mit der Nebenaufgabe stellen die Anpassung des Bedien-, Fahr- sowie des Blickverhaltens

an die Anforderungen der Situation dar. Zusätzlich werden die Auswirkungen auf die Fahrsicherheit betrachtet.

Zur Prüfung der Hypothesen wurden zwei Studien durchgeführt: In Studie 1 wird eine künstliche, stark extern gesteuerte, nur abbrechbare Nebenaufgabe eingesetzt. In Studie 2 soll ein Fahrerinformationssystem mit hierarchischer Menüstruktur bedient werden. Diese Aufgabe kann jederzeit unterbrochen und wieder fortgesetzt werden. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Fahrer durchaus in der Lage sind, situationsbewusst mit einer Nebenaufgabe umzugehen. Dies zeigt sich in angemessenen Entscheidungen, bei hohen Anforderungen seitens der Fahraufgabe die Nebenaufgabe auszulassen bzw. erst verzögert zu beginnen oder sie vor einer kritischen Situation zu unterbrechen. Während der Nebenaufgabenbearbeitung selbst werden kurze Kontrollblicke zurück zur Fahraufgabe ausgeführt. Sie dienen der Überwachung der Situationsentwicklung und werden in ihrer Frequenz und Dauer den Anforderungen der Situation angepasst (die Ergebnisse zum Blickverhalten werden im Rahmen dieser Arbeit nur grob dargestellt - Für detaillierte Auswertungen wird auf die Arbeit von Metz (in preparation) verwiesen). Die individuelle Bedienstrategie erweist sich von generellen Einstellungen gegenüber der Beschäftigung mit Nebenaufgaben und deren Risikoeinschätzung abhängig. Weiterhin können situationsabhängige, personenabhängige und nebenaufgabenabhängige Faktoren identifiziert werden, die die Fahrsicherheit im Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren gefährden.

Anhand der Ergebnisse wird ein 3-Ebenen-Prozess-Modell von Situationsbewusstsein im Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren entwickelt, das sog. **PDC-Modell**. Es beschreibt eine übergeordnete Planungsebene, auf der generelle Strategien für die Beschäftigung mit Nebenaufgaben festgelegt werden („**P**lanning“). Die Entscheidungsebene beinhaltet eine Einschätzung der aktuellen Situation, ob eine kurzfristige Abwendung zu einer Nebenaufgabe möglich ist („**D**ecision“). Auf der Kontrollebene schließlich wird während der Nebenaufgabenbeschäftigung die Situationsentwicklung weiter überwacht und gegebenenfalls Verhaltensanpassungen vorgenommen („**C**ontrol“).

Der dargestellte Untersuchungsansatz stellt eine Erweiterung der Methoden zur Untersuchung von Situationsbewusstsein dar. Er ermöglicht eine eindeutige Abgrenzung des Begriffs zu anderen Konzepten, wie Antizipation, Aufmerksamkeit, Workload oder Gefahrenwahrnehmung. Die Nebenaufgabe wird hier zunächst als methodisches Mittel gesehen. Darüber hinaus erlaubt die Methode, konkrete Handlungsempfehlungen zur Aufrechterhaltung von Situationsbewusstsein bei der Beschäftigung mit Fahrerinformationssystemen abzuleiten.

Die Arbeit wurde im Rahmen des Projekts „Das Konzept des Situationsbewusstseins und seine Implikationen für die Fahrsicherheit“ im Auftrag der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) durchgeführt. Die Ergebnisse des Projekts sind in einem Abschlussbericht zusammengefasst, der in der FAT-Schriftenreihe erschienen ist (Rauch et al., 2008).

1 ZIELSETZUNG DER ARBEIT

Unter dem Begriff des Situationsbewusstseins versteht man allgemein eine korrekte und umfassende Situationswahrnehmung sowie eine adäquate Situationsinterpretation. Gerade in hoch dynamischen und komplexen Umwelten wird hohes Situationsbewusstsein als wichtige Voraussetzung für effizientes Handeln betrachtet. Schwerwiegende Operatorfehler und daraus resultierende Unfälle werden dementsprechend auf mangelndes Situationsbewusstsein zurückgeführt. Das Konzept ist im Anwendungsbereich der Luftfahrt weit verbreitet und hier auch eingehend untersucht. Es existieren spezifisch für die dort herrschenden Anforderungen und Fragestellungen entwickelte Messmethoden.

Auch im Fahrkontext findet der Begriff immer häufiger Anwendung, obwohl in der derzeitigen Forschungslandschaft eine große Diskussion über die genaue Definition des Konstrukts besteht. Zum Teil wird diskutiert, ob der Begriff nicht gar überflüssig ist, weil er durch andere psychologische Konstrukte, wie Aufmerksamkeit, Gefahrenwahrnehmung oder Workload bereits umfassend abgedeckt ist und keinen zusätzlichen Erklärungswert bietet.

Im Zentrum der vorliegenden Arbeit steht die Frage, welche Bedeutung das Konzept des Situationsbewusstseins im speziellen Kontext des Fahrens hat bzw. welche Implikationen sich daraus für die Fahrsicherheit ergeben. Wesentliche Forderung für eine Definition des Begriffs ist, dass er sich gegenüber anderen existierenden Konstrukten klar als eigenständiges Konzept abgrenzen lassen muss.

Zudem muss geprüft werden, mit Hilfe welcher Messverfahren Situationsbewusstsein beim Fahren erfasst werden kann. Es ist hierbei zu diskutieren, ob spezifisch für die Luftfahrt entwickelte Methoden direkt übertragen werden können oder unter Umständen neue Messkonzepte erforderlich sind.

I THEORETISCHER TEIL

2 AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND ZUM KONZEPT DES SITUATIONSBEWUSSTSEINS

2.1 Definitionen und Modelle

Die Betrachtung der im Folgenden dargestellten vielfältigen Definitionen des Begriffs Situationsbewusstsein wird deutlich machen, dass das Konzept nicht so eindeutig zu fassen ist, wie es auf den ersten Blick den Anschein hat. Allgemein wird der Begriff als ein Bewusstsein oder Wissen einer Person über die sie umgebende Umwelt und die dort relevanten Situationselemente betrachtet, das es ihr ermöglicht, angemessen in ihr zu agieren. Vor allem in komplexen und dynamischen Umwelten scheint dies ein bedeutsames Konstrukt zu sein (Kaber & Endsley, 1997). Im Bereich der Luftfahrt wird Situationsbewusstsein daher als eine wichtige Voraussetzung für sicheres und effizientes Handeln betrachtet. Im Umkehrschluss daraus werden schwerwiegende Unfälle aufgrund von Operatorfehlern als Folge mangelnden Situationsbewusstseins interpretiert. Die Gefahr einer solchen Definition besteht in dem Zirkelschluss, den Flach so formuliert: „How does one know that SA was lost? Because the human responded inappropriately? Why did the human respond inappropriately? Because SA was lost“ (Flach, 1995, S.150).

2.1.1 Definitionen von Situationsbewusstsein

Die gängigste Definition von Situationsbewusstsein stammt von Mica Endsley, die sich mit ihrer Arbeitsgruppe intensiv mit dem Konzept im Bereich der Fliegerei beschäftigt hat. Nach ihr ist Situationsbewusstsein „the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future“ (Endsley, 1988, S. 792). Demnach ist Situationsbewusstsein durch drei Teilaspekte gekennzeichnet: Dem Wahrnehmen von Elementen innerhalb einer dynamischen Umgebung, dem Verstehen der Bedeutung dieser Elemente und der Antizipation deren Zustände in der nahen Zukunft.

Eine andere Definition stammt von Wickens (1996): „the continuous extraction of information about a dynamic system or environment, the integration of this information with previously acquired knowledge to form a coherent mental picture, and the use of that picture in directing further perception of, anticipation of, and attention to future events“ (Wickens, 1996, S.1). Auch Wickens definiert Situationsbewusstsein somit als wesentliche Voraussetzung für das Agieren innerhalb einer dynamischen Umwelt. Zudem betont er die Bedeutung des Rückgriffes auf vorhandenes Wissen bzw. mentalen Repräsentationen für das Situationsverständnis.

Grundsätzlich kann zwischen verschiedenen Kategorien von Definitionen unterschieden werden (nach Breton & Rousseau, 2001): In prozess-orientierten Definitionen wird der Begriff als Bezeichnung für die Vielzahl der kognitiven Prozesse

verwendet, die für dynamische und durch Mehrfachanforderungen gekennzeichnete Situationen entscheidend sind (z.B. Sarter & Woods, 1995). Dazu gehören z.B. Wahrnehmung, Aufmerksamkeit oder die Kategorisierung von Informationen. Der Fokus dieser Ansätze liegt auf dem Prozess des Erlangens von Wissen über die aktuelle Situation. Insofern beschreiben sie eher das „situation assessment“ als die „situation awareness“. Diese wird in zustands-orientierten Definitionen (z.B. von Endsley, 1988) als Produkt oder Wissenszustand betrachtet, der von den Prozessen, die zu diesem Zustand führen, abgetrennt werden muss. Häufig werden die Begriffe allerdings synonym verwendet und nicht sauber voneinander getrennt (Pew & Mavor, 1998).

Eine weitere Klassifikation ist nach Durso und Gronlund (1999) auch hinsichtlich der als entscheidend für Situationsbewusstsein betrachteten Determinanten möglich. Der operator-fokussierte Ansatz beschäftigt sich eher mit den Eigenschaften bzw. Mechanismen in der Person, die Situationsbewusstsein beeinflussen. Im Sinne eines klassischen Informationsverarbeitungsansatzes werden verstärkt die kognitiven Prozesse betrachtet, die die Produktion der mentalen Repräsentation einer Situation unterstützen. Dominguez (1994) zählt dazu beispielsweise die Informationsextraktion, die Informationsintegration, den Aufbau eines mentalen Bildes sowie die Projektion und Antizipation. Endsley definiert Wahrnehmung, Verständnis und Antizipation als die drei entscheidenden kognitiven Prozesse oder Funktionen zur Erlangung von Situationsbewusstsein.

Der situations-fokussierte Ansatz beschäftigt sich dagegen eher mit der Übereinstimmung relevanter Informationen der Situation mit der mentalen Repräsentation dieser Informationen in der Person. Die Situation wird dabei als eine Kombination von Ereignissen, Objekten, Systemen, anderen Personen und deren Interaktionen verstanden. Pew (2000) definiert eine Situation als „a set of environmental conditions and system states with which the participant is interacting that can be characterized uniquely by a set of information, knowledge, and response options“ (Pew, 2000; S.4). Nach Pew umfasst Situationsbewusstsein nicht nur Wissen über die umgebende Umwelt (z.B. die räumliche Lage von Objekten) oder ein System, sondern auch über die Ziele und die verfügbaren physischen und psychischen Ressourcen des Operators.

2.1.2 Modell von Endsley

Zur Beschreibung des Konzepts Situationsbewusstsein hat sich das Modell von Endsley weitgehend durchgesetzt (Endsley, 1995b; siehe Abbildung 2-1). Sie geht, entsprechend ihrer Definition, von drei Ebenen des Situationsbewusstseins aus, die verschiedene Stufen der Informationsverarbeitung repräsentieren.

Auf Ebene 1 erfolgt die Wahrnehmung der kritischen Umgebungsfaktoren innerhalb einer dynamischen Umwelt („perception of the elements in the environment“). Auf Ebene 2 werden die einzelnen Informationen aus Ebene 1 zusammengebracht. Durch das Verständnis der Bedeutung der einzelnen Ereignisse und Objekte („comprehension of the current situation“) wird ein holistisches Bild der Situation geschaffen. Auf Ebene 3 erfolgt daraus schließlich die Antizipation der zukünftigen Situationsentwicklung („projection of future status“).

Endsley betont die Bedeutung der zeitlichen Dynamik in der Formulierung des „Awareness“-Begriffs (Endsley, 2000a). Dabei ist ein kritischer Faktor die Abschätzung der Zeit, bis ein Ereignis geschieht oder eine bestimmte Handlung ausgeführt werden muss. Die Dynamik der Situation fordert zudem vom Operator die Einschätzung, wie schnell sich Informationen ändern können und beeinflusst so die Möglichkeit, zukünftige Zustände zu antizipieren. Außerdem zwingt sie den Operator dazu, seine aktuelle Situationseinschätzung permanent zu erneuern.

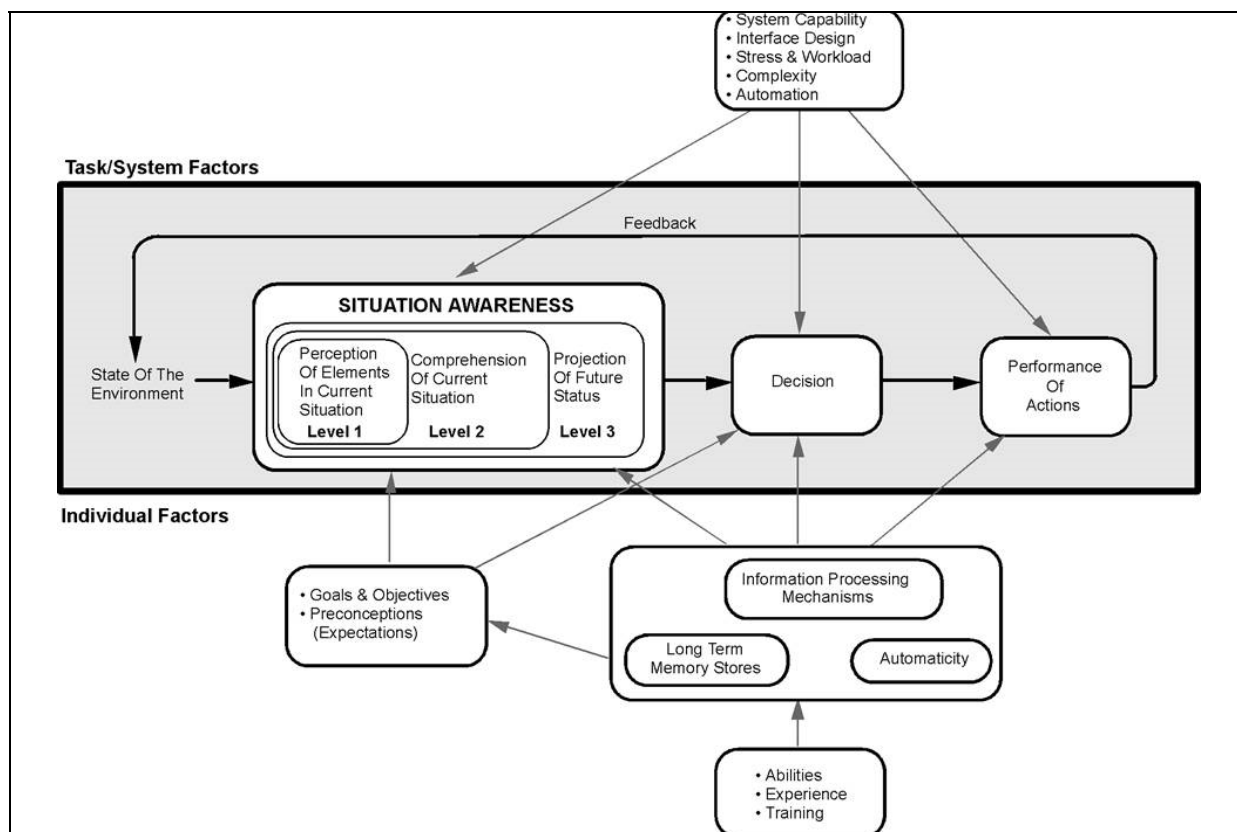


Abbildung 2-1: Modell von Situationsbewusstsein nach Endsley (1995b).

Explizit nicht Bestandteil von Situationsbewusstsein nach Endsley ist die Wahl einer geeigneten Handlung und die Ausführung derselbigen. Diese resultieren dem Modell zufolge aus dem Situationsbewusstsein und werden maßgeblich von diesem beeinflusst. Situationsbewusstsein wird als eine separate Stufe vor dem Entscheidungsprozess betrachtet. Ihrer Meinung nach ist es beispielsweise möglich, trotz adäquatem Situationsbewusstsein eine falsche Entscheidung zu treffen, die auf andere Faktoren (z.B. fehlende Erfahrung, Persönlichkeitsfaktoren, unangemessene Strategien) zurückgeführt werden kann. Umgekehrt können trotz mangelndem Situationsbewusstsein richtige Entscheidungen getroffen werden. Wie aus Abbildung 2-1 ersichtlich, wirken nach Endsley eine Vielzahl von personenabhängigen (z.B. Ziele und Erwartungen des Operators) und aufgabenabhängigen Faktoren (z.B. Stress, Workload und Automation) auf die postulierten Prozesse.

2.1.3 Modell von Adams, Tenney & Pew

Adams, Tenney und Pew (1995) betonen in ihrem Modell von Situationsbewusstsein den zyklischen Prozess zwischen dem Produkt des Situationsbewusstseins (als

Wissen über die Situation) und dem Prozess der Situationserfassung (als permanente Aktualisierung des Situationsmodells). Operator und Umwelt interagieren dabei miteinander.

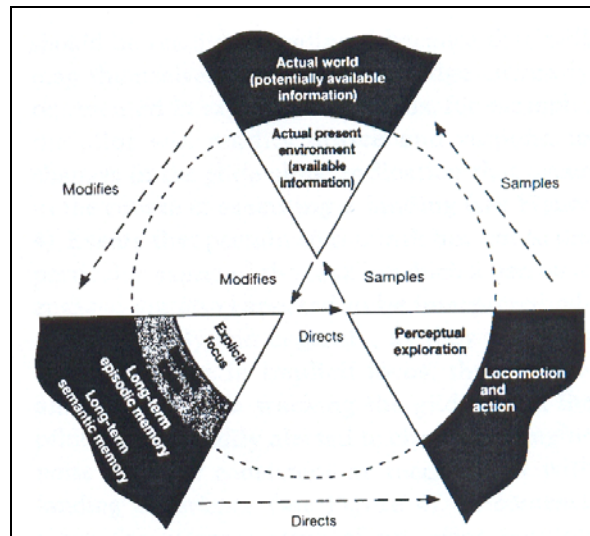


Abbildung 2-2: „Modified view of the perceptual cycle“ nach Neisser (1976) aus Adams et al. (1995).

Ihr Modell basiert auf dem Wahrnehmungszyklus von Neisser (1976). Die drei Elemente „perceived environment“, „memory schema“ und „active exploration“ bilden darin ein zyklisches Netzwerk, das hauptsächlich von Handlungsprozessen kontrolliert wird. Situationsbewusstsein wird dabei als aktiver Prozess zielgeleiteter Informationssuche und Aufmerksamkeit und weniger als die passive Aufnahme und Speicherung von Informationen verstanden (siehe Abbildung 2-2). Situationsbewusstsein ist nicht nur von der Situation beeinflusst, sondern auch davon, wie die Person in ihr agiert. Im Gegensatz zu dem streng hierarchischen Modell von Endsley kann in diesem Modell jeder der drei genannten Prozesse als der Beginn eines Kreislaufs betrachtet werden.

Adams et al. wenden ihren Ansatz auf Situationen mit Mehrfachanforderungen im Cockpit an: Dort müssen verschiedene Aufgaben bezüglich ihres zeitlichen Ablaufs sowie ihrer Priorisierung anhand von Wichtigkeit oder bestimmter zeitlicher Einschränkungen koordiniert werden. Besonders Ablenkungen und Unterbrechungen können hier zu Problemen führen. Die effiziente Aufteilung der Aufmerksamkeit ist bei solchen Mehrfachaufgaben daher eine entscheidende Anforderung. Der Operator muss in der Lage sein, relevante Aspekte zu filtern und irrelevante zu ignorieren. Bei manchen Informationen im Cockpit wird bereits durch die Darbietungsform deutlich, ob sie wichtig sind oder nicht (z.B. durch spezielle farbliche Kennzeichnung), andere müssen erst bewusst verarbeitet werden, um zu entscheiden, ob sie wichtig sind. Vor allem in dynamischen Kontexten kann es dabei zu Fehlinterpretationen kommen.

Die Entscheidung über einen Aufgabenwechsel wird anhand des Wissens um den aktuellen Status und der Struktur der Aufgabe getroffen. Dazu gehört u.a. das Wissen über deren Dringlichkeit, Kritikalität sowie den Grad der Aktivierung der entsprechenden Informationen. Besonders betont wird in dem Zusammenhang die

Bedeutung der Expertise: Eine Reihe von Studien belegen, dass Experten über bessere Strategien in der Aufgabenplanung (vgl. Schneider & Detweiler, 1988) verfügen als Novizen.

2.1.4 Modell von Smith & Hancock

Smith und Hancock (1995) definieren Situationsbewusstsein als „externally directed consciousness“ und sehen darin eine Voraussetzung für zielgerichtetes Verhalten in einer dynamischen Umgebung. Innerhalb ihres Konzepts spielt der Begriff der „Adaptation“ eine besondere Rolle. Darunter wird „the process by which an agent channels its knowledge and behaviour to attain goals as tempered by the conditions and constraints imposed by the task environment“ verstanden (Hollands, 1975; zitiert nach Smith & Hancock, 1995). Die Person muss in der Lage sein, ihr Verhalten der Umwelt und den mit ihr verbundenen Bedingungen und Einschränkungen anzupassen, um als situationsbewusst zu gelten („having the right stuff“).

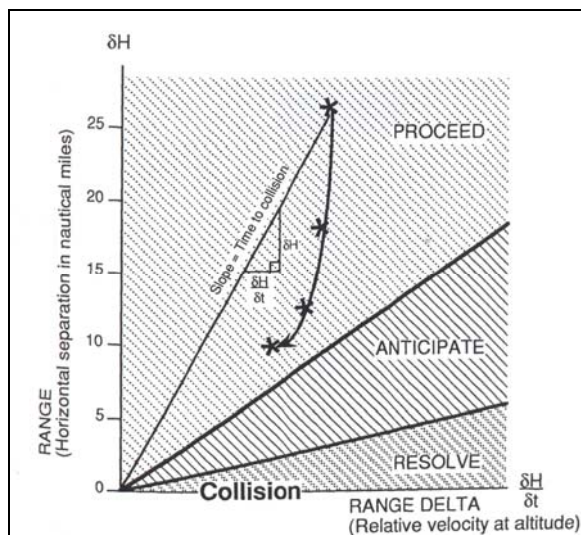


Abbildung 2-3: Der Risk Space zur Operationalisierung von Situationsbewusstsein in der Luftfahrt (aus: Smith & Hancock, 1995).

Die Vorstellung ist, dass die Ziele der Person von außen durch die Umweltbedingungen gesteuert werden und deren Verhaltensmöglichkeiten einschränken. Unter der Voraussetzung, dass ein externes Ziel formuliert werden kann und normative Kriterien für ein angemessenes Verhalten spezifiziert werden können, wird es möglich, Situationsbewusstsein über die Güte der Verhaltensadaptation an eine bestimmte Situation messbar zu machen. Smith und Hancock operationalisieren Situationsbewusstsein über einen multidimensionalen Risk Space (am Beispiel der Luftfahrt; vgl. Abbildung 2-3). Die Achsen dieses Risk Space bilden die Umweltfaktoren, die beachtet werden müssen, um vorgegebene Normen des Verhaltens zu erreichen (im Beispiel Abstand und Relativgeschwindigkeit zu einem anderen Flugzeug und daraus berechnete Time to Collision TTC). Zusätzlich werden Schwellenwerte definiert, die den Risk Space in verschiedene Entscheidungsregionen aufteilen. Jede dieser Entscheidungsregionen ist mit einer bestimmten Menge an geeigneten Handlungsalternativen verknüpft (z.B. die Einleitung eines Ausweichmanövers im Fall einer kritischen TTC).

2.1.5 Fazit

Insgesamt hat sich im vorangegangenen Kapitel gezeigt, wie unterschiedlich das Konzept des Situationsbewusstseins verstanden wird und wie schwer es zu fassen ist. Einige Autoren bezeichnen Situationsbewusstsein daher sogar als „unmeasurable psychic ability“ (Forrester, 1978). Nach Sarter und Woods (1995) ist gar überhaupt keine sinnvolle Definition des Begriffs möglich: „there is no point in trying to define SA.“ Entsprechend heterogen sind auch die bestehenden Modelle zur Beschreibung des Konstrukts. Die folgende Tabelle 2-1 fasst die beschriebenen Modelle von Situationsbewusstsein unterschiedlicher Autoren noch einmal zusammen und beschreibt deren wesentliche Kennzeichen. Es zeigt sich, dass jedes der Modelle verschiedene Schwerpunkte setzt, wobei noch zu klären ist, wie bedeutsam diese für ein umfassendes Verständnis des Begriffs sind.

Tabelle 2-1: Zusammenfassung ausgewählter Modelle von Situationsbewusstsein und deren wesentliche Kennzeichen.

| Modell | Beschreibung/wesentliche Kennzeichen |
|----------------------------|---|
| Endsley (1995b) | Fokussierung auf Informationsverarbeitungsprozesse, Annahme von 3 Ebenen (perception, comprehension, anticipation), Betonung der zeitlichen Dynamik, Abgrenzung des Situationsbewusstseins von Entscheidungsprozessen und Handeln |
| Adams, Tenney & Pew (1995) | Berücksichtigung der Interaktion Person-Umwelt, Auflösung der Trennung zwischen Prozess und Produkt von Situationsbewusstsein, Anwendung des Modells auf Multitasking-Situationen im Cockpit |
| Smith & Hancock (1995) | Ökologischer Ansatz, Situationsbewusstsein als Güte der Verhaltensanpassung an die gegebenen Umweltbedingungen messbar, konkrete Operationalisierung des Begriffs über sog. risk space |

Viele Definitionen sind darüber hinaus nur sehr allgemein gehalten und liefern über bestehende Ansätze der menschlichen Informationsverarbeitung und Entscheidungsfindung hinaus keinen zusätzlichen Erklärungsbeitrag. Häufig wird der Begriff lediglich als Sammelbegriff für sämtliche kognitive Prozesse verwendet, die es einer Person ermöglichen, innerhalb eines dynamischen Umfeldes zu agieren.

Sarter und Woods (1991) beschreiben das Problem folgendermaßen: „situation awareness- similar to the concept of „mental models“- has become a ubiquitous phrase and the frequent topic of research projects even without consensus on its meaning“ (S. 55). Es kann die Frage aufgeworfen werden, ob die Definition eines neuen Begriffs „Situationsbewusstsein“ überhaupt notwendig bzw. gerechtfertigt ist. Nur wenn der Begriff sich klar gegenüber bereits bestehenden Konstrukten, wie z.B. Aufmerksamkeit, abgrenzen kann und einen Mehrwert zur Erklärung menschlichen Verhaltens liefert, ist seine Existenz berechtigt.

2.2 An Situationsbewusstsein beteiligte kognitive Prozesse

In dem Begriff des Situationsbewusstseins sind eine Reihe kognitiver Prozesse zusammengeführt, z.B. Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnisprozesse, mentale Modelle (siehe Abbildung 2-4). Das folgende Kapitel beschreibt diese Prozesse eingehender im Hinblick auf ihre Bedeutung für das Konzept. Dabei wird sich zeigen, dass alle diese Prozesse zwar notwendig, aber aufgrund ihrer Einschränkungen nicht hinreichend für die Erklärung eines umfassenden Modells von Situationsbewusstsein sind.

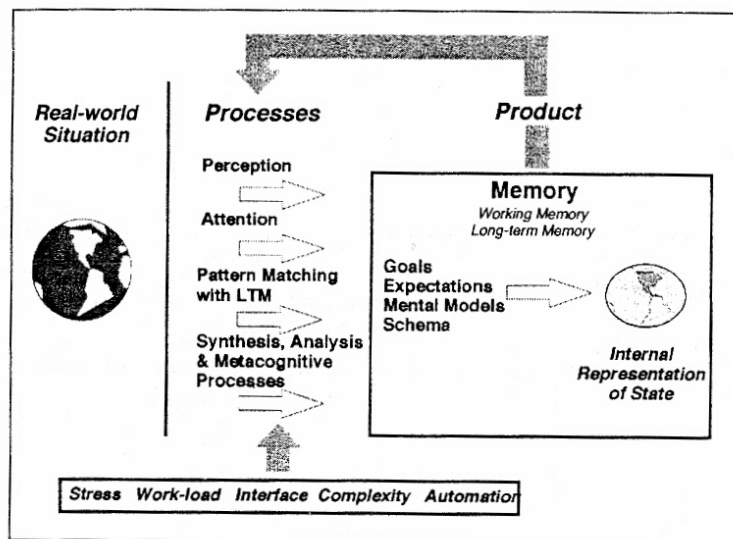


Abbildung 2-4: An Situationsbewusstsein beteiligte kognitive Prozesse (aus Endsley, 2000a).

2.2.1 Wahrnehmung und Aufmerksamkeit

Die Aufmerksamkeit kann als Selektionsprozess betrachtet werden, der darüber entscheidet, welche Teile der Umwelt in die mentale Repräsentation der Situation mit einbezogen werden. So formuliert Lamme: „Attention is selection. It is best described as a set of mechanisms that enable the better routing of sensory inputs towards the executive systems of the brain“ (Lamme, 2000, S.399).

Dieser Prozess kann sowohl bottom-up als auch top-down gesteuert sein (z.B. Durso & Gronlund, 1999; vgl. auch Abbildung 2-5). Der top-down Prozess ist streng handlungsgeleitet und lenkt die Aufmerksamkeit entsprechend den Erwartungen oder Intentionen des Operators auf ganz bestimmte Reize der Umwelt. Ergebnisse von Gugerty (1998) zeigen beispielsweise, dass Autofahrer mehr Aufmerksamkeit auf Fahrzeuge vor ihnen als auf Fahrzeuge hinter ihnen oder weiter weg richten. Die Aufmerksamkeitsverteilung entspricht somit der Bedeutung der Fahrzeuge für den Fahrer. Der Vorteil des top-down Prozesses ist, dass unter Zuhilfenahme von bestehenden Schemata im Langzeitgedächtnis Erwartungen über Reize gebildet werden können, die noch gar nicht vorhanden sind. Ein Nachteil dabei ist, dass unter

Umständen durch falsche Erwartungen und dadurch Aktivierung falscher Schemata die Aufmerksamkeit auf falsche Reize gelenkt wird.

Im Gegensatz dazu können besonders saliente Reize (z.B. plötzliche laute Geräusche oder sich bewegende Objekte in einer sonst statischen Umwelt) die Aufmerksamkeit von sich aus auf sich ziehen. In diesem Fall wird die Aufmerksamkeit bottom-up gesteuert: Durch einen solchen Reiz wird ein sog. Orientierungsreflex ausgelöst, der eine Suche nach der Reizursache folgt. Er ist häufig bereits mit motorischen Funktionen verbunden. Ist die Reizintensität gering, erfolgt in der Regel eine „Hin-zu“ Bewegung, ist sie sehr hoch, setzt eine Defensivreaktion ein.

Die rein sensorische Wahrnehmung von Informationen ist nicht gleichzusetzen damit, dass sie auch „gesehen“ wurde. Dafür ist vielmehr erforderlich, dass sie mit Aufmerksamkeit belegt und somit weiter kognitiv verarbeitet wurde. Unter bestimmten Umständen kann es dazu kommen, dass selbst ein besonders auffälliger Reiz keine Aufmerksamkeit auf sich zieht. Die Folge können gravierende Wahrnehmungsfehler sein, wie sie z.B. bei Verkehrsunfällen auftreten (für eine Übersicht siehe Hills, 1980; zitiert nach Simons, 2000): Nach einem Unfall geben Fahrer oft an, den anderen erst gar nicht richtig gesehen zu haben. Cairney und Catchpole (1995; zitiert nach Simons, 2000) schätzen, dass 69 bis 80% aller Kreuzungsunfälle darauf zurückgeführt werden können, dass die Anwesenheit eines anderen Fahrzeugs zu spät bemerkt wurde. Dieses Problem wird als sog. looked-but-failed-to-see Phänomen (LBFS) oder als Inattentional Blindness bezeichnet (Simons, 2000). Es meint den „failure to notice salient and distinct objects [...] something that is potentially relevant but not expected“. Herslund und Jørgensen (2003) bzw. Brown (2005) vermuten als Ursache für looked-but-failed-to-see-Unfälle unangemessene Suchstrategien und/oder Fehler in der mentalen Verarbeitung durch die Fahrer. Ein anderes Beispiel kommt aus der Luftfahrt: In einer Studie von Haines (1991) mussten Piloten im Flugsimulator unter schlechten Sichtbedingungen unter Zuhilfenahme eines Head-Up-Displays landen. Während der Landung tauchte auf der Landebahn plötzlich ein unerwartetes Flugzeug auf. Obwohl dieses voll sichtbar war, landeten 2 von 8 Piloten durch das Hindernis hindurch, ohne es zu bemerken.

Diese Befunde verdeutlichen, dass selbst die bottom-up gesteuerte Aufmerksamkeitszuwendung in der Regel nie ohne den gleichzeitigen Einfluss von top-down Prozessen abläuft. Das „attentional set“ der Person (sucht die Person nach dem Reiz?) spielt eine erhebliche Rolle dabei, ob eigentlich auffällige Reize die Aufmerksamkeit tatsächlich auf sich ziehen oder nicht (Simons, 2000). Diese Beobachtungen machen es notwendig, den Begriff des Orientierungsreflexes um die Vorstellung sog. pre-attentive fixations zu erweitern, die bereits spezifische Erwartungen beinhalten. Damit ist ein exploratives Scannen der Umwelt mit kurzen Fixationen gemeint („ist etwas los?“), das dem permanenten Abgleich von erwarteten und tatsächlichen Umweltzuständen dient. Tritt eine Abweichung auf, hat dies eine Orientierungsreaktion zur Folge. Sind die Erwartungen fehlerhaft oder unvollständig, bleibt eine solche aus oder wird auf die falschen Elemente gerichtet.

Nach Jones und Endsley (1996) ereignen sich die meisten (76,3%) auf mangelndes Situationsbewusstsein zurückgeführten Fehler aufgrund solcher Situationen, in

denen zwar alle Informationen vorhanden waren, aber der Operator diese nicht beachtete, unter anderem weil er sie nicht als Gefahr betrachtete oder weil die Aufmerksamkeit auf andere Reize gerichtet war.

Um innerhalb einer sich ständig ändernden Umwelt agieren zu können, müssen die beschriebenen top-down und bottom-up Prozesse demnach sinnvoll miteinander verschaltet werden. Shinoda et al. (2001) nennen dies das "scheduling problem": "The visual system must balance the selectivity of ongoing task-specific computations against the need to remain responsive to novel and unpredictable visual input that may change the task agenda" (Shinoda, Hayhoe & Shrivastava, 2001, S. 35/36).

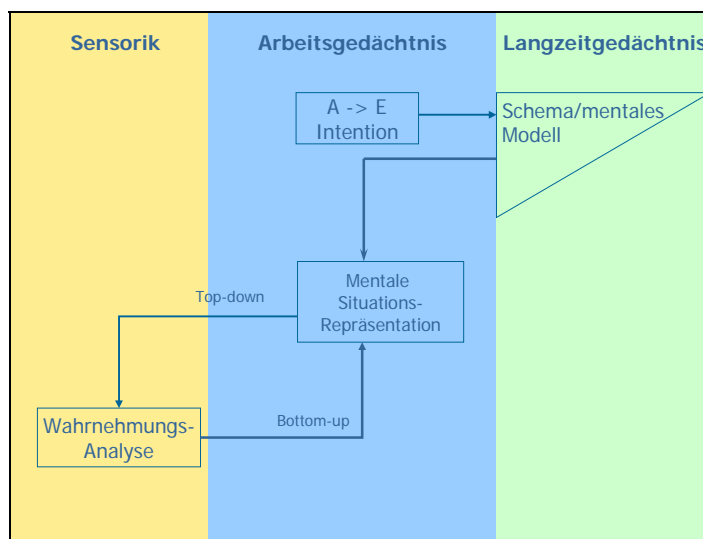


Abbildung 2-5: Top-down und bottom-up Prozesse in der Handlungssteuerung.

2.2.2 Gedächtnisprozesse und Bewusstsein

Situationsbewusstsein kann nach Endsley (2000b) weder eindeutig ausschließlich als Funktion des Arbeitsgedächtnisses noch als Funktion des Langzeitgedächtnisses (LZG) betrachtet werden. In einer Studie von Endsley (1990, 1995a) zeigte sich, dass Piloten auch noch 5 bis 6 Minuten nach dem Einfrieren einer Situation relevante Informationen wiedergeben konnten, ein Zeitraum, der eindeutig nicht mehr dem Arbeitsgedächtnis zugeordnet werden kann. Dies scheint die Hypothese eines Kognitionsmodells zu stützen, in dem das Arbeitsgedächtnis als aktivierte Teilmenge des Langzeitgedächtnisses verstanden wird (Cowan, 1988). Nach diesem Modell (siehe Abbildung 2-6) werden die Informationen direkt vom sensorischen Gedächtnis ins Langzeitgedächtnis transferiert, was für die Mustererkennung und die Codierung der Informationen relevant ist. Die durch eine gezielte Aufmerksamkeit oder automatische Aktivierung salienten Anteile der Umwelt verbleiben im Arbeitsgedächtnis als herausragende Teilmenge des Langzeitgedächtnisses. Dadurch können Informationen aus der Umwelt innerhalb des aktivierten mentalen Modells oder Schemas gespeichert werden. Das aktive Schema dient daraufhin als umfangreiche Datenquelle zur Interpretation der Situation. Es enthält u.a. Mechanismen zur Verarbeitung der Daten und Voreinstellungen, um fehlende Informationen ergänzen zu können.

Durso und Gronlund (1999) beziehen sich auf ein vergleichbares Modell von Ericsson und Kintsch (1995), um den Zusammenhang zwischen Arbeits- und Langzeitgedächtnis zu erklären. In diesem Modell deuten Hinweisreize im Arbeitsgedächtnis auf Informationen aus dem LZG hin. Dies erlaubt Experten, Informationen schnell ins LZG einzuspeichern und schnell wieder abzurufen. Nach Kihlstrom (1984) werden in einem solchen Modell eines einzigen Gedächtnisspeichers diejenigen Anteile bewusst, die zu einem bestimmten Zeitpunkt aktiviert sind, d.h. durch entsprechende Aufmerksamkeitsprozesse bewusst gemacht wurden. Sämtliche übrigen Wissensanteile, die über den sensorischen Speicher weiter ins Gedächtnis gelangt sind, sind nicht unbewusst, sondern prinzipiell verfügbar. Durch eine Verschiebung der Aufmerksamkeit können diese Aspekte ebenfalls dem Bewusstsein zugänglich gemacht werden. Lediglich die Anteile, die nur eine frühe sensorische Verarbeitung erfahren haben, bleiben unbewusst.

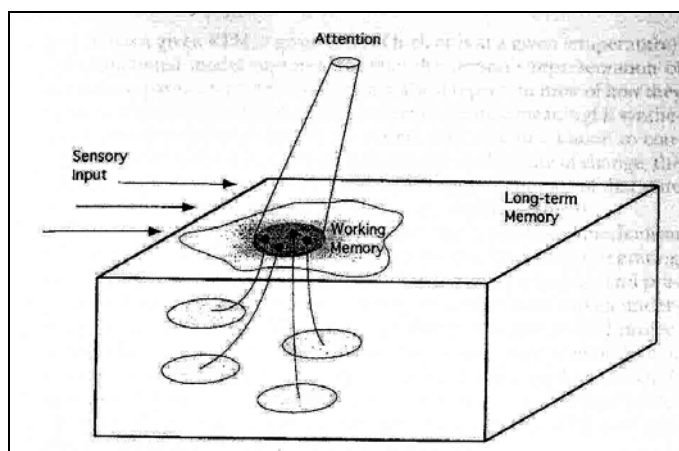


Abbildung 2-6: Das Arbeitsgedächtnis als aktivierte Teilmenge des Langzeitgedächtnisses (nach Cowan, 1988; aus Endsley, 2000a).

Nach Lamme (2003) kann grundsätzlich zwischen bewussten und unbewussten Gedächtnisinhalten unterschieden werden. Der Aufmerksamkeitsprozess läuft davon unabhängig ab. Die Aufmerksamkeit bestimmt demnach nicht, ob ein Zustand bewusst oder nicht bewusst ist, sondern nur, ob ein Stimulus so „stabil“ im Arbeitsgedächtnis gespeichert ist, dass er zu einem späteren Zeitpunkt wieder berichtet werden kann. Dies impliziert, dass Inhalte auch ohne gerichtete Aufmerksamkeit bewusst sein können, jedoch nicht berichtet oder erinnert werden können. Lamme nennt es das „Problem of reportability: what we usually call awareness is the report about awareness; the subject saying ‚I saw the thing‘.“ (Lamme, 2000, S.401). Prüft man Bewusstsein über verbale Berichte ab, wird man daher nur über Aufmerksamkeit identifizierte Elemente erhalten.

Diese Unterscheidung ist relevant für die Definition und die Messung des Begriffs Situationsbewusstsein. Will man darunter das relevante Wissen über eine Situation verstehen, muss zunächst differenziert werden, welche Wissensanteile

- (1) überhaupt bewusst sind,
- (2) welche zwar bewusst sind, aber nicht berichtet werden können, sondern sich nur indirekt im Verhalten zeigen (implizites Wissen),

- (3) welche bewusst berichtbar sind (explizites Wissen) und über entsprechende Befragungsmethoden erfasst werden können.

Nach Smith und Hancock (1995) sollte Situationsbewusstsein nicht nur mit dem Wissen, das der Operator bewusst verbalisieren kann, gleichgesetzt werden.

2.2.3 Schemata, mentale Modelle und Situationsmodelle

Ein immer wieder angesprochenes zentrales Element in vielen Modellen von Situationsbewusstsein sind Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis in Form von mentalen Modellen oder Schemata (Endsley, 1988; 1995b). Sie dienen dazu, die Situation unter Rückgriff auf frühere Erfahrungen zu interpretieren und Antizipationen über deren wahrscheinliche Entwicklung zu bilden.

Bartlett (1932/1961) definiert Schemata als: „active organisation of past reactions, or of past experiences, which must always be supposed to be operating in any well-adapted organic response“ (S. 201). Schemata werden hier als unbewusst arbeitende generische Strukturen betrachtet, die sich aktiv mit Erlebnissen auseinandersetzen. Dabei unterliegen wiederholte Aktivierungen eines Schemas zwar einer gewissen Regelmäßigkeit, sind aber nie völlig identisch (Ginsburg & Opper, 1969, zitiert aus Eckblad, 1981). Bei einer Greifbewegung nach einer Tasse beispielsweise kann die Hand sich von verschiedenen Startpunkten aus mit unterschiedlichen Trajektorien und unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegen. Dennoch kann das Ziel immer erfolgreich erreicht werden. Schemata können zudem entsprechend der vorliegenden Umwelteinflüsse modifiziert und stärker differenziert werden. Diese Prozesse sind nach Piaget (1952) notwendig für die kognitive Anpassung („Adaptation“) des Individuums an seine Umwelt.

In der aktuellen Kognitionspsychologie sind Schematheorien vor allem durch die Arbeiten von Minsky (1975) und Rumelhart (1975) angeregt worden. Dabei wird angenommen, dass Schemata hierarchisch organisiert sind. Auf einer übergeordneten Ebene existiert komplexes Bereichswissen, das ganz grundsätzliche Eigenschaften z.B. einer Situation beschreibt. Auf darunter liegenden Ebenen werden diese allgemeinen Eigenschaften mit Hilfe konditionaler Informationen durch Merkmale der konkreten Situation gefüllt. Dies ermöglicht eine kontextabhängige Interpretation der Situation. Besitzt das System keine Informationen über bestimmte Situationsmerkmale, werden hier in der Regel bestimmte Voreinstellungen eingesetzt, die typische Eigenschaften der Situation beschreiben. Dies ermöglicht es, Erwartungen über die wahrscheinliche Entwicklung der Situation zu bilden und somit die Anforderungen an die Informationsverarbeitung zu reduzieren. Der Nachteil dieser Voreinstellungen ist, dass es zu Gedächtnisfehlern und Wahrnehmungsfehlern kommen kann. So werden unter Umständen Änderungen der Situationsmerkmale nicht wahrgenommen und entsprechende Voreinstellungen nicht überschrieben.

Zwischen den Mitgliedern eines Schemas gibt es Typikalitätsunterschiede. Das typischste Mitglied innerhalb einer Kategorie wird dabei als „Prototyp“ bezeichnet. Versuche von Eleanor Rosch (1973), in der Probanden typische vs. untypische Vögel klassifizieren sollten, haben gezeigt, dass bestimmte Mitglieder einer Kategorie eher

als deren typische Vertreter angesehen werden. Diese werden auch schneller als der Kategorie zugehörig erkannt. Der Prototyp ist auf einem mittleren Abstraktionslevel innerhalb einer Begriffshierarchie, der sog. Basisebene, zu finden. Er enthält eine Menge charakteristischer, aber nicht unbedingt notwendiger Merkmale. Die Begriffszugehörigkeit ergibt sich aus der Ähnlichkeit mit dem Prototypen und variiert graduell. Je weniger gemeinsame Merkmale ein Objekt mit dem Prototypen hat, desto eher kann es zu alternativen Kategorisierungen kommen.

Die hier beschriebenen Eigenschaften von Schemata sind innerhalb einer dynamischen und von Mehrfachaufgaben geprägten Umwelt essentiell. Ein Schema muss sowohl den typischen Fall oder Ablauf eines Ereignisses (Prototyp) als auch weniger typische Ereignisse umfassen, die sich potenziell entwickeln könnten. Zudem muss es permanent erweiterbar sein und flexibel an die Kontextbedingungen angepasst werden können.

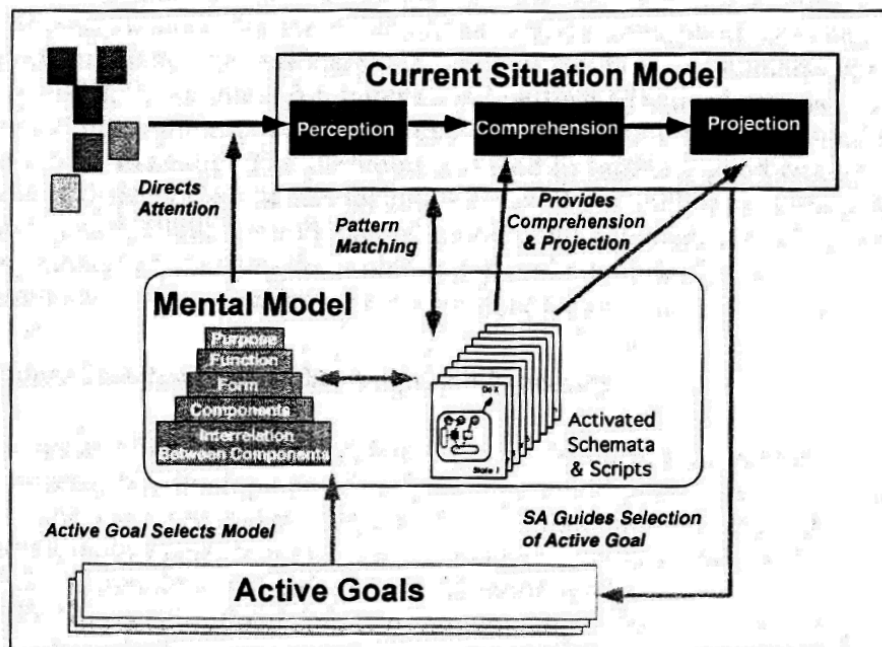


Abbildung 2-7: Die Bedeutung von Zielen, mentalem Modell und Situationsmodell im Modell von Endsley (aus: Endsley, 2000a).

Endsley berücksichtigt in ihrem Modell des Situationsbewusstseins diese flexible Anpassung eines Schemas an die Kontextbedingungen, indem sie die den Schemabegriff durch die Begriffe des mentalen Modells und des Situationsmodells ersetzt. Dabei versteht sie unter einem mentalen Modell (Johnson-Laird, 1983) eine übergeordnete Wissensbasis. Aus dieser werden, beeinflusst von den gerade aktiven Zielen des Handelnden, kontextabhängige Schemata oder bestimmte Skripten der geeigneten auszuführenden Handlung (typische Ereignissequenzen) aktiviert, die die Auswahl der richtigen Handlung erleichtern (siehe Abbildung 2-7). Dazu werden kritische Reize in der Umgebung mit dem mentalen Modell verglichen, um den geeignetsten Vertreter des Schemas auszuwählen und so eine unmittelbare Situationsklassifikation und –verständnis zu ermöglichen. Das Ergebnis ist das sog.

Situationsmodell (Van Dijk & Kintsch, 1983). Dieses enthält die Anteile, die mit Aspekten aus der aktuellen Umwelt angefüllt werden. Brewer (1987; in Durso & Gronlund, 1999; S. 298) definiert das Situationmodell als „creation of the moment“, Durso und Gronlund (1999) als „instantiation processes [that] create a token of the mental model“ (S. 298). Im Gegensatz zum mentalen Modell befindet sich das Situationsmodell demnach nicht im Langzeitgedächtnis, sondern im Langzeitarbeitsgedächtnis (als ausgewählte aktivierte Teilmenge des Langzeitgedächtnisses).

Situationsbewusstsein meint also die adäquate Auswahl eines Situationsmodells aus dem mentalen Modell entsprechend der aktiven Ziele. Dies impliziert allerdings, dass die Auswahl des Situationsmodells top-down basiert ist und sich meist auf den am wahrscheinlichsten zu erwartenden „prototypischen“ Verlauf der Situation bezieht. Dies entlastet zwar auf der einen Seite das Arbeitsgedächtnis, kann aber bei der Auswahl und Interpretation von Informationen zu systematischen Fehlern und somit zu mangelhaftem Situationsbewusstsein führen (Fracker, 1988). Nach Jones und Endsley (1996) basieren 7% der auf mangelndes Situationsbewusstsein zurückgeführten Fehler auf einem fehlenden oder unzureichenden mentalen Modell. Weitere 6,5% der Fehler resultieren aus der Aktivierung des falschen Situationsmodells, was ein mangelhaftes Verständnis der Situation zur Folge hat. Weitere 4,6% der Fehler entstehen aus einem übermäßigen Vertrauen in die vom mentalen Modell vorgegebenen Default-Werte. Insgesamt können 18% der auf mangelndes Situationsbewusstsein zurückgeführten Fehler als Probleme im Bezug auf mentale Modelle oder die falsche Auswahl eines Situationsmodells betrachtet werden.

2.2.4 Fazit

Die folgende Tabelle 2-2 fasst noch einmal ausgewählte, für Situationsbewusstsein als bedeutsam diskutierte Prozesse zusammen und erläutert, inwiefern sie zwar notwendig, aber nicht hinreichend für ein umfassendes Verständnis dieses Konstrukts erscheinen.

Tabelle 2-2: Beschreibung ausgewählter, für Situationsbewusstsein als bedeutsam diskutierter Prozesse und ihrer Einschränkungen.

| Kognitiver Prozess | Beschreibung | Einschränkungen in Bezug auf Situationsbewusstsein |
|--|---|---|
| Wahrnehmung/ Aufmerksamkeit | Selektion handlungsrelevanter Reize, über top-down-Prozesse (intentionsgeladete) vs. bottom-up-Prozesse (reizgesteuerte) erreichbar | Gefahr der „inattentional blindness“ gegenüber unerwarteten Reizen; optimale Balance zwischen der Aufmerksamkeitsausrichtung entsprechend den Erwartungen und Offenheit gegenüber potenziellen Situationsänderungen |
| Gedächtnis | Arbeitsgedächtnis als aktivierte Teilmenge des Langzeitgedächtnisses, Trennung zwischen unbewussten und bewussten (d.h. mit Aufmerksamkeit belegten) Wissensanteilen bzw. bewusst berichtbaren vs. bewusst, aber nicht berichtbaren Wissensinhalten | Gefahr der Fokussierung auf bewusst berichtbare Wissensinhalte; Ignorierung impliziter Wissensanteile (sowohl in der Definition als auch der Messung von SB) |
| Schemata/ mentale Modelle/ Situationsmodelle | Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis zur Erleichterung der Situationsinterpretation und -antizipation, Anpassung an aktuelle Kontextbedingungen (Situationsmodell) | Gefahr der Ausrichtung auf einen „Prototypen“, entsprechend der am wahrscheinlichsten zu erwartenden Situationsentwicklung; Übersehen weniger wahrscheinlicher Kategorienmitgliedern des Schemas |

2.3 Bestehende Messmethoden zur Erfassung von Situationsbewusstsein

Die bestehenden Messmethoden zur Erfassung von Situationsbewusstsein wurden für den Bereich der Luftfahrt entwickelt und haben sich dort weitgehend bewährt. Sie gliedern sich grundsätzlich in direkte und indirekte Verfahren (vgl. Abbildung 2-8). Indirekte Methoden beziehen sich entweder auf den Prozess der Situationserfassung oder auf das Ergebnis von Situationsbewusstsein (Leistungsmaße, Verhaltensmaße). Direkte Verfahren erheben den Anspruch, einen direkten Zugang zum Produkt des Situationsbewusstseins zu ermöglichen.

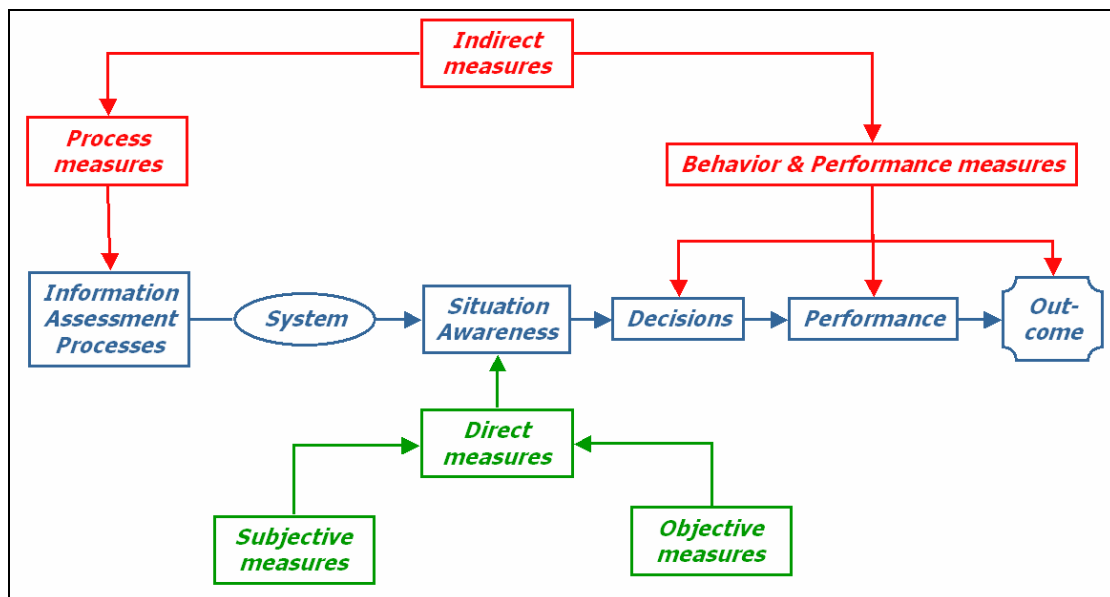


Abbildung 2-8: Klassifikation der Messmethoden zur Erfassung von Situationsbewusstsein (in Anlehnung an Endsley, 2000b)

2.3.1 Prozessmaße

Unter dem Begriff der Prozessmaße fassen Endsley et al. (2003) verbale Protokolle und psychophysiologische Maße sowie zur Untersuchung von Situationsbewusstsein in Gruppen die Kommunikationsanalyse. Verbale Protokolle werden erhoben, indem die Probanden instruiert werden, während der Durchführung der Tätigkeit laut zu denken. Die Äußerungen werden anschließend beispielsweise bezüglich der Häufigkeit, mit der bestimmte Situationsbestandteile erwähnt wurden, ausgewertet. Als mögliche psychophysiologische Maße kommen EKG und Puls sowie Blickbewegungsmessungen in Frage. Prozessmaße werden im Fliegerbereich nur selten zur Erfassung von Situationsbewusstsein verwendet, da sie meistens schwierig zu interpretieren sind bzw. im Falle der psychophysiologischen Maße eine aufwändige Messtechnik erfordern.

2.3.2 Ratingskalen

In subjektiven Verfahren beurteilt der Operator selbst bzw. andere Beobachter das Situationsbewusstsein des Operators global oder auf verschiedenen Dimensionen

(z.B. SART, Taylor, 1990; SWORD; Fracker & Davies, 1991; Situational Awareness Supervisory Rating Form; Caretta, Perry & Ree, 1996; CLSA; Adams, 1998). Häufig wird auch die Situation Awareness eines ganzen Teams über solche Skalen erfasst (z.B. SALIANT; Muniz, Salas, Stout & Bowers, 1998; Crew Situational Awareness; Mosier & Chidester, 1991).

Die SART (Jones, 2000) ist die am häufigsten verwendete Ratingskala zur Erfassung des Situationsbewusstseins im Fliegerbereich. Die Skala ist allgemein gehalten und deswegen auf eine Vielzahl von Fragestellungen anwendbar. Es existieren zwei Varianten des Verfahrens: In der langen Form wird die Ausprägung in den 10 Kategorien erfasst. Diese werden dann zu 3 Dimensionen zusammengefasst, die wiederum zu einem Gesamtwert verrechnet werden können (siehe Tabelle 2-3). In der Kurzform wird direkt die Ausprägung auf den drei Dimensionen erhoben.

Tabelle 2-3: Dimensionen der SART (nach Jones, 2000).

| Kategorien | Dimensionen | SB-Gesamtwert |
|--------------------------|--------------------|--|
| Instability of Situation | Attentional Demand | $SA(\text{calc}) = \text{Understanding} - (\text{Demand} - \text{Supply})$ |
| Variability of Situation | | |
| Complexity of Situation | | |
| Arousal | Attentional Supply | |
| Spare mental capacity | | |
| Concentration | | |
| Division of Attention | | |
| Information Quantity | Understanding | |
| Information Quality | | |
| Familiarity | | |

Die 10 Subskalen der SART wurden basierend auf Interviews mit erfahrenen Piloten entwickelt. Die Verrechnung der drei daraus abgeleiteten Dimensionen zu einem Gesamtwert für Situationsbewusstsein beruht dagegen auf theoretischen Überlegungen. Beide Formen der Skala wurden in einer Reihe von Untersuchungen im Fliegerbereich geprüft (für eine Übersicht siehe Jones, 2000). Vor allem die Skalen „Attentional Demand“ und „Attentional Supply“ erinnern jedoch stark an typische Workload-Skalen.

2.3.3 Befragungsverfahren

Zu den objektiven Verfahren werden Befragungsverfahren gezählt, anhand derer das Wissen der Person über die aktuelle Situation als Maß für Situationsbewusstsein erfasst wird. Die Methode der Wahl ist die von Endsley entwickelte SAGAT-Methode (Situation Awareness Global Assessment Technique; Endsley, 1988). Die Hypothese dabei ist, dass die Beantwortung von Fragen zur Situation (bezogen auf die Wahrnehmung entscheidender Reize, das Verständnis der Situation und der weiteren Situationsentwicklung) Aufschluss über das Situationsbewusstsein eines Operators geben kann. Die Voraussetzung für den Einsatz des Verfahrens ist eine Simulationsumgebung. Dort wird dann zu vorgegebenen Zeitpunkten die Simulation

„eingefroren“ (häufig angehalten und abgedeckt) und die Person daraufhin zur aktuellen Situation befragt.

Endsley empfiehlt eine ausführliche Aufgabenanalyse zur Entwicklung der geeigneten Fragen, die für Situationsbewusstsein in der gegebenen Situation bedeutsam sind. Dazu müssen alle Informationen definiert werden, die für die relevanten Ziele und Entscheidungen benötigt und integriert werden müssen. Hierbei wird der Optimalfall einer vollständigen Informationslage zugrunde gelegt. Endsley betont, dass nicht statisches Wissen im Sinne von Prozeduren oder Regeln abgefragt werden soll, sondern rein dynamische Informationen. Als Fragenformat sollten Antwortkategorien vorgegeben werden, so dass die Anforderungen bei der Beantwortung der Fragen möglichst minimal sind. Endsley empfiehlt weiterhin, nicht zu spezielle Fragen zu stellen, da der Operator sonst wahrscheinliche Antworten vorwegnehmen kann. Vidulich (2000) konnte zeigen, dass zu eng fokussierte Fragen weniger sensitiv auf Änderungen des Situationsbewusstseins reagierten als eher weit gefasste Fragen. Zudem sollen möglichst breit alle drei Ebenen von Situationsbewusstsein erfasst werden, d.h. sowohl Fragen, die sich auf die Wahrnehmung der relevanten Situationselemente beziehen, als auch Fragen, in denen das Situationsverständnis sowie die Antizipation der weiteren Situationsentwicklung überprüft werden können.

Im Bereich der Fliegerei betreffen typische Fragen beispielsweise die Lokation des eigenen bzw. anderer Flugzeuge, die Angabe von Flughöhen, Geschwindigkeiten, Flugrichtungen, welche Änderungen in Flughöhe oder Flugrichtung aktuell vorgenommen werden, um welchen Flugzeugtyp es sich handelt, welches der vorgegebenen Flugzeuge evtl. zukünftig ein falsches Verhalten zeigen bzw. das eigene Flugzeug gefährden wird. Im Fahrkontext werden in der Regel Fragen zum Verhalten und der Position des umgebenden Verkehrs, zur Vorfahrtsregelung, der Ampelschaltung oder dem Beachten der StVO sowie der Schätzung von Relativgeschwindigkeiten gestellt.

Endsley beurteilt diese Methode als sehr gut geeignet, um zwischen unterschiedlichen Systemen, unterschiedlichen Automationsgraden bzw. unterschiedlich erfahrenen Operateuren zu differenzieren (1988). Auch Vidulich (2000) bescheinigt dem Verfahren eine gute Sensitivität, wenn ein großer Bereich durch die Fragen abgedeckt ist. Nach Endsley (1990b) kann über SAGAT das Verhalten von Kampfpiloten in einer Kriegssituation vorhergesagt werden. Fracker (1988), Gronlund et al. (1998) sowie Endsley und Smith (1996) konnten mittels der SAGAT-Methode die unterschiedliche Relevanz anderer Flugzeuge identifizieren. Negative Auswirkungen auf die Leistung gebe es weder in 30sekündigen, 1minütigen noch in 2minütigen Freezings (Endsley, 1990, 1995). Sarter und Woods (1991) kritisieren an SAGAT die Unterbrechung der Simulation, die zu einer Fokussierung auf bewusst auch außerhalb der eigentlichen Situation abrufbare Information führt. Sie empfehlen stattdessen zur Erfassung von Situationsbewusstsein eine Online-Befragung der Probanden während der Simulation. Diese kann u.U. inhaltlich in die Hauptaufgabe integriert werden (z.B. als Gespräch mit Copiloten oder mit dem Tower).

Gugerty entwickelte für den Fahrkontext Variationen des SAGAT-Verfahrens (z.B. Gugerty, 1997). Dabei werden den Probanden im Fahrsimulator verschiedene Fahrscenarien gezeigt, wobei die Szene jeweils am Ende des Videos verschwindet. In der Recall-Aufgabe sollen die Probanden anschließend in ein Gitternetz, welches die Szene aus der Vogelperspektive zeigt, die Position der anderen Verkehrsteilnehmer eintragen. Eine andere Variante ist der „Time to passage“-Test, bei dem die Probanden angeben sollen, welches von zwei Fahrzeugen das eigene Fahrzeug als nächstes überholen wird. Im „scene interpretation“-Test werden Fragen gestellt wie „Wer wechselt den Fahrstreifen?“, „Wer fährt/fuhr zu dicht auf?“, „Welche Fahrzeuge sind auf Kollisionskurs?“, „Wer fährt am schnellsten/langsamsten?“ oder „Wer verursacht Fahrfehler?“. In verschiedenen Studien zum Einfluss von Nebenaufgaben, Alter oder Personenmerkmalen auf Situationsbewusstsein erwiesen sich diese Maße als sensitiv (z.B. Gugerty, 1997; Gugerty & Tirre, 2000; Gugerty, Rakauskas & Brooks, 2004).

2.3.4 Verhaltensmaße

Eher selten werden in Untersuchungen im Fahrkontext indirekte Verhaltensmaße zur Erfassung des Situationsbewusstseins herangezogen. Die Auswertung des Verhaltens bzw. der Leistung der Probanden in der Hauptaufgabe wird häufig zur Ermittlung einer Gesamtbewertung der Leistung (Beispielsweise Endsley, Sollenberger & Stein, 2000; Snow & French, 2002) herangezogen. Ward (2000) definiert in seiner Studie Situationsbewusstsein über die Aufmerksamkeit auf die Spurhaltung, dem Vorfahrtsverhalten gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern sowie der Reaktion auf unerwartete Ereignisse. Beim Fahren mit ACC (Adaptive Cruise Control) ist nach dieser Operationalisierung das Situationsbewusstsein deutlich verringert.

Diese allgemeinen Leistungsmaße stellen keine Maße für Situationsbewusstsein im engeren Sinne dar, sondern resultieren im Normalfall aus einer Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse (neben Situationsbewusstsein auch Workload, Bearbeitungsstrategien etc.). Möchte man Situationsbewusstsein über die Leistung bzw. das Verhalten der Probanden erfassen, ist es notwendig, spezifische Situationen zu konstruieren, in denen sich gutes Situationsbewusstsein im Verhalten niederschlägt. Pritchett und Hansman (2000) stellen diese Anforderung, wie in Abbildung 2-9 gezeigt, dar (vgl. auch Pritchett, Hansman & Johnson, 1996).

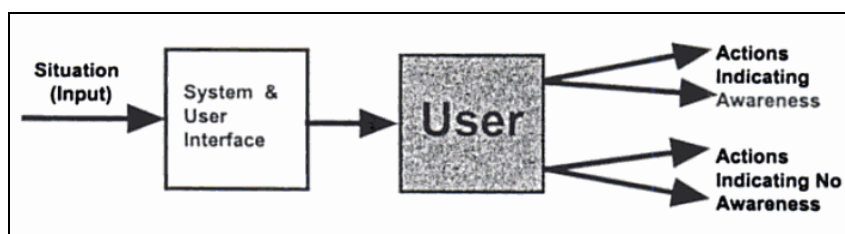


Abbildung 2-9: Anforderungen an Situationen zur Erfassung von Situationsbewusstsein (nach Pritchett & Hansman, 2000).

Nach Ansicht der Autoren ist ein Vorteil dieses Vorgehens, dass, anders als beispielsweise im SAGAT, nicht nur das bewusstseinsfähige Wissen der Probanden

über die Situation, sondern auch die zeitgenaue Umsetzung dieses Wissens in angemessenes Verhalten erfasst wird.

In den Studien von Gugerty wird neben Befragungsverfahren auch die Reaktion auf Gefahrensituationen über Tastendruck als Verhaltensmaß ausgewertet. In einer Studie von 1997 gab er seinen 35 Fahrern 18 bis 35-sekündige Fahrscenen in einer PC-basierten Simulation mit Autopilot vor (keine Fahrtätigkeiten des Fahrers erforderlich). In einer reinen Beobachtungs-Bedingung mussten die Fahrer nach Beendigung der Szene in der Recall-probe angeben, wo sich andere Fahrzeuge befinden. In einer zweiten Bedingung mussten die Fahrer zusätzlich auf eventuelle Gefahrenreize (Fahrzeuge im toten Winkel oder knapp einscherende Fahrzeuge) mittels Tastendruck reagieren und das Fahrzeug dadurch beschleunigen, verzögern, nach links oder rechts ausweichen. Die Höhe des Workload wurde über die Anzahl der umgebenden Fahrzeuge (zwischen 3 bis 8 Fahrzeugen) variiert.

Insgesamt zeigte sich, dass der Prozentsatz wiedergegebener Fahrzeuge mit steigender Anzahl abnahm, insbesondere, wenn der Fahrer die aktive Kontrolle über die Situation hatte. Dies weist daraufhin, dass die Fahrer ihre Aufmerksamkeit auf eine Subgruppe von Fahrzeugen beschränken. In einer weiteren Analyse ergab sich, dass gerade diejenigen Fahrzeuge erinnert werden, die das EGO-Fahrzeug direkt umgeben, also diejenigen, von denen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit eine Gefahr ausgeht. Entsprechend war die Reaktionsleistung auf solche Gefahrenreize nicht verschlechtert. Fahrzeuge im toten Winkel dagegen wurden deutlich schlechter erinnert und es wurde schlechter auf sie reagiert.

In Untersuchungen im Rahmen des BMBF-Projekts EMPHASIS (Buld, Hoffmann & Krüger, 2002) wurden spezifische Situationen konstruiert, in denen sich Situationsbewusstsein im Fahrverhalten abbilden sollte. Dabei mussten die Fahrer unter anderem in einer Anordnung mit Folgefahrt eine scharfe Linkskurve durchfahren. Beim ersten Mal bremste das Führungsfahrzeug beim Einfahren in die Kurve auf 80 km/h ab und gab somit eine Geschwindigkeit vor, mit der die meisten Fahrer die Kurve ohne Probleme passieren konnten. In der zweiten Variante behielt das Fahrzeug die Geschwindigkeit von 100 km/h bei. Folgte der Fahrer des EGO-Fahrzeugs mit derselben Geschwindigkeit, konnte er die Spur nicht mehr optimal halten. Die Fahrer mussten das erkennen und ihre eigene Geschwindigkeit drosseln. Alle Fahrer durchfuhren die gesamte Strecke unter anderem in einer Manuell-Fahrt sowie mit Unterstützung durch ein ACC (Adaptive Cruise Control) als handlungsersetzendem System der Längsführung. Als ein Ergebnis zeigt sich, dass die scharfe Linkskurve in der ACC-Bedingung schneller passiert wurde als in der manuellen Vergleichsfahrt. Dies kann als Hinweis interpretiert werden, dass Fahrer beim Fahren mit Fahrerassistenzsystemen (z.B. ACC) dazu neigen, die Systemsicht zu übernehmen und ihr Verhalten dem jeweiligen Systemvorschlag anpassen, ohne dessen Angemessenheit zu überprüfen. Im Fall der scharfen Linkskurve lassen sie sich vom System, das sich an die Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs anpasst, „mitziehen“, ohne weitere Umgebungsbedingungen mit zu berücksichtigen. Dies lässt sich als verringertes Situationsbewusstsein interpretieren.

2.4 Untersuchungen zu Situationsbewusstsein

2.4.1 Die Auswirkungen von Automation auf Situationsbewusstsein

Die Auswirkung von Automation auf das Situationsbewusstsein beschäftigt sowohl in der Luftfahrt als auch in anderen Bereichen wie der Schifffahrt oder dem Betrieb von Atomkraftwerken bzw. Öl- und Gas-Pipeline-Systemen eine Vielzahl von Autoren (z.B. Billings, 1997; Endsley, 1997; Endsley & Kaber, 1999; Endsley & Kiris, 1995; Jones & Endsley, 1996; Parasuraman & Mouloua, 1996; Wickens & Kessel, 1979, Wickens, 2002). Auch beim Fahren wird dies mit zunehmender Automatisierung der Fahraufgabe durch Fahrerassistenzsysteme eine immer drängendere Forschungsfrage werden. Nach Endsley, Bolte und Jones (2003) ist einer der „Feinde“ des Situationsbewusstseins das sog. out-of-the-loop-Syndrom, ein spezifisches Problem der Automation. Während Automation in einigen Fällen das Situationsbewusstsein unterstützen kann, da es den Workload des Nutzers verringert, kann es in anderen Fällen auch zu einer Verschlechterung des Situationsbewusstseins führen. Die Gefahr von zu hoher Automation besteht darin, dass der Nutzer in die Rolle des Systembeobachters versetzt wird und seine einzige Aufgabe im Beobachten (monitoring) besteht. Daraus können verschiedene Probleme resultieren, u. a. eine Reduktion der Vigilanz (Wiener, 1988; zitiert nach Endsley, 2003), ein überhöhtes Vertrauen in das System (Parasuraman et al., 1993; zitiert nach Endsley, 2003), ein verschlechtertes Feedback an den Operator unter automatisierten Bedingungen (Norman, 1989, zitiert nach Endsley, 2003), eine Verschlechterung der manuellen Fähigkeiten (Wiener & Curry, 1980; Shiff, 1983; zitiert nach Endsley, 2003) und schließlich ein mangelndes Situations- bzw. Systembewusstsein.

Dieses kann dazu führen, dass der Operator nicht mehr nachvollziehen kann, wie die Automation arbeitet, welche Funktionen durch sie abgedeckt werden und welche der Nutzer weiterhin selbst übernehmen muss. Das out-of-the-loop-Syndrom ist vor allem bei einem Systemausfall problematisch, wenn die Person selbst eingreifen muss. Dabei übersieht der Operator häufiger Fehler des Systems und erkennt eine notwendige Übernahme der Aufgabe nicht (Wiener & Curry, 1980; Moray, 1986; Billings, 1991; Wickens, 1992; zitiert nach Endsley, 2003). Für den Einsatz von Automation ist somit empfehlenswert, den Operator so weit wie möglich im Loop zu halten und hoch automatisierte Systeme wenn möglich zu vermeiden.

Die in Kapitel 2.3.4 dargestellten Ergebnisse von Buld et al. (2002) zeigen zu erwartende out-of-the-loop Probleme durch Adaptive Cruise Control oder andere Systeme. Demzufolge scheint die Gesamtsituation nicht mehr adäquat repräsentiert zu sein. Vielmehr scheint die Automation zu einer Aufmerksamkeitsverlagerung auf einige Aspekte der Fahraufgabe zu führen, während andere deutlich vernachlässigt werden. Dies zeigt sich in einer ausbleibenden oder verspäteten Übernahme der Fahraufgabe beim Erreichen der Systemgrenzen in einer kritischen Situation. Auch Ward (2000) definiert eine verschlechterte Spurhaltung und verspätete Reaktionen auf kritische Ereignisse als Indikatoren für ein verringertes Situationsbewusstsein beim Fahren mit ACC. Ma und Kaber (2005) konnten dagegen zeigen, dass sich beim Fahren mit ACC die SAGAT-Leistung, erfasst über Fragen zur Situation zu verschiedenen Zeitpunkten während der Fahrt, auf allen drei Ebenen des

Situationsbewusstseins verbesserte. Diese widersprüchlichen Ergebnisse weisen erneut darauf hin, dass mittels unterschiedlicher Methoden wohl verschiedene Aspekte (explizite vs. implizite Aspekte) des Situationsbewusstseins ermittelt werden.

2.4.2 Einfluss von Nebenaufgaben auf Situationsbewusstsein

Bei der Betrachtung bisheriger Untersuchungen, die sich mit Situationsbewusstsein beim Fahren mit einer Nebenaufgabe beschäftigen, fällt auf, dass sehr starke Ähnlichkeiten zu typischen Workload-Fragestellungen bestehen. Häufig wird dazu eine Nebenaufgabe eingeführt und daraufhin die SAGAT-Leistung bzw. Variationen davon mit vs. ohne diese Nebenaufgabe verglichen (Drews, Pasupathi & Strayer, 2004; Groeger, Whelan, Senserrick & Triggs, 2002; Gugerty, Rakauskas & Brooks, 2004; Lee, Lee & Boyle, 2005; Lee, Caven, Haake & Brown, 2001; Ma & Kaber, 2005; Parkes & Hooijmeijer, 2000).

Ma und Kaber (2005) konnten zeigen, dass sich bei zusätzlicher Bedienung eines Telefons während der Fahrt die SAGAT-Leistung und somit das Wissen um die aktuelle Fahrsituation (jeweils 9 von 27 Fragen zu drei verschiedenen Zeitpunkten während der Fahrt) signifikant reduzierte, während die Fahrleistung (Varianz in der Folgegeschwindigkeit bzw. Spurhaltung) sich während der vergleichsweise kurzen Telefonaufgabe nicht verschlechterte. Parkes und Hooijmeijer (2000) berichten ebenfalls von einer deutlichen Beeinträchtigung der SAGAT-Leistung durch Telefonieren (Angaben über den umgebenden Verkehr, Farbe des Fahrzeugs im Rückspiegel, Einschätzung der Geschwindigkeit des rückwärtigen Verkehrs; abgefragt zu zwei Zeitpunkten während der Fahrt) sowie einer leichten Beeinträchtigung in der Reaktion auf visuelle Reize bzw. Änderungen der erlaubten Geschwindigkeit.

In einer Studie zum Vergleich der Auswirkungen von Gesprächen am Telefon bzw. Gesprächen mit einem Beifahrer auf das Situationsbewusstsein fand Gugerty (2004) keine Unterschiede zwischen den beiden Nebenaufgaben, dafür jedoch im Vergleich zur Kontrollgruppe: Während sich die Fahrleistung (erfasst über die Reaktion auf Gefahrensituationen mittels Tastendruck) nicht verschlechterte, war die Leistung in den Befragungen durch beide Aufgaben deutlich beeinträchtigt. Dagegen berichten Drews et al. (2004) von einem höheren Situationsbewusstsein im Gespräch mit einem Beifahrer (operationalisiert über die Anzahl verpasster Autobahn-Ausfahrten), da dieser den Fahrer häufiger auf die Fahrsituation hinwies und das Gespräch stärker an die Anforderungen der Fahrsituation anpasste.

Kass, Cole und Stanny (2007) untersuchten die Auswirkungen des Telefonierens während der Fahrt sowohl auf die Fahrleistung als auch auf das Situationsbewusstsein unterschiedlich erfahrener Fahrer (n=24 14-16jährige ohne Führerschein vs. n=25 21-52jährige mit Führerschein). Während einer Fahrt im Simulator, in denen die Fahrer eine Konversation am Telefon führen mussten, wurde die Szenerie insgesamt drei Mal an zufälligen Stellen angehalten und je drei Fragen zur aktuellen Fahrsituation gestellt (z.B. „Wie ist die aktuelle Geschwindigkeitsbeschränkung“, „Wie viele Fahrzeuge sind gerade vor Ihnen rausgefahren?“). Die Ergebnisse zeigen, dass unerfahrene Fahrer generell mehr

Fahrfehler verursachten (z.B. mehr Kollisionen, häufigeres Überfahren von Stoppschildern, häufigere Übertretungen des Fahrstreifens) und ein geringeres Situationsbewusstsein hatten als erfahrene (geringerer Prozentsatz korrekt beantworteter Fragen). Die Einbußen beim Fahren mit Telefonieren waren für beide Gruppen jedoch vergleichbar.

Zusammenfassend zeigen alle Studien, dass die Ablenkung durch eine zusätzliche Nebenaufgabe die Aufmerksamkeit für die Fahraufgabe reduziert, da die verfügbaren Ressourcen auf zwei Aufgaben verteilt werden müssen. Als Folge davon treten zum einen Einbußen in der Fahrleistung auf, die als erhöhtes Workload interpretiert werden, zum anderen Einbußen im Wissen über die aktuell umgebende Fahrsituation, die als verringertes Situationsbewusstsein interpretiert werden. Erhöhtes Workload geht demnach immer mit einer Verringerung des Situationsbewusstseins einher. Ist das die Regel? Gibt es unter Umständen Bedingungen, in denen trotz hoher Anforderungen in der Situation ein hohes Situationsbewusstsein aufrechterhalten werden kann? Diese Frage kann nicht beantwortet werden, wenn Situationsbewusstsein immer in Zusammenhang mit einer Veränderung des Workload erfasst wird. Dadurch ist eine Trennung der beiden Konstrukte nicht möglich. Zur Abgrenzung des Situationsbewusstseinsbegriffes von dem des Workload muss daher das Ziel sein, die beiden Konstrukte getrennt voneinander betrachten zu können, d.h. wie wirkt sich hohes vs. niedriges Situationsbewusstsein in Situationen mit vergleichbaren Anforderungen aus?

3 FAZIT UND ENTWICKLUNG DER FRAGESTELLUNG

3.1 Diskussion des theoretischen Konzepts

Wie in der Darstellung der aktuellen Forschung deutlich wurde, wird das Konzept des Situationsbewusstseins immer häufiger auch im Fahrkontext verwendet und untersucht. Problematisch ist dabei, dass es bislang keine eindeutige Bestimmung des Begriffs gibt. Häufig wird Situationsbewusstsein als Konglomerat verschiedener kognitiver Prozesse betrachtet. An vielen Stellen wird zudem deutlich, dass es keine klare Abgrenzung zu anderen Konzepten, wie beispielsweise zu dem des Workload, sowohl in der theoretischen Konzeption als auch in der Messung zu geben scheint. Im Rahmen dieser Arbeit soll untersucht werden, welche Bedeutung das Konzept für die Fahrsicherheit hat. Dazu muss geprüft werden, welche Aspekte gerade im Fahrkontext besonders relevant sind und wie daraus ein spezifisches Modell für Situationsbewusstsein entwickelt werden kann. Wesentliche Forderung ist, dass sich Situationsbewusstsein gegenüber anderen existierenden Konstrukten klar als eigenständiges Konzept abgrenzen lassen muss.

Aus der Analyse der aktuellen Forschungsarbeiten zum Thema lassen sich Aspekte ableiten, die in vielen Modellen und Definitionen immer wieder als relevant für Situationsbewusstsein genannt werden und somit auch für das Fahren von besonderer Bedeutung zu sein scheinen.

Eine zielgerichtete Aufmerksamkeit ist definitiv notwendig, um beim Fahren die handlungsrelevanten Reize entsprechend wahrzunehmen und weiterzuverarbeiten. Wie bereits erläutert, ist dabei eine Balance zwischen top-down und bottom-up Prozessen unerlässlich, um empfänglich gegenüber Veränderungen der Situation zu bleiben. Eine zu stark intentionsgelenkte top-down Steuerung der Aufmerksamkeit birgt die Gefahr, dass relevante Aspekte der Umgebung, die nicht den Erwartungen entsprechen, übersehen werden („Inattentional Blindness“). Unter der Annahme von Schemata oder mentalen Modellen, die die Aufmerksamkeitsausrichtung bestimmen, entspräche das einer zu starken Fokussierung auf einen festen Prototyp einer Situation. Allen diesen Prozessen gemeinsam ist, dass sie von den Antizipationen der Person beeinflusst werden, d.h. welche Erwartungen sie über die zukünftige Situation bildet. Beim Fahren bedeutet Antizipation, handlungsrelevante Reize rechtzeitig zu erkennen und daraufhin die Situation richtig zu interpretieren, um angemessen in ihr agieren und auf sie reagieren zu können. Im Gegensatz zum Fliegen kann sich hier eine Verkehrssituation aufgrund der deutlich höheren Dynamik jedoch wesentlich schneller und evtl. auch unvorhersehbarer entwickeln. Daher erscheint eine kontinuierliche Aktualisierung der Situationseinschätzung und somit der antizipierten Situationsentwicklung besonders wichtig. Der Fahrer muss permanent kontrollieren, ob die ursprüngliche Situationseinschätzung noch Gültigkeit hat oder unter Umständen eine Verhaltensanpassung erforderlich wird. Insofern stellt die Antizipation eine der zentralen Begriffe im Konzept des Situationsbewusstseins für den Fahrkontext dar und muss besonders analysiert werden.

Die besonderen Anforderungen an das Situationsbewusstsein in Multitasking-Situationen, wie sie Adams et al. (1995) für den Fliegerbereich analysiert haben, erscheinen für den Fahrkontext ebenfalls bedeutsam. Auch hier müssen mehrere Aufgaben parallel bzw. sequentiell bearbeitet und entsprechend ihrer Dringlichkeit priorisiert werden. Allerdings entsteht die Schwierigkeit dieser Mehrfachaufgabenanforderung beim Fahren und beim Fliegen auf unterschiedlichen Ebenen: Beim Fliegen ist sie vor allem auf die Menge der zu monitorierenden Prozesse zurückzuführen, die gleichzeitig betrachtet werden müssen. Es können Strategien erlernt werden, wann und wie häufig die einzelnen Prozesse überwacht werden müssen. Beim Fahren dagegen besteht die besondere Anforderung vor allem in der höheren Dynamik und Unvorhersehbarkeit der potenziellen Situationsentwicklung und damit der potenziellen Änderungen der Dringlichkeit der verschiedenen Aufgaben. Dies gilt in besonderer Weise für die zusätzliche Beschäftigung mit Nebenaufgaben (z.B. Telefonieren oder ein Navigationssystem bedienen). Aus diesem Grund bietet sich die Betrachtung des Aufgabenmanagements von Fahr- und Nebenaufgabe in Abhängigkeit der antizipierten Situationsentwicklung für die Generierung eines eigenen Begriffs des Situationsbewusstseins besonders an.

3.2 Diskussion der Methoden zur Erfassung von Situationsbewusstsein

Die zweite Frage ist die der Messung von Situationsbewusstsein. Zu berücksichtigen ist dabei die Trennung zwischen eher impliziten vs. eher expliziten Maßen. In der Betrachtung der verschiedenen existierenden Messmethoden hat sich bereits angedeutet, dass sie unterschiedliche Anteile von Situationsbewusstsein erfassen. Während Befragungsverfahren wie SAGAT vor allem das explizit berichtbare Wissen einer Person über die Situation wiedergeben, kann über die Erfassung von Verhaltensmaßen eher implizites, nicht berichtbares Wissen und dessen Umsetzung in konkretes Verhalten abgebildet werden.

Im Bereich der Luftfahrt werden insbesondere explizite Maße wie SAGAT eingesetzt. Dort haben sich diese Methoden bewährt und erscheinen auch geeignet, da häufig feste Routinen und Checklisten abgearbeitet werden können, nach denen der Pilot Informationen abrufen und sammeln muss. Diese sind bewusst und können vom Piloten verbalisiert werden. Demgegenüber ist gerade beim Fahren zu erwarten, dass viele Prozesse eher implizit ablaufen und gar nicht berichtbar sind. Die simple Übertragung der Methoden aus dem Fliegerbereich erscheint daher nicht ratsam. Hinzu kommt, dass typische Befragungsmethoden wie SAGAT meist auf Aspekte der Wahrnehmung und Aufmerksamkeit fokussieren, während die wesentlichen Aspekte der Antizipation und des Situationsverständnisses im Dunkeln bleiben. Zudem fehlen konkrete Aussagen zur Auswirkung von Situationsbewusstsein auf Entscheidungsprozesse und Verhalten.

In einer eigenen Fahrsimulationsstudie im Vofeld dieser Arbeit wurde daher geprüft, inwieweit die SAGAT-Methode zur Erfassung des Situationsbewusstseins im Fahrkontext geeignet ist (Rauch, Gradenegger & Krüger, 2006). N=20 Probanden durchfuhren dabei eine Strecke, die verschiedene anforderungsspezifische

Situationen beinhaltete, zu denen sie während eines Freezings befragt wurden. So mussten sie z.B. angeben, ob sie gerade überholen dürfen, wie schnell sie gerade fahren dürfen, ob das vor ihnen fahrende Fahrzeug sich angemessen verhält oder mit etwas besonderem zu rechnen ist. Zusätzlich sollten sie alle relevanten Objekte (d.h. Schilder oder andere Fahrzeuge), die zum Zeitpunkt des Freezings vorhanden waren, in einen Screenshot der Fahrszene einzeichnen. In einer Versuchsbedingung (n=4), in der zusätzlich zum Fahren ein Menüsystem bedient werden sollte, wurde außerdem das Systemwissen abgefragt.

Die gefundenen Ergebnisse können sowohl nach inhaltlichen als auch nach methodischen Gesichtspunkten bewertet werden. Inhaltlich hat sich gezeigt, dass die Beantwortung der Fragen zur Situation in folgenden spezifischen Situationen problematisch war: In Situationen mit einem häufigen Wechsel der Beschilderung konnten die Fahrer oft nicht mehr angeben, wie schnell sie gerade fahren dürfen. Hier waren besondere Anforderungen an ein permanentes Situationsupdate gestellt. In Situationen, in denen die erforderlichen Informationen zeitlich weiter zurücklagen, hatten die Fahrer Schwierigkeiten anzugeben, ob sie z.B. gerade überholen dürfen. Hier mussten hohe Gedächtnisleistungen erbracht werden. In Situationen, in denen viele Informationen gleichzeitig dargeboten wurden (z.B. eine Vielzahl von Schildern an einer Baustelle), konnten die Fahrer nur sehr schwer die relevanten Informationen selektieren. Ereignisse im Rückspiegel, z.B. ob weitere Fahrzeuge folgten, konnten nahezu nie wiedergegeben werden, da die Aufmerksamkeit in der Regel auf den vorausfahrenden Verkehr gerichtet war.

Daraus lassen sich folgende Anforderungen an den Fahrer ableiten, die offenbar erfüllt werden müssen, um Situationsbewusstsein aufrechtzuerhalten:

- Die permanente Kontrolle von Umweltreizen zur Aktualisierung des Situationsmodells
- Der Einbezug weiter zurückliegender Informationen über Gedächtnisprozesse
- Die Selektion der für die Situation relevanten Reize aus der Gesamtmenge der verfügbaren Reize in der Umwelt
- Die Fähigkeit zur Beobachtung mehrerer Handlungsstränge gleichzeitig

Bezüglich der Einführung der Nebenaufgabe zeigten sich nur tendenzielle Einflüsse auf fahrtbezogene Wissensaspekte. Dabei scheint die Einführung einer Nebenaufgabe zum einen eine Fokussierung auf die relevanten Aspekte der Fahrsituation zu bewirken, was dazu führt, dass Fragen zu irrelevanten Aspekten weniger gut beantwortet werden können. Außerdem scheint die Nebenaufgabe die Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis zu erhöhen, was eine schlechtere Erinnerungsleistung an weiter zurückliegende Informationen (z.B. Überholverbotsschilder, erlaubte Geschwindigkeiten) bewirkt. Besonders hervorzuheben ist der augenscheinliche Einfluss der Bedienstrategie der Fahrer auf die SAGAT-Leistung. Wird die Nebenaufgabe so sequenziert, dass die Fahraufgabe weiterhin gut überwacht werden kann, profitiert sowohl die SAGAT-Leistung bezüglich des Systemwissens als auch des fahrtbezogenen Wissens.

In der Umsetzung der SAGAT-Methode hat sich ferner gezeigt, dass einige Aspekte besonders beachtet werden müssen. Bei mehreren Befragungszeitpunkten und Wiederholungen einzelner Fragen können reaktive Effekte auftreten, d.h. die Probanden zeigen kein natürliches Aufmerksamkeitsverhalten mehr, sondern richten ihre Aufmerksamkeit gezielt auf die abgefragten Situationselemente. Die Schwierigkeit, direkte Zusammenhänge zwischen der SAGAT-Leistung (explizites Maß) und Fahrfehlern (implizites Maß) herzustellen, weist darauf hin, dass es zu Dissoziationen zwischen den beiden Maßen kommen kann.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die Erfassung von Situationsbewusstsein im Fahrkontext über Befragungsverfahren, wie SAGAT, eher als kritisch zu betrachten ist, da mittels dieser Methode nur explizit berichtbare Wissensanteile erfassbar sind. Zudem muss nach wie vor die Frage gestellt werden, welche Aspekte mittels dieser Methode genau gemessen werden. Bislang deutet sich keine bedeutsame Abgrenzung gegenüber den Begriffen Aufmerksamkeit oder Workload an. Daher muss nach einer Methode gesucht werden, die diese Konstrukte besser voneinander abgrenzen kann.

Hilfreicher erscheinen an dieser Stelle Ansätze zur indirekten Erfassung von Situationsbewusstsein über Verhaltensmaße. Diese sind in der Lage, das beim Fahren bedeutsame implizite Wissen abzubilden. Die Operationalisierung von Situationsbewusstsein über den sog. Risk Space, wie von Smith und Hancock (1995) vorgeschlagen, ermöglicht es, die Angemessenheit des Verhaltens als externes Kriterium für Situationsbewusstsein heranzuziehen und über die Güte der Anpassung an die Umweltbedingungen zu erfassen.

Die Frage der Messung von Situationsbewusstsein kann dabei nicht unabhängig von der theoretischen Konzeption gesehen werden. Je nachdem wie Situationsbewusstsein definiert wird, erweisen sich unterschiedliche Verfahren als sinnvoll. Deshalb muss parallel zur methodischen Diskussion die theoretische Diskussion fortgeführt werden.

Daher wurde in der vorliegenden Arbeit ein dreistufiges Verfahren gewählt:

- Zunächst wird, basierend auf der Aufarbeitung der theoretischen Grundlagen, ein Modell für Situationsbewusstsein im Fahrkontext entwickelt, das die relevanten kognitiven Prozesse innerhalb des Konzepts herausarbeitet.
- In einem zweiten Schritt wird eine Methode entwickelt, mit deren Hilfe die als relevant identifizierten Prozesse messbar gemacht werden können.
- Aus diesen theoretischen Überlegungen wird dann eine Versuchsanordnung in der Fahrsimulation erstellt und die aufgestellten Hypothesen anhand zweier Studien überprüft.

4 ENTWICKLUNG EINES MODELLS FÜR SITUATIONSBEWUSSTSEIN IM FAHRKONTEXT

4.1 Ausgangspunkt: Der Begriff der Antizipation

Wie bereits angesprochen, erfordert gerade das Fahren als Geschehen in der Zeit eine permanente Antizipation der zukünftigen Situation. Dies allein reicht aber noch nicht aus, um effizientes und situationsbewusstes Fahren zu gewährleisten. Trotz der Tatsache, dass der Begriff der Antizipation im Konzept des Situationsbewusstseins eine zentrale Rolle spielt, wird er in den verschiedenen Modellen kaum näher definiert. Es ist die Frage zu stellen, welche Aspekte genau antizipiert werden und wie weit diese Antizipation reichen muss, um die Aufrechterhaltung von Situationsbewusstsein gewährleisten zu können. Der hier vorgestellte Ansatz zum Verständnis des Situationsbewusstseins zeichnet sich im Wesentlichen dadurch aus, dass es den klassischen Antizipationsbegriff auf Prozesse der Handlungsabsicherung in besonders dynamischen und durch Mehrfachanforderungen geprägten Situationen ausweitet. Betrachten wir dazu zunächst den klassischen Antizipationsbegriff und seine Bedeutung für das Fahren.

4.1.1 Ansätze zum Zusammenhang zwischen Wahrnehmung und Verhalten

Seit der Jahrhundertwende sind vielfältige psychologische Ansätze zum Zusammenhang zwischen Wahrnehmung und Verhalten entstanden, die den Begriff der „Antizipation“ umschreiben (folgende Übersicht aus Hoffmann, 1993): Wundt (1907) beschreibt eine Willkürhandlung als einen Vorgang, in dessen Verlauf sich von mehreren Affekten (Konfiguration von Gefühl und Vorstellung) einer als dominierend erweist und damit zur bestimmenden Handlungsmotivation wird. Als Verfasser der Handlung sieht Wundt somit den Willensvorgang als eine „der Einwirkung der Sinnesreize vorangehende Vorbereitung der Handlung“ (vgl. Wundt, 1907; S. 236/237; aus Hoffmann, 1993). James (1981) postuliert, dass Bewegung durch die Antizipation der mit ihr verbundenen sensorischen Effekte initiiert wird. Ach (1935) beschreibt in ähnlicher Form das Konstrukt der determinierenden Tendenz. Diese „Determination des Verhaltens ist letzten Endes stets auf die Erreichung des eigentlichen Zieles gerichtet“, so dass das Handlungsziel bereits die Wahrnehmung der vorliegenden Handlungsbedingungen determiniert (Ach, 1935; S. 148/149, aus Hoffmann, 1993). Gibson (1979) betont die Einheit von Wahrnehmung und Verhalten. Er führt den Begriff der Affordances ein, die die gegebenen Verhaltensmöglichkeiten des Organismus festlegen. Dies impliziert, dass die Initiierung einer Handlung neben einer Antizipation ihrer Konsequenzen auch immer Ausgangsbedingungen voraussetzt, die ihre Ausführung möglich machen.

Neisser (1976) erweitert die ökologische Perspektive von Gibson durch Überlegungen zu den Mechanismen, die den Akt der direkten Wahrnehmung von Reizen steuern können. Demnach ist die Wahrnehmung selbst ein Verhaltensakt, der von gegebenen Reizsituationen ausgeht und neue Reizsituationen gezielt erzeugt.

Antizipationen werden als Aktivitäten der vorbereitenden Wahrnehmung betrachtet, die in einer anschaulichen Vorstellung der jeweils erwarteten Reizwirkung bestehen (Neisser, 1978; aus Hoffmann, 1993).

Allen Ansätzen sind folgende Grundgedanken gemeinsam (aus Hoffmann, 1993):

- 1) Wahrnehmung und Verhalten bzw. Reiz und Reaktion bedingen sich wechselseitig und bilden somit eine funktionale Einheit: Das (intentionale) Verhalten hängt einerseits von den gegebenen Wahrnehmungen ab, andererseits werden die Wahrnehmungen auch von den jeweils verfolgten Intentionen bestimmt.
- 2) Der Zusammenhang zwischen Wahrnehmung und Verhalten entsteht dadurch, dass bestimmte Verhaltensweisen mit bestimmten Veränderungen der Reizeinwirkungen gesetzmäßig zusammenhängen, so dass Veränderungen von Reizeinwirkungen und die sie bestimmenden Verhaltensakte in den Grenzen dieser Gesetzmäßigkeiten aufeinander abgebildet werden.
- 3) Der psychologische Mechanismus, der diese Zusammenhänge für eine Kontrolle des Verhaltens und für die Interpretation (Wahrnehmung) von Reizwirkungen nutzt, ist die Antizipation oder anschauliche Vorstellung der mit den Verhaltensakten verbundenen Reizwirkungen.

4.1.2 Die antizipative Verhaltenssteuerung

Aus diesen Grundgedanken leitet Hoffmann (1993) das Prinzip der antizipativen Verhaltenssteuerung ab. Innerhalb dieses Konzepts wird davon ausgegangen, dass eine effektive Verhaltenssteuerung Wissen darüber voraussetzt, welche Verhaltensweisen unter welchen Bedingungen zu welchen Konsequenzen führen. Diese Beziehungen müssen zum Großteil erlernt werden. In unbekannt neuen Situationen führt eine mangelnde Vorhersehbarkeit der Konsequenzen des eigenen Handelns zu Verunsicherung. Hoffmann nimmt ein Antizipationsbedürfnis an, eine gewisse Sicherheit über die zu erwartenden Konsequenzen zu erlangen, das den Organismus antreibt, eine solche antizipative Verhaltenssteuerung aufzubauen. Andere Autoren verwenden Begriffe wie Explorationsbedürfnis (Berlyne, 1950; 1958), Bedürfnis nach Meisterschaft (Hendrick, 1943) oder das Bedürfnis nach effektiver Verhaltenssteuerung, das mit einem Gefühl der Effizienz einhergeht (White, 1959).

4.1.2.1 Lernabhängiger Aufbau einer antizipativen Verhaltenssteuerung

Der Lernprozess zum Aufbau verhaltenssteuernder Maßnahmen lässt sich nach Hoffmann (1993) folgendermaßen beschreiben: Ein intentionales Verhalten ist begleitet von Antizipationen der nach bisherigen Erfahrungen in der jeweils gegebenen Ausgangssituation zu erwartenden Konsequenzen. Die Antizipationen werden kontinuierlich mit den tatsächlich eintretenden Konsequenzen verglichen. Übereinstimmungen verstärken die Bindung zwischen Antizipation und Ausgangssituation. Unzureichende Übereinstimmungen führen zur Differenzierung der Situationsbedingungen hinsichtlich der mit ihnen verbundenen

Verhaltenskonsequenzen. Somit wird das Wissen immer umfassender, unter welchen Umweltbedingungen welche der Verhaltensweisen zu welchen Konsequenzen führt. Dies führt zu einer immer effektiveren Erreichung der erwünschten Ziele unter wechselnden Umweltbedingungen. Hoffmann nimmt dabei einen kontinuierlichen Lernprozess an, in dem keine Trennung von Phasen des Lernens vs. Könnens möglich ist.

4.1.2.2 Repräsentation der Antizipationen

Der intentionale Verhaltensakt ist nach Hoffmann (1993) mit zwei Arten von Antizipationen verbunden:

- Der Antizipation von Eigenschaften des zu erreichenden Zielzustands, der erfahrungsgemäß erwartet werden kann.
- Der Antizipation von Eigenschaften des Ausgangszustandes, die gegeben sein müssen, damit das Verhalten zu den erwarteten Konsequenzen führt.

Zusammen ergibt sich ein mentales Bild zur Kontrolle über den Einsatz und Erfolg der Verhaltensausführung: Entspricht die gegebene Reizstruktur den antizipierten Ausgangsbedingungen hinreichend, kann der intendierte Verhaltensakt ausgeführt werden. Antizipationen scheinen demnach in mehr oder wenigen präzisen anschaulichen Vorstellungen der zu erwartenden Reizeinwirkungen repräsentiert zu sein. Diese ermöglicht unabhängig von der tatsächlichen Ausführung eine Antizipation der zu erwartenden Konsequenzen, „als ob“ tatsächlich in die Umwelt eingegriffen würde.

4.1.2.3 Bedeutung für die selektive Aufmerksamkeit

Im Rahmen der antizipativen Verhaltenssteuerung wird die Notwendigkeit der Selektion von Reizen nicht aufgrund der reinen Begrenztheit von Kapazitäten erklärt, sondern aus der Funktion der Verhaltenssteuerung abgeleitet (z.B. Allport, 1987; Neumann, 1987): Es stehen generell mehr Informationen über die Umwelt bereit, als für die Ausführung der Verhaltensabsichten gerade benötigt wird. Welcher Teil in jedem Moment verwertet wird, bestimmt der jeweils in Gang befindliche Verhaltensakt und/oder die bestehenden Verhaltensabsichten. Die Antizipationen spezifizieren die für die Ausführung eines Verhaltensaktes relevanten Reizwirkungen und lenken somit die Aufmerksamkeit auf ganz bestimmte Bereiche der Umwelt. Irrelevante Reize, die die Verfolgung der Hauptaufgabe nicht beeinflussen, werden ignoriert. Diese top-down gesteuerte Aufmerksamkeit steht somit ganz im Dienste der Handlungsplanung. Diese erleichtert auch die visuelle Suche nach Objekten, da relative Orte (immer in einem Bezug zu einem spezifischen Kontext betrachtet) antizipiert werden können, an denen das Objekt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu finden ist. Ergänzt wird diese um zusätzliche unspezifische bottom-up Prozesse, die die Aufmerksamkeit auf neue, besonders saliente Reize (z.B. Wahrnehmung von Bewegungen über das periphere Sehen oder Orientierungsreaktionen) lenken können, die Änderungen der ursprünglichen Ausgangsbedingungen implizieren (weitere Ausführungen siehe Kapitel zur Aufmerksamkeit 2.2.1).

4.1.2.4 Zeitfenster der Antizipation

Für antizipative Prozesse der Handlungssteuerung kann ein Zeitfenster von 2-3 s angenommen werden. Diese zeitliche Begrenzung scheint eine generelle Eigenschaft des neuro-kognitiven Systems zu sein (nach Tanida & Pöppel, 2006; Gengenbach, 1997; zitiert nach Schweigert, 2003): Verschiedenste Studien aus unterschiedlichen Bereichen gelangen unter Zuhilfenahme unterschiedlichster Paradigmen immer wieder zu ähnlichen Ergebnissen. So gelingen Zeitreproduktionen von akustischem und visuellem Material bis zu einem Bereich von 2-3 s am besten. Ein automatischer Perspektivenwechsel bei der Betrachtung zweideutiger Bilder (z.B. zwei zueinander gewandte Gesichter bzw. eine Vase) erfolgt nach ca. 3 s. Ein vergleichbarer Wahrnehmungsshift ist für akustisches Material nachzuweisen: z.B. wechselt die Wahrnehmung der Phonem-Sequenz: KU-BA-KU innerhalb von 3 s automatisch von KUBA zu BAKU. In der sensumotorischen Kontrolle gelingt die Synchronisation von akustischen Signalen mit Finger-Tippen bis zu einem Zeitfenster von 2-3 s nahezu perfekt. Bei größeren Zeitfenstern (ab 5 s) wird die motorische Bewegung nicht mehr antizipiert, sondern tritt als deutlich verzögerte Reaktion auf den akustischen Reiz hin auf (vgl. Tanida & Pöppel, 2006).

4.1.3 Die Bedeutung der Antizipation beim Fahren

Ein zentrales Ziel des Autofahrers ist die Antizipation der zukünftigen Situationsentwicklung, also das rechtzeitige Erkennen von kritischen Ereignissen und entscheidenden Veränderungen der Verkehrsbedingungen, um konfliktfrei und sicher zu fahren (vgl. van der Hulst, Meijman & Rothengatter, 1999). Die Antizipation beim Autofahren erfolgt vor allem über das visuelle System und ermöglicht die Erfassung räumlich voraus liegender Objekte/Ereignisse (z.B. ein vorausfahrendes Fahrzeug) sowie des weiteren Straßenverlaufs. Dazu muss das Vorfeld permanent visuell abgescannt werden (Cohen, 1976).

In einem hierarchischen Modell der Fahrhandlung (z.B. von Donges, 1978: Navigation – Führung – Stabilisierung; vgl. später Kapitel 4.3.1.1) lassen sich antizipative Steuerungsprozesse vor allem auf der Führungsebene einordnen, wo sie Prozesse der kompensatorischen Regelung auf Stabilisierungsebene überlagern. Vor allem für die Auswahl eines geeigneten Kurses für den unmittelbar voraus liegenden Streckenabschnitt spielt die weitere Vorausschau eine besondere Rolle. Auf dieser Ebene müssen die nächsten Handlungsschritte geplant und Konflikte vermieden werden. Ein vorausschauendes Fahren verringert dabei erheblich den Zeitdruck für den Fahrer und ermöglicht eine frühzeitige Anpassung an veränderte Umweltbedingungen.

Beim „Fahrspur folgen“ als eine der grundlegenden Aufgaben beim Fahren muss vor allem der weitere Straßenverlauf antizipiert werden. Nachdem es sich hierbei um eine kontinuierliche Aufgabe handelt, sind nur kurzfristige Abwendungen von der Fahraufgabe möglich. Reichard (2000) definiert als maximale Blickabwendungszeit, ohne die Spurhaltung zu gefährden (d.h. Spurbabweichungen < 25 cm) 2,5 s für Kreisstraßen, 4,0 s für Bundesstraßen und 4,5 s für Bundesautobahnen. Godthelp (1988) berichtet in ähnlicher Weise von freiwillig akzeptierten Okklusionszeiten zwischen 2,0 und 4,5 s für gerade Straßen. Dabei wird beim einfachen Folgen einer

geraden Straße zu 2/3 auf den Fluchtpunkt (Underwood et al., 2002) geschaut. Dieser ermöglicht sowohl die periphere Erfassung der Spur als auch die räumliche und zeitliche Antizipation des Verkehrsgeschehens. Der maximale Sekundenabstand der Vorausschau liegt dabei nach Boer und Hildreth (1999) ca. 4 s voraus. Mortimer und Jorgeson (1975) berichten, dass bei 90 km/h 80% aller Fixationen über 75 m vor dem Fahrzeug liegen, was einem Sekundenabstand von etwa 3 s entspricht.

Beim Befahren kurviger Abschnitte fixiert der Fahrer zur Erkennung der Kurvenkrümmung vor allem den Tangentenpunkt der Kurve (Underwood et al., 1999; Boer & Mulder, 2002). Nach Shinar, McDowell und Rockwell (1977) geht dabei der Blick schon 2-3 s vorher (bei ca. 100 km/h) in die Richtung der Kurve. Nach Land und Lee (1994 bzw. 1995) beginnen Fahrer 1-2 s vor dem Beginn der Kurve, den Tangentenpunkt an der Kurveninnenseite zu fixieren. In schlecht einsehbaren Kurven mit Sichtbehinderung treten weniger Blickzuwendungen zum Kurventangentenpunkt auf (Underwood et al., 1999). Die Fahrer scheinen hier die visuelle Aufmerksamkeit auf die Suche nach evtl. Hindernissen zu verlagern.

Lenkwinkeländerungen können ca. 1 bis 2 s vor dem eigentlichen Kurvenbeginn beobachtet werden (Donges, 1975). Der Radius einer Kurve beeinflusst vor allem die Geschwindigkeit im Annäherungsbereich (Dilling, 1973). Bereits 2.5 bis 3 s vor dem Erreichen des Übergangsbogens wird eine antizipative Anpassung der Geschwindigkeit vorgenommen. Die Stärke der Verzögerung scheint abhängig von der Schärfe der Krümmung und der Länge der Kurve (kaum Verzögerungen bei langen Übergangsbögen in die Kurve). Vor der Kurve können größere Streuungen der Geschwindigkeit beobachtet werden als in der Kurve. Hohe Streuungen der Geschwindigkeit innerhalb der Kurve und hohe Streuungen der Verzögerung vor der Kurve sind Indikatoren für die Unklarheit über den Verlauf der Kurve (z.B. aufgrund zu geringer Sichtweiten, Fehler in der Trassierung oder visuellen Wahrnehmungstäuschungen). Dies führt zur Unsicherheit über die angemessene Geschwindigkeit in der Kurve bzw. die Wahl der richtigen Verzögerung und entsprechendes Korrekturverhalten.

Cavallo, Brun-Dei, Laya und Neboit (1988) konnten den Einfluss der Fahrerfahrung auf die Antizipation beim Kurvenfahren nachweisen: Erfahrene Fahrer verfügten durch die Antizipation der Kurvenkrümmung über eine bessere Spurkontrolle während des Durchfahrens von Kurven und wählten eine geeignetere Amplitude für den Lenkeinschlag als unerfahrene Fahrer.

Beim Folgen eines vorausfahrenden Fahrzeugs ist die wesentliche Anforderung an den Fahrer, einen angemessenen Sicherheitsabstand einzuhalten. Nach van der Hulst et al. (1999) orientieren sich Fahrer bei der Wahrnehmung von Geschwindigkeitsänderungen dabei sowohl an eindeutigen Hinweisreizen, z.B. den Bremslichtern als auch an Veränderungen der visuellen Information (Vergrößerung des Objekt-Abbildes auf der Netzhaut). Vorhersehbare Bremsmanöver eines vorausfahrenden Fahrzeugs (z.B. aufgrund eines kreuzenden Fahrzeugs in Annäherung an eine Kreuzung) können von Fahrern gut antizipiert werden: Bereits 3 s vor Beginn des Bremsmanövers wird sowohl die Geschwindigkeit reduziert als auch der Abstand vergrößert.

Nach Färber (1986) benötigt der Fahrer 2 s für die Wahrnehmung der Geschwindigkeitsänderung und eine entsprechende Adaptation der Bremsstärke. Reichart (2000; zitiert nach Schweigert, 2003) definiert eine Verlustzeit von 1,8 s, bis die Situation richtig eingeschätzt und eine Bremsung eingeleitet wird. Probst (1986) nimmt eine Mindestbeobachtungsdauer von mindestens 0,8 s (bei einem Abstand von 20 m) bzw. 1,4 s (bei einem Abstand von 40 m) zur Wahrnehmung von Geschwindigkeitsunterschieden an. Bei Ablenkung ist die Wahrnehmung von Geschwindigkeitsänderungen deutlich erschwert (Zheng, Tai & McConkie, 2004; Lee, Lee & Boyle, 2005).

Bei starker Verzögerung eines vorausfahrenden Fahrzeugs (d.h. bei hohen Relativgeschwindigkeiten) ist die Schätzung der sog. TTC (Time To Collision) von entscheidender Bedeutung (vgl. van der Hulst et al., 1999). Dieser Parameter beschreibt die Zeitdauer, bis man bei unverminderter Geschwindigkeit auf das andere Fahrzeug auffahren würde. Die Schätzung der TTC entscheidet maßgeblich darüber, wann ein Bremsmanöver eingeleitet wird. In Untersuchungen von van der Horst (1991) sollten die Probanden zu jeweils dem Zeitpunkt bremsen, dass sie ein normales Bremsmanöver bzw. ein scharfes Bremsmanöver ausführen müssten, um eine Kollision mit einem (stehenden) Fahrzeug zu verhindern. Dabei ergab sich eine TTC von ca. 2,5 s bei einem normalen Bremsmanöver bzw. eine TTC von 1,5 s bei einem starken Bremsmanöver. Bei höheren Geschwindigkeiten steigt die TTC-Grenze an, d.h. es wird früher mit dem Bremsmanöver begonnen. Die minimal erreichten TTC bei der Annäherung sind vergleichbar konstant bei 1,1 s. Bei schlechten Sichtbedingungen wird deutlich früher gebremst. Als kritisch stuft ein Fahrer eine TTC von weniger als 1,5 s ein (u.a. Grayson, 1984).

Beim Fahrspurwechsel fanden Salvucci und Liu (2002) ebenfalls Hinweise auf antizipative Steuerungsprozesse: Fahrer neigen dazu, 2-3 s vor dem Beginn des Spurwechsels in die Gegenrichtung weg von der Zielspur zu lenken (Kompensation der höheren visuellen Kontrolle der Umgebung). Beim Wechsel auf den linken Fahrstreifen verzögern die Fahrer zunächst leicht (innerhalb eines 5 s-Fensters vor dem Spurwechsel), beschleunigen dann, sobald sie die Zielspur erreicht haben und behalten diese höhere Geschwindigkeit auch noch nach dem Wechsel zurück bei. Das Setzen eines Blinkers beginnt 1,5 s vor dem Beginn des Spurwechsels. Allerdings haben bis dahin nur 50% der Fahrer den Blinker gesetzt. Erst nach 1,5 -2 s nach Beginn des Wechsels wird das Maximum von 90% Blinkerbetätigung erreicht.

Die Antizipation von Gefahrensituationen kann über die Verteilung der Fixationsdauern im Blickverhalten abgebildet werden (Velichkovsky et al., 2002). Zum Zeitpunkt des Eintretens einer Gefahr zeigt sich ein plötzlicher Anstieg der Fixationsdauern. In einer weiteren Klassifikation der Fixationen zeigt sich, dass sich kurze Fixationsdauern (90-300 ms) beim Auftreten von Gefahren reduzieren, Fixationen länger als 600 ms zunehmen und mittlere Fixationsdauern von 300 bis 600 ms unbeeinflusst bleiben. Bei potenziellen Gefahren findet sich bereits in 25 m Entfernung ein solcher Anstieg der Fixationen. Betrachtet man zusätzlich die Lokation der Fixationen, wird deutlich, dass zu diesem Zeitpunkt bereits in 74% der Fälle der Gefahrenreiz foveal oder zumindest parafoveal fixiert wurde. Erfahrene Fahrer fixieren also bereits vorab das kritische Objekt und sind dann auf eine Reaktion entsprechend vorbereitet.

4.1.4 Einschränkungen des Antizipationsbegriffs

Für die bisherige Darstellung der antizipativen Handlungssteuerung war es nicht notwendig, einen Begriff wie das Situationsbewusstsein einzuführen. Die dargestellte Systematik ist das Ergebnis langjähriger Forschung zur handlungsgesteuerten Aufmerksamkeit. Ein guter Fahrer zeichnet sich durch ausdifferenzierte Routinen (Handlungs-Konsequenz-Zusammenhänge) aus, die es ihm ermöglichen, die handlungsrelevanten Situationselemente zu erkennen und seine Handlungen darauf abzustimmen. Ist dies allein jedoch ausreichend, um das volle Verständnis für eine Fahrsituation aufzubauen und die richtigen Entscheidungen zu treffen?

Der klassische Antizipationsbegriff hat einige Probleme bzw. Einschränkungen:

- Angenommene Stabilität der Situationsbedingungen
 - Er ist meist auf statische Situationen beschränkt, d.h. es wird angenommen, dass die Ausgangsbedingungen sich nicht über die Zeit ändern
 - Es wird von relativ starren Wenn-Dann-Verknüpfungen ausgegangen, die die Gefahr bergen, dass als nicht relevant betrachteten Reize ignoriert werden
 - Beim Fahren ist der Begriff oft auf die Erfassung räumlich vorausliegender Objekte und Ereignisse begrenzt
- Vernachlässigung von Selektionsproblemen bei mehreren Verhaltensalternativen
 - Es werden in der Regel keine komplexen Situationen betrachtet, in denen aus mehreren Verhaltensalternativen mit jeweils unterschiedlichen Konsequenzen eine ausgewählt werden muss
 - Es werden keine Situationen mit konkurrierenden Verhaltensabsichten und damit verknüpften antizipierten Endzuständen betrachtet

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff des Situationsbewusstseins als Erweiterung des klassischen Antizipationsbegriffes auf Prozesse der Handlungsabsicherung in dynamischen Situationen und Prozesse der angemessenen Aufgabenpriorisierung in Situationen mit Mehrfachanforderungen definiert.

4.2 Situationsbewusstsein als Erweiterung des Antizipationsbegriffs

4.2.1 Erweiterung auf Prozesse der Handlungsabsicherung

Im Fahrkontext spielt die Antizipation in jedem Fall eine entscheidende Rolle. Anders wäre ein vorausschauendes, sicheres Fahren nicht möglich. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass Fahren sich als Geschehen in der Zeit in einem dynamischen Kontext abspielt, in dem sich einmal definierte Ausgangsbedingungen permanent ändern können. Im Beispiel des Fahrspurwechsels kann das Bemerk-

eines Fahrzeugs im Rückspiegel, das zum gleichen Zeitpunkt zu einem Überholmanöver ansetzt, dazu führen, dass die ursprünglich intendierte Handlung abgebrochen werden muss. Einmal formulierte Antizipationen können also unter Umständen nicht mehr zu dem gewünschten Endergebnis führen. Geänderte Umstände verlangen neue Verhaltensweisen, die wiederum mit anderen Konsequenzen verknüpft sind. Nach Hoffmann (1993) braucht Antizipation aber feste Gesetzmäßigkeiten: „in einer Umwelt, in der es keine dauerhaften Zusammenhänge gibt, in der sich alles ständig ändert, würden Verhaltensweisen zu immer anderen Effekten führen. Eine antizipative Verhaltenskontrolle, würde, weil eben nichts vorhergesagt werden könnte, keinen Erfolg haben“ (Hoffmann, 1993; S.48).

Daher muss der Begriff der Antizipation im Rahmen von dynamischen Umwelten erweitert werden. Eine zu starke Fokussierung auf eine einmal definierte Ausgangssituation und damit aufgebaute Erwartungen (intendierte Handlungssteuerung) kann dazu führen, dass unter Umständen potenziell relevante Reize, die auf eine Veränderung der Situation hindeuten, übersehen werden (sog. Inattentional Blindness Phänomen, Simons, 2000). Dies hätte zur Folge, dass notwendige Verhaltensänderungen nicht eingeleitet würden.

Dies wiederum hat Folgen für die mentale Repräsentation der Situation. Es reicht nicht aus, sich auf eine fest definierte Ausgangssituation und damit verknüpfte notwendige Verhaltensakte im Sinne eines prototypischen Handlungsmusters oder – skripts (wahrscheinlichster Verlauf der Ereignisse unter den gegebenen Ausgangsbedingungen) zu beschränken. Es muss ein weitaus elaborierteres mentales Modell vorliegen als das in einer statischen Situation notwendig wäre. Zum einen müssen auch weniger typische Repräsentanten des Schemas berücksichtigt werden (d.h. eher unwahrscheinliche Situationsentwicklungen). Zum anderen muss die mentale Repräsentation kontextspezifisches Wissen über die jeweiligen Randbedingungen beinhalten, innerhalb derer das aktivierte Schema (und damit das ausgewählte Situationsmodell) noch Gültigkeit hat (siehe Abbildung 4-1). Diese Randbedingungen erscheinen zunächst für das eigene Verhalten irrelevant, liefern aber unter Umständen einen Hinweis auf evtl. Abweichungen von einem vorab gewählten Prototypen (wahrscheinlichstes Situationsmodell) und damit auf die Notwendigkeit einer Verhaltensanpassung. Dazu gehören Ereignisse oder Bedingungen, die häufig im Fahrkontext nicht unter Kontrolle des Handelnden stehen und sich noch nicht einmal realisiert haben müssen, sondern nur eine gewisse Wahrscheinlichkeit besitzen (potenziell handlungsrelevante Reize).

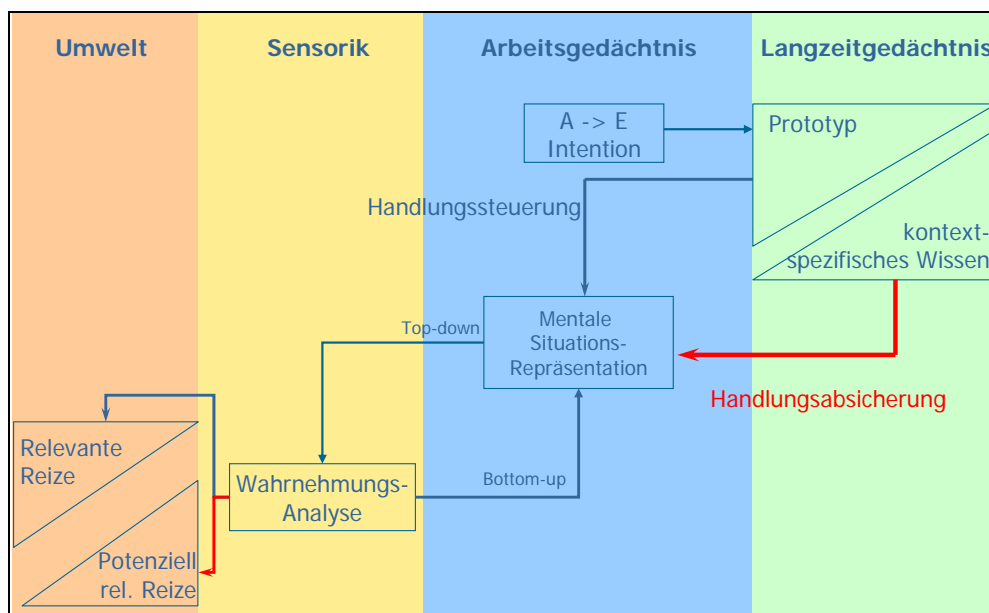


Abbildung 4-1: Erweiterung des klassischen Antizipationsbegriffs zur Handlungssteuerung um Prozesse der Handlungsabsicherung im Konzept des Situationsbewusstseins (A=Ausgangszustand; E=Endzustand).

Zudem muss die mentale Repräsentation Antizipationen darüber enthalten, wann von einem aktuell ausgewählten Schema oder Prototypen für die Situation auf ein anderes gewechselt werden muss, weil die ursprünglichen Bedingungen nicht mehr erfüllt sind.

Insofern muss die mentale Repräsentation der Situation kontextspezifisches Wissen über alle Eventualitäten von möglichen Veränderungen beinhalten (was könnte alles passieren, welche Änderungen könnten eintreten?), die noch nicht einmal sichtbar sein müssen, sondern nur kognitiv repräsentiert sind. Es müssen gewissermaßen „Antizipationen über die Nichterfüllung der Antizipation“ bzw. „Antizipationen über Veränderungen der Antizipation“ stattfinden. Insofern kann Situationsbewusstsein als eine Verfolgung von parallel zur intendierten Handlungssteuerung (Hauptstrang der Handlung) verlaufenden alternativen Situationsentwicklungen (Nebenstränge der Handlung) verstanden werden.

Auf der Wahrnehmungsebene muss dazu ein permanentes Abscannen der Umwelt erfolgen zur Kontrolle, ob das aktuelle Verhalten der Situation noch angemessen ist. Es muss aktiv nach Hinweisreizen gesucht werden, die eine Änderung der Ausgangsbedingungen und damit einhergehend einen Wechsel des aus dem Langzeitgedächtnis aufgerufenen „Prototypen“ für die aktuelle Situation und somit einem Wechsel des Hauptstranges der Handlung implizieren. Die visuelle Suche erfolgt auf Basis spezifischer Erwartungen über mögliche Situationsänderungen und muss über die rein handlungsgesteuerte Aufmerksamkeit hinausgehen. Im Gegensatz zur rein reaktiven bottom-up Steuerung der Aufmerksamkeit ist dieser Prozess ebenfalls top-down gesteuert. Im Umfeld des Autofahrens bedeutet dies eine Erweiterung des Aufmerksamkeitsfokus, nicht nur auf räumlich voraus liegende, sichtbare Objekte und Ereignisse, sondern auch auf Reize in der Peripherie, im

Rückfeld des Fahrzeugs bzw. auf noch nicht sichtbare bzw. verdeckte Objekte. Beim Planen eines Überholmanövers auf einer einstreifigen Landstraße muss der Fahrer sich beispielsweise vergewissern, ob nicht evtl. ein nachfolgendes Fahrzeug ebenfalls ein Überholmanöver einleitet. Unter diesen Umständen muss die ursprüngliche Handlungsplanung abgeändert und der Überholvorgang abgebrochen bzw. verschoben werden.

Diese Prozesse dienen im Gegensatz zu den antizipationsgeleiteten Prozessen der Handlungsplanung/-steuerung der Absicherung der Handlung gegenüber potenziellen Situationsänderungen in dynamischen Situationen. In diesem Sinn ist das Konzept des Situationsbewusstseins als eine Erweiterung des Antizipationsbegriffes zu verstehen. Es kann als Prozessmodell betrachtet werden, das die Antizipation in den Prozess der Handlungsplanung bzw. –Steuerung auf der einen Seite und den Prozess der Handlungsabsicherung auf der anderen Seite einordnet (siehe Abbildung 4-1). Erst dadurch wird ein effizientes Handeln innerhalb einer sich ständig ändernden Umwelt möglich. Tabelle 4-1 definiert die wesentlichen Merkmale, in denen sich die Begriffe der Antizipation und des Situationsbewusstseins voneinander unterscheiden.

Tabelle 4-1: Abgrenzung der Begriffe „Antizipation“ vs. „Situationsbewusstsein“

| Antizipation | Situationsbewusstsein |
|---|--|
| stabile, eindeutige Situationen | dynamische, potenziell mehrdeutige Situationen |
| endogen gesteuert | endogen gesteuert |
| Handlungssteuerung gemäß der Intention | Handlungsabsicherung gegenüber Situationsänderungen |
| auf einen Handlungsstrang begrenzt | auf mehrere Handlungsstränge anwendbar |
| selektive Aufmerksamkeit auf handlungsrelevante Reize | Erweiterung der Aufmerksamkeit auf potenziell handlungsrelevante Reize |
| Abschirmung der Hauptaufgabe | Offenheit gegenüber Nebensträngen der Handlung |
| Konzentration auf die wahrscheinlichste Sit. Entwicklung (Prototyp) | Einbezug der Randbedingungen des Schemas |
| top-down Prozess | top-down Prozess |

4.2.2 Anwendung auf Multitasking-Situationen

Ein elementares Kennzeichen des Autofahrens ist, dass mehrere Aufgaben mit zum Teil unterschiedlicher Relevanz für ein Ziel gleichzeitig bzw. sequenziell bewältigt werden müssen und dabei um die Aufmerksamkeit des Fahrers konkurrieren (Kaber & Endsley, 1997).

Im Hinblick auf die Bedeutung der Antizipation ist die Besonderheit an solchen Multitasking-Situationen, dass die zu erwartenden Konsequenzen verschiedener Teilhandlungen antizipiert werden müssen. Dies stellt weitaus höhere Anforderungen an den Operator als die Antizipation einer einzelnen Aufgabe. Dieser Prozess, über

den in der Literatur bisher wenig gesagt wurde, wird in dem hier beschriebenen Konzept von Situationsbewusstsein thematisiert. Dazu werden zunächst bestehende Ansätze zum Multitasking aus der Literatur beschrieben.

4.2.2.1 Definition Multitasking

Salvucci, Kushleyeva und Lee (2004) definieren Multitasking als „the ability to integrate, interleave, and perform multiple tasks and/or component subtasks of a larger complex task“ (S. 1).

Multitasking erfordert nach Burgess et al. (2000) drei Fähigkeiten:

- Die Fähigkeit, zukünftige Intentionen zu bilden und zu planen
- Die Möglichkeit, diese Intentionen aufrechtzuerhalten bzw. zu erinnern, und sie entsprechend zu priorisieren
- Die Fähigkeit, zum angemessenen Zeitpunkt von einer Intention zu einer anderen zu wechseln

Die besondere Anforderung besteht also darin, die unterschiedlichen Aufgaben über einen längeren Zeitraum hinweg entsprechend ihrer Bedeutung für das übergeordnete Ziel zu sequenzieren und die Situation dahingehend richtig zu interpretieren, dass jeweils die aktuell relevanteste Aufgabe priorisiert wird. Dafür müssen unter Umständen andere Aufgaben unterbrochen oder länger nicht mehr bearbeitete Aufgaben wieder aufgenommen werden. Da es bei solchen Mehrfachaufgaben zu Interferenzen zwischen einzelnen Teilaufgaben kommen kann, sind eine adäquate Priorisierung und ein optimales Management der Aufgaben notwendig.

4.2.2.2 Ressourcenspezifität

Hintergrund für die Annahme von Interferenzen zwischen zwei oder mehr gleichzeitig ausführenden Aufgaben sind zumeist Kapazitäts- oder Ressourcenmodelle. In klassischen Kapazitätsmodellen wird von einer stabilen Verarbeitungskapazität (z.B. Broadbent, 1958) oder Ressource (Kahneman, 1973) mit einer festen Obergrenze ausgegangen. Je nach Anforderung der zu bewältigenden Aufgaben kann mehr Ressource zur Verfügung gestellt und die Leistung bis zu einem bestimmten Grad über einen Anstieg der Erregung gesteigert werden. Mehrere, gleichzeitig auszuführende Handlungen müssen sich die begrenzte Ressource teilen. Gehen die Anforderungen über einen bestimmten Punkt hinaus, ist keine Erhöhung der Leistung mehr möglich und Einbußen sind zu erwarten.

Aufgrund von Schwierigkeiten, einige empirische Befunde mit einer einzelnen, unspezifischen Ressource zu erklären, erfolgte eine Weiterentwicklung dieser Annahme zu Modellen multipler Ressourcen. Diese vermuten, dass für die Bearbeitung von Aufgaben mehrere spezifische Ressourcen zur Verfügung stehen (z.B. Allport, Antonis & Reynolds, 1972; Wickens, 1980; Wickens & Hollands, 2000).

Da auch das Modell multipler Ressourcen nicht alle empirischen Befunde erklären kann, wird in neueren Ansätzen die Erweiterung des Modells um einen Flaschenhals

auf der Verarbeitungsstufe der Reaktionsauswahl gefordert. Es wird angenommen, dass sich die Aufmerksamkeit der Person bei hohen Anforderungen zu einem Ein-Kanal-System zurückentwickelt (z.B. Pashler & Johnston, 1998).

4.2.2.3 Kognitive Modelle für Multitasking

Im Bereich der kognitiven Modellierung existieren Ansätze, die den Prozess des Multitaskings beschreiben. Ein Beispiel für kognitive Architekturen ist das ACT-R Modell von Anderson und Lebiere (Adaptive Control of Thought-Rational; 1998), das auf condition-action Bedingungen (typische Wenn-dann-Verknüpfungen) basiert. Stark vereinfacht kann das Modell in folgender Weise beschrieben werden:

Innerhalb des Modells ist Wissen auf zwei Arten gespeichert: als deklaratives Wissen (faktisches Wissen über die Umwelt) und als prozedurales Wissen in wenn-dann-Regeln (z.B. „Wenn du auf der Autobahn hinter einem langsamen LKW herfährst, dann bereite einen Überholvorgang vor“). Dabei existieren verschiedene solcher Regeln, die miteinander um die Ausführung konkurrieren und die unterschiedlich priorisiert werden müssen. Die Entscheidung, welche der Regeln gerade am stärksten gewichtet wird und daher „feuern“ darf, wird über den sog. conflict resolution Prozess definiert. Er trifft diese Entscheidung nach dem Erwartungsnutzen, den das Abfeuern der jeweiligen Regel bringt. An dieser Stelle wird eine einfache Kosten-Nutzen-Analyse für jede Regel aufgestellt. Diejenige mit dem größten Nutzen (berechnet aus Erwartung x (Wert- Kosten)) wird ausgeführt. Der Nutzen wird dabei nach dem höher geordneten Ziel definiert, das erreicht werden soll. Wird die Regel gefeuert, werden entsprechende perzeptuelle (für die Fahraufgabe z.B. Betrachten des vorausfahrenden Fahrzeugs) und motorische Aktionen (für die Fahraufgabe z.B. Lenken) ausgeführt und das faktische Wissen über die Situation aktualisiert.

Als Annahme darüber, wie die unterschiedlichen miteinander konkurrierenden Teilaufgaben beim Fahren gemanagt werden, nehmen Salvucci und Kollegen eine „general Executive“ an, „a mechanism that schedules and interleaves multiple subtasks“ (Salvucci et al., 2004, Salvucci, 2005). Diese Struktur enthält eine Menge von aktiven Zielen, von denen sie jeweils eines an den sog. Zielbuffer weiterleitet. In diesem Zielbuffer ist jeweils das aktuelle Ziel gespeichert und lenkt das System in die entsprechende Richtung, um diese spezifische Aufgabe zu erfüllen. Jedes Ziel ist mit einer bestimmten Verzögerungszeit belegt, die angibt, wann mit der Aufgabe begonnen werden muss. Kriterium für die Reihenfolge, in der die Aufgaben bearbeitet werden, ist der Zeitdruck. Das jeweils dringlichste Ziel wird voran gestellt.

Treten dennoch Konflikte zwischen zwei Aufgaben auf, muss darauf geachtet werden, dass eine Balance zwischen der ungestörten Ausführung einer Aufgabe und der gleichzeitigen Berücksichtigung der dazu notwendigen Ressourcen gefunden wird. Unter Umständen müssen Aufgaben unterbrochen werden, um dringlichere Aufgaben dazwischen zu schieben.

Der Vorteil solcher Modelle liegt nach Meinung der Autoren darin, dass Kontrollprozesse auf niedrigeren Ebenen (beim Autofahren z.B. Spurhaltung und Kurvenfahren) und höher geordnete kognitive Prozesse miteinander integriert

werden können. Dies wird durch die Annahme des zentralen kognitiven Prozessors („general Executive“) möglich, der die Steuerung der verschiedenen Prozesse übernimmt. Er hält ein mentales Bild der Situation bereit, trifft Entscheidungen und steuert Strategien auf höheren kognitiven Ebenen. Vergleichbar mit dem ACT-R Modell von Anderson wird auch das sog. SOAR Modell von Newell (1990) genutzt, um auf dessen Basis das Fahrerverhalten zu modellieren (vgl. Aasmann & Michon, 1992). Auch in diesem Modell wird von einer Art „Process Manager“ ausgegangen, der die Priorisierung von Mehrfachaufgaben steuern soll.

Ein weiteres Beispiel für die kognitive Modellierung von Multitasking ist das von der NASA entwickelte APEX-Modell (Freed, 1998). Die Aufgabenpriorisierung erfolgt im Rahmen dieser Architektur nach folgenden Aufgaben- und Situationsfaktoren:

- Dringlichkeit (Zeit bis zur Deadline)
- Wichtigkeit (Kosten, wenn Deadline verpasst wird)
- Subjektives Workload (Aufgabenmenge)

Steht genügend Zeit zur Verfügung, um alle Aufgaben zu bearbeiten, erfolgt die Aufgabenpriorisierung anhand der Dringlichkeit. Wenn einzelne Deadlines nicht erreicht werden können, entscheidet die Wichtigkeit der Aufgaben. Das Modell berücksichtigt außerdem, dass einige Aufgaben eher Unterbrechungen tolerieren als andere. Aufgaben werden so gemanagt, dass die zur Verfügung stehenden Ressourcen optimal genutzt werden.

4.2.2.4 Situationsbewusstsein als angemessene Aufgabenpriorisierung

Im Zusammenhang mit den beschriebenen Multitasking-Anforderungen lässt sich der vorab definierte Begriff des Situationsbewusstseins nun folgendermaßen anwenden:

In Multitasking-Situationen entscheidet die Dringlichkeit und Wichtigkeit einer Aufgabe darüber, welche Aufgabe mit höchster Priorität zu behandeln ist. Diese mit bestimmten Antizipationen verknüpfte Hauptaufgabe sollte möglichst gegenüber irrelevanten Störeinflüssen aus der Umwelt abgeschirmt werden. Mit dem Ziel der Handlungsabsicherung, muss aber zugleich sichergestellt werden, dass die übrigen Teilaufgaben und Änderungen deren Dringlichkeit oder Wichtigkeit weiter beachtet werden, um zu erkennen, wann unter Umständen ein Aufgabenwechsel von der vorab priorisierten Aufgabe stattfinden muss. Insofern ist hier also eine optimale Balance zwischen Prozessen der antizipativen Handlungssteuerung und Prozessen der Handlungsabsicherung notwendig, die als Situationsbewusstsein definiert werden können.

Situationsbewusstsein lässt sich dabei als ein auf einer Metaebene angesiedeltes Kontrollsystem beschreiben, das dafür sorgt, dass die Aufgabenpriorisierung in Multitasking-Umgebungen jeweils flexibel an die aktuellen Kontextbedingungen angepasst wird. Die Folge sollte eine effiziente situationsangepasste Rangfolge der Mehrfachanforderungen sein. Abbildung 4-2 verdeutlicht dieses Modell des Situationsbewusstseins in Multitasking-Situationen.

Auf der Ebene der Handlungsplanung wird zunächst eine Intention gebildet, anhand derer auf der Ebene der Handlungssteuerung die unterschiedlichen Aufgaben entsprechend ihrer Bedeutung für das Ziel priorisiert werden. Tritt unter dieser Priorisierung das antizipierte Ergebnis ein, kann sie beibehalten werden. Dabei ist es wichtig, die Hauptaufgabe gegenüber irrelevanten Reizen abzuschirmen.

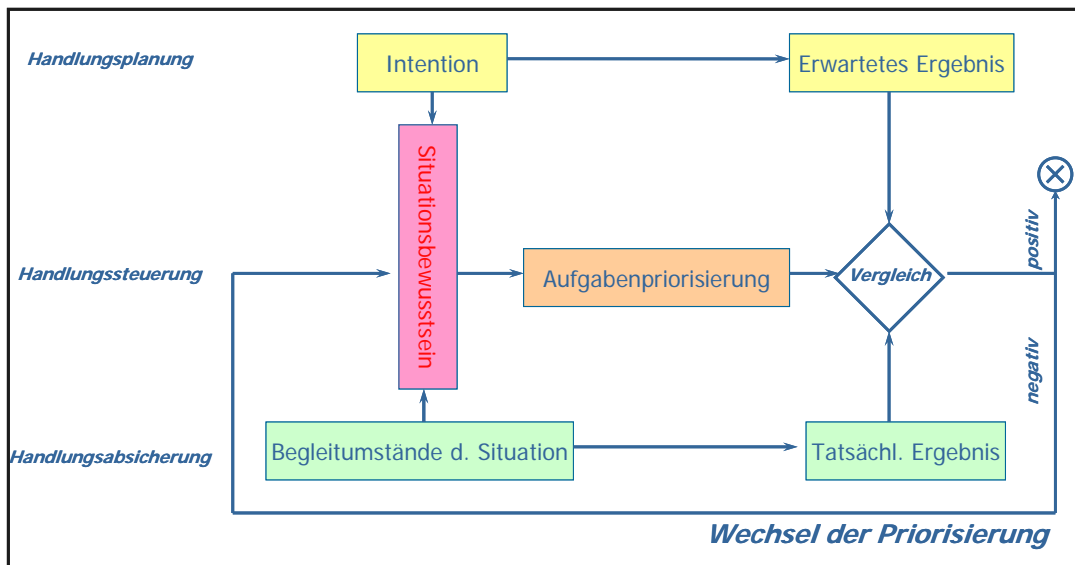


Abbildung 4-2: Modell von Situationsbewusstsein in Multitasking Situationen.

Führt die aktuelle Priorisierung in naher Zukunft voraussichtlich nicht zum gewünschten Ergebnis, muss ein Wechsel der Priorisierung stattfinden. Dieser Wechsel wird auf der Kontrollebene vom Situationsbewusstsein gesteuert. Nur wenn entsprechende Offenheit gegenüber Begleitumständen der Situation, die einen Situationswechsel andeuten, besteht, kann dieser Priorisierungswechsel erfolgreich durchgeführt werden und eine adäquate und rechtzeitige Verhaltensanpassung erfolgen. Dabei erfolgt der Aufgabenwechsel nicht reaktiv auf einen externen Reiz hin, sondern stellt einen bewussten Entscheidungsprozess dar (vgl. auch Burgess et al., 2000).

4.3 Übertragung auf den Fahrkontext

Im Folgenden wird das Modell von Situationsbewusstsein auf den Fahrkontext übertragen. Dazu müssen zunächst die verschiedenen Fahraufgaben sowie deren visuelle, motorische und kognitive Anforderungen beschrieben werden. Anschließend wird erörtert, inwieweit das vorab definierte Konzept des Situationsbewusstseins die Priorisierung dieser Mehrfachanforderungen regelt.

4.3.1 Theoretische Modelle der Fahrhandlung

In vielen theoretischen Ansätzen zur Klassifikation von Fahraufgaben und den damit verbundenen Anforderungen, wird davon ausgegangen, dass die einzelnen Fahraufgaben hierarchisch angeordnet sind, wobei sich die Ebenen gegenseitig beeinflussen und in unterschiedlichen zeitlichen Horizonten ablaufen.

4.3.1.1 Hierarchische Modelle der Fahrhandlung

Dabei werden in der Regel drei Handlungsebenen mit unterschiedlichen zeitlichen Fenstern unterschieden (Michon, 1985; ähnliche Ansätze auch von Bernotat, 1970; Janssen, 1979, Tanida & Pöppel, 2006; vgl. Abbildung 4-3): Auf der untersten Ebene des Regelns und Stabilisierens, der sog. operationalen Ebene, regelt der Fahrer Abweichungen der Ist- von Sollwerten (z.B. Spurhaltung, Geschwindigkeitskontrolle, Abstandskontrolle; im Millisekundenbereich). Auf einer mittleren Führungsebene, der sog. taktischen Ebene, werden Manövrieraufgaben durchgeführt, die aus den verschiedenen Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern oder Objekten in der aktuellen Fahrsituation resultieren (z.B. Überholen, Abbiegen, Ausweichen; im Sekundenbereich). Auf der höchsten Ebene, der sog. strategischen Ebene, werden längerdauernde Navigationsaufgaben, wie die Wahl der Fahrtroute und das Festlegen des zeitlichen Ablaufs der Fahrt ausgeführt.



Abbildung 4-3: Die drei Ebenen der Fahraufgabe (aus Bubb, 1993).

Rasmussen (1983) nimmt alternativ eine hierarchische Gliederung der Fahrhandlungen auf folgenden drei Ebenen vor:

- **Skill-based behaviour:** Hier sind hochgeübte Verhaltensweisen bzw. Routinehandlungen angesiedelt, die automatisiert ohne bewusste Aufmerksamkeit oder Kontrolle ablaufen. Die relevanten Merkmale eines Reizes werden dabei extrahiert und dienen direkt als Signal zur Auslösung von automatisierten sensumotorischen Mustern.
- **Rule-based behaviour:** Auf dieser Ebene werden gelernte Regeln angewendet, z.B. Wahlmöglichkeit zwischen Verhaltensalternativen. Nach der Merkmalsbildung muss der Reiz in ein Zeichen übersetzt werden, d.h. wiedererkannt werden. Dieses Zeichen aktiviert dann eine bestimmte Assoziation zwischen dem aktuellen Zustand und der Aufgabe (typische Wenn-Dann-Verknüpfungen).
- **Knowledge-based behaviour:** Auf dieser Ebene werden bewusst gesteuerte, auf analytischen Prozessen beruhende Verhaltensweisen ausgeführt. Der Reiz muss dafür weiter identifiziert werden, er dient als Symbol und führt in Zusammenhang mit dem aktuell erwünschten Ziel zu einer bewussten Entscheidung für eine Aufgabe.

Salvucci, Liu und Boer (2001) beziehen sich in ihrem Modell der kognitiven Modellierung ebenfalls auf drei Komponenten des Fahrerverhaltens (Abbildung 4-4): Auf der Control Ebene werden grundlegende Kontrollaufgaben, wie Spurhaltung, Abstands- und Geschwindigkeitsregulation ausgeführt. Auf der Monitoring-Ebene erfolgt eine Art periodisches Abscannen der Umwelt, das nach Salvucci zur Aufrechterhaltung von Situationsbewusstsein (z.B. wo befinden sich aktuell andere Fahrzeuge?) genutzt wird. Dazu wird mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ein Bereich ausgewählt, der beobachtet werden soll (z.B. der linke oder rechte Fahrstreifen auf Autobahnen) sowie die Blickrichtung festgelegt (z.B. nach vorne oder in den Rückspiegel). Dabei wird beispielsweise die Position anderer Fahrzeuge abgespeichert. Alte und neue Distanzen zum EGO-Fahrzeug zwischen den Updates werden dann dazu genutzt, um die Relativgeschwindigkeit zu anderen Fahrzeugen abzuschätzen. Dieses Monitoring erfolgt auch, wenn keine unmittelbare Entscheidung aufgrund einer kritischen Situation gefordert ist. Auf der Decision Making Ebene schließlich erfolgt nach der Einschätzung der Situation, die Entscheidung, ob ein Fahrmanöver durchgeführt wird oder nicht. Die Entscheidung für einen Spurwechsel z.B. hängt einerseits davon ab, ob sich auf dem eigenen Fahrstreifen ein Fahrzeug befindet, das näher als der Wunschabstand liegt und das man daher überholen möchte, sowie andererseits davon, ob die Zielspur, auf die gewechselt werden soll, frei ist (unter Berücksichtigung, ob sich evtl. ein aktuell nicht sichtbares Fahrzeug im toten Winkel befindet). Salvucci geht davon aus, dass grundlegende Kontrollaufgaben eher visuell-perzeptive Anforderungen stellen, während auf der Monitoring- und Decision Making Ebene zunehmend höhere kognitive Prozesse beteiligt sind.

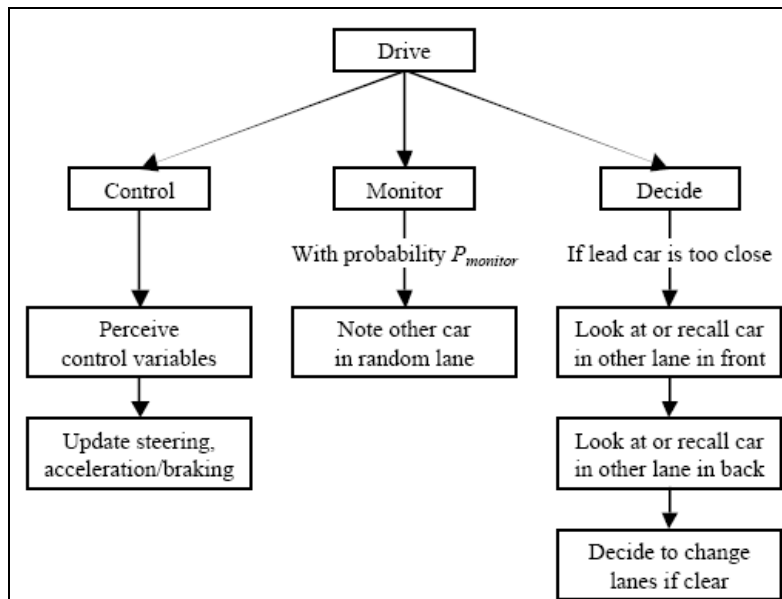


Abbildung 4-4: Komponenten des Fahrerverhaltens (aus: Salvucci, Boer & Liu, 2001).

Die hierarchische Gliederung der Fahraufgaben legt nahe, dass mehrere Aufgaben gleichzeitig ausgeführt werden müssen, z.B. Aufgaben auf der Stabilisierung- und der Führungsebene. Dies führt zu einer weiteren Unterteilungsmöglichkeit von Fahraufgaben, danach welche parallel ausgeführt werden bzw. seriell bearbeitet

werden müssen und somit zu einer Klassifikation nach dem Automatisierungsgrad von Fahraufgaben.

4.3.1.2 Automatisierte vs. kontrollierte Fahraufgaben

Shiffrin und Schneider (1977) trennen beispielsweise zwischen automatisierten vs. kontrollierten Verhaltensweisen: Automatisierte Aufgaben sind dadurch gekennzeichnet, dass sie parallel ausgeführt werden können, nicht gehemmt werden können, schnell ablaufen und unabhängig von Workload sind, da sie keine Ressourcen für sich beanspruchen. Der Ausführende ist sich den ablaufenden Prozessen meist gar nicht bewusst. Beim Fahren sollte das mit hinreichender Übung für die Basisaufgaben, wie Kuppeln und Schalten, gelten. Kontrollierte Verhaltensweisen dagegen können nur seriell ausgeführt werden. Zudem können sie gehemmt werden. Es handelt sich eher um langsame Prozesse, sie sind abhängig vom Workload und es erfolgt eine bewusste Bearbeitung der Aufgabe. Beim Fahren sind dies z.B. typischerweise Navigationsaufgaben oder Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern.

4.3.1.3 Top-down vs. bottom-up gesteuerte Fahraufgaben

Norman und Bobrow (1975) klassifizieren Fahraufgaben nach "conceptually driven" (top-down) vs. "data-driven (bottom-up) processing". Top-down gesteuerte Prozesse sind durch Intentionen gesteuert. Die Ausführung einer Aufgabe wird dabei durch erlernte Strategien vereinfacht, es kommt ein Schema für eine vorgegebene Ausgangssituation zum Einsatz. Für das Fahren existieren solche Strategien in der Regel für die Geschwindigkeitskontrolle, die Fahrzeugkontrolle oder die visuelle Orientierung. Für das Überqueren einer Kreuzung werden Strategien beispielsweise in Abhängigkeit der Art der Kreuzung oder des beabsichtigten Manövers (vgl. Aasman & Lourens, 1991; zitiert nach Aasman & Michon, 1992) ausgewählt. Beim data-driven processing löst ein externer Reiz das Verhalten aus, z.B. wird eine aktuell ausgeführte Aufgabe durch ein kritisches Ereignis in der Umgebung unterbrochen.

4.3.1.4 Anforderungen von Fahraufgaben

Die klassifizierten Fahraufgaben lassen sich auch hinsichtlich ihrer Anforderungen beschreiben, die bei der Ausführung dieser Aufgabe notwendig sind. Dabei wird in der Regel davon ausgegangen, dass vor allem visuelle, kognitive und motorische Anforderungen gemeistert werden müssen.

Fastenmeier und Gstalter (2003) beschreiben folgende Anforderungskategorien:

- Kategorie 1: Wahrnehmung: Informationsaufnahme und -suche (Beobachten, Entdecken, Suchen, Dekodieren)
- Kategorie 2: Erwartungsbildung (eines Fahrzeugs in der eigenen Fahrtrichtung, in der entgegenkommenden Fahrtrichtung, Fahrzeuge auf der linken oder rechten Nachbarstreifen; Erwarten von Querverkehr, von Veränderungen durch bauliche Gegebenheiten; zeitliche Erwartungen, Konflikterwartungen)

- Kategorie 3: Beurteilungsleistungen (Beurteilung zeitlich-räumlicher Konstellationen, Situationsbeurteilung/Gefährdungseinschätzung, Beurteilung Fahrzeug-Potenzial)
- Kategorie 4: Gedächtnisprozesse (Abruf von Infos aus dem LZG, Einlesen und Behalten von Infos im Arbeitsspeicher, Abruf von Inhalten aus Arbeitsspeicher in den sequentiellen Prozessor)
- Kategorie 5: Entscheidungen treffen/Planen (Integration von Informationen aus unterschiedlichen Quellen, Entscheiden unter Unsicherheit, Entscheidung zwischen zwei Möglichkeiten)
- Kategorie 6: Fahrzeugbedienung/Fahrverhalten (Sollspur, Sollgeschwindigkeit, Blinker, weitere Zeichengebung, sonstige Bedientätigkeiten, Fehlerhaftes Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer kompensieren, Sichern, Informationsaufnahme aus dem Fahrzeuginneren)

4.3.2 Definition der für Situationsbewusstsein relevanten Prozesse

Im Folgenden wird das vorgestellte Konzept des Situationsbewusstseins in ein theoretisches Modell der Fahrhandlung eingeordnet. Dabei wird die hierarchische Gliederung von Fahraufgaben (vgl. Michon, 1985) zugrunde gelegt und die für situationsbewusstes Verhalten notwendigen Anforderungen auf den verschiedenen Ebenen beschrieben. Zunächst findet eine Unterteilung der Aufgaben beim Fahren danach statt, ob sie sich auf der operationalen oder taktischen Ebene abspielen (die strategische Ebene wird hierbei ausgeklammert). Es ist davon auszugehen, dass sich diese Aufgaben sowohl in ihrem zeitlichen Verlauf als auch in ihrem visuellen, kognitiven und motorischen Anforderungsgrad unterscheiden (siehe Tabelle 4-2). Anschließend wird beschrieben, wie und wann es zu einem Wechsel zwischen den Ebenen kommt.

Tabelle 4-2: Klassifikation der Aufgaben auf operationaler und taktischer Ebene nach ihrem zeitlichen Verlauf und den unterschiedlichen visuellen, kognitiven und motorischen Anforderungen.

| | Zeitverlauf | Visuelle Anforderungen | Kognitive Anforderungen | motorische Anforderungen |
|---------------------------|----------------|---|---|--|
| Operationale Ebene | Kontinuierlich | Monitoring: permanentes Abscannen der Umwelt, aktive Suche nach Hinweisreizen | Klassifikation von Reizen nach Handlungsrelevanz, Einschätzen von Stabilität/Konfliktpo- tenzial der Situation | Fahrzeug- stabilisierung/ Kontrolle |
| Taktische Ebene | Diskret | Visuelle Fokussierung auf einen handlungsrelevanten Reiz | Schätzen von Zeitintervallen; Entscheidungs- leistungen | Zeitkritische Verhaltens- anpassung (Fahrmanöver) |

4.3.2.1 Aufgaben auf operationaler Ebene

Auf der operationalen Ebene müssen mehrere kontinuierliche Aufgaben ausgeführt werden. Sie dienen dazu, das eigene Verhalten permanent an die sich dynamisch verändernde Situation anzupassen.

Motorische Anforderungen

Zu den motorischen Anforderungen auf dieser Ebene zählen quer- und längsregulatorische Kontrollaufgaben, wie z.B. Kontrolle der Spurhaltung, des Geschwindigkeitsverhaltens sowie des Abstandsverhaltens zu anderen Fahrzeugen. Auf dieser Ebene werden in der Regel nur geringfügige Verhaltenskorrekturen erforderlich, z.B. um die Fahrzeugposition in der Mitte des Fahrstreifens zu halten oder um einen Wunschabstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug einzustellen und zu regulieren. Nach einem Multitasking Modell des Fahrens von Salvucci (2005) kann diese Teilaufgabe bei stabilen Umweltverhältnissen kurzzeitig gegenüber der Monitoring-Aufgabe vernachlässigt werden.

Visuelle Anforderungen

Die visuellen Anforderungen auf dieser Ebene bestehen überwiegend aus Monitoring-Aufgaben, wie dem Beobachten anderer Verkehrsteilnehmer (Fahrzeuge vor, seitlich oder hinter dem Fahrzeug) und des weiteren Straßenverlaufs (Vorausschau auf eine bevorstehende Kurve etc.). Dieses permanente Abscannen der Umwelt dient der aktiven Suche nach Hinweisreizen, die eine Veränderung der Situation und damit des antizipierten Handlungsziels andeuten und einen Wechsel auf die taktische Handlungsebene nötig machen. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung zur Aufrechterhaltung von Situationsbewusstsein. Zur Überwachung der Fahrszene ist eine effiziente Blickstrategie von besonderer Bedeutung: Crundall und Underwood (1998) konnten zeigen, dass mit zunehmender Fahrerfahrung ein immer stärker ausgeprägtes mentales Modell der Situation zu einer immer effizienteren Suche nach relevanten Reizen führt, die über die reine Antizipation des am wahrscheinlichsten zu erwartenden Endzustandes hinausgeht.

Bei Fahrten auf einer zweistreifigen Autobahn wurde bei erfahrenen Fahrern z.B. zum einen eine höhere Varianz in den Fixationen in x-Richtung festgestellt als bei Novizen. Dies spricht dafür, dass vermehrt der Verkehr auf anderen Fahrstreifen in Vorbereitung eines Spurwechsels überwacht wird und potenzielle Gefahren durch auf die Autobahn auffahrende Fahrzeuge identifiziert werden. Zusätzlich wurden bei Novizen längere Fixationsdauern auf einen limitierten Bereich direkt vor dem eigenen Fahrzeug und auf das direkt voraus liegende Fahrzeug beobachtet. Solche Unterschiede im Blickverhalten zwischen erfahrenen und unerfahrenen Fahrern zeigten sich auch im Betrachten von Videosequenzen von Fahrsituationen (Underwood, Chapman & Crundall, 2002). Die Autoren schlussfolgern hieraus, dass das ineffiziente Blickverhalten bei Fahranfängern nicht auf einer Überlastung infolge unzureichend automatisierter Bedientätigkeit (diese fällt bei den Videosequenzen weg), sondern auf unzureichend entwickelten mentalen Modellen der einzelnen Fahrsituationen beruht. Weiterhin schließen sie, dass mit steigender Fahrerfahrung Strategien entwickelt werden, in visuell besonders beanspruchenden Situationen die Fixationsdauern zu verkürzen und so eine erhöhte Anzahl von Fixationen zu ermöglichen. Dadurch werden zwar einzelne Details schlechter verarbeitet, die Wahrnehmung der gesamten Situation aber verbessert. Underwood et al. (2003) wiesen außerdem nach, dass sich Fahranfänger von erfahrenen Fahrern in ihrer Erinnerung für zufällige Bestandteile, nicht aber für zentrale Aspekte von Fahrszenen unterscheiden. Dieses Ergebnis wird so interpretiert, dass sie mit der Wahrnehmung

der relevanten Details so beschäftigt sind, dass sie weniger Kapazitäten auf zusätzliche Informationen richten können.

Diese Ergebnisse zeigen, dass eine effektive Suche nach relevanten bzw. potenziell relevanten Reizen über die periphere Wahrnehmung eine elementare Rolle im Prozess der Handlungsabsicherung spielt. Ein sog. Tunnelblick, der ausschließlich auf fokale antizipierte Elemente der Fahrscene gerichtet ist, führt dazu, dass unter Umständen weitere Reize, die eher in der Peripherie auftreten, übersehen werden. Crundall, Shenton und Underwood (2004) zeigten, dass intendiertes Car Follow zu einer starken Fokussierung der Aufmerksamkeit auf das direkt voraus fahrende Fahrzeug und zu einer Vernachlässigung der Überwachung von Fußgängern und häufigeren Regelverletzungen führte (z.B. Missachten des Vorfahrtsgebotes). Plötzlich auftretende Gefahren, wie ein abbremsendes Fahrzeug oder ein die Straße überquerender Fußgänger (Chapman & Underwood, 1998; Velichkovsky et al., 2002) bzw. zusätzlicher Stress, z.B. durch eine Nebenaufgabe, verstärken diese Effekte. Gugerty (1997) konnte zeigen, dass bei hohem Workload (operationalisiert über die Anzahl umgebender Fahrzeuge) zwar nach wie vor gut auf plötzlich abbremsende Vorderfahrzeuge reagiert werden konnte, da diese im Zuge der eingeschränkten visuellen Aufmerksamkeit besonders beachtet wurden. Im Gegensatz dazu litt jedoch die Reaktionsleistung auf Fahrzeuge im toten Winkel. Harbluk, Noy, Trbovich und Eizenman (2007) wiesen nach, dass sich bei einer zusätzlichen Beschäftigung mit einer kognitiv anspruchsvollen Nebenaufgabe das Blickfeld auf die Straße deutlich verringerte. Barkana, Zadok, Morad und Avni (2004) konnten ebenfalls eine Einschränkung des visuell überwachten Bereichs bei der zusätzlichen Ausführung einer Telefonaufgabe finden.

Kognitive Anforderungen

Die kognitiven Anforderungen auf der operationalen Ebene betreffen in erster Linie eine permanente Situationseinschätzung hinsichtlich der zu erwartenden Anforderungen und notwendigen Verhaltensanpassungen. Dazu findet eine permanente Klassifikation der Umgebungsreize in irrelevante und relevante Reize statt. Relevante Reize werden dabei danach definiert, inwiefern sie für das übergeordnete Ziel, sicher und konfliktfrei zu fahren, bedeutsam sind. Solche als relevant definierten Reize, also mögliche Konfliktpartner (z.B. ein abbremsendes vorausfahrendes Fahrzeug, ein Fußgänger, der die Straße überqueren möchte) oder Konfliktbereiche (z.B. eine scharfe Kurve, eine komplexe Kreuzung, eine bevorstehende Fahrbahnverengung), sollten priorisiert behandelt werden. Zur Identifikation dieses Konfliktpotentials und zur Einschätzung der aktuellen und zukünftigen Stabilität werden sowohl qualitative Merkmale des Reizes (z.B. Position, Bewegungsrichtung, Art des Reizes) als auch quantitative Informationen (Einschätzung von Entfernungen und Geschwindigkeiten) herangezogen.

Die Einschätzung des Konfliktpotentials darf sich dabei jedoch nicht nur auf erwartbare Konflikte beschränken, die den Hauptstrang der Handlung betreffen. Dies wäre mit dem Begriff der Antizipation umfassend beschrieben. Um darüber hinaus das Fahren als situationsbewusst zu bezeichnen, muss sich die Situationsbewertung auch auf evtl. Nebenstränge der Handlung, d.h. aktuell noch nicht relevante, aber potenziell relevante Reize erstrecken. Im Kontext des Fahrens beinhaltet dies die

Berücksichtigung von Reizen in der Peripherie, im Rückfeld des Fahrzeugs bzw. auf noch nicht sichtbare bzw. verdeckte Objekte.

Die Möglichkeit zur Einschätzung der Konfliktwahrscheinlichkeit ist unter anderem maßgeblich von den gegebenen Situationsbedingungen abhängig. Relevante Einflussmerkmale sind hierbei beispielsweise:

- Der Ort des Hinweisreizes: Tritt der Hinweisreiz eher in der Peripherie oder im visuellen Fokus auf (z.B. ungewöhnliches Verhalten des rückwärtigen Verkehrs vs. des vorausfahrenden Fahrzeugs)?
- Die Wahrnehmbarkeit des Hinweisreizes: Ist der Hinweisreiz deutlich sichtbar oder durch straßenbauliche Gegebenheiten oder schlechte Witterungsbedingungen verdeckt?
- Die Eindeutigkeit des Hinweisreizes: Weist der Hinweisreiz direkt auf einen potenziellen Konflikt hin (z.B. Bremslichter eines vorausfahrenden Fahrzeugs) oder muss die Verhaltensabsicht indirekt erschlossen werden (z.B. aus dem Verzögerungsverhalten)?
- Die Zeitkritikalität: Wie frühzeitig ist der Konflikt erkennbar (sehr langfristig bzw. erst kurz vorher)?

Gelingt dem Fahrer eine korrekte Einschätzung der Situation auch dann, wenn die Anzeichen für eine Verhaltensänderung weniger eindeutig sind und erfolgt daraufhin eine entsprechend adäquate Verhaltensanpassung, würde man ihn als situationsbewussten Fahrer bezeichnen.

4.3.2.2 Wechsel auf die taktische Ebene

Hat der Fahrer einen handlungsrelevanten Reiz wahrgenommen, der von ihm so interpretiert wird, dass in absehbarer Zeit eine Verhaltensanpassung erforderlich wird, findet ein Wechsel von der operationalen Ebene auf die nächst höhere taktische Ebene statt (siehe Abbildung 4-5). Im Falle eines hohen Situationsbewusstseins kann ein solcher notwendiger Ebenenwechsel bereits vorab durch die Berücksichtigung potenziell relevanter Reize antizipiert werden. In diesem Fall ist eine frühzeitige Verhaltensanpassung gewährleistet. Mit dem Wechsel geht eine Änderung der zeitlichen Struktur von einer permanent auszuführenden Aufgabe hin zu einer diskreten zeitkritischen Aufgabe einher.

Die motorische Ausführung der Verhaltensanpassung selbst wird vom Fahrer gegenüber allen anderen Aufgaben stark priorisiert. Es kommt zu einer Konzentration der visuellen Aufmerksamkeit auf entsprechende relevante Reize der Umgebung, die als möglicher Konfliktbereich oder Konfliktpartner identifiziert wurden. Zudem werden die Dauer bis zum Eintreten eines potenziellen Konflikts, die Dauer zur Ausführung des Fahrmanövers sowie die Art und die Stärke der notwendigen Verhaltensanpassung antizipiert.

Zur Aufrechterhaltung von Situationsbewusstsein ist es besonders wichtig, dass während der Verhaltensanpassung auf taktischer Ebene, die eine starke Fokussierung auf die Hauptaufgabe bewirkt, der Monitoring-Strang auf der

operationalen Ebene weitergeführt wird. Konzentriert der Fahrer seine Aufmerksamkeit ausschließlich auf die Ausführung eines Fahrmanövers, das er aufgrund eines antizipierten Konflikts ausführen muss, entgehen ihm unterdessen andere potenziell relevante Situationsentwicklungen in Nebensträngen der Handlung. So kann beispielsweise in einer kritischen Auffahrsituation an einem Stauende das Wahrnehmen eines schnell herannahenden Fahrzeugs im Rückspiegel dazu führen, dass statt des ursprünglich geplanten Bremsmanövers ein Ausweichmanöver ausgeführt werden muss, um eine Kollision mit dem nachfolgenden Fahrzeug zu vermeiden.

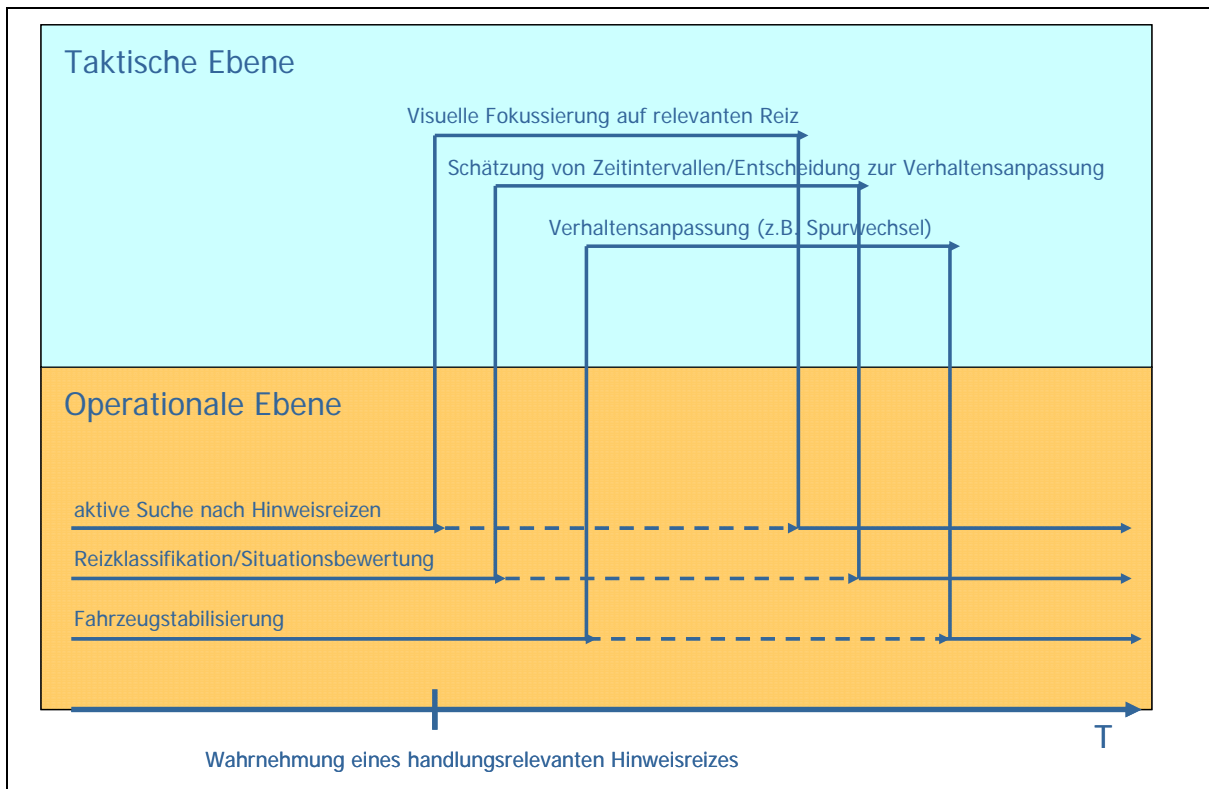


Abbildung 4-5: Wechsel von der operationalen auf die taktische Ebene und damit einhergehend unterschiedlichen visuellen, kognitiven und motorischen Anforderungen. Während der Verhaltensanpassung müssen die tiefer gelegenen Prozesse des Monitoring, der Reizklassifikation sowie der Fahrzeugkontrolle fortgesetzt werden (gestrichelte Linien).

Zu inadäquaten Reaktionen kann es kommen, wenn entscheidende Hinweisreize entweder gar nicht erst wahrgenommen werden, wenn die Situation hinsichtlich ihres Konfliktpotentials über- oder unterschätzt wird, zeitliche Fenster über- oder unterschätzt werden bzw. keine angemessene Handlungsabsicherung erfolgt. Dies sind Hinweise auf ein mangelndes Situationsbewusstsein. Die Folge sind entweder eine verspätete oder unangemessene Verhaltensanpassung oder das komplette Ausbleiben einer Reaktion.

4.4 Fazit

In dem hier vorgestellten Modell stellt Situationsbewusstsein eine Kontrollfunktion dar, die für eine optimale Balance zwischen Prozessen der antizipationsgeleiteten Handlungsplanung und der Handlungsabsicherung im Rahmen von dynamischen Multitasking-Anforderungen sorgt. Zum einen muss sichergestellt werden, dass eine intendierte Aufgabe (Hauptstrang der Handlung) ungehindert ausgeführt und gegen irrelevante Reize abgeschirmt werden kann. Gleichzeitig muss eine gewisse Offenheit für potenziell relevante Reize bestehen (Nebenstränge der Handlung), die eine Änderung der ursprünglichen Situation andeuten. Diese Situationsänderung muss zu einer Änderung der Priorisierung der Aufgaben und somit zu einem Aufgabenwechsel in Form einer Verhaltensanpassung führen. Situationsbewusstsein meint demnach die situationsangepasste Priorisierung der Mehrfachaufgaben beim Fahren.

Die Priorisierung der Aufgaben richtet sich dabei nach dem übergeordneten Ziel, konfliktfrei und sicher zu fahren. Dazu muss permanent die Konfliktwahrscheinlichkeit einer Situation eingeschätzt werden. Die dazu notwendigen Informationen aus der Umwelt sind sowohl qualitative Merkmale über den Straßenverlauf (bevorstehende Kreuzung, Kurve etc.) und den Verhaltensabsichten anderer Verkehrsteilnehmer als auch quantitative Informationen über Entfernungen und Geschwindigkeiten. Diese Informationen zur Interpretation des Konfliktpotenzials können in Abhängigkeit der Situationsbedingungen mehr oder weniger gut extrahiert werden. Ein situationsbewusster Fahrer sollte sich dadurch auszeichnen, dass er auch weniger eindeutige Hinweisreize richtig einschätzt und daraufhin eine frühzeitige und adäquate Verhaltensanpassung einleitet.

Handlungstheoretisch betrachtet ist Situationsbewusstsein für einen adäquaten Wechsel von der operationalen Ebene - mit überwiegend kontinuierlich auszuführenden Aufgaben- auf die taktische Ebene verantwortlich. Diese beinhaltet diskrete zeitkritische Aufgaben und ist dadurch vor allem durch das Einschätzen von Zeitintervallen und höheren kognitiven Entscheidungsprozessen gekennzeichnet. Ebenso muss schnell und flexibel zurück auf die operationale Ebene gewechselt werden können, wenn sich diese zum Hauptstrang der Handlung entwickelt. Dazu muss während der Ausführung eines Fahrmanövers auf taktischer Ebene der Monitoring-Strang auf der operationalen Ebene permanent weiterlaufen, um die Aufrechterhaltung von Situationsbewusstsein zu gewährleisten.

5 MESSUNG VON SITUATIONSBEWUSSTSEIN IM FAHRKONTEXT

5.1 Die Nebenaufgabe als Untersuchungsparadigma

In der Entwicklung des theoretischen Modells von Situationsbewusstsein wurde herausgearbeitet, dass der Begriff zwei relevante Prozesse beinhaltet:

- Einen Prozess der Handlungsplanung: Antizipation der Situationsentwicklung in dynamischen, mehrdeutigen Situationen
- Einen Prozess der Handlungsabsicherung: Überwachung potenzieller Situationsänderungen

Daher muss ein Messinstrument zur Erfassung von Situationsbewusstsein in der Lage sein, diese beiden als bedeutsam postulierten Prozesse getrennt voneinander abzubilden. Die Grundidee des im Folgenden entwickelten Messmodells ist, einen Weg zu finden, diese Prozesse auf der Verhaltensebene zu erfassen. Dies setzt voraus, dass sich das Konzept in einer konkreten, messbaren Aufgabe realisieren muss.

Als geeignetes Messinstrument wird die explizite Einführung einer Nebenaufgabe betrachtet. Wie im vorherigen Kapitel gezeigt, lassen sich darüber die komplexen Mehrfachanforderungen an den Fahrer abbilden. Zusätzlich zur ohnehin bereits durch Multitasking geprägten Fahraufgabe muss der Fahrer dabei beispielsweise das Führen eines Telefonats, das Einstellen einer Radio-Frequenz oder die Bedienung des Navigationssystems bewältigen. Basierend auf den Annahmen begrenzter Ressourcen für mehrere Aufgaben besteht die Gefahr, dass eine solche Zusatzbelastung zu Interferenzen mit der Fahraufgabe führt. Entsprechend wichtig ist, dass der Fahrer diese Mehrfachaufgabensituation optimal managen kann.

Über die angemessene Priorisierung von Fahr- und Nebenaufgabe entsprechend der aktuellen Situationsanforderungen kann abgeschätzt werden, ob es dem Fahrer gelingt, ein adäquates Situationsverständnis und daraus abgeleitet eine antizipative Verhaltenssteuerung zu entwickeln. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass sich Situationsbewusstsein in einer situationsangemessenen Bearbeitung einer Nebenaufgabe zeigen sollte. Ein situationsbewusster Fahrer, der alle relevanten Hinweisreize in der Umgebung wahrnimmt und die Situation adäquat einschätzt, sollte in der Lage sein, eine angemessene Priorisierung der beiden Aufgaben zu erreichen.

Faktisch ist damit die Nebenaufgabe als methodisches Mittel zu sehen. Darüber hinaus bringt dieser methodische Zugang aber auch wesentliche Erkenntnisse über die Art und Gestaltung von Nebenaufgaben und ihren Auswirkungen auf die Fahrsicherheit.

In den folgenden Kapiteln werden zunächst verschiedene Klassifikationen von Nebenaufgaben dargestellt, insbesondere die für die spätere Herleitung des Messmodells wichtige Unterscheidung in Ablenkung vs. Abwendung. Anschließend werden die typischen Anforderungen im Umgang mit einer selbst-initiierten Nebenaufgabe in ihrer Bedeutung für das Situationsbewusstsein beschrieben.

5.2 Klassifikation von Nebenaufgaben

Grundsätzlich können vom Fahrer ganz unterschiedliche Zusatzaufgaben während der Fahrt ausgeführt werden. Dabei kann es sich um fahrtbezogene (z.B. Navigationssystem bedienen) oder nicht-fahrtbezogene Aufgaben (z.B. Entertainment-Systeme nutzen, telefonieren) handeln. Ferner kann zwischen technologie-basierten (Bedienung technischer Geräte wie PDA, Navigationssystem) und nicht-technologie-basierten Aufgaben (z.B. Essen, Trinken, Körperpflege, Rauchen) differenziert werden (z.B. Young et al., 2003).

5.2.1 Klassifikation nach Aufgabenmodalität

Eine häufig vorgenommene Klassifikation von Nebenaufgaben, die auf den Annahmen der Theorie multipler Ressourcen basiert (vgl. Wickens, 1980), ist die Trennung nach der Verarbeitungsmodalität und der erforderlichen Verhaltensreaktion. Hierbei sind zu unterscheiden:

- Visuell-manuelle Aufgaben: Aufgaben mit visuellem Input und manuellem Output (typischerweise Displays mit Tasten- oder TouchScreen-Bedienung)
- Visuell-sprachliche Aufgaben: Aufgaben mit visuellem Input und sprachlicher Reaktion (z.B. Bestätigung einer Auswahl mit „ja“ oder „nein“)
- Akustisch-sprachliche Aufgaben: akustischer Input, auf den sprachlich reagiert werden soll (z.B. sprachbasiertes E-mail-System)

Vor dem Hintergrund multipler Ressourcenmodelle kann davon ausgegangen werden, dass die verschiedenen Nebenaufgabenmodalitäten in unterschiedlichem Ausmaß mit der Fahraufgabe interferieren. So ist anzunehmen, dass gerade Nebenaufgaben, die eine visuelle Fokussierung der Nebenaufgabe und diskrete Blickabwendungen von der Fahrbahn erfordern, mit der zu über 90% visuell gesteuerten Fahraufgabe (Rockwell, 1971) besonders stark interferieren, während sprachbasierte Systeme zu geringeren Interferenzen führen (vgl. Gärtner et al., 2002; aus Review Young, 2003). Visuelle Nebenaufgaben bewirken z.B. häufig eine Verschlechterung der Spurhaltung (Horrey & Wickens, 2002; Zheng, Tai & McConkie, 2005), Verringerungen des Abstandes zu vorausfahrenden Fahrzeugen (z.B. Lansdown, Brook-Carter & Keerslot, 2004), eine Reduktion der Geschwindigkeit (Horberry et al., 2006; Lansdown et al., 2004) und insbesondere verlangsamte Reaktionen auf spezifische Ereignisse (z.B. Greenberg et al., 2003; McKnight & McKnight, 1993).

Allerdings beeinträchtigen auch Aufgaben mit geringem visuellen, jedoch hohem kognitiven Anteil die Ausführung der Fahraufgabe. Bestes Beispiel sind hierfür

Telefongespräche. In vielfältigen Studien zu den Auswirkungen des Telefonierens während der Fahrt zeigte sich, dass das Führen einer Konversation selbst zu insgesamt stärkeren Einbußen in der Fahrleistung führt als motorische Aspekte, wie das Wählen oder das Halten des Telefonhörers (vgl. z.B. Metaanalyse von Krüger et al., 1999). Entsprechend bietet das Fahren mit Freisprecheinrichtung meist keine Vorteile gegenüber der normalen Telefonbenutzung (vgl. z.B. Kircher et al., 2003; Patten, Kircher, Östlund & Nilsson, 2004; Shinar, Tractinsky & Compton, 2002). In weiteren Studien, in denen artifizielle kognitive Aufgaben zum Einsatz kamen (z.B. Harbluk, Noy & Eizenman, 2002), konnte gezeigt werden, dass die kognitive Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe zu einer Einengung des visuellen Blickfeldes auf den Bereich direkt vor dem Fahrzeug führte. Dadurch verbessert sich zum Teil sogar die Spurhaltegröße, erfasst über die Standardabweichung der Querabweichung. Die Reaktion auf spezifische Ereignisse (z.B. das plötzliche Abbremsen eines Führungsfahrzeugs) ist allerdings auch dort wie bei visuell-motorischen Aufgaben stark beeinträchtigt (z.B. Consiglio, Driscoll, Witte & Berg, 2003; Burns et al., 2002; Hancock et al., 2003, Strayer, Drews & Johnston, 2003).

5.2.2 Unterscheidung zwischen Ablenkung und Abwendung

Weiterhin müssen Nebenaufgaben dahingehend unterschieden werden, ob vom Fahrer initiierte Bedienhandlungen betrachtet werden oder vom System ausgehende Informationen oder Meldungen. Der letztere Fall stellt eine Ablenkung des Fahrers von der Fahraufgabe dar, die er in der Regel weder im Zeitpunkt noch in ihrer Dauer steuern kann. Die vom System vorgegebene visuelle oder auditive Information kommt, soweit sie nicht explizit vom Fahrer angefordert wurde, mehr oder weniger überraschend und führt zu einer Aufmerksamkeitsverschiebung weg von der Fahraufgabe hin zur Nebenaufgabe (im Sinne eines Orientierungsreflexes). Der Fahrer muss die beiden Aufgaben nahezu parallel ausführen. Hieraus entstehen Fragestellungen, wie sie typischerweise in Workload-Studien untersucht werden, z.B. welche Beanspruchung die gleichzeitige Ausführung von zwei Aufgaben auslöst und inwieweit sich dies auf die Leistung in diesen Aufgaben auswirkt.

Dem gegenüber stehen vom Fahrer ausgehende Bedienhandlungen, wie beispielsweise die Bedienung des Navigationssystems bzw. die Suche nach einem Radiosender. Hierbei kann der Fahrer den Zeitpunkt der Bedienung selbst wählen und auch, ob und wenn ja, wann er diese Aufgabe unterbricht. In diesem Fall erfolgt also eine bewusst gewählte Abwendung von der Fahraufgabe hin zur Nebenaufgabe. Die Unterscheidung zwischen Abwendung und Ablenkung (vgl. auch Praxenthaler 2003, Zimmer 1998) ist insofern bedeutsam, als dass sie den scheinbaren Widerspruch zwischen den in vielen Doppelaufgaben-Studien beobachteten dramatischen Verschlechterungen von Fahrleistungen durch Zusatzaufgaben (z.B. durch Telefonieren) und den vergleichsweise geringen Unfallhäufigkeiten (1-2% bezogen aufs Telefonieren, Wierwille & Tijerina, 1995, Stutts et al., 2001) erklären kann. In typischen Workload-Untersuchungen kann der Fahrer nicht frei entscheiden, wann er sich der Zusatzaufgabe zuwenden möchte, während dies bei vielen Bedientätigkeiten in der Realität möglich ist. Tabelle 5-1 fasst die wesentlichen Faktoren zur Abgrenzung der beiden Begriffe zusammen.

Tabelle 5-1: Abgrenzung der Begriffe Ablenkung vs. Abwendung.

| | Ablenkung | Abwendung |
|---|---|-------------------------------------|
| Initiator | Extern gesteuert | selbstgesteuert |
| Beeinflussbarkeit bzgl. Zeitpunkt und Dauer | Gering | Hoch |
| Aufmerksamkeitssteuerung | Bottom-up gesteuert (Orientierungsreflex) | Top-down gesteuert (intentional) |
| Verarbeitungsmodus | parallel | sequentiell |
| Bewusstseinszustand | unbewusst | bewusst |
| Beispiele | Warnton, Infomeldung, Telefonklingeln | Infotainmentbedienung Essen/Trinken |

5.3 Anforderungen aus der Bearbeitung einer Nebenaufgabe

Die bewusste Zuwendung zu einer Nebenaufgabe während der Fahrt (im Gegensatz zu einer extern gesteuerten Ablenkung) erfordert vom Fahrer folgende spezifische Leistungen, die für Situationsbewusstsein nach dem hier definierten Verständnis von Bedeutung sind:

- Anforderungen an die antizipative Handlungssteuerung:
 - kontextabhängige Entscheidungen für/gegen die bewusste Abwendung zu einer Nebenaufgabe
 - Zeitliches Management von Fahr- und Nebenaufgabe
- Anforderungen an die Handlungsabsicherung:
 - angemessene Aufteilung der visuellen Aufmerksamkeit während der NA-Bearbeitung
 - kognitive Strategien zur Verringerung der Aufgabeninterferenz

5.3.1 Anforderungen an die antizipative Handlungssteuerung

Während der Abwendungsphase von der Fahraufgabe hin zur Nebenaufgabe kann die Entwicklung der Situation vom Fahrer nicht mehr kontinuierlich beobachtet werden. Er muss vielmehr die fehlenden Informationen durch Gedächtnisprozesse (wie war der Zustand zum Zeitpunkt $t_{(x-1)}$?) bzw. durch Antizipationsprozesse (wie wird der Zustand zum Zeitpunkt $t_{(x+1)}$ sein?) ergänzen und dadurch die Situation extrapolieren.

Durch diese Schwierigkeit muss der Fahrer die Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe vorab planen. Er sollte sich nur dann einer Nebenaufgabe zuwenden, wenn er davon ausgehen kann, dass die Situation sich erwartungsgemäß entwickeln wird, weitgehend stabil ist und nur geringe Anforderungen stellt. Demnach sollte er sich z.B. eher auf geraden, übersichtlichen Strecken mit einer Nebenaufgabe beschäftigen als in potenziell gefährlichen bzw. anspruchsvollen Situationen, wie Kurven oder schlecht überschaubaren Situationen.

Diese Entscheidung muss auf der Basis des aktuellen Situationsmodells getroffen werden, das der Fahrer vor dem Beginn der Nebenaufgabe zu einem diskreten Zeitpunkt repräsentiert hat. Dazu werden Schemata und Skripten benötigt, um den wahrscheinlichen Verlauf der Situation zu antizipieren. Zudem muss Wissen über die zu erwartenden Situationsanforderungen, die daraus resultierenden Verhaltenanpassungen, sowie Wissen um die eigenen Fähigkeiten vorhanden sein.

5.3.1.1 Kontextabhängige Entscheidungen für/gegen die Beschäftigung mit einer NA

In vielen Studien, die sich mit der Ablenkungswirkung von Nebenaufgaben beim Fahren beschäftigen, werden solche antizipativen Kompensationsmöglichkeiten der Fahrer im Umgang mit Nebenaufgaben regelhaft unterschätzt. Zu finden sind häufig Aussagen über Kompensationsbemühungen auf Seiten der Fahraufgabe, die allerdings meist erst als Reaktion auf die Überforderung durch die Nebenaufgabe auftreten. Dazu zählen eine Verringerung der Geschwindigkeit (z.B. Engström, Johansson & Östlund, 2005; Haigney, Taylor & Westerman, 2000; Horberry, Anderson, Regan, Triggs & Brown, 2006; Ishida & Matsuura, 2001; Jamson & Merat, 2005), die Vergrößerung von Abständen zu vorausfahrenden Fahrzeugen (z.B. Engström et al., 2005, Brookhuis, de Vries & de Waard, 1991; Ishida & Matsuura, 2001) oder eine geringere Anzahl von Spurwechseln (Beede & Kass, 2006).

Aber auch auf Seiten der Nebenaufgabe können verschiedene Strategien angewendet werden, die aufgrund der experimentellen Versuchsanordnung meist allerdings gar nicht entdeckt werden. Häufig werden die Fahrer angehalten, kontinuierlich und möglichst schnell und präzise eine Nebenaufgabe auszuführen. In realen Verkehrsbedingungen können die Fahrer dagegen in vielen Fällen frei entscheiden, wann sie sich einer Nebenaufgabe zuwenden wollen und können somit die Beschäftigung mit einer Zusatzaufgabe an die Anforderungen der Fahraufgabe anpassen. So formulieren McCartt, Hellinga und Braitman (2006) beispielsweise: „phone and driving tasks are paced by experimenters, but in the real world drivers decide when and where to use their phones and may adapt their phone use to varying traffic conditions“ (S. 92).

Entscheidend dabei ist die bereits angesprochene Unterscheidung zwischen Ablenkung und bewusster Abwendung. Die meisten Aufgaben innerhalb des Fahrzeugs erfordern keine direkte, reflexartige Reaktion vom Fahrer, sondern lenken die Aufmerksamkeit nur dann von der Fahraufgabe weg, wenn der Fahrer sich bewusst entscheidet, sich mit einer Nebenaufgabe zu beschäftigen (Lerner & Boyd, 2005). Ein Sicherheitsproblem entsteht nach dieser Auffassung erst dann, wenn der Fahrer sich entscheidet, sich zu unangemessenen Zeitpunkten von der Fahraufgabe abzuwenden.

Studien, die sich detailliert mit solchen Kompensationsmöglichkeiten im Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren beschäftigen, gibt es insgesamt bislang nur wenige. In Befragungen von Boyle und Vanderwolf (2005) gab ein Drittel der Fahrer, die während der Fahrt telefonieren, an, während des Fahrens zu wählen, 41% wählen während kurzfristiger Haltephasen, 23% halten extra an, um zu telefonieren. In einer Befragung von Thulin und Gustafsson (2004) ergab sich, dass 70% von 2128 Befragten fast nie oder nie während eines Telefonats überholen, 10% nehmen

während der Fahrt keinerlei Telefonate entgegen, 25% beginnen keine Telefonate und 30% halten zum Telefonieren grundsätzlich an. Die Fahrer, die während der Fahrt telefonieren, kompensieren das Risiko dadurch, dass sie immer bzw. fast immer oder oft die Geschwindigkeit reduzieren (50%) und zum Telefonieren Zeitpunkte mit geringer Verkehrsdichte oder mit langsamen oder stehendem Verkehr wählen (65%). Von den Fahrern, die während der Fahrt Gespräche entgegen nehmen, bitten 40% den Beifahrer dies zu tun, 30% bitten den Anrufer, später noch einmal anzurufen, 70% reduzieren das Gespräch, 60% die Geschwindigkeit (Ähnliche Ergebnisse z.B. auch von Laberge-Nadeau et al., 2003).

Stutts et al. (2003) konnten in einer ausführlichen Analyse der Beschäftigung mit Zusatzaufgaben während 3-stündiger Fahrten im Realverkehr feststellen, dass die Zuwendung zu Nebenaufgaben kontextabhängig variiert, vor allem in Abhängigkeit des Fahrzeugzustands (stehend oder in Bewegung). Zumindest Tätigkeiten wie Lesen und Schreiben, nach Objekten innerhalb des Fahrzeugs greifen, eine Telefonnummer wählen oder eine Konversation am Telefon fortführen, wurden deutlich häufiger im stehenden Fahrzeug ausgeführt, was als Hinweis gewertet wird, dass Fahrer zumindest bis zu einem gewissen Grad sich eher zu „sicheren“ Zeitpunkten ablenkenden Aufgaben zuwenden. Essen und Trinken, Radiobedienung, Rauchen oder Gespräche mit dem Beifahrer wurden dagegen vergleichbar häufig auch im fahrenden Fahrzeug ausgeführt.

Esbjörnsson und Juhlin (2003) untersuchten in einer „naturalistic driving study“ das natürliche Gesprächsverhalten von 7 Berufsfahrern am Telefon während des Fahrens. Unter anderem zeigte sich dabei, dass die Fahrer spezifische Verkehrssituationen für ein Telefonat favorisierten (z.B. in der Annäherung an eine Kreuzung oder Ampel), die Konversation bei erhöhten Anforderungen in der Fahraufgabe unterbrochen oder verzögerten und der nicht-anwesende Konversationspartner auf die Anforderungen in der Fahraufgabe aufmerksam gemacht wurde, um das Gespräch entsprechend anpassen zu können („...I have to make sure to proceed cautiously. I'm at Östermalm where it's so damned narrow“, S. 12).

Lerner und Boyd (2005) analysierten die Einflussfaktoren auf die Bereitschaft zur Beschäftigung mit Nebenaufgaben detaillierter. Dafür wurden zum einen in Fokusgruppen verschiedene Aspekte diskutiert, die zur Entscheidung für/gegen die Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe beitragen. Außerdem wurden in einer Realfahrt-Studie 32 verschiedene Fahrsituationen in verschiedenen Kombinationen mit Nebenaufgaben von N=88 Fahrern mit ihrem eigenen Fahrzeug durchfahren. Zu bestimmten Zeitpunkten auf der Strecke wurden die Fahrer befragt, wie stark ihre Bereitschaft jetzt wäre, zu diesem Zeitpunkt eine Nebenaufgabe auszuführen sowie wie hoch das Risiko in dieser Situation wäre, wenn die Aufgabe bearbeitet würde. Nach der Fahrt wurde den Fahrern ein zusätzlicher Fragebogen ausgeteilt, in dem für spezifische Situationen nochmals detaillierter nach einer Begründung für ihre Bewertung gefragt wurde. Zudem sollten die Fahrer jede der Nebenaufgaben und jede der Fahrsituationen einzeln bezüglich ihres Risikos einschätzen.

Interessanterweise variierte die Bereitschaft für eine Nebenaufgabe stärker in Abhängigkeit der Nebenaufgabe als der Fahraufgabe. Aus der Diskussion in den Fokusgruppen ergab sich, dass die Motivation zur Aufgabenbearbeitung der

dominierende Entscheidungsfaktor war, gefolgt von spezifischen Charakteristika der Nebenaufgabe und erst anschließend fahraufgabenabhängigen Faktoren.

Insgesamt wurde bezüglich des Bedienens des Telefons in den meisten Fahrsituationen nur wenig Zurückhaltung gezeigt. Etwas geringere Bereitschaft bestand für das Bedienen eines PDAs und des Navigationssystems. Das Lesen einer Straßenkarte oder Notizen während eines Telefongesprächs wurden als riskanteste Aufgaben bewertet. Für andere, nicht technische Aufgaben (Essen, trinken) war die Bereitschaft wiederum eher hoch. Als gefahrlos bewerteten die Fahrer die Kontrolle des Tachos, die Konversation mit einem Beifahrer oder die Veränderung der Temperatur.

Als entscheidende Motivationsfaktoren zum Kommunizieren während der Fahrt wurden unter anderem externe Faktoren (z.B. das Klingeln eines Telefons, das Bedürfnis nach Navigationshinweisen), interne Faktoren (Aspekte der Sozialisierung), spezifisch auf den Inhalt der Kommunikation bezogene Faktoren (z.B. einen Kunden anrufen müssen) als auch unspezifische Faktoren genannt (z.B. die restlichen Freiminuten aufbrauchen). Entscheidende aufgabenabhängige Faktoren im Entscheidungsprozess waren vorrangig die visuellen und die physischen Anforderungen der Aufgabe. Weniger bedeutsam waren zeitliche Aspekte, die Sequenzierung der Aufgabe oder das Fehlerpotenzial einer Aufgabe. Als individuelle Einflussfaktoren identifizierte Lerner das Fahreralter, Geschlecht, die Vertrautheit im Umgang mit Technik, den generellen Fahrstil, den Entscheidungsstil sowie die Einstellung gegenüber Multitasking. So bewerteten beispielsweise die jüngeren Fahrer sämtliche Aufgaben als weniger riskant als die älteren und waren eher bereit, diese auszuführen.

5.3.1.2 Zeitliches Management von Fahr- und Nebenaufgabe

Ein wesentlicher Faktor für kontextabhängige Entscheidungen im Umgang mit einer Nebenaufgabe ist ein angemessenes zeitliches Management von Fahr- und Nebenaufgabe. Dieses kann auf den bereits vorgestellten Handlungsebenen der Fahraufgabe und den damit verbundenen zeitlichen Anforderungen beschrieben werden. Wird die diskrete Nebenaufgabe in Verbindung mit kontinuierlichen Fahraufgaben (operationale Ebene) ausgeführt, besteht die Anforderung darin, während der Ausführung der diskreten Nebenaufgabe weiterhin die Fahraufgabe permanent zu monitorieren und evtl. Hinweisreize wahrzunehmen, die es erforderlich machen, auf die taktische Handlungsebene zu wechseln. Dabei ist davon auszugehen, dass über einen permanenten Aufgabenwechsel zwischen Fahr- und Nebenaufgabe die Situationsentwicklung in stabilen Situationen gut weiterverfolgt werden kann. Die kurzfristigen Abwendungen von der Fahraufgabe sollten daher keine gravierenden Auswirkungen auf die Fahrsicherheit haben.

Problematischer gestaltet sich die Situation, wenn ein handlungsrelevanter Reiz wahrgenommen wird, der eine zeitkritische Verhaltensanpassung auf Seiten der Fahraufgabe erforderlich macht. Ab diesem Zeitpunkt besteht die besondere Anforderung darin, zwei diskrete Aufgaben (zeitkritische Verhaltensanpassung auf einen potenziellen Konflikt und zeitlich begrenzte Ausführung einer Nebenaufgabe) miteinander zu kombinieren (siehe Abbildung 5-1). Hierbei ist vor allem auf der

Ebene der kognitiven Anforderungen mit erheblichen Interferenzen zwischen den beiden Aufgaben zu rechnen. Nachdem zwei diskrete Aufgaben um die zeitlichen Ressourcen konkurrieren, muss entschieden werden, welche vorrangig ausgeführt werden soll. Dabei müssen auf der Seite der Fahraufgabe die zu erwartenden Situationsanforderungen und die dafür notwendigen Ressourcen und Verhaltensanpassungen antizipiert werden. Auf Seite der Nebenaufgabe müssen ebenfalls die zu erwartenden Anforderungen und die dafür benötigten Ressourcen antizipiert werden. Ist durch die Kombination der beiden Aufgaben eine Überlastung zu befürchten, muss die Fahraufgabe als vorrangige Aufgabe gegenüber der Nebenaufgabe priorisiert werden. In Abhängigkeit dieser Antizipationsleistungen muss in der aktuellen Situation entschieden werden, ob eine Zuwendung zur Nebenaufgabe möglich ist bzw. wenn diese bereits begonnen wurde, wann diese zugunsten der Fahraufgabe unterbrochen werden muss.

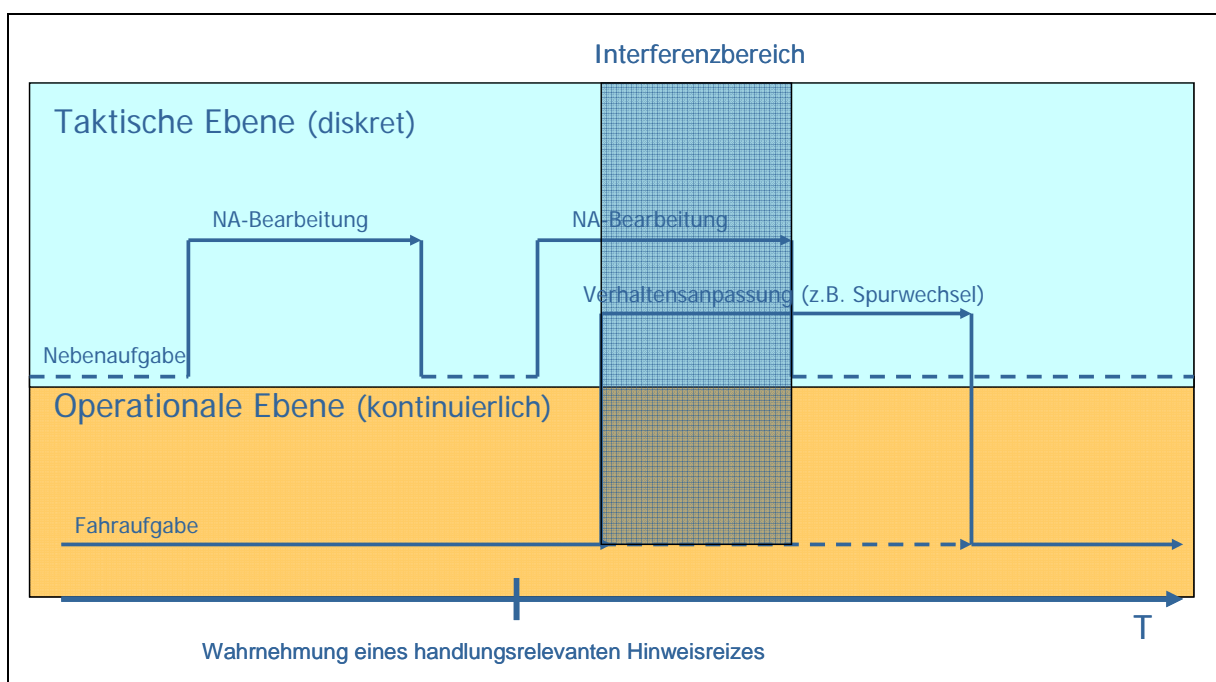


Abbildung 5-1: Wechsel der Aufgabenstruktur von einer kontinuierlichen Fahraufgabe + diskrete Nebenaufgabenbearbeitung zu einem diskreten Fahrmanöver + diskrete Nebenaufgabenbearbeitung. Dunkelblau markiert: Bereich potenzieller Interferenzen.

Die Entscheidung zur Bearbeitung einer Nebenaufgabe bzw. zur Unterbrechung einer Nebenaufgabe und Rückkehr zur Fahraufgabe, erfordert daher ein genaues situationsabhängiges Zeitmanagement und eine sinnvolle Verschränkung der beiden Aufgaben.

Der Fahrer muss Zeitintervalle auf Fahr- und Nebenaufgabenseite einschätzen: Auf Seite der Fahraufgabe muss der Fahrer das Zeitfenster bis zum Eintreten eines potenziellen Konflikts bzw. bis zum Erreichen eines bestimmten Streckenabschnittes einschätzen. Diese berechnet sich aus der Entfernung zum Konfliktbereich und eigener Geschwindigkeit bzw. Entfernung zum Konfliktpartner und Relativgeschwindigkeit zum anderen Verkehrsteilnehmer (vgl. TTC). In einem weiteren Schritt muss er das Zeitfenster zum Ausführen der Verhaltensanpassung

einschätzen (z.B. die Dauer für ein Bremsmanöver bei vorgegebener Reaktionsstärke und Geschwindigkeit). Daraus muss er schließlich den Zeitpunkt berechnen, zu dem spätestens eine Verhaltensanpassung eingeleitet werden muss. Ergebnisse von van der Horst (1984) weisen darauf hin, dass Fahrer bei guten Sichtbedingungen sehr gut dazu in der Lage sind, den Zeitpunkt zum Ausführen eines normalen bzw. scharfen Bremsmanövers abzuschätzen, um eine Kollision zu vermeiden. Allerdings führt die Abwendung von der Fahraufgabe dazu, dass diese nur noch zu diskreten Zeitpunkten kontrolliert werden kann. Entfernungen und Geschwindigkeiten können dadurch schlechter eingeschätzt werden (vgl. Ergebnisse von Zheng et al., 2004).

Auf Nebenaufgabenseite muss der Fahrer die Dauer einer Aufgabe abschätzen können (abhängig von der Struktur der Nebenaufgabe). Zudem müssen Zeiten für den Prozess des Aufgabenwechsels an sich berücksichtigt werden (z.B. Orientierungskosten bei der Rückkehr zur Fahr- bzw. Nebenaufgabe). Diese Leistungen erfordern ein ausreichendes Wissen über das System, das erst mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit der Nebenaufgabe gewonnen werden kann (sog. Aufgabenbewusstsein). In Abhängigkeit des spätesten Zeitpunkts zum Einleiten einer Verhaltensanpassung in der Fahraufgabe und der erforderlichen Wechselzeiten muss der Zeitpunkt für die späteste Rückkehr zur Fahraufgabe ermittelt werden. Daraus berechnet sich dann das verbleibende Zeitfenster zum Bearbeiten der Nebenaufgabe, das darüber entscheidet, ob eine Aufgabe begonnen werden kann bzw. eine bereits begonnene Aufgabe unterbrochen werden muss. Aufgabe des Fahrers ist es, die beiden parallel ablaufenden Zeitstränge von Fahr- und Nebenaufgabe miteinander zu verknüpfen.

Praxenthaler (2003) untersuchte in einer experimentellen Versuchsanordnung die Unterbrechung von Nebenaufgaben in zeitkritischen Situationen. In einer Fahrsimulatorstudie wurde dazu ein Fahrparcours realisiert, in dem 18 Fahrer überwiegend Spurwechsel oder Überholmanöver ausführen mussten. Die Fahrer konnten dabei den Zeitpunkt des Aufgabenbeginns selbst wählen und die Aufgabe jederzeit selbständig unterbrechen. Es zeigte sich dabei beispielsweise, dass bei einem Überholvorgang gehäuft zu Beginn des Ausscherens, während des Überholens und zu Beginn des Wiedereinscherens unterbrochen wird. Bei einem entgegenkommenden Fahrzeug wird dagegen vor allem im unmittelbaren Vorfeld der Begegnung mit dem Fahrzeug unterbrochen. Ein vergleichbares Muster zeigt sich auch im Blickverhalten.

Nicht nur die rechtzeitige Abwendung von der Nebenaufgabe zur Fahraufgabe vor einer kritischen Situation ist entscheidend für einen angemessenen Aufgabenwechsel. Auch die angemessene Rückkehr zur Nebenaufgabe nach der Situation sollte in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden. Der Fahrer muss entscheiden, wann er sich wieder von der Fahraufgabe abwenden und der Nebenaufgabe zuwenden kann. Nur wenn abzusehen ist, dass die Situation in der näheren Zukunft so stabil bleibt, dass mit keiner weiteren Situationsänderung zu rechnen ist, sollte die Nebenaufgabe fortgesetzt werden.

5.3.1.3 Einschränkungen beim Einsatz antizipativer Kompensationsstrategien

Dass es den Fahrern nicht immer gelingt, die erhöhten Anforderungen beim Fahren mit einer Nebenaufgabe zu kompensieren, zeigt sich vor allen Dingen daran, dass auf kritische Ereignisse nicht mehr adäquat reagiert werden kann. Eine Vielzahl von Befunden belegt, dass die Reaktionszeiten z.B. auf abbremsende Fahrzeuge (Ishida & Matsuura, 2001; Lambale, Kauranen, Laakso & Summala, 1999; Lee, Caven, Haake & Brown, 2001) auf kreuzende Fahrzeuge (Srinivasan & Jovanis, 1997), abrupt rot werdende Ampeln (Consiglio et al., 2003; Hancock, Lesch & Simmons, 2003; Srinivasan & Jovanis, 1997) oder ähnliches deutlich verlangsamt ist. Zudem werden erhöhte Annäherungsgeschwindigkeiten an Gefahrensituationen (Horberry et al., 2006), größere Abweichungen von der Sollgeschwindigkeit (Horberry et al., 2006) oder eine erhöhte Anzahl sog. attentional lapses (z.B. an grüner Ampel anhalten; Beede & Kass, 2006) berichtet. Dies ist ein Anzeichen dafür, dass Fahrer nicht immer situationsangemessene Entscheidungen treffen, wo die Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe unbedenklich bzw. gefährlich ist. Die Folge sind durch Nebenaufgaben bzw. Ablenkung verursachte Unfälle. Nach Stutts et al. (2001) und auch nach Wang, Knippling und Goodman (1996) liegt deren Häufigkeit bei ca. 8% aller Unfälle.

Einflussfaktoren, die einen situationsangepassten Umgang mit Nebenaufgaben negativ beeinträchtigen, sind unter anderem eine hohe subjektiv wahrgenommene Aufgabendringlichkeit, eine generelle Abneigung gegenüber Unterbrechungen sowie eine Unterschätzung des Risikos von Nebenaufgaben beim Fahren.

Eine hohe subjektiv wahrgenommene Aufgabendringlichkeit zeigt sich beispielsweise in der Neigung, unmittelbar auf das Klingeln eines Telefons im Fahrzeug zu reagieren und ein Gespräch anzunehmen, ohne zu berücksichtigen, ob es in dieser Situation angemessen ist. In einer Studie von Nowakowski, Friedman und Green (2002) reagierten Fahrer, auch bei erhöhtem Workload durch die Situation und trotz ausdrücklicher Instruktion auf ein sicherheitsorientiertes Fahren, innerhalb von 1 bis 4 Sekunden auf ein klingelndes Telefon. Horrey, Wickens und Consalus (2006) konnten zeigen, dass die einer Aufgabe zugewiesene Priorität (variiert über unterschiedliche Instruktionen, entweder besonders die Fahraufgabe, die Nebenaufgabe oder beide Aufgaben in gleichem Maße zu priorisieren) die visuelle Aufmerksamkeitszuwendung zu dieser Aufgabe maßgeblich beeinträchtigte.

Ein weiteres Problem stellt die Abneigung von Unterbrechungen von außen bei selbst initiierten Aufgaben dar. Untersuchungen zu den Auswirkungen von Unterbrechungen einer Tätigkeit am Arbeitsplatz konnten zeigen, dass neben Leistungseinbußen in einer der beiden oder sogar beiden Aufgaben (z.B. Altmann & Trafton, 2004; Hodgetts & Jones, 2003; McFarlane, 2002) auch emotionale Folgen, z.B. Ärger (Adamczyk & Bailey, 2004) entstehen können. Unterbrechungen scheinen demnach generell nur ungern in Kauf genommen zu werden. Im Fahrkontext könnte dies die Gefahr bergen, dass Fahrer eine bereits begonnene Aufgabe (z.B. das Führen eines Telefonats) auch in sicherheitskritischen Situationen nicht unterbrechen.

Hinzu kommt, dass Fahrer zum Teil ihre eigenen Fähigkeiten im Umgang mit Nebenaufgaben und deren Risiken unterschätzen: Lesch und Hancock (2004) führten eine Simulatorstudie mit N=36 Fahrern durch, in der die Fahrer eine rote Ampel an einer Kreuzung als eine Notsituation interpretieren und daraufhin so schnell und stark wie möglich bremsen sollten. Zur Simulation eines Telefonats sollten die Probanden entscheiden, ob eine Zahlenreihe, die in der Annäherung an die Kreuzung auf einem Bildschirm dargeboten wurde, mit der Telefonnummer übereinstimmte, die sie sich zu Beginn der Fahrt einprägen sollten. In dieser Ablenkungsbedingung reagierten die Fahrer deutlich langsamer und übersahen häufiger die rote Ampel. Vor der Versuchsfahrt waren die Probanden außerdem gebeten worden, anzugeben, wie souverän sie mit einer Ablenkung während des Fahrens umgehen konnten. Im Vergleich zwischen diesen Angaben und den Leistungseinbußen beim Ausführen der Nebenaufgabe zeigte sich, dass sich speziell ältere Frauen deutlich dabei verschätzen, wie gut sie mit Ablenkungen während der Fahrt umgehen können und wie stark dann tatsächlich ihre Leistungseinbußen beim Fahren mit einer zusätzlichen Ablenkung sind. In der Bewertung der Beanspruchung durch die Aufgabe beurteilten die Frauen die Aufgabe als signifikant weniger anspruchsvoll als die Männer trotz vergleichbarer Fahrleistungen. Ähnliche Ergebnisse erbrachte eine neuere Studie von Horrey, Lesch und Gabaret (2008): N=40 jüngere und ältere Fahrer sollten auf einer Teststrecke eine Serie von Aufgaben mittels eines Handy mit vs. ohne Freisprecheinrichtung bearbeiten. Dabei wurde die subjektive Einschätzung von Leistungseinbußen mit den tatsächlichen verglichen. Es stellte sich heraus, dass obwohl die Fahrleistung in allen Bedingungen deutlich beeinträchtigt war, die Stärke der Ablenkung nicht entsprechend bzw. zum Teil sogar gegenteilig eingeschätzt wurde (gerade dort, wo starke Einbußen auftraten, wurden die geringsten Ablenkungsurteile gegeben). Diese Einschätzungsfehler waren nicht mit Variablen wie einem übermäßigen Vertrauen in die eigene Sicherheit und die eigenen Fähigkeiten korreliert (ähnliche Ergebnisse siehe auch Wogalter & Mayhorn, 2005; zitiert aus Horrey, Lesch & Garabet, 2008).

5.3.2 Anforderungen an die Handlungsabsicherung

Anforderungen an die Handlungsabsicherung treten im Umgang mit einer Nebenaufgabe während der Beschäftigung mit der Nebenaufgabe auf. Hier können Veränderungen der Situation auftreten, die eine Verhaltensanpassung in der Fahraufgabe verlangen, z.B. eine gravierende Verringerung des Abstandes zum Vordermann. Unter diesen Bedingungen muss der Fahrer rechtzeitig zur Fahraufgabe zurück wechseln, um diese Verhaltensanpassung adäquat einleiten zu können. Zur Aufdeckung solcher Diskrepanzen muss während der Nebenaufgabenbearbeitung immer wieder kurz zur Fahraufgabe zurückgekehrt werden, um einen Ist-Soll Vergleich zwischen erwarteter und tatsächlicher Situationsentwicklung aufzustellen. Dazu ist eine angemessene Aufteilung der visuellen Aufmerksamkeit zwischen Fahr- und Nebenaufgabe notwendig.

5.3.2.1 Aufteilung der visuellen Aufmerksamkeit auf Fahr- und Nebenaufgabe

Nach einem Modell des visual sampling von Wierwille (1988) existiert ein relativ konstantes Muster bezüglich der Blickzuwendungen auf ein visuelles Display innerhalb des Fahrzeugs. Demnach liegt die maximal akzeptierte Blickabwendung

von der Fahraufgabe bei ca. 1,5 s. In der Regel schaut der Fahrer nach dieser Zeit von sich aus zurück auf die Straße, um einem aufkommenden Gefühl der Unsicherheit entgegenzuwirken, egal ob er die entsprechende Information innerhalb dieses Zeitraums verarbeiten konnte oder nicht (ähnliche Ansätze von Senders et al., 1967 und Rockwell, 1988). Steigt die Komplexität der Aufgabe, passt der Fahrer eher die Blickhäufigkeit als die Blickdauer an diese Anforderungen an. Victor, Blomberg und Zelinsky (2001) verglichen dazu sechs unterschiedliche Nebenaufgaben beim Fahren. Die mit deutlichem Abstand am längsten dauernde Aufgabe „Lesen einer SMS-Nachricht“ (ca. 25 s Aufgabendauer bei einer totalen Blickabwendung von 15 s) führte im Vergleich zu den anderen kürzeren Aufgaben zu einer vergleichbaren mittleren Blickdauer von ca. 1,2 s pro Blick. Sie erforderte jedoch eine weitaus größere Blickhäufigkeit (im Schnitt 14 Blicke im Vergleich zu 2 bis 4 bei den übrigen Aufgaben).

In Abhängigkeit der Auswirkungen auf die Fahrsicherheit (v.a. bzgl. der Spurhaltung) definieren Zwahlen, Adams und DeBald (1988) Aufgaben mit bis zu drei Blicken mit einer durchschnittlichen Dauer von bis 1,2 s als noch akzeptabel. Aufgaben mit drei bis vier Blicken zwischen 1,2 und 2,0 s liegen in einem Grenzbereich zur Kritikalität. Aufgaben, die mehr als vier Blicke mit Dauern über 2,0 s erfordern, werden nach dieser Klassifikation als sicherheitskritisch bewertet (vgl. auch Mollenhauer et al., 1997; Bruckmayer & Reker, 1994). Nach aktuellen AAM Guidelines (Alliance of Automobile Manufacturers, 2003) zur Gestaltung von HMI (Human Machine Interfaces) im Fahrzeug dürfen einzelne Blicke auf das visuelle Display nicht mehr als 2 s dauern, die Gesamtabwendungsdauer für eine Aufgabe (im fahrenden Fahrzeug) nicht länger als 20 s.

Die vom Fahrer maximal akzeptierten Blickabwendungszeiten von ca. 1,5 s sprechen dafür, dass der Fahrer das Bedürfnis hat, während der Nebenaufgabenbearbeitung weiterhin die Fahraufgabe zu überwachen. Dies geschieht über kurze Kontrollblicke zurück zur Straße. Welche Bedeutung diese Kontrollblicke für die Aufrechterhaltung von Situationsbewusstsein und die Fahrsicherheit haben, wurde bislang allerdings kaum untersucht. In der Regel wird der Fokus auf die Dauer der Displayblicke gelegt, da diese als besonders sicherheitskritisch bewertet wird. Einige Anhaltspunkte über die Dauer von Kontrollblicken finden sich in der Literatur:

Schweigert (2003) analysierte beispielsweise das Blickverhalten bei der Bearbeitung von Nebenaufgaben während Realfahrten. Ausgewertet wurde unter anderem, wie lange und wohin (fahrtrelevante vs. fahrtirrelevante Areas of Interest; AOs) die Fahrer bei der Zuwendung zur Fahraufgabe schauten. Dabei ergaben sich für eine visuelle Nebenaufgabe mittlere Fixationsdauern zwischen 300 und 550 ms auf fahrtrelevante Bereiche der Szene. Die Blicke auf das Display dauerten dagegen rund 900 ms. Victor (2005) ließ N=18 Fahrer während einer Autobahnfahrt 13 realistische visuelle Nebenaufgaben bearbeiten. Er betrachtete u.a. den Parameter Percent Road Center (PRC). Dieser gibt an, welcher Anteil der Blicke auf den weiteren Straßenverlauf und damit auf fahrtrelevante Bereiche der Szene gerichtet ist. Für visuelle Nebenaufgaben schwanken die Werte zwischen 20 und 45%. Während der Nebenaufgabe werden somit rund 30% der Zeit auf Straßenblicke verwendet.

Auch Rassl (2004) betrachtete für verschiedene Arten von nicht-fahrtbezogenen Nebenaufgaben in Realfahrten sowohl die Dauer von Displayblicken als auch die von dazwischen liegenden Straßenblicken. Die ausgeführten Straßenblicke auf die Verkehrssituation während der Nebenaufgabenbearbeitung lagen bei durchschnittlich 670 ms (sd=350 ms). Als mittlere minimale Dauer wurden 240 ms (sd=130 ms) angegeben. Der Autor schlussfolgert hieraus, dass weniger als 1 Sekunde zur Erfassung der Verkehrssituation ausreicht. Diese Aussage muss erheblich angezweifelt werden. Es ist nicht davon auszugehen, dass der Fahrer innerhalb solch einer kurzen Zeit die komplette Situation wahrnehmen kann. Vielmehr ist zu erwarten, dass er sich auf einen Teilausschnitt der Umwelt begrenzt, der subjektiv wahrgenommen die größte Relevanz für ihn hat.

Die Aufteilung der visuellen Aufmerksamkeit wird neben der Komplexität der Nebenaufgabe auch von den Anforderungen der Situation abhängig gemacht: In komplexeren Situationen wird mehr Aufmerksamkeit auf die Straße gerichtet (Wierwille, 1993), wodurch die Zeit für andere Aufgaben innerhalb des Fahrzeugs sinkt (Hella, 1987). So werden beispielsweise bei hoher Verkehrsdichte die Blickzuwendungen auf ein Display im Fahrzeug kürzer (Rockwell, 1988). Außerdem wird in Antizipation eines bevorstehenden Anstiegs der Schwierigkeit der Fahraufgabe seltener auf das Display geblickt (Wierwille, 1993). Horrey, Wickens und Consalus (2006) identifizieren zudem die Priorität der Nebenaufgabe und die Bandbreite der zu verarbeitenden Informationen als Faktoren, die die visuelle Aufmerksamkeitsaufteilung zwischen Fahr- und Nebenaufgabe beeinflussen. Auf Seiten der Fahraufgabe ist diese beispielsweise beeinflusst von Streckenkurvigkeit und Seitenwinden, auf Seiten der Nebenaufgabe von Frequenz und Komplexität der dargebotenen Inhalte.

5.3.2.2 Kognitive Strategien zur Verringerung der Aufgabeninterferenz

Mit steigender Erfahrung im Umgang mit der Nebenaufgabe entwickelt der Fahrer zudem kognitive Strategien zur Verringerung der Aufgabeninterferenz: Nach Wickens (1992; siehe auch Damos & Wickens, 1980 oder Brown & Carr, 1989) tragen zwei Faktoren dazu bei, dass mit zunehmender Übung eine verbesserte Leistung unter Doppelaufgaben-Bedingungen festzustellen ist: Die Automatisierung innerhalb einer Aufgabe sowie Strategien zur Aufgabenkombination.

Zum einen verbessert sich die Leistung in jeder der Einzelaufgaben, da spezifische Fähigkeiten zur Bearbeitung der Aufgaben entwickelt werden, die immer weniger Ressourcen beanspruchen. So können die Aufgaben immer stärker automatisiert werden. Somit verringern sich auch die benötigten Ressourcen in der Kombination der beiden Aufgaben, und die Effizienz in der Doppelaufgaben-Bedingung steigt an. Diese Effizienz kann durch intensive Übung jeder Einzelaufgabe für sich erreicht werden. Davon unabhängig entwickelt sich eine Fertigkeit zur effizienten Zeit- bzw. Aufmerksamkeitsaufteilung zwischen den Aufgaben. Es werden Strategien entwickelt, um beide Aufgaben gleichzeitig mit minimalen Einbußen zu bearbeiten. Der Gebrauch von Aufmerksamkeits- oder anderen zentralen Ressourcen kann mit zunehmender Übung minimiert werden ebenso wie die notwendigen Ressourcen zum Steuern der Tätigkeit (Guski & Bosshardt, 2001). Eine solche „Time-Sharing-

Skill“ kann ausschließlich durch die Übung der beiden Aufgaben unter Doppelaufgaben-Bedingungen erreicht werden (z. B. Schneider & Fisk, 1982).

Salvucci (Salvucci, 2001 bzw. Salvucci & Macuga, 2002) konnte ein solches effizientes Time-Sharing im Aufgabenwechsel zwischen Fahraufgabe (CarFollow in der Simulation mit gelegentlich abbremsendem Führungsfahrzeug) und dem Wählvorgang bei der Bedienung eines Telefons (Eintippen 10-stelliger Telefonnummern) nachweisen. Zunächst zeigte sich eine gegenseitige Beeinflussung der Leistung in den beiden Aufgaben: Zum einen verlängerte das gleichzeitige Fahren die Wählzeiten der kompletten Nummer. Außerdem verschlechterte sich die Spurhaltung während des Wählvorgangs im Vergleich zum Fahren ohne Nebenaufgabe.

Für eine genauere Analyse der Wechsel-Zeitpunkte wurden die Zeiten zwischen einzelnen Tastendrücken in der Baselinemessung und während des Fahrens miteinander verglichen. Die Zeiten bis zum 1. Tastendruck waren dabei deutlich verlängert. Es wurde angenommen, dass diese Zeit die Vorbereitung des Wählvorgangs und die Stabilisierung des Fahrzeugs widerspiegelt, bevor mit der Nebenaufgabe begonnen wird. Weitere verlängerte Zeiten wurden vor jedem neuen Ziffernblock, d.h. vor der 4. und der 7. Ziffer, festgestellt. Es scheinen demnach aus den einzelnen Ziffern größere Einheiten gebildet zu werden (in der Form xxx-xxx-xxxx), zwischen denen jeweils eine erneute Stabilisierung des Fahrzeugs stattfindet.

5.3.2.3 Einschränkungen bei der Wahrnehmung von Situationsänderungen

Trotz adäquater Strategien zur Aufmerksamkeitsaufteilung zwischen Fahr- und Nebenaufgabe bleibt die Wahrnehmung von Situationsänderungen während der Beschäftigung mit einer Zusatzaufgabe beim Fahren deutlich erschwert. Zum einen können die kurzen Blicke zurück auf die Fahraufgabe nur einen geringen Teil der Umwelt abdecken. Zudem sind durch die zusätzliche Beschäftigung mit der Nebenaufgabe erhöhte Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis gestellt.

So werden beispielsweise Veränderungen von Abständen zu anderen Fahrzeugen während einer Blickabwendung bzw. eines Blanks schlecht bemerkt (sog. Change Blindness Phänomen, Rensink, 2002). Auch Zheng et al. (2004) konnte in einer Simulatorstudie feststellen, dass geringe Änderungen der Fahrzeugposition (30%) während eines 150 ms Blanks auffallend schlecht bemerkt werden. Erst bei Veränderungen von 60% ergeben sich gute Entdeckungsraten. Auffallend gut werden Veränderungen des Fahrzeugstyps oder der Fahrzeugfarbe bemerkt. Zudem werden vor allem sicherheitsrelevante Änderungen von sich bewegenden Objekten (im Vergleich zu parkenden Fahrzeugen) und Positionsänderungen anderer Fahrzeuge zum EGO-Fahrzeug hin (im Vergleich zu Veränderungen weg vom Fahrzeug) bemerkt. Die hohe Schwelle des Bemerkens von Positionsänderungen bei weit entfernten Fahrzeugen erklären die Autoren damit, dass Entfernungen im Gedächtnis nur in groben Kategorien gespeichert sind (nah, mittel, weit entfernt), zur feineren Kategorisierung dann aber visuelles Feedback notwendig ist.

Lee, Lee und Boyle (2005) untersuchten die objektiven Entdeckungsleistungen von Veränderungen bei gleichzeitiger kognitiver Ablenkung und den Zusammenhang zur

subjektiven Einschätzung der Fahrer. In zwei Experimenten in der Fahrsimulation wurden über periodische Blanks von 1 s Dauer Blicke weg von der Fahrbahn simuliert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fahrer Veränderungen anderer Fahrzeuge (z.B. Verschiebungen von Fahrzeugen nach vorne oder hinten in Längsrichtung, laterale Positionsänderungen auf den linken vs. rechten Fahrstreifen; Veränderungen von Farbe, Identität und Lokation parkender Fahrzeuge) während Blanks und zusätzlichen kognitiven Ablenkungen deutlich schlechter bemerkten. Sie sind sich ihrer beeinträchtigten Leistung aber durchaus bewusst. Befunde aus anderen Studien sprechen dafür, dass Fahrer ihre Fähigkeit zur Erkennung von Veränderungen häufig überschätzen (z.B. Levin, Momen, Drivdahl & Simons, 2000).

Bei der Wahrnehmung entscheidender Hinweisreize für eine Situationsänderung spielen nicht nur die visuellen Anforderungen der Aufgabe eine Rolle. Hohe kognitive Anforderungen an zentrale Informationsverarbeitungsprozesse interferieren stark mit der Beurteilungsleistung von Umgebungsreizen. Dies könnte beispielsweise dazu führen, dass Fahrer Umgebungsreize zwar visuell wahrnehmen, aber nicht mehr alle adäquat identifizieren können. Victor (2005) unterscheidet hierbei zwischen „vision for action“, die durch Ablenkung kaum beeinträchtigt wird. Dies führt dazu, dass z.B. die Spurhaltung weiterhin aufrechterhalten werden kann. Demgegenüber steht die sog. „vision for identification“, die zum Erkennen von Gefahren und Hinweisreizen benötigt wird und sehr stark unter Ablenkungsbedingungen leidet. Dies kann zur Folge haben, dass die Bedeutung der Situation nicht mehr adäquat eingeschätzt werden kann. Hinzu kommt, dass durch eine starke kognitive Involviertheit die Zeitschätzung des Fahrers und somit die Antizipationsfähigkeit beeinträchtigt sein kann (vgl. Groeger & Comte, zitiert nach Groeger et al., 2002; Brown, Tickner & Simmonds, 1969, zitiert nach Groeger et al., 2002).

5.4 Entwicklung eines Messmodells

5.4.1 Relevante Prozesse für Situationsbewusstsein im Umgang mit Nebenaufgaben

Gemäß den theoretischen Überlegungen und den dargestellten Strategien von Fahrern im Umgang mit Nebenaufgaben scheinen die folgenden Prozesse für einen situationsbewussten Umgang mit Nebenaufgaben relevant zu sein:

Wie an den Befunden von Lerner und Boyd (2005) deutlich wird, muss angenommen werden, dass generell individuell unterschiedliche Strategien für den Umgang mit Nebenaufgaben existieren. So unterscheiden sich Fahrer beispielsweise in ihrer Einstellung, inwieweit sie sich überhaupt mit Nebenaufgaben während der Fahrt beschäftigen. Hierbei sind Einflüsse von Trait-Faktoren wie Alter, Erfahrungen im Umgang mit Nebentätigkeiten sowie die generelle Einstellung gegenüber technischen Systemen zu erwarten. Weiter spielen die spezifische Risikoeinschätzung einzelner Aufgaben, einzelner Situationen sowie die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten im Umgang mit Nebenaufgaben eine Rolle. Diese Faktoren beeinflussen sehr übergeordnete strategische Aspekte der Handlungsplanung. Auch diese können im weitesten Sinne unter den Begriff des Situationsbewusstseins gefasst werden, da sich in ihnen das Bewusstsein einer Person über ihre eigenen Kompensationsmöglichkeiten sowie ein Bewusstsein über

die mit der Beschäftigung mit Nebenaufgaben verbundenen Risiken im allgemeinen und in spezifischen Situationen abbilden. Nach der Definition von Pew (2000; siehe Kapitel 2.1.1) sind auch diese Aspekte unter den Begriff der „Situation“ zu fassen.

Ist ein Fahrer generell dazu bereit, sich mit einer Nebenaufgabe zu beschäftigen, muss er die Verschränkung mit der Fahraufgabe in der konkreten Situation, d.h. auf einer taktischen Handlungsebene, weiter planen. Hierbei ist zentral, dass vor dem Beginn der Aufgabe Antizipationen über den wahrscheinlichen Verlauf der Situation gebildet werden, anhand derer entschieden wird, ob eine Nebenaufgabe in der gegebenen Situation grundsätzlich ausgeführt werden kann oder nicht. Dabei wird unter Berücksichtigung von Wissen in Form von Schemata im Langzeitgedächtnis und unter Einbezug von Hinweisreizen aus der Umwelt eine mentale Repräsentation der Fahrscene aufgebaut. Diese enthält eine Situationseinschätzung im Hinblick auf zu erwartende spezifische Anforderungen und damit verbundene Verhaltensanpassungen sowie Erwartungen über die weitere Entwicklung der Situation.

Nachdem sich der Fahrer dazu entschieden hat, sich einer Nebenaufgabe zuzuwenden, muss er auf einer operationalen Handlungsebene während der Ausführung einer Nebenaufgabe die Situationsentwicklung permanent weiter kontrollieren. Dazu werden kurze Kontrollblicke zurück zur Fahraufgabe ausgeführt. Diese Kontrollblicke dienen einem Abgleich zwischen erwarteter und tatsächlicher Szenenentwicklung und damit der Handlungsabsicherung. Weicht die erwartete Situationsentwicklung dabei von der tatsächlichen ab, muss eine Verhaltensanpassung stattfinden. Diese kann sich entweder in einer Anpassung des Fahrverhaltens an die veränderten Bedingungen oder in einer Unterbrechung der Nebenaufgabe auswirken- anschließend muss eine erneute Situationseinschätzung stattfinden, wann die Aufgabe fortgesetzt werden kann.

Der Einsatz der dargestellten Prozesse sollte es dem Fahrer ermöglichen, die unterschiedlich schwierige Fahraufgabe durch entsprechende situationsangemessene Nebenaufgabenbearbeitung so zu kompensieren, dass die Fahrleistung trotz Nebenaufgabe annähernd konstant gehalten werden kann bzw. keine gravierenden Leistungseinbußen auftreten. Als Kriterium für die Adäquatheit der Entscheidungen können Parameter der Fahrsicherheit, wie Fahrfehler oder auftretende Kollisionen, betrachtet werden. Zusammenfassend können demnach folgende drei Prozesse identifiziert werden, an denen sich das Situationsbewusstsein einer Person im Umgang mit einer Nebenaufgabe zeigen sollte:

- Prozesse der übergeordneten strategischen Handlungsplanung für den generellen Umgang mit Nebenaufgaben während des Fahrens
- Prozesse der taktischen Handlungsplanung in der konkreten Situation vor Beginn der Nebenaufgabe
- Prozesse der Handlungsabsicherung während der Nebenaufgabenbeschäftigung

5.4.2 Das PDC-Modell

Aus den als bedeutsam identifizierten Prozessen lässt sich ein sog. 3-Ebenen-Prozess-Modell entwickeln, anhand dessen Situationsbewusstsein im Umgang mit Nebenaufgaben messbar gemacht werden kann (vergleichbar zu einem 3-Ebenen-Modellen der Fahrhandlung, z.B. Michon, 1985). Das sog. **PDC-Modell** (Planning-decision-control; siehe Tabelle 5-2) ist hierarchisch und kaskadisch aufgebaut (d.h. Entscheidungen auf einer höheren Ebene bestimmen, ob die nächst tiefer liegende Ebene erreicht wird).

Tabelle 5-2: 3-Ebenen-Prozess-Modell für Situationsbewusstsein im Umgang mit Nebenaufgaben.

| Ebene | Prozesse | Zeitverlauf |
|----------|--|-------------|
| planning | Übergeordnete Planung der Beschäftigung mit einer NA: z.B. Bedienung nur im Stand, Nutzen kurzer Wartephasen, nur ausgewählte NA | min |
| decision | Entscheidung über Beschäftigung mit einer NA in der aktuellen Situation (ob und wie lange, wann Unterbrechung) | s |
| control | Überwachung der Situationsentwicklung während NA-Beschäftigung; über kurze Kontrollblicke | ms |

Auf der oberen sog. strategischen Planungsebene („planning“) werden übergeordnete Strategien zum generellen Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren festgelegt. Dies beinhaltet beispielsweise Entscheidungen, generell keine Zusatzaufgaben während des Fahrens auszuführen bzw. nur unbedenklich eingestufte Aufgaben, nur in Standphasen, z.B. an roten Ampeln, zu bedienen oder zum Ausführen von Nebenaufgaben stehen zu bleiben. Diese Strategien finden in einem eher langfristigen Bereich von Minuten bis zu deutlich längeren Zeitfenstern statt. Auf dieser Planungsebene spielen sowohl trait-Faktoren, wie die generelle Einstellung, der Fahrertyp sowie die Risikobereitschaft von Fahrern eine Rolle, als auch situationsabhängige und nebenaufgabenabhängige Faktoren (z.B. Risikoeinschätzung für die Bedienung spezifischer Nebenaufgaben in spezifischen Situationen).

Ist der Fahrer generell bereit, sich während der Fahrt mit Zusatzaufgaben zu beschäftigen, gelangt er auf die nächst tiefer liegende Entscheidungsebene („decision“). Hier muss eine Bewertung der aktuellen Situation dahingehend stattfinden, ob überhaupt und wenn, wie lange eine Nebenaufgabe bedient werden kann. Diese konkrete Handlungsplanung findet innerhalb eines Sekundenbereichs statt. Auf dieser Entscheidungsebene ist die Fahrerfahrung und damit die Verfügbarkeit von Schemata/mental Modellen und die Fähigkeit zur Antizipation potenzieller Situationsentwicklungen besonders bedeutsam. Auch die Verfügbarkeit von Hinweisreizen in der Umwelt spielt hier eine entscheidende Rolle.

Hat sich der Fahrer dazu entschlossen, in einer spezifischen Situation eine Nebenaufgabe auszuführen, muss die Situationsentwicklung währenddessen überwacht werden („control“), um im Falle einer erforderlichen Verhaltensanpassung, die Nebenaufgabe möglichst frühzeitig unterbrechen zu können. Dies geschieht mittels kurzer Kontrollblicke und bewegt sich somit im Millisekundenbereich. Auf dieser Kontrollebene spielt die Aufmerksamkeitsaufteilung des Fahrers sowie Art und Gestaltung der Nebenaufgabe eine entscheidende Rolle.

Die hier postulierten Ebenen der Nebenaufgabe stehen in einer wechselseitigen Beziehung zu den Ebenen der Fahrhandlung. So beeinflusst die übergeordnete Planung der Nebenaufgabe die strategische Ebene der Fahrhandlung, indem beispielsweise Pausen zum Telefonieren eingeplant werden. Umgekehrt kann die Wahl der Fahrtroute darüber entscheiden, welche Aufgaben ausgeführt werden, z.B. wenn generell nur auf der Autobahn telefoniert wird.

Die Entscheidungen über die Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe in der aktuellen Situation sind wiederum abhängig von den hier auszuführenden Fahrmanövern. So wird bei einem Überholmanöver beispielsweise in der Regel keine Nebenaufgabe ausgeführt. Umgekehrt beeinflusst die Bearbeitung einer Nebenaufgabe die taktische Ebene der Fahrhandlung, insofern, dass beispielsweise während dem Telefonieren auf der Autobahn vermehrt auf dem rechten Fahrstreifen gefahren wird.

Während der Beschäftigung mit der Nebenaufgabe entscheiden die Fahrer anhand der quer- und längsregulatorischen operationalen Kontrollaufgaben, z.B. anhand der Spurhaltung, ob die Aufgabe unterbrochen werden muss. Ebenso können Kontrollblicke zur Straße begrenzt dazu genutzt werden, um Abstands- und Spurkorrekturen auszuführen.

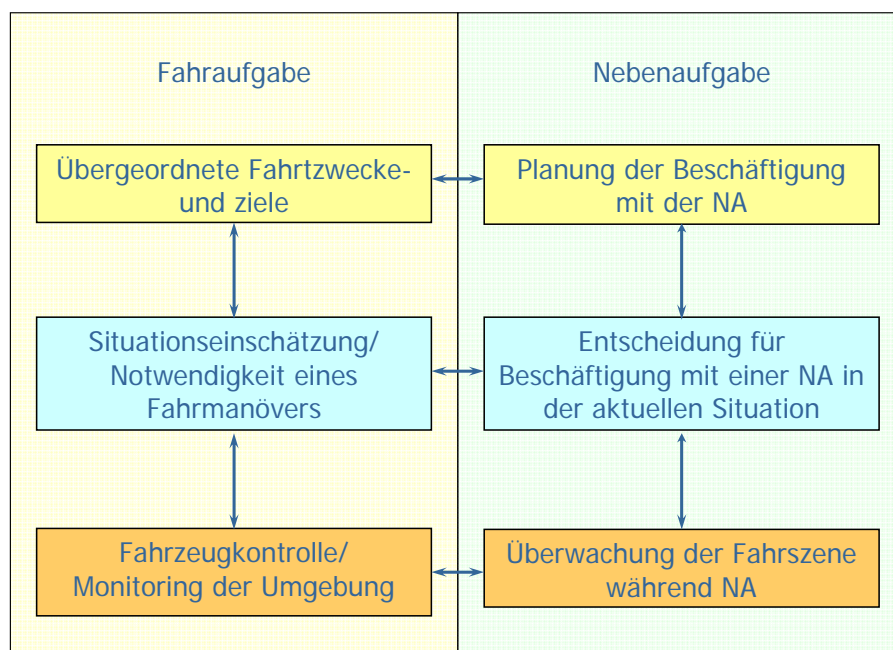


Abbildung 5-2: Zusammenhang zwischen den drei Ebenen der Fahrhandlung und den drei Ebenen der Nebenaufgabe.

5.5 Messung von Situationsbewusstsein im Umgang mit Nebenaufgaben

Zur Überprüfung des PDC-Modells für einen situationsbewussten Umgang mit Nebenaufgaben muss für alle drei Ebenen eine Operationalisierung der als bedeutsam postulierten Prozesse in Form entsprechender Messverfahren stattfinden:

- Zur Erfassung von Einflussfaktoren auf die übergeordnete Planungsebene werden Personenvariablen (Alter, Geschlecht, Fahrerfahrung) sowie die generelle Einstellung gegenüber der Beschäftigung mit Nebenaufgaben erhoben. Zudem werden individuelle Unterschiede in Bedienstrategien und deren Auswirkungen auf die Fahrsicherheit analysiert.
- Auf der Entscheidungsebene werden antizipative Anpassungsvorgänge an die Situationsanforderungen sowohl im Fahrverhalten (passt der Fahrer sein Fahrverhalten frühzeitig an die Situation an?) als auch im Blickverhalten (ist eine Vorbereitung auf die Situation erkennbar?) betrachtet. Außerdem wird der Umgang mit der Nebenaufgabe (lässt der Fahrer eine Aufgabe in anspruchsvollen Situationen aus?) untersucht.
- Auf der Kontrollebene werden vor allem die Häufigkeit und Dauer von Kontrollblicken während der Beschäftigung mit der Nebenaufgabe sowie weitere kompensatorische Anpassungsleistungen im Bedien- und Fahrverhalten analysiert.

Weiter muss überprüft werden, welche Interaktionen zwischen den einzelnen Ebenen bestehen. Als Kriterium für die Adäquatheit der Entscheidungen und die angemessene Kontrolle der Situationsentwicklung werden Parameter der Fahrsicherheit, wie Fahrfehler oder auftretende Kollisionen, betrachtet.

Die bewussten Entscheidungen zur Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe in Abhängigkeit der Situation stellen ein eigenständiges Maß zur Erfassung des Situationsbewusstseins dar. Die hier gewählte Definition grenzt den Begriff des Situationsbewusstseins deutlich von dem der Aufmerksamkeit ab. Während über das Blickverhalten als Maß für die visuelle Aufmerksamkeit lediglich erfasst werden kann, ob ein Fahrer einen Hinweisreiz fixiert hat, wird über die daraus resultierende Entscheidung, ob daraufhin die Nebenaufgabe unterbrochen wird, sichtbar, ob die Hinweisreize auch in die Situationsinterpretation integriert wurden. Zudem ist eine deutliche Abgrenzung zu dem Begriff des Workload möglich: Verfügt ein Fahrer über ein hohes Situationsbewusstsein gelingt es ihm, erhöhtes Workload, das durch die gleichzeitige Bearbeitung von Fahr- und Nebenaufgabe entstehen würde, zu verhindern bzw. zu kompensieren.

II EMPIRISCHER TEIL

6 METHODE DER DATENGEWINNUNG- DER WÜRZBURGER FAHRSIMULATOR

Alle Versuche fanden im Fahrsimulator des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH; vgl. Abbildung 6-1) statt. Dieser Simulator ist mit einem Bewegungssystem ausgestattet, das über eine Stewart-Plattform mit 6 Freiheitsgraden verfügt und lineare Beschleunigungen bis 5 m/s^2 bzw. rotatorische bis $100^\circ/\text{s}^2$ darstellen kann. Es besteht aus sechs elektrischen Aktuatoren und drei passiven pneumatischen Aktuatoren.



Abbildung 6-1: Der Würzburger Fahrsimulator in Betrieb (links) und während des Aufbaus (rechts). In der Kuppel zu sehen sind die Fahrzeugkonsole (BMW 520i) und die Projektionsfläche für die Frontsicht.

Die Fahrzeugkonsole ist voll instrumentiert und entspricht der des seriengefertigten Fahrzeugs mit Automatikgetriebe. Für die realistische Darstellung des Lenkmoments sorgt ein auf der Basis eines Lenkmodells gesteuerter Servomotor. Die Projektion erfolgt über drei Röhrenprojektoren, die in der Kuppel angebracht sind. Über die drei Kanäle wird ein Bildausschnitt von 180° dargeboten. Als Außen- und Innenspiegel fungieren LCD-Displays. Zusätzlich sind 2 LCD-Displays für Navigations-, HMI- und sonstige Nebenaufgabenuntersuchungen sowie Bedienelemente für Assisenzsysteme integriert. Insgesamt besteht das System aus 14 Rechnern, die unter dem Microsoft Betriebssystem Windows 2000 laufen. Der Datenaustausch zwischen den Rechnern erfolgt über ein 100 Mbit Ethernet. Das System wird von einem Bedienplatz gesteuert, von dem aus der Fahrer über eine Videoanlage beobachtet werden kann und mit dem Versuchsleiter über eine Gegensprechanlage in Kontakt steht. Die Datenaufzeichnung erfolgt mit 100 Hz.

Die Besonderheit der eigens entwickelten Simulationssoftware SILAB besteht im neuartigen Konzept zur Entwicklung der Datenbasis. Das Straßennetzwerk und die es umgebenden Merkmale der Landschaft, wie Geländeformationen, Bewuchs und Bebauung sind in einer topologischen Form repräsentiert. Hieraus wird in einem kleinen Bereich um den Fahrer herum, in dem der Sichtbarkeitsbereich des Fahrers

vollständig enthalten ist, während der Simulation die geometrische Repräsentation für die Messwertaufzeichnung, Fahrdynamik, Bildgenerierung und den automatischen Verkehr errechnet. Dieses generische Verfahren bietet zahlreiche Möglichkeiten für die Szenengenerierung. Zum einen kann das Straßennetzwerk aufgrund der effizienten Repräsentation fast beliebige Ausdehnung haben. Zum anderen kann es außerhalb des Sichtbarkeitsbereichs des Fahrers während der Simulation geändert werden (Kaussner, Grein, Krüger & Noltemeier, 2001).

Darüber hinaus können für den autonomen Verkehr um das EGO-Fahrzeug herum einzelne Parameter wie Abstandsverhalten bzw. Beschleunigung, Verzögerung etc. gezielt an das Verhalten des EGO-Fahrzeugs angepasst werden. Durch ein Modulkonzept für Situationen können Fahraufgaben in beliebigen Situationen als abgeschlossene Module programmiert werden, die frei kombiniert werden können. Durch eine entsprechende Verknüpfung der Module wird der Ablauf einer Fahrt definiert. Dabei ist es möglich, einen bestimmten Modultyp mehrfach zu instanzieren, was einer Wiederholung einer Situation an verschiedenen Stellen des Versuchsablaufs entspricht. Dies hat den Vorteil, dass derselbe Streckenabschnitt unter variierbaren Randbedingungen durchfahren werden kann. Innerhalb des Modultyps wird das Streckennetz definiert, das sich aus einzelnen Strecken zusammensetzt. Auch hierbei können von verschiedenen Streckentypen Instanzen erzeugt werden, so dass einzelne Strecken innerhalb eines Moduls mehrfach verwendet werden können.

Zur Erfassung des Fahrerblickverhaltens ist ein videobasiertes Eyetrackingsystem der Firma SmartEye in die Simulation integriert. Es besteht aus 4 Kameras mit dazugehörigen Infrarotflashern. Die Messung erfolgt berührungslos mit 60 Hz. Das System erfasst Kopfposition und Kopfdrehung sowie die Blickrichtung (siehe Abbildung 6-2).

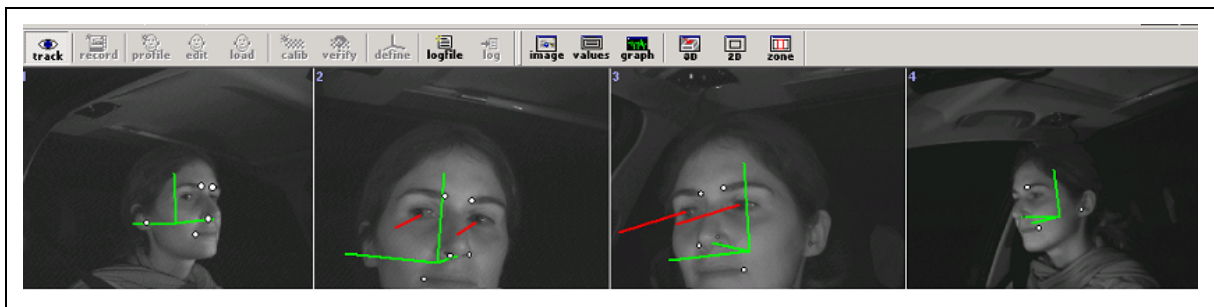


Abbildung 6-2: SmartEye Eyetrackingsystem.

Laut Hersteller beträgt die Messgenauigkeit für die Kopfposition ca. 0.5° , für die Blickrichtung ca. 1.0° (bestimmt über die Standardabweichung der Messwerte). Eigene Messungen für den Blickpunkt bestätigen diese Angaben zumindest für Personen mit gutem Tracking. Zu Beginn der Versuche muss für jeden Fahrer ein individuelles Kopfprofil erstellt werden, das die Grundlage des späteren Trackings darstellt. Die spätere Qualität der Messung hängt unter anderem von der Güte dieses Profils ab. Die Erstellung eines solchen Profils dauert ca. 20 Minuten.

Die aufgezeichneten Rohdaten, die sich auf ein systeminternes Koordinatensystem beziehen, werden in einem ersten Schritt in x- und y-Koordinaten auf der

Projektionsleinwand umgerechnet. Damit dies möglich ist, wird vor Beginn der eigentlichen Messung eine 9-Punkt-Kalibrierung durchgeführt. Mit Hilfe dieser Kalibrierung wird die absolute Genauigkeit der Messung deutlich verbessert.

7 STUDIE 1: DER UMGANG MIT EINER NEBENAUFGABE ALS MAß FÜR SITUATIONSBEWUSSTSEIN

7.1 Fragestellungen des Versuchs

Im Rahmen dieser Studie werden folgende Fragestellungen untersucht:

- (1) Sind Fahrer prinzipiell in der Lage, situationsbewusst mit einer Nebenaufgabe umzugehen? Welche Kompensationsstrategien wenden sie an?
- (2) Können die für Situationsbewusstsein als bedeutsam postulierten Prozesse der Handlungsplanung und Handlungsabsicherung bei der Nebenaufgabenbearbeitung identifiziert werden?
- (3) Welchen Einfluss hat die Situation auf die postulierten Prozesse? Inwiefern unterstützen externe Hinweisreize in der Situation den Aufbau einer Situationsrepräsentation und die Generierung der Situationsentwicklung? Welche Konsequenzen hat das Fehlen solcher Hinweisreize für das Situationsbewusstsein des Fahrers?
- (4) Welche Rolle spielt das Blickverhalten während der Nebenaufgabenausführung für die Aufrechterhaltung von Situationsbewusstsein? Welche Aspekte der Fahrszene können während der Nebenaufgabe überwacht werden?
- (5) Wo liegen die Grenzen der Kompensationsmöglichkeiten im Umgang mit einer Nebenaufgabe? Welche Auswirkungen hat die Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe auf die Fahrsicherheit?
- (6) Welchen Einfluss haben individuelle Bedienstrategien und die grundsätzliche Risikoeinschätzung von Nebenaufgaben während des Fahrens? Lassen sich bestimmte Risikogruppen von Fahrern identifizieren?

7.2 Methodisches Vorgehen

7.2.1 Versuchsaufbau

Mit dem Ziel, die relevanten Prozesse von Situationsbewusstsein auf allen drei Ebenen der Interaktion mit Nebenaufgaben abbilden zu können, wurde folgender Versuchsaufbau gewählt:

Zum einen wurde ein komplexer und abwechslungsreicher Fahrparcours mit unterschiedlich anspruchsvollen Situationen erstellt, der es ermöglichen soll, situationsabhängige Einflussfaktoren auf Situationsbewusstsein, insbesondere auf der Entscheidungsebene, zu identifizieren. Zudem wurden unterschiedliche Nebenaufgabenvarianten eingeführt, um die Gestaltung der Nebenaufgabe in ihrem Einfluss auf Situationsbewusstsein, insbesondere auf der Kontrollebene,

untersuchen zu können. Schließlich wurde eine Reihe von Befragungen durchgeführt, um individuelle Einflussfaktoren und generelle Einstellungen zu Nebenaufgaben, insbesondere auf der Planungsebene, erfassen zu können.

7.2.2 Situationen

7.2.2.1 Faktor „Kritikalität“

Zur Untersuchung situationsabhängiger Einflussfaktoren auf das Situationsbewusstsein wurde ein komplexer und abwechslungsreicher Fahrparcours mit unterschiedlichen Fahrscenarien konstruiert. Dabei wurde insbesondere zwischen kritischen und unkritischen Szenarien unterschieden (Faktor „Kritikalität“): Entsprechend der theoretischen Herleitung des Modells von Situationsbewusstsein werden als kritische Situationen solche definiert, in denen sich eine Änderung der erwartungsgemäßen Entwicklung der Situation in Form eines Konfliktpotential ergibt. Der Fahrer muss hierauf mit einer entsprechenden Verhaltensanpassung reagieren.

Folgende acht kritische Situationen (+ eine Sondersituation) wurden realisiert:

- (1) Fußgänger: Ein Fußgänger kreuzt vor dem EGO-Fahrzeug die Fahrbahn (Innerorts)
- (2) Ausparker: Vor dem EGO-Fahrzeug parkt ein Fahrzeug aus und nimmt diesem die Vorfahrt (Innerorts)
- (3) Einparker: Das vor dem EGO-Fahrzeug fahrende Fahrzeug parkt ein (Innerorts)
- (4) Fremder: Ein vorausfahrendes Fahrzeug bremst scharf vor einer Kreuzung und biegt dann ab, nachdem es vorher mehrere Male an anderen Einmündungen geblinkt hat, aber nicht abgebogen ist (Innerorts)
- (5) Einordnen: An einer ampelgeregelten zweistreifigen Kreuzung muss sich der Fahrer zum Geradeaus fahren links einordnen (Innerorts)
- (6) Wechsel: Kurvige und gerade Streckenabschnitten auf der Landstraße wechseln sich mehrfach ab (Außerorts)
- (7) CarFollow: Das vorausfahrende Fahrzeug fährt deutlich zu schnell in eine Kurve auf der Landstraße (Außerorts)
- (8) Panne: Auf der Landstraße steht ein liegen gebliebenes Fahrzeug auf dem eigenen Fahrstreifen (Außerorts)

+ Sondersituation „Fenster“: Abfolge von Kurven mit unterschiedlich langen Geradenstücken (und damit unterschiedlich langen Zeitfenstern) dazwischen

Die erzeugten Prüfsituationen weisen bewusst eine höhere Kritikalität und Komplexität auf als es im Realverkehr der Fall wäre. So sollen Kollisionen provoziert werden, wenn ein Fahrer sein Verhalten nicht entsprechend anpasst. Dennoch sind alle Situationen so gestaltet, dass die erforderliche Verhaltensanpassung vom Fahrer prinzipiell vorhergesagt werden kann, da entsprechende Hinweisreize auf den potenziellen Konflikt hindeuten. Zusätzlich wurden Situationen ohne spezifisches

Konfliktpotential realisiert, die im Folgenden als unkritische Situationen bezeichnet werden (z.B. einfache gerade Streckenabschnitte).

7.2.2.2 Faktor „Streckentyp“

Als weiterer Faktor wurde der Einfluss des „Streckentyps“ in seinen Auswirkungen auf die NA-Bearbeitung betrachtet. Hierbei wird zwischen „Innerorts“ und „Außerorts“ unterschieden. Den Großteil der kritischen Außerortssituationen kennzeichnet ein hoher psychomotorischer Anteil mit besonderen Anforderungen an eine stetige Spur- und Geschwindigkeitskontrolle, die eher auf der operationalen Ebene der Fahrhandlung ablaufen. Dagegen erfordern die kritischen Innerortssituationen weitgehend diskrete Verhaltensanpassungen im Sinne eines Brems-, Spurwechsel- oder Ausweichmanövers auf der taktischen Ebene.

7.2.2.3 Faktor „Vorhersehbarkeit“

Jede der acht kritischen Szenarien wurde außerdem bezüglich der Qualität der Hinweisreize variiert, die in der Situation auf einen potenziellen Konflikt hindeuten. Dadurch soll der Einfluss der Vorhersehbarkeit der Situationsentwicklung auf das Situationsbewusstsein untersucht werden. Diese Variation wurde über Beeinflussung unterschiedlicher Faktoren erreicht, die entweder den Auftretensort, den Zeitpunkt oder die Salienz des relevanten Reizes betreffen. So konnten die Verhaltensabsichten anderer Fahrzeuge (z.B. das Abbiegen, Ein- oder Ausparken) durch die Anzeige bzw. das Fehlen von Bremslichtern oder über Verdeckungen durch andere Fahrzeuge vs. freie Sicht unterschiedlich gut antizipiert werden. Die Erkennbarkeit von Konfliktbereichen, z.B. scharfe Kurven, wurden beispielsweise über Sichtweiten (Höhenprofil der Strecke) oder das Fehlen oder Vorhandensein von Hinweisschildern (z.B. Kurvenschilder vs. keine Kurvenschilder) variiert.

Durch diese Variationen entstand pro Situation eine Abstufung der Erkennbarkeit des Konfliktpotenzials in drei Stufen (Faktor „Vorhersehbarkeit“):

- schlecht erkennbar
- mittel erkennbar
- gut erkennbar

Je besser erkennbar ist, inwieweit die Situation potenziell problematisch werden könnte, desto besser sollte der Fahrer sein Bedien- und Fahrverhalten anpassen können.

7.2.2.4 Faktor „zweiter Handlungsstrang“

Zusätzlich wurden in einzelnen Szenarien (Fußgänger, Ausparker und Pannenfahrzeug) weitere Varianten mit einem sog. „zweiten Handlungsstrang“ realisiert. In solchen Situationen wurde neben dem Hauptstrang der Handlung ein zusätzlicher Nebenstrang eingeführt, der im ersten Moment eher irrelevant erscheint, aber von einem situationsbewussten Fahrer ebenfalls beachtet werden muss, weil er die Entwicklung der Situation und die damit erforderliche Verhaltensanpassung maßgeblich beeinflusst (z.B. ein von hinten überholendes Fahrzeug in Annäherung

an die Pannensituation). Insgesamt sollte somit auch die Komplexität der Situation ansteigen, weil mehrere Handlungsstränge gleichzeitig beachtet werden müssen. Die Variationen der Situationen sind im folgenden Kapitel detailliert dargestellt.

7.2.2.5 Beschreibung der kritischen Situationen

Insgesamt wurden $n=27$ kritische Situationen durchfahren: Acht Basissituationen mit jeweils drei Ausprägungen der Vorhersehbarkeit plus drei weitere Situationen mit zweiten Handlungssträngen. Die Situationsvarianten wurden als within-Variable eingeführt, d.h. alle Fahrer durchfahren den kompletten Fahrparcours mit sämtlichen Situationen.

Situation 1: „Fußgänger“

In der Situation „Fußgänger“ besteht das Konfliktpotential darin, dass ein Fußgänger vor dem EGO-Fahrzeug die Straße überqueren möchte und dadurch die Trajektorie des EGO-Fahrzeugs schneiden könnte. Der Fahrer muss diesen Konflikt erkennen und frühzeitig einen Bremsvorgang einleiten. In der schlecht erkennbaren Situationsvariante überquert der Fußgänger die Fahrbahn an einer Stelle, an der es der Fahrer nicht erwarten würde. Der einzige Hinweis, der die Verhaltensabsichten des Fußgängers andeutet, ist, dass der Fußgänger am Straßenrand steht und der Fahrbahn zugewandt ist.

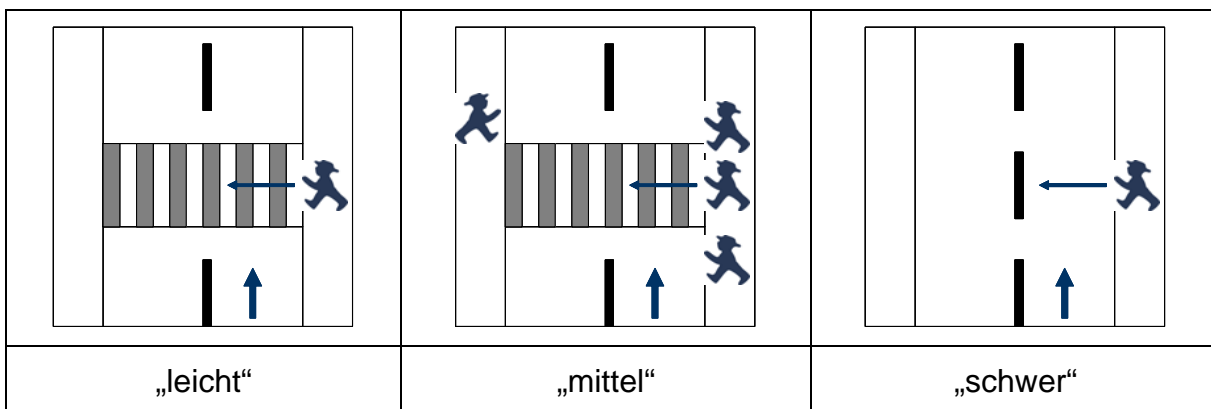


Abbildung 7-1: Veranschaulichung der Situationsabstufung in Situation „Fußgänger“.

In der mittel erkennbaren Situation wird ihm die Situationseinschätzung dadurch erleichtert, dass der Fußgänger sich in unmittelbarer Nähe eines Fußgängerüberwegs befindet. Erschwert wird ihm die Erkennbarkeit des Konflikts nur dadurch, dass er aus einer Reihe von mehreren Fußgängern denjenigen herausfiltern muss, der sich als einziger nicht bewegt und der Fahrbahn zugewandt ist. In der gut erkennbaren Situation befindet sich nur ein einziger Fußgänger in der Nähe des Fußgängerüberwegs. In einer weiteren Variante wird ein zweiter Handlungsstrang dadurch eingeführt, dass vor dem Fußgängerüberweg die Fahrbahn durch parkende Fahrzeuge verengt ist und der Fahrer zusätzlich auf Gegenverkehr achten muss. Abbildung 7-1 zeigt schematisch die Abstufungen für diese Situation (ohne 2. Handlungsstrang).

Situation 2: „Einparker“

In dieser Situation geht das Konfliktpotenzial von einem vorausfahrenden Fahrzeug aus, das vor dem EGO-Fahrzeug blinkt und einparkt. Ein situationsbewusster Fahrer sollte die Verhaltensabsicht des Fahrzeugs erkennen und seinen Abstand zum Vorderfahrzeug rechtzeitig vergrößern. In der gut erkennbaren Situation deutet sich das Einparkmanöver dadurch an, dass der Fahrer deutlich vorher blinkt und sich gleichzeitig innerhalb einer ausgewiesenen Parkzone befindet. In der mittel erkennbaren Situation blinkt der Vorausfahrende erst kurz vor der tatsächlich genutzten Parklücke. In der schwer erkennbaren Variante parkt das vorausfahrende Fahrzeug an einer Bushaltestelle ein. Abbildung 7-2 zeigt schematisch die Abstufungen für diese Situation.

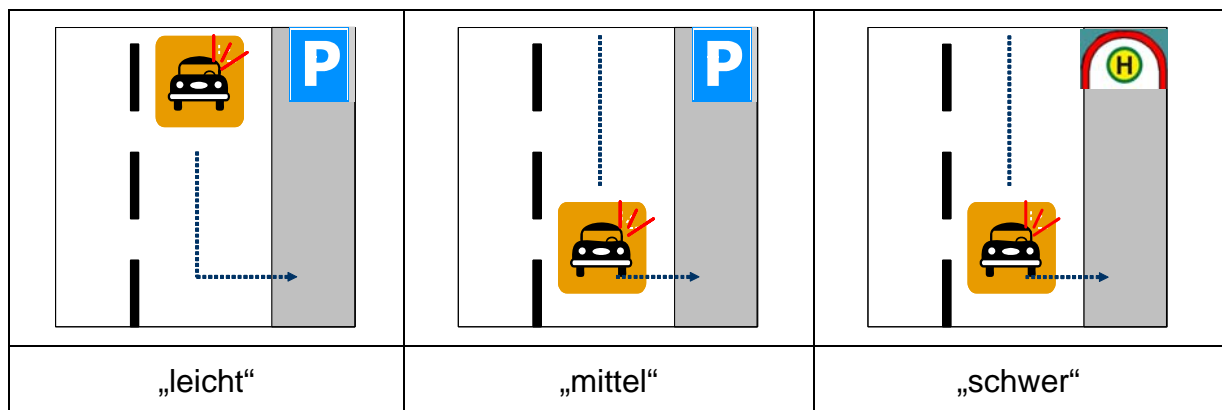


Abbildung 7-2: Veranschaulichung der Situationsabstufung in Situation „Einparker“.

Situation 3: „Ausparker“

In der Situation „Ausparker“ geht das Konfliktpotenzial von einem Fahrzeug am Straßenrand aus, das vor dem EGO-Fahrzeug ausparkt und diesem die Vorfahrt nimmt. In allen Fällen wird diese Verhaltensabsicht durch das Blinken des Fahrzeugs deutlich gemacht. In der gut erkennbaren Situation steht das Fahrzeug als einziges blinkend am Straßenrand und kann daher schon von weitem entdeckt werden. In der mittel erkennbaren Situation ist das Fahrzeug in einer Reihe parkender Fahrzeuge weniger früh erkennbar. In der schlecht erkennbaren Situation kann die Verhaltensabsicht des Fahrzeugs erst sehr spät entdeckt werden, da es am Ende einer dichten Reihe von parkenden Fahrzeugen steht und es sich um ein kleineres Fahrzeug handelt. Abbildung 7-3 zeigt schematisch die Abstufungen für diese Situation. In einer weiteren Variante mit zweitem Handlungsstrang parkt kurz vor dem Ausparkenden zunächst ein vorausfahrendes Fahrzeug ein und lenkt somit die Aufmerksamkeit von dem Ausparker ab.

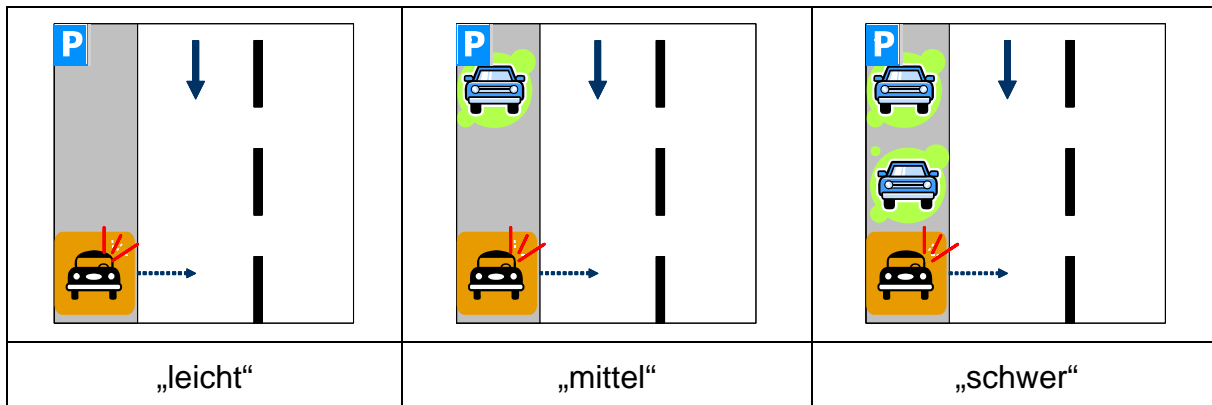


Abbildung 7-3: Veranschaulichung der Situationsabstufung in Situation „Ausparker“.

Situation 4: „Fremder“

In dieser Situation bremst ein vorausfahrendes Fahrzeug an einer Kreuzung heftig ab, und biegt dann ohne zu blinken links ab. Dieses ungewöhnliche Verhalten kann der Fahrer in der gut erkennbaren Variante sehr gut antizipieren, da das Vorderfahrzeug vor diesem Manöver bereits mehrfach an Kreuzungen gebremst und geblinkt hat und dann doch nicht abgebogen ist (als „suche“ er nach dem richtigen Weg).

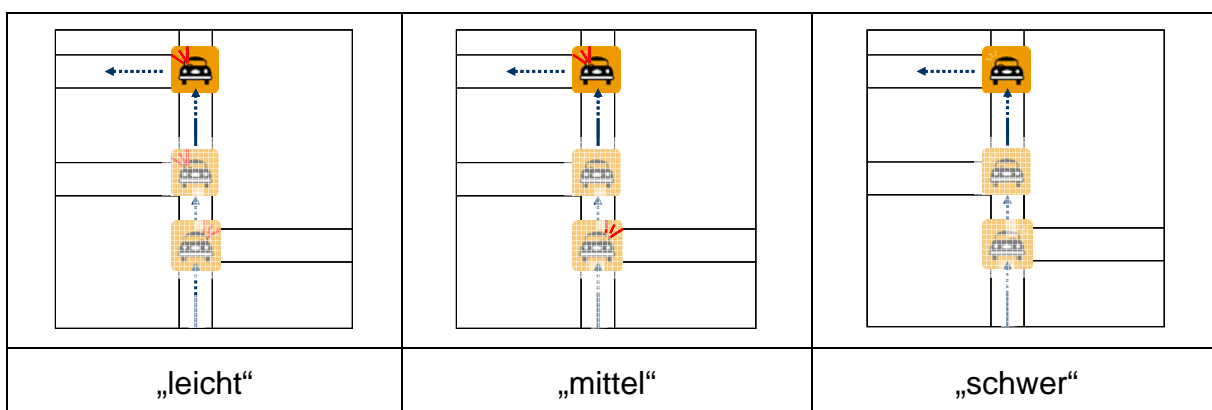


Abbildung 7-4: Veranschaulichung der Situationsabstufung in Situation „Fremder“.

In der mittel erkennbaren Situation bremst der Vorausfahrende vorher ebenfalls mehrfach an Abzweigungen ab, blinkt aber seltener als in der vorigen Variante. In der schlecht erkennbaren Variante werden die Verhaltensabsichten des Vorausfahrenden lediglich durch sein Geschwindigkeitsverhalten deutlich. Andere Anzeichen, wie Bremslichter oder Blinker, werden in dieser Variante nicht vorgegeben. Abbildung 7-4 zeigt schematisch die Abstufung für diese Situation.

Situation 5: „Einordnen“

In dieser Situation muss der Fahrer sich an einer zweistreifigen ampelgeregelten Kreuzung zum Geradeausfahren auf die linke Spur einordnen. Die besondere Kreuzungssituation wird dem Fahrer in der gut erkennbaren Variante sehr deutlich durch eine entsprechende Beschilderung an der Kreuzung angezeigt.

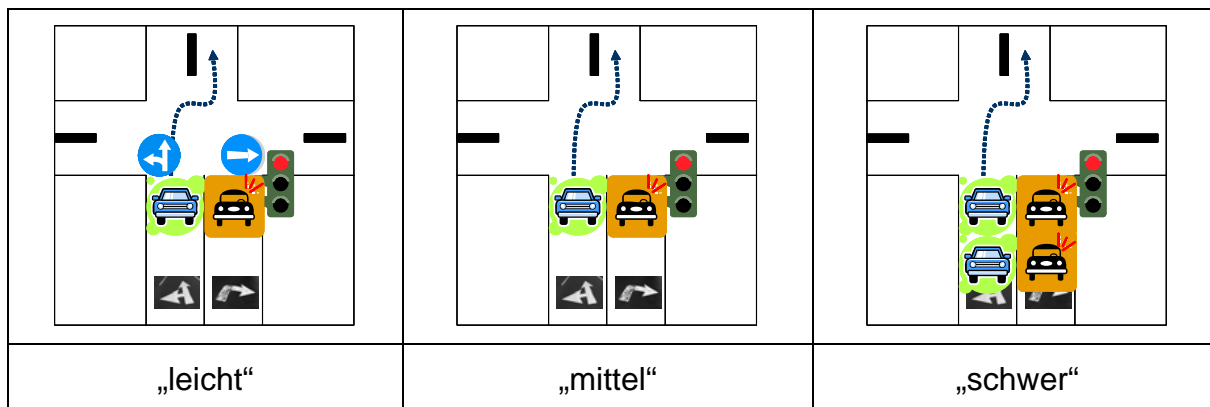


Abbildung 7-5: Veranschaulichung der Situationsabstufung in Situation „Einordnen“.

In der mittel erkennbaren Variante werden die unterschiedlichen Fahrtrichtungen lediglich über Pfeile auf der Fahrbahn angezeigt. Deutlich schlechter erkennbar ist die Situation, wenn der Fahrer nur aus dem Blinkverhalten der anderen Fahrzeuge an der Kreuzung erkennen kann, dass er sich links einordnen muss. Abbildung 7-5 zeigt schematisch die Abstufung für diese Situation.

Situation 6: „Pannenfahrzeug“

In dieser Situation entsteht ein potenzieller Konflikt durch ein stehendes Pannenfahrzeug auf der Landstraße, auf das der Fahrer rechtzeitig reagieren muss. In der gut erkennbaren Variante ist das Pannenfahrzeug über ein Warndreieck angekündigt und steht in einer Senke. In der mittel gut erkennbaren Variante ist das Pannenfahrzeug selbst erst sehr spät erkennbar, da es sich hinter einer Kuppe befindet. Das Warndreieck weist jedoch bereits vor der Kuppe auf diesen potenziellen Konfliktpunkt hin. In der schlecht erkennbaren Variante ist das Fahrzeug durch eine Kuppe verdeckt und nicht durch ein Warndreieck gekennzeichnet. In diesem Fall muss der Fahrer allein aus der Tatsache, dass der weitere Streckenverlauf durch die Kuppe nicht einsehbar ist, mit unvorhersehbaren Ereignissen rechnen.

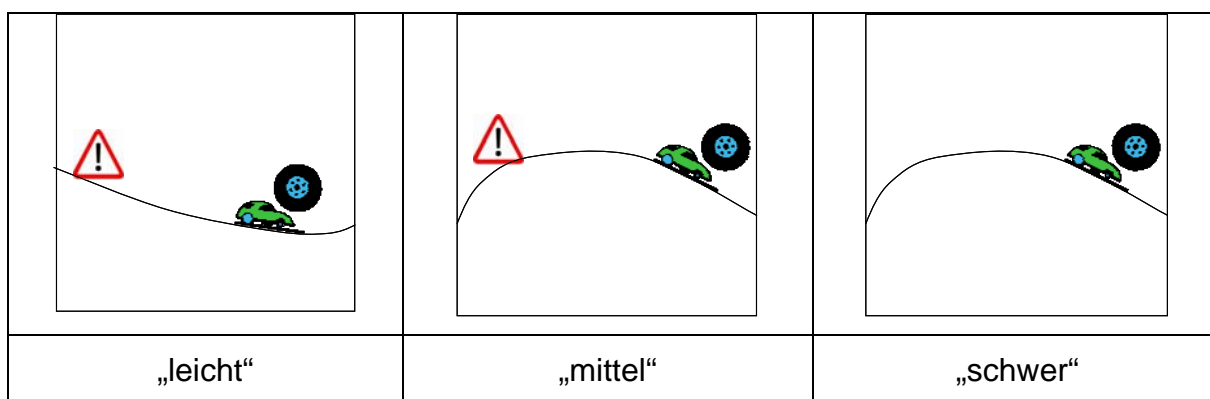


Abbildung 7-6: Veranschaulichung der Situationsabstufung in Situation „Pannenfahrzeug“.

Abbildung 7-6 zeigt schematisch die Abstufung für diese Situation. In einer weiteren Situationsvariante wird ein zusätzlicher Handlungsstrang eingeführt, der aus einem während der Annäherungsphase an das Pannenfahrzeug von hinten überholendem

Fahrzeug besteht. Der Fahrer muss in der Lage sein, angemessen auf dieses zu reagieren und entsprechend erst ein Ausweichmanöver einzuleiten, wenn das Fahrzeug überholt hat.

Situation 7: „Wechsel“

In dieser Situation muss der Fahrer den Wechsel zwischen geraden und kurvigen Streckenabschnitten rechtzeitig antizipieren und frühzeitig seine Geschwindigkeit reduzieren. In der gut erkennbaren Variante sind die kurvigen Abschnitte durch den ebenen Streckenverlauf und die Kennzeichnung über entsprechende Kurvenschilder gut vorhersehbar. Eingeschränkt wird dies in der mittleren Variante durch ein stärkeres Höhenprofil, was die Erkennbarkeit der Kurven verschlechtert. In der schwersten Variante sind die bevorstehenden kurvigen Abschnitte dadurch schlecht erkennbar, dass sie durch Kuppen verdeckt werden und nicht durch entsprechende Beschilderung gekennzeichnet sind. Abbildung 7-7 zeigt schematisch die Abstufung für diese Situation.

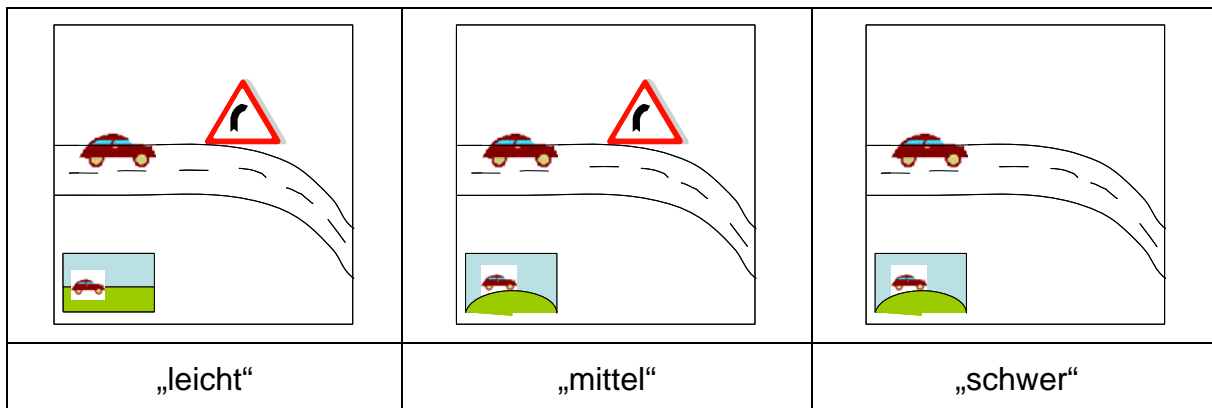


Abbildung 7-7: Veranschaulichung der Situationsabstufung in Situation „Wechsel“.

Situation 8: „Car Follow“

In dieser Situation entsteht durch das falsche Verhalten eines vorausfahrenden Fahrzeugs eine kritische Situation. Das vorausfahrende Fahrzeug fährt vor dem EGO-Fahrzeug zu schnell in eine scharfe Kurve auf der Landstraße. Ein situationsbewusster Fahrer sollte frühzeitig erkennen, dass er sich von der Hauptaufgabe des Folgefahrens lösen muss und seine Geschwindigkeit selbständig anpassen muss. Ein nicht-situationsbewusster Fahrer sollte sich in dieser Situation von dem Vorausfahrenden „mitziehen“ lassen, was eine zu hohe Geschwindigkeit in der Kurve nach sich ziehen würde. Das fehlerhafte Verhalten des Vorausfahrenden wird in der gut erkennbaren Variante dadurch sehr deutlich, dass die Kurve durch eine entsprechende Beschilderung als scharfe Kurve ausgewiesen ist und der Vordermann dennoch deutlich vor der Kurve beschleunigt.

In der mittel erkennbaren Situation ist eine Kurvenwarnung gegeben, das Vorderfahrzeug beschleunigt aber weniger stark, so dass die Unangemessenheit des Verhaltens weniger deutlich wird. In der schlecht erkennbaren Variante beschleunigt der Vordermann wieder sehr gemächlich, so dass ein nicht situationsbewusster Fahrer geneigt sein könnte, sich diesem in seinem Geschwindigkeitsverhalten anzupassen. Außerdem fehlt die Kurvenwarnung. Abbildung 7-8 zeigt schematisch die Abstufung für diese Situation.

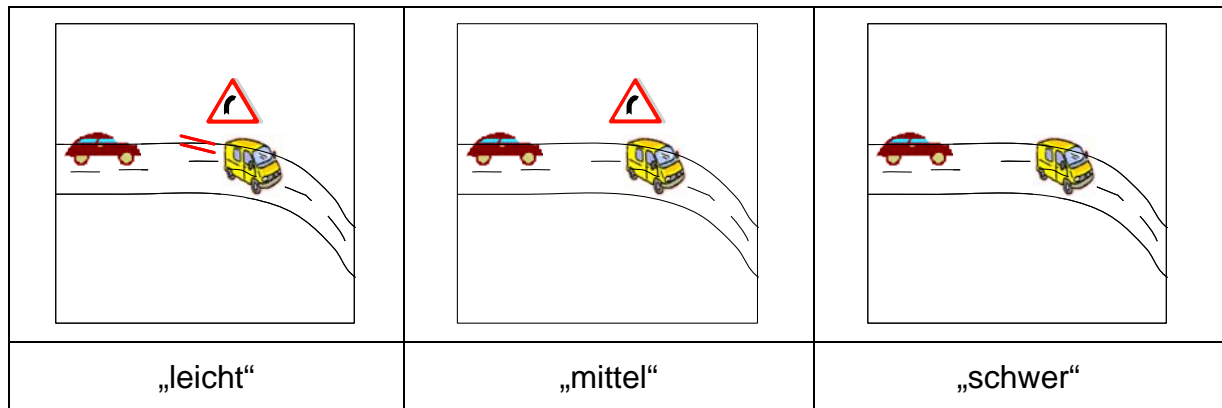


Abbildung 7-8: Veranschaulichung der Situationsabstufung in Situation „CarFollow“.

Sondersituation „Fenster“: Variation der Zeitfenster zwischen kritischen Situationen

Im Hinblick auf die Bewertung des Situationsbewusstseins anhand des Umgangs mit der Nebenaufgabe wird auch die Fortsetzung der Nebenaufgabe nach einer kritischen Situation betrachtet. Dazu wird ein gesonderter Streckenabschnitt realisiert, auf dem die Abstände zwischen aufeinander folgenden Kurven explizit variiert werden (50 m, 100 m, 150 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 600 m). Die Länge der Geradenstücke zwischen den Kurven und die damit zur Verfügung stehende Zeitdauer zwischen kritischen Situationen sollte die Wiederzuwendung zur Nebenaufgabe beeinflussen. Es wird erwartet, dass sich Situationsbewusstsein in einer angemessenen Entscheidung zeigen sollte, ob ein vorliegendes Zeitfenster zwischen kritischen Situationen ausreichend ist, um sich überhaupt von der Fahraufgabe abzuwenden.

7.2.2.6 Überprüfung der Situationsabstufung über ausgewählte Fahrparameter

Pro Situation wurde ein Fahrparameter definiert, anhand dessen die experimentelle Manipulation der Vorhersehbarkeit des Konfliktpotenzials über die drei Situationsabstufungen überprüft werden sollte. In Abhängigkeit der Anforderungen der Situationen erschienen jeweils unterschiedliche Parameter dafür geeignet. Die entsprechenden Parameter sind in Tabelle 7-1 aufgelistet.

Diese Überprüfung wurde für jede der acht Situationen anhand einer Baseline-Bedingung (ohne zusätzliche Nebenaufgabe) vorgenommen. Tabelle 7-1 zeigt, dass die erwartete Abstufung, mit Ausnahme der Situation „Wechsel“ (mehrere Kurven pro Abstufung, kein einheitliches Bild erkennbar), für jede Situation mit mindestens einem Fahrparameter gezeigt werden kann. So wird beispielsweise in der Situation „Ausparker“ mit zunehmend schlechter Vorhersehbarkeit auch später gebremst. Die Manipulation der Erkennbarkeit des Konfliktpotenzials einer Situation kann somit als erfolgreich betrachtet werden.

Tabelle 7-1: Ergebnisse der ANOVA für den Haupteffekt Situationsabstufung (schwer-mittel-leicht) über jeweils einen ausgewählten Parameter pro Situation.

| Situation | F | df | p | gewählter Parameter | Interpretation des Ergebnisses |
|-----------|-------|------|-------|--|---|
| Einparker | 3,06 | 2;14 | 0,079 | min. Geschwindigkeit in Streckenabschnitt, in dem Vorderfhzg. einparkt | Nur tendenziell signifikant. Je schwerer die Abstufung ist, desto stärker muss die Geschwindigkeit für den Einparker verringert werden. |
| Ausparker | 6,66 | 2;14 | 0,009 | Zeitpunkt der max. Verzögerung (Abstand zu definiertem Streckenpunkt in Metern) | Je schwerer die Abstufung ist, desto später wird für den Ausparker gebremst |
| Fremder | 4,59 | 2;12 | 0,033 | Zeitpunkt der max. Verzögerung (Abstand zu definiertem Streckenpunkt in Metern) | Je schwerer die Abstufung ist, desto später wird gebremst |
| Einordnen | 6,83 | 2;14 | 0,009 | Anteil Zeit, die man während der Anfahrt falsch eingeordnet ist | Je schwerer die Abstufung, desto länger ist man falsch eingeordnet |
| Fußgänger | 7,78 | 1;6 | 0,032 | max. Verzögerung | Die Abstufung wird nur für die Varianten mittel & leicht geprüft (In der schweren Variante wird häufig überhaupt nicht gehalten, der Parameter kann daher nicht berechnet werden): In der mittleren Abstufung wird stärker gebremst als in der leichten |
| CarFollow | 26,01 | 2;14 | 0,002 | mittlere Geschwindigkeit in der Kurvenanfahrt | Je schwerer die Abstufung, desto schneller wird in die Kurve eingefahren |
| Panne | 13,16 | 2;14 | 0,001 | Zeitpunkt max. Verzögerung (in Streckenmetern = absoluter auf relevanten Streckenabschnitt bezogener Wert) | Je schwerer die Abstufung, desto näher am Hindernis wird gebremst |
| Wechsel | 1,40 | 2;14 | 0,279 | Standardabweichung Beschleunigung / Verzögerung | Kein sign. Unterschied zwischen den Sit.-Abstufungen |

7.2.2.7 Permutation der Situationen

Um eventuelle Reihenfolgeeffekte im Ablauf der Situationen und Wiedererkennungseffekte zu reduzieren, wurden innerhalb einer Strecke sämtliche Situationsvarianten zufällig aneinandergereiht (zumindest innerhalb von Landstraßen- und Innenstadtabschnitten). Außerdem wurden zwei verschiedene Strecken mit unterschiedlichen Situationsreihenfolgen konstruiert. Diese wurden zwischen den Fahrern permutiert, so dass pro Versuchsbedingung jeweils eine Hälfte der Probanden die Strecke in Reihenfolge 1, die andere Hälfte in Reihenfolge 2 durchfuhr.

7.2.3 Nebenaufgabe

7.2.3.1 Beschreibung der Nebenaufgabe

Als Nebenaufgabe wurde im Hinblick auf die Analyse der Blickbewegung eine Aufgabe gewählt, die eine hohe visuelle Ablenkung erzeugt und kaum Möglichkeiten zur peripheren Bearbeitung zulässt. So sollte eine eindeutige Aufteilung der visuellen Aufmerksamkeit auf entweder Fahr- oder Nebenaufgabe gewährleistet sein. Zudem sollte die Aufgabe hoch standardisiert und hoch kontrolliert sein, um interindividuelle Varianzen in der Bearbeitung der Aufgabe möglichst gering zu halten. Die Aufgabe bestand aus Ziffern in zufälliger Auswahl zwischen 1 und 3, die nacheinander in einem Zeittakt von 500 ms auf dem Display in der Mittelkonsole dargeboten wurden. Dieser Zeittakt war so gewählt, dass er kurze Blicke zurück auf die Straße zuließ, aber eine Einschränkung des gewählten Blickfeldes aufgrund der kurzen Zeitdauer erforderte. So kann überprüft werden, welche Aspekte der Situation unter solchen Bedingungen fokussiert werden. Die Aufgabe des Fahrers war es, die erscheinenden Ziffern der Reihe nach laut vorzulesen. Die Richtigkeit und Vollständigkeit der genannten Ziffern wurden vom Versuchsleiter protokolliert.

7.2.3.2 Darbietung der Nebenaufgabe

Um die Entscheidungen des Fahrers im Umgang mit der Nebenaufgabe als Maß für Situationsbewusstsein erfassen zu können, wurde diese folgendermaßen dargeboten: An einzelnen fest definierten Positionen auf der Strecke wurde dem Fahrer das Angebot gemacht, eine Nebenaufgabe zu bearbeiten. Ihm wird dabei die Freiheit gelassen, in jeder Situation neu zu entscheiden, ob und wie lange er sich mit dieser beschäftigen möchte. Dabei wurden Aufgaben sowohl kurz vor einer kritischen Situation (z.B. in der Situation „Ausparker“ kurz nachdem der Fahrer am Beginn der Parkzone vorbeigefahren war und das ausparkende Fahrzeug anfangen zu blinken) als auch in unkritischen Situationen (auf Straßenabschnitten zwischen den kritischen Situationen, z.B. auf Geraden Außerorts) angeboten. Für statische Streckenergebnisse, wie z.B. Kurven oder Kreuzungen wurde die Position in Relation zu einem Straßenschild festgesetzt. Vor Außerortskurven wurde das Aufgabenangebot beispielsweise jeweils 60 m vor dem Kurvenschild gegeben. Für sich dynamisch entwickelnde kritische Situationen wurde die Position so gewählt, dass die Hinweisreize, die auf die Entwicklung der Situation hindeuteten, schon erkennbar waren. Die Position des Aufgabenangebotes wurde dabei über alle Situationsvarianten hinweg konstant gehalten.

Das Angebot wurde dem Fahrer über ein Fragezeichen signalisiert, das vor ihm auf die Fahrbahn projiziert wurde (siehe Abbildung 7-9 links). Nachdem das Fragezeichen erschien, hatte der Fahrer eine bestimmte Zeitspanne zur Verfügung, um zu entscheiden, ob er die Aufgabe annehmen oder ablehnen möchte (sog. Entscheidungszeit). Die Dauer der Entscheidungszeit betrug je nach Versuchsbedingung (siehe Kapitel 7.2.3.4) 3 bzw. 5 s. Der Fahrer war instruiert, die Entscheidung danach zu treffen, ob es die Fahrsituation gerade zuließ, sich kurzzeitig von der Fahraufgabe ab- und der Nebenaufgabe zuzuwenden. Die Fahraufgabe sollte immer die Primäraufgabe bleiben und mit höchster Priorität behandelt werden.



Abbildung 7-9: Signalisierung des Aufgabenangebots über das auf der Fahrbahn projizierte Fragezeichen (links) und die Darbietung der Nebenaufgabe auf dem unteren Display in der Mittelkonsole des Fahrerstandes (rechts).

Hatte er sich dazu entschieden, die Aufgabe anzunehmen, konnte er die Aufgabe über das Drücken einer Taste am Lenkrad starten. Das Fragezeichen verschwand daraufhin und die Aufgabe wurde auf einem Display in der Mittelkonsole des Fahrzeugs dargeboten. Das Display war so weit unten platziert, dass es dem Fahrer während der Bearbeitung der Nebenaufgabe kaum möglich war, die Fahraufgabe peripher zu überwachen. Die Aufgabe wurde so lange fortgesetzt, wie der Fahrer die Lenkradtaste gedrückt hielt. Der Fahrer war instruiert, die Nebenaufgabe so lange zu bearbeiten, wie es die jeweilige Situation zuließ. Sobald die Fahraufgabe seine volle Aufmerksamkeit erforderte, sollte er die Aufgabe abbrechen und zur Fahraufgabe zurückkehren. Die maximale Dauer der Nebenaufgabenbearbeitung war auf 5 s bzw. 10 Ziffern begrenzt. Abbildung 7-10 veranschaulicht den Ablauf einer Aufgabe.

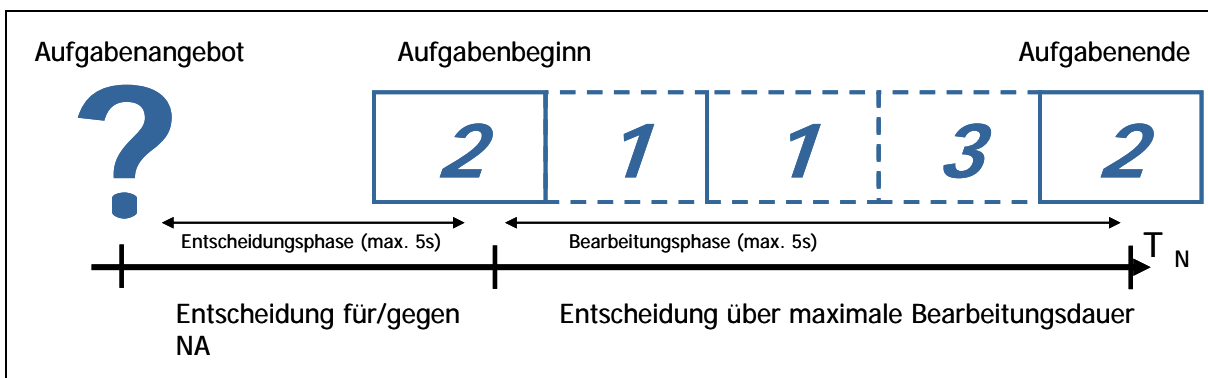


Abbildung 7-10: Graphische Veranschaulichung des Ablaufs einer Aufgabe.

Zeigte der Fahrer innerhalb der Entscheidungszeit keine Reaktion, galt die Aufgabe als abgelehnt. Das Fragezeichen verschwand daraufhin und der Fahrer musste bis zum nächsten Aufgabenangebot warten. Die Entscheidungsphase konnte auch dazu genutzt werden, den Beginn der Aufgabe zeitlich etwas hinauszuzögern, indem die Aufgabe erst kurz vor dem Verschwinden des Fragezeichens angenommen wurde.

Insgesamt wurden dem Fahrer auf der Strecke N=108 Aufgaben angeboten, davon n=49 Innerorts (45.5%) sowie n=59 Außerorts (54.5%). N=65 der Aufgaben wurden in unkritischen Situationen angeboten (60.2%), n=43 Aufgaben kurz vor einer der als kritisch definierten Situationen (39.8%). In den Situationen „Wechsel“ wurden von den insgesamt 10 Aufgabenangeboten diejenigen als kritisch definiert, die unmittelbar vor einer Kurve angeboten wurden.

7.2.3.3 Belohnungssystem

Um den Fahrer zur Bearbeitung der Nebenaufgabe zu motivieren, wurde ein Belohnungssystem eingeführt, das ihm pro genannte Ziffer einen Pluspunkt versprach. Pro Nebenaufgabenangebot konnten also maximal 10 Punkte erzielt werden. Um den Fahrer dennoch zu einem sicherheitsorientierten Fahren zu veranlassen, wurden zusätzlich pro Fehler in der Fahraufgabe Punktabzüge gegeben, die nach dem Schweregrad des Fahrfehlers folgendermaßen gestaffelt waren:

- Zu schnelles Fahren: 10 Punkte Abzug
- Zu zögerliches Fahren: 10 Punkte Abzug
- Unsaubere Spurhaltung: 10 Punkte Abzug
- Zu dichtes Auffahren/Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer: 20 Punkte Abzug
- Abkommen von der Fahrbahn oder Kollisionen mit anderen Fahrzeugen: 40 Punkte Abzug

Zusätzlich wurden Fehler in der Nebenaufgabe (Auslassungen von Ziffern, Versprecher) mit 20 Punkten Abzug geahndet.

Der Fahrer mit der höchsten Punktzahl am Ende der Fahrt erhielt einen Büchergutschein in Höhe von 20 Euro. Der Punktestand wurde dem Fahrer während der Fahrt nicht rückgemeldet.

7.2.3.4 Variation der Nebenaufgabe

Zur Überprüfung des Einflusses der Nebenaufgabengestaltung wurden vier unterschiedliche Nebenaufgabenvarianten miteinander verglichen. Dieser Faktor wurde als Between-Faktor eingeführt, so dass jeder Fahrer einer der vier Nebenaufgabenvarianten (NA-Varianten) zugewiesen wurde.

Um den generellen Einfluss der Nebenaufgabe auf die Fahrleistung abschätzen zu können, wurde eine Baseline-Bedingung realisiert, in der die Fahrer nur die Fahraufgabe auszuführen hatten und keine zusätzliche Nebenaufgabe bearbeiten mussten.

In der sog. Display 3s-Variante wurde die Nebenaufgabe, wie beschrieben, auf dem unteren Display in der Mittelkonsole dargeboten. Dadurch war es den Probanden möglich, während der Bearbeitung der Nebenaufgabe über kurze Kontrollblicke zurück zur Straße die Fahraufgabe immer wieder zu kontrollieren. Die Fahrer dieser

Bedingung hatten 3 s Zeit, sich zu entscheiden, ob sie die Aufgabe annehmen oder ablehnen wollten.

Tabelle 7-2: Überblick über die vier verschiedenen Nebenaufgabenvarianten, als Between-Faktor zwischen den Probanden variiert.

| | NA_Darbietung | Entscheidungsdauer | max. Bediendauer |
|-------------------|-----------------------|--------------------|------------------|
| Baseline | keine | | |
| Okklusion | schwarze Frontszene | 3s | 5s |
| Display 3s | Display-Mittelkonsole | 3s | 5s |
| Display 5s | Display-Mittelkonsole | 5s | 5s |

In der sog. Display 5s-Variante wurde die Nebenaufgabe ebenfalls auf dem Display dargeboten. Im Unterschied zur anderen Display-Variante hatten die Fahrer dieser Bedingung allerdings 5 s Entscheidungszeit. Diese Variation der „Wartezeit bis zur Entscheidung“ sollte eine geringere Dringlichkeit der Aufgabe implizieren, die es ermöglicht, den Beginn einer Aufgabe besser an die Situation anzupassen und somit unangemessene Aufgabenbedienungen in kritischen Situationen zu verhindern.

Zusätzlich wurde eine sog. Okklusionsvariante eingeführt. In dieser Bedingung wurde den Probanden die Nebenaufgabe nicht auf dem Display, sondern anstelle der Fahrscene dargeboten: Drückten die Fahrer dieser Bedingung die Lenkradtaste, um eine Aufgabe zu bearbeiten, wurde in diesem Moment die mittlere Projektionsfläche, auf der die Fahrscene dargestellt wurde, schwarz. Auf dieser schwarzen Fläche direkt vor dem Fahrer erschienen dann die Ziffern der Nebenaufgabe. Sobald der Fahrer die Taste losließ, wurde die Fahrscene wieder eingeblendet. Die Fahrer hatten hier nicht die Möglichkeit, während der Nebenaufgabe die Fahraufgabe weiterhin zu beobachten. So sollte überprüfbar sein, welche Auswirkungen die Verhinderung von Kontrollblicken während der Nebenaufgabenbearbeitung auf das Bedien- und Fahrverhalten hat. Tabelle 7-2 gibt einen Überblick über die vier verschiedenen NA-Varianten.

7.2.4 Befragungen

Zur Erfassung individueller Einflussfaktoren und genereller Einstellungen zu Nebenaufgaben, die insbesondere die Planungsebene beeinflussen, wurde eine Reihe von Befragungen durchgeführt.

7.2.4.1 Bewertung der Fahr- und Nebenaufgabe im Anschluss der Fahrt

Im Anschluss an die Fahrt wurden die Fahrer gebeten, eine Bewertung sowohl der Fahr- als auch der Nebenaufgabe abzugeben. In einem ersten Teil hatten sie entsprechend eines Kategorienunterteilungsverfahrens mit 6 verbalen Kategorien (von „gar nicht“ bis sehr stark“) und weiteren numerischen Einteilungen (von 0-16 insgesamt; siehe Heller, 1984) zunächst die Fahraufgabe bezüglich der wahrgenommenen Anstrengung/Schwierigkeit, der Sicherheit beim Fahren, der verwendeten Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe sowie der beurteilten Güte der Fahrleistung zu bewerten. In einem zweiten Teil sollte die Nebenaufgabe unter vergleichbaren Gesichtspunkten beurteilt werden (Aufmerksamkeit, Anstrengung, Schwierigkeit, Leistung). Außerdem sollten die Fahrer bezüglich der Nebenaufgabe angeben, wie hoch die Motivation war, diese zu bedienen, wie sicher sie sich in ihren

Entscheidungen gefühlt hatten bzw. wie stark sie die Nebenaufgabe vom Fahren abgelenkt hatte und wie stark sie das Fahren insgesamt und speziell die Reaktionen auf kritische Gefahren beeinträchtigt hatte. Zusätzlich sollten die Fahrer bewerten, wie anstrengend die Kombination aus beiden Aufgaben war und wie gut es ihnen gelungen war, beide Aufgaben miteinander zu verschränken. Die Fahrer in der Baseline-Versuchsbedingung beantworteten nur die Fragen bezüglich der Fahraufgabe (Fragebogen siehe Anhang Kapitel 2.1).

7.2.4.2 Fragebogen zur generellen Einstellung zum Ausführen von Nebentätigkeiten während des Fahrens

Zur Überprüfung, ob es Zusammenhänge zwischen dem Umgang einer Person mit der Nebenaufgabe in der Studie und der generellen Einstellung gegenüber der Beschäftigung mit Nebenaufgaben während des Fahrens gibt, wurde ein spezieller Fragebogen entwickelt. Der Fragebogen gliedert sich in folgende Abschnitte:

In einem ersten Teil wird die allgemeine Einstellung gegenüber der Beschäftigung mit Nebenaufgaben erfasst. Innerhalb dieses Abschnittes sollen die Fahrer auf einer sechs-stufigen unipolaren Skala angeben, ob die angegebenen Aussagen zutreffen oder eher nicht zutreffen. Bewertet werden Aussagen wie „Das Ausführen einer Nebenaufgabe ist gefährlich“/ „...lenkt stark von der Fahraufgabe ab“/ „...beeinträchtigt generell die Fahrleistung“/ „...beeinträchtigt das Reaktionsvermögen vor allem in kritischen Situationen“. Zudem sollen die Fahrer angeben, ob sie es für möglich halten, dass sich durch eine situationsangepasste Ausführung der Nebenaufgabe das damit verbundene Risiko reduzieren lässt. Außerdem sollen sie Stellung zu der Aussage nehmen „Ich bediene grundsätzlich keine Nebenaufgabe während des Fahrens“.

In einem zweiten Teil wird die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten im Umgang mit einer Nebenaufgabe erfasst. In diesem Teil soll ebenfalls angegeben werden, ob eine Aussage eher zutrifft oder eher nicht zutrifft. Unter anderem werden die Fahrer dazu befragt, ob sie sich allgemein ungern in einer Tätigkeit unterbrechen lassen, ob sie eine Aufgabe unterbrechen, wenn es erforderlich ist bzw. ob sie beispielsweise ein Telefonat immer direkt entgegennehmen. In einem weiteren Fragenteil schätzen die Fahrer ihre Fähigkeiten ein, zu entscheiden, in welchen Situationen eine Aufgabe ausgeführt werden kann und ob sie schon einmal in eine kritische Situation geraten sind, weil sie zu einem unangemessenen Zeitpunkt bedient haben.

In einem dritten Teil soll dann das Risiko der Bedienung einer Nebenaufgabe in verschiedenen Fahrsituationen eingeschätzt werden. Dazu bewerten die Fahrer auf einer bipolaren sechs-stufigen Skala von „unbedenklich“ bis „gefährlich“ unter anderem folgende Situationen: Fahren im dichten Stadtverkehr, Durchfahren einer Baustelle, Überholen, Fahren im Stau, Fahren auf einer leicht kurvigen Landstraße usw.

Im vierten Teil des Fragebogens schätzen die Probanden das Risikopotenzial verschiedener Nebenaufgaben ein. Auch hierzu steht eine bipolare Skala mit den Polen „unbedenklich“ bis „gefährlich“ zur Verfügung. Bewertet werden sollen unter anderem folgende Aufgaben: Radio hören/bedienen, CD einlegen, SMS

lesen/schreiben, Zigarette rauchen, mit dem Beifahrer sprechen, Navigationsziel eingeben usw.

Um zu überprüfen, inwieweit die Risikoeinschätzung dieser Aufgaben etwas mit der Häufigkeit der tatsächlichen Ausführung im Fahrzeug zu tun hat, wird in Testabschnitt fünf zusätzlich die Häufigkeit der Ausführung der in Abschnitt vier bewerteten Nebenaufgaben abgefragt. Die Fahrer sollen dabei angeben, ob sie die jeweilige Aufgabe häufig, selten oder nie während des Fahrens ausführen. Der Fragebogen ist im Anhang in Kapitel 2.2 zu finden.

7.2.5 Versuchsplan

Tabelle 7-3: Versuchsplan Studie 1.

| | Situationsfaktoren (within) | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-----------|--------|----------|---------|-----------|--------|----------|---------|
| | Streckentyp | Innerorts | | | | Außerorts | | | |
| | Kritikalität | kritisch | | | unkrit. | kritisch | | | unkrit. |
| | Vorhersehbarkeit | gut | mittel | schlecht | | gut | mittel | schlecht | |
| NA-Variante (between) | Baseline | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 |
| | Oklusion | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 |
| | Display 3 s | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 |
| | Display 5 s | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 | n=8 |

Aus den dargestellten variierten Situations- und Nebenaufgabenfaktoren ergibt sich der dargestellte Versuchsplan (siehe Tabelle 7-3): Als relevante Situationsfaktoren wurden die Kritikalität, der Streckentyp sowie die Vorhersehbarkeit der kritischen Situationen variiert. Diese Faktoren wurden als Within-Faktoren realisiert, d.h. alle Probanden durchfuhren den kompletten Fahrparcours mit sämtlichen Situationen. Zudem wurden als Between-Faktor unterschiedliche Varianten der Nebenaufgabe miteinander verglichen (Faktor „NA-Varianten“). Je 8 Probanden wurden dabei zufällig einer der verschiedenen NA-Varianten zugeteilt und fuhren unter dieser Bedingung den Fahrparcours.

7.2.6 Stichprobe

An dem Versuch nahmen insgesamt N=32 Probanden teil. Alle Fahrer der Stichprobe waren hoch trainiert im Fahren in der Fahrsimulation, d.h. sie hatten vorher bereits an einem mindestens 3 stündigen Training (siehe Hoffmann & Buld, 2006) sowie in der Regel an verschiedenen anderen Studien, die am WIVW durchgeführt wurden, teilgenommen. Zwei Drittel der Probanden (n=22) waren männlich, ein Drittel (n=10) weiblich. Die Stichprobe war bezüglich Alter und Fahrerfahrung sehr heterogen. Das mittlere Alter der Probanden betrug 32,59 Jahre (sd=8,35 Jahre), der jüngste Fahrer war 23, der älteste 52 Jahre alt. Tabelle 7-4 zeigt die Altersverteilung über die verschiedenen Versuchsgruppen.

Tabelle 7-4: Altersverteilung der Stichprobe über die verschiedenen NA-Varianten und insgesamt.

| Bedingung | min | max | mean | sd |
|------------|-----|-----|-------|------|
| Baseline | 28 | 52 | 36,50 | 9,12 |
| Okklusion | 23 | 51 | 31,75 | 9,78 |
| Display-3s | 23 | 45 | 33,13 | 8,95 |
| Display-5s | 24 | 36 | 29,00 | 4,07 |
| gesamt | 23 | 52 | 32,59 | 8,35 |

Die Fahrleistung der Stichprobe in den letzten 12 Monaten variierte von 600 km bis 10.000 km (mittel: 16.178 km; sd = 17.645 km). Die km-Leistung im Leben war ebenfalls sehr heterogen: 21,9% der Stichprobe fuhren bislang in ihrem Leben weniger als 100.000 km, 43,8% zwischen 100.000 und 300.000 km, 12,5% zwischen 300.000 und 500.000 km und 21,9% mehr als 500.000 km. Je 21,9% der Stichprobe nutzen das Auto dabei weniger als 1mal die Woche bzw. 1 -2mal die Woche, 15,6% 3 bis 5mal pro Woche und 40,6% täglich.

7.2.7 Versuchsablauf

Für jeden Fahrer wurde zunächst ein Profil für die anschließende Messung der Blickbewegungen mittels SmartEye erstellt. Dazu musste er kurz im Fahrsimulator Platz nehmen und in jede der vier Kameras blicken. Anschließend erstellte einer der Versuchsleiter das Profil, was ca. 20 Minuten dauerte.

Nach einer Einfahrphase folgte die Instruktion des Probanden in die zu bearbeitende Nebenaufgabe. Dabei sollte sich der Fahrer vorstellen, er wolle während der Fahrt eine Nebentätigkeit ausführen, wie z.B. eine Zigarette rauchen, eine CD einlegen etc. Bei all diesen Aufgaben müsse er die Entscheidung, ob und wie lange er eine solche Aufgabe ausführen könne von der aktuellen Fahrsituation abhängig machen. Die nun folgende Aufgabe solle genau diese Situation abbilden. Ihm wurden dann ausführlich die Darbietung und der Ablauf der Nebenaufgabe erklärt, wobei er nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen wurde, dass er die Entscheidung für/gegen eine Nebenaufgabe jeweils von der Situation abhängig machen solle und die Fahraufgabe immer höchste Priorität behalten müsse. Auch das Punktesystem wurde ihm hierbei erläutert (Instruktionen zur Nebenaufgabe für die einzelnen Versuchsbedingungen siehe Anhang Kapitel 1.1 und 1.2).

Im Anschluss wurde ihm die Möglichkeit gegeben, die Nebenaufgabe zunächst im Stand anhand einiger Aufgaben und anschließend auf einem leicht kurvigen Streckenstück auch während der Fahrt zu üben. Dabei sollte der Fahrer gezielt zwischen kurzen und langen Aufgabenbearbeitungen variieren, um ein Gefühl für die Auswirkungen auf die Fahrleistung zu bekommen.

Danach folgte die eigentliche Testfahrt mit einer Dauer von insgesamt 1 Stunde 15 Minuten. Aufgrund des langen Fahrparcours wurde die Strecke in zwei Teile mit Pause unterteilt. Vorab wurden die Fahrer nochmals bezüglich der Fahraufgabe instruiert, möglichst zügig und gemäß der Straßenverkehrsordnung zu fahren. Weiterhin wurden ihnen die üblichen Geschwindigkeitsbeschränkungen (Innerorts: 50 km/h; Außerorts, wenn nicht anders angegeben: 100 km/h) vorgegeben. An

Kreuzungen wurde er instruiert, immer gerade aus zu fahren bzw. auf explizite Hinweisschilder in der Stadt (grüne Pfeilschilder in die entsprechende Fahrtrichtung) zu achten (Instruktionen zur Testfahrt für die einzelnen Versuchsbedingungen siehe Anhang Kapitel 1.3).

Vor dem Beginn der Testfahrt erfolgte eine kurze Kalibrierungsmessung für die Blickbewegung. Je nach Zuordnung durchfuhr der Fahrer anschließend den Testparcours in der Situationsreihenfolge 1 oder 2. Der erste Testteil dauerte ca. 45 Minuten. Nach einer ca. 10-minütigen Pause folgte dann Testteil 2, der nochmals ca. 25 Minuten dauerte.

Im Anschluss an die Fahrt wurde der Fahrer gebeten, den Fragebogen zur Bewertung der Fahr- und Nebenaufgabe sowie den Fragebogen zur Einstellung gegenüber der Ausführung von Nebentätigkeiten während des Fahrens auszufüllen. Insgesamt dauerte eine Sitzung ca. 2,5 h. Jeder Fahrer erhielt eine Aufwandsentschädigung von 25 Euro.

7.2.8 Abhängige Variablen

7.2.8.1 Parameter zur Bearbeitung der NA

Folgende Parameter der Nebenaufgabe wurden analysiert:

- Anteil ausgelassener Aufgaben, in [%]
- Bearbeitungsdauer, wenn Aufgabe angenommen wird (Dauer von Beginn Tastendruck bis Loslassen der Lenkradtaste bzw. bis zum Maximum von 5 s), in [s]
- Entscheidungsdauer, bevor Aufgabe angenommen wird (Dauer von Beginn Aufgabenangebot bis Drücken der Lenkradtaste; nur für angenommene Aufgaben), in [s]
- Fehler in der Nebenaufgabe (Auslassungen von Ziffern, „Versprecher“ etc.), in [%]

7.2.8.2 Fahrparameter

Folgende kontinuierliche Fahrparameter wurden erhoben:

- mittlere Geschwindigkeit (v_{mean}), in [kmh]
- maximale Verzögerung (ax_{min}), in [m/s^2]
- Standardabweichung der Querabweichung (SDLP) als Maß für die Güte der Spurhaltung, in [m]

Dabei werden die Parameter mittlere Geschwindigkeit und maximale Verzögerung getrennt für Innerorts und Außerorts betrachtet. Die Spurhaltung wird nur für Außerortsabschnitte untersucht, da Innerorts Unsauberkeiten in der Spurhaltung aufgrund von Ausweichmanövern oder Abbiegemanövern entstehen und hier kein Maß für die Güte der Fahrleistung darstellen. Zur Prüfung, inwieweit Außerorts vor,

während und unmittelbar nach der Bearbeitung einer Nebenaufgabe korrigierend in die Spurhaltung eingegriffen wird, wurden folgende Parameter berechnet:

- Frequenz von Spurkorrekturen (Anzahl der Wendepunkte im Spurverlauf pro Sekunde), in [1/s]
- mittlere Spurposition am Ende der jeweiligen Nebenaufgabenphasen (zwischen NA-Angeboten, Entscheidungsphase, während NA-Bearbeitung, Phase von 2,5 s nach NA-Bearbeitung), in [m]

7.2.8.3 Fahrfehler und Kollisionen

Für Fahrsituationen, in denen eine diskrete Verhaltensanpassung auf taktischer Ebene in Form eines Bremsmanövers notwendig ist, werden Fahrfehler und Kollisionen betrachtet. Pro Situation werden folgende spezifische Fahrfehler definiert:

- kritische TTC < 1 s oder
- kritischer Abstand zum Vorderfahrzeug < 1 m und/oder
- kritische Verzögerung > 8 m/s².

Diese im Gegensatz zum Realverkehr relativ hohen Grenzwerte ergeben sich aus spezifischen Eigenschaften der Fahrdynamik in der Simulation. Daraus resultiert, wie sich im späteren Ergebnisteil zeigen wird, eine verhältnismäßig hohe Anzahl von Fahrfehlern, die nicht absolut, sondern jeweils nur im relativen Vergleich zwischen verschiedenen Versuchsbedingungen interpretiert werden sollte.

Bei den Situationen „Panne“ und „Ausparker“ wurde der Fehler „kritische Verzögerung“ aus der Auswertung herausgenommen, da hier ein sicheres Bewältigen der schweren Situationsabstufung im Normalfall eine starke Bremsung erforderte und der Parameter daher für diese Situationen nicht differenzierte. Die Situation „CarFollow“ wurde komplett aus der Auswertung ausgeschlossen, da sie zu selten zustande kam (hier übersahen viele Fahrer, dass die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 60 km/h nach der Kreuzung wieder aufgehoben war und fuhren in der darauf folgenden Situation so langsam, dass das CarFollow nicht zustande kam).

Für die Landstraßenabschnitte wurden außerdem kritische Spurabweichungen des Fahrzeugschwerpunkts größer als 80 cm von der Fahrstreifenmitte als Spurhaltefehler definiert (dabei befinden sich die Reifen des Fahrzeugs bereits auf der linken oder rechten Fahrspurmarkierung). Über eine Beobachtung des Fahrverhaltens während der Versuchsfahrt durch den Versuchsleiter konnten weitere Fahrfehler erfasst werden, die aus objektiven Daten nicht gewonnen werden können. Diese beinhalten die Einschätzung einer Gefährdung eines Fußgängers in der Fußgängersituation bzw. ein falsches Einordnen an der ampelgeregelten Kreuzung. Tabelle 7-5 gibt einen Überblick über die Definition der Fahrfehler pro Situation.

Tabelle 7-5: Als relevant definierte Fahrfehler pro Situation.

| Situation | Fahrfehler | | | | | |
|------------------|-------------------------|-------------------|---|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| | krit. Abstand (<1Meter) | krit. TTC (<1Sek) | krit. Verzögerung (>8m/s ²) | Gefährdung Fußgänger (aus Beobachtung) | falsch Eingeordnet (aus Beobachtung) | krit. Spurabweichung (> +/- 80cm) |
| Ausparker | relevant | | | | | |
| Einparker | | relevant | relevant | | | |
| Fremder | relevant | | relevant | | | |
| Fußgänger | | | | relevant | | |
| Einordnen | | | | | relevant | |
| Panne | relevant | | | | | |
| Wechsel, Fenster | | | | | | relevant |

Über die Protokollierung des Fahrverhaltens während der Versuchsfahrt durch den Versuchsleiter konnten außerdem Kollisionen identifiziert werden, die über Fahrfehler hinaus die größte sicherheitskritische Relevanz besitzen.

7.2.8.4 Parameter des Blickverhaltens

Die Aufzeichnung des Blickverhaltens der Fahrer erfolgte mittels des in die Fahrsimulation integrierten SmartEye Systems. Die aufgezeichneten Rohdaten wurden dabei zuerst in x- und y-Koordinaten auf der Projektionsleinwand umgerechnet. Im nächsten Verarbeitungsschritt erfolgte eine Zusammenfassung der einzelnen Messzeitpunkte zu Fixationen. Hierfür wird ein Fixationsalgorithmus verwendet, der auf der Arbeit von Jacob (1995) basiert. Voraussetzung für die Detektion einer Fixation sind Standardabweichungen in x- und y-Richtung von unter einem Grad für einen Zeitraum von mindestens 100ms (6 Messzeitpunkte).

In den Phasen der Nebenaufgabenbearbeitung lassen sich für die Bedingungen Display 3s und Display 5s Blicke auf die Nebenaufgabe (Displayblicke) und Blicke zurück auf die Straße (Straßenblicke) unterscheiden (siehe Abbildung 7-11).

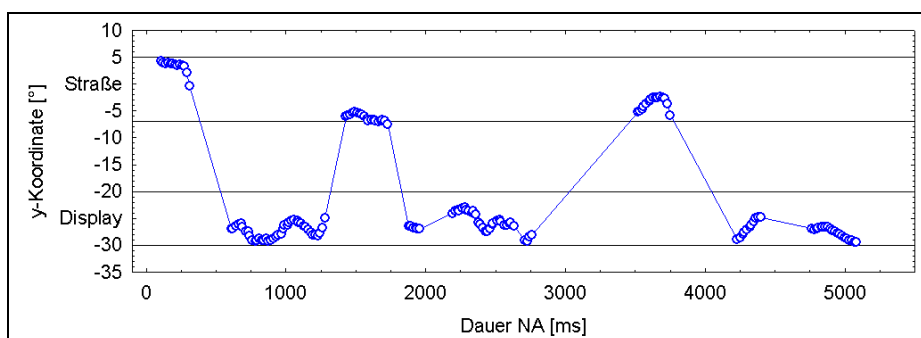


Abbildung 7-11: Beispiel für ein Blickmuster während der Bearbeitung der NA. Dargestellt ist der Wechsel zwischen Display- und Straßenblicken über die Zeit.

Die Zuordnung der Fixationen zu den Gruppen Display- vs. Straßenblicke erfolgte mittels einer nachträglichen Clusterung der Daten. Da während der Bearbeitung der Nebenaufgabe das Blickfeld auf die Straße vergleichsweise eingeschränkt ist, lassen sich die beiden Bereiche bei allen Probanden gut unterscheiden (siehe Abbildung 7-12). Alle nachfolgenden Auswertungen basieren auf einer Betrachtung der

Straßenblicke (weitere Ausführungen zur Erfassung und Analyse des Blickverhaltens siehe die Dissertation von Metz, in preparation).

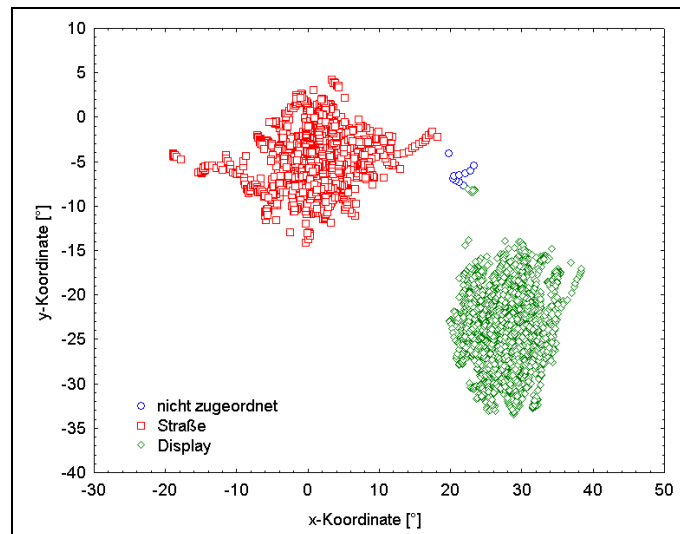


Abbildung 7-12: Beispiel für die räumliche Verteilung der Straßen- und Displayblicke für einen Probanden.

Ausgewertet wurden:

- mittlere Dauer der Straßenblicke, in [ms]
- mittlere Anzahl der Straßenblicke während einer Nebenaufgabe
- Standardabweichung der Straßenblicke in x- und y-Richtung (als Größe des Blickfeldes interpretierbar), in [°]
- Abstand zwischen Straßenblicken, in [s]: Bediendauer/Anzahl der Kontrollblicke pro Aufgabe
- Anteil Dauer Straßenblicke an Gesamtbediendauer, in [%]: (mittlere Dauer Straßenblicke * Anzahl Straßenblicke) / Bediendauer pro Aufgabe

7.2.8.5 Subjektive Daten

Bezüglich der Fragebogendaten wurden die Skalenwerte einzelner Items ausgewertet.

7.3 Ergebnisse

7.3.1 Einfluss der Situation auf NA-Bearbeitung

Um einen möglichen Situationseinfluss auf den Umgang mit der Nebenaufgabe (NA) untersuchen zu können, wurden 2-faktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren „Kritikalität“ (Aufgabenangebot vor kritischen vs. unkritischen Situationen) und „Streckentyp“ (Aufgabenangebot Innerorts vs. Außerorts) berechnet.

Im Schnitt werden 22,9% der insgesamt N=108 Aufgaben ausgelassen. Deutlich mehr davon werden in kritischen Situationen ausgelassen (Faktor „Kritikalität“ $F[1;21]=29,243$; $p<,000$; siehe Abbildung 7-13), unabhängig vom Streckentyp (Faktor „Streckentyp“ $F[1;21]=1,289$; $p=0,269$). Eine genauere Betrachtung der Einzelsituationen zeigt, dass die meisten Aufgaben vor Kurven Außerorts (42%) bzw. vor Fußgängerüberwegen Innerorts (45,8%) ausgelassen werden.

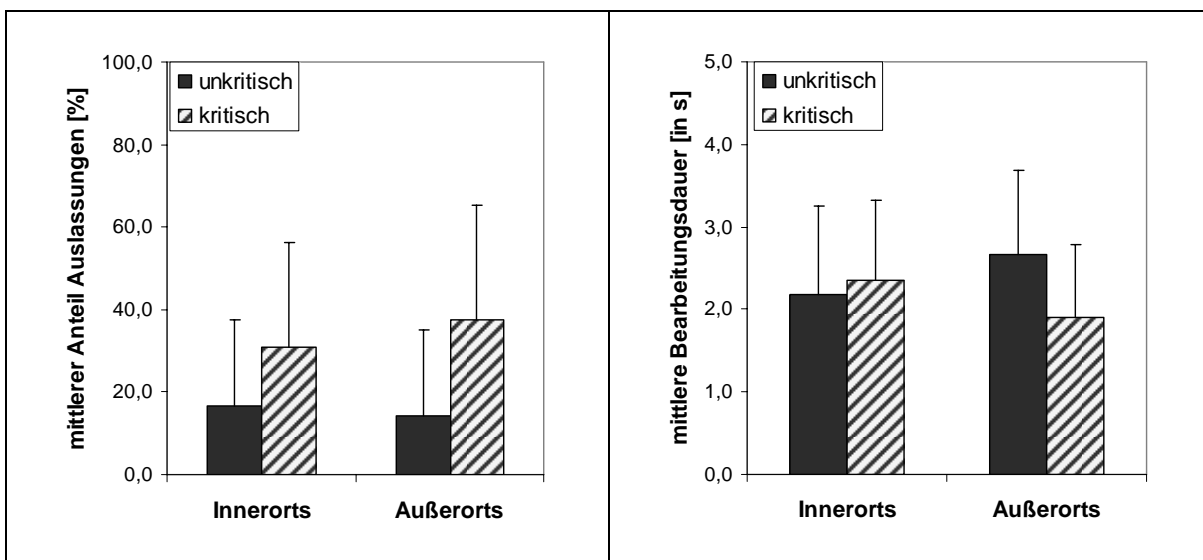


Abbildung 7-13: Mittlerer Anteil Auslassungen (links) bzw. mittlere Bediendauer bei NA-Bearbeitung (rechts) in kritischen vs. unkritischen Situationen getrennt für Innerorts vs. Außerorts-Situationen.

Der Effekt der Kritikalität zeigt sich für die Außerorts-Situationen stärker ausgeprägt als für die Innerortssituationen (signifikante Wechselwirkung „Streckentyp“ mit „Kritikalität“; $F[1;21]=12,472$; $p=,002$). Diese Wechselwirkung lässt sich evtl. mit der unterschiedlichen Charakteristik der als kritisch definierten Situationen Innerorts und Außerorts erklären: Bei den Situationen Innerorts handelt es sich vermehrt um Situationen, die eine diskrete Verhaltensanpassung auf der taktischen Ebene im Sinne eines Bremsmanövers erfordern. Sofern der Fahrer die Situation als solche rechtzeitig erkannt hat, kann er zunächst das Manöver ausführen und sich anschließend der diskreten Nebenaufgabe zuwenden. Hier können die beiden Aufgaben demnach sequentiell hintereinander bearbeitet werden. In den kritischen Situationen Außerorts dagegen (vor allem Kurvensituationen) sind Spur- und Geschwindigkeitsanpassungen im Sinne einer Daueraufgabe verlangt. Hier müssen die diskrete Nebenaufgabe und die stetige Fahraufgabe parallel bearbeitet werden.

Der Fahrer schätzt dies offenbar als anspruchsvoller ein, weshalb er hier stärker versucht, die NA-Bearbeitung zu vermeiden.

Nimmt der Fahrer eine Aufgabe an, wird sie im Mittel 2,4 s lang bearbeitet (sd=1,45 s). Zwei Drittel der Aufgaben werden dabei über 1,5 s lang ausgeführt, ca. 30% sogar länger als 3 s, 13,5% bis zum Maximum von 5 s. Dabei wird die Aufgabe im Mittel mit 2,49 s (sd=1,43 s) in unkritischen Situationen länger als in kritischen Situationen mit 2,20 s (sd=1,45 s) bearbeitet ($F[1;20]=18,155$; $p<,000$).

Im Vergleich der mittleren Bearbeitungsdauern in kritischen bzw. unkritischen Situationen getrennt nach Streckentyp zeigen sich entgegen gesetzte Einflüsse der Kritikalität (signifikante Wechselwirkung zwischen „Streckentyp“ und „Kritikalität“ $F[1;20]=82,279$; $p<,000$; vgl. Abbildung 7-13 rechts): Während die NA Außerorts erwartungsgemäß länger in unkritischen Situationen als in kritischen Situationen ausgeführt wird, dreht sich der Effekt Innerorts um. Dieser scheinbare Widerspruch lässt sich wiederum auf die unterschiedlichen Anforderungen der jeweiligen Situationstypen zurückführen. Viele der Innerortssituationen verursachen, nachdem eine diskrete Verhaltensanpassung vom Fahrer ausgeführt wurde, eine Warte- oder Standphase, die der Fahrer nutzen kann, um die Nebenaufgabe anschließend besonders lange auszuführen. Die längsten Bearbeitungsdauern werden daher während der Wartezeit am Fußgängerüberweg (2,87 s) sowie während der Standphase an der roten Ampel nach dem Einordnen vor der Kreuzung (3,18 s) beobachtet. In den Außerortssituationen, die eine parallele Bearbeitung einer stetigen und einer diskreten Aufgabe erfordern, kann sich der Fahrer nur in besonders stabilen Situationen, wie geraden Abschnitten, länger mit der Nebenaufgabe beschäftigen.

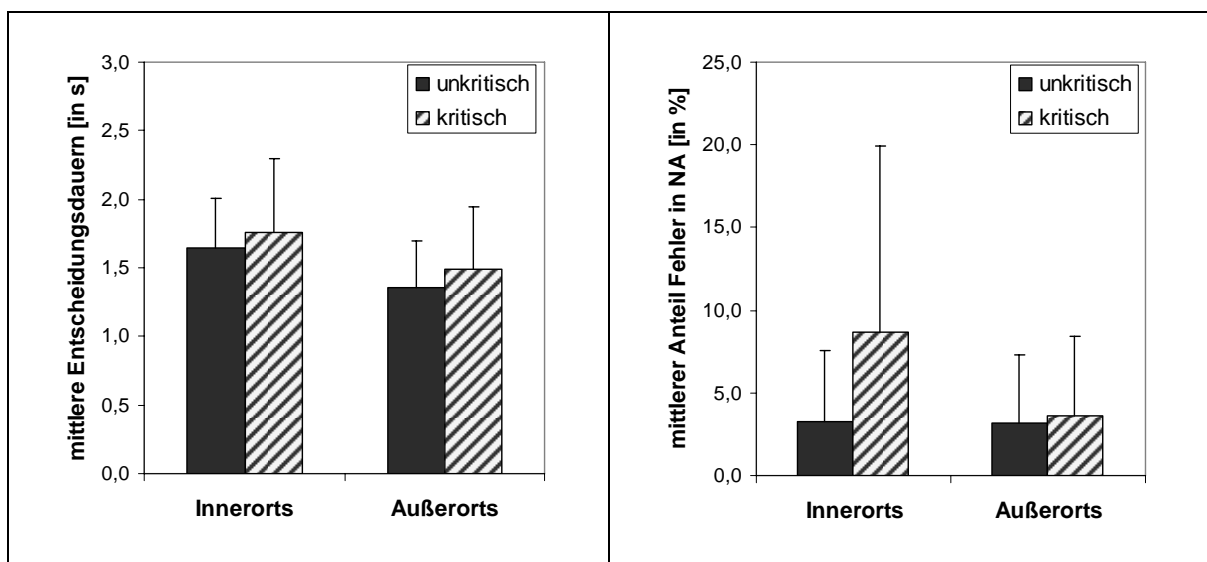


Abbildung 7-14: Mittlere Entscheidungsdauern (links) bzw. mittlere Fehleranzahl (rechts) in kritischen vs. unkritischen Situationen, getrennt für Innerorts vs. Außerorts-Situationen.

Die Analyse der Entscheidungsdauern für angenommene und bearbeitete Aufgaben ergibt, dass insgesamt vor kritischen Situationen länger mit dem Beginn der Aufgabe gewartet wird als vor unkritischen ($F[1;21]=7,700$; $p=,011$; vgl. Abbildung 7-14 links).

Im Vergleich der Einzelsituationen zeigt sich, dass mit der Annahme der Aufgabe am längsten vor Kreuzungen Innerorts ($m=1,70$ s; $sd=,87$ s), bei Aktionen eines vorausfahrenden Fahrzeugs ($m=1,67$ s; $sd=,83$ s) sowie vor Fußgängerüberwegen gewartet wird ($m=2,12$ s; $sd=1,14$ s). Bei all diesen Situationen ergibt sich ein Vorteil, wenn der Aufgabenbeginn verzögert wird, da durch das Abwarten der Situationsentwicklung deren Kritikalität deutlich entschärft werden kann.

Im Vergleich der mittleren Entscheidungsdauern in kritischen bzw. unkritischen Situationen nach Streckentyp wird ersichtlich, dass sowohl Innerorts als auch Außerorts länger vor kritischen Situationen mit dem Beginn der Nebenaufgabe gewartet wird, um die Entwicklung der Situation beobachten zu können (signifikanter Haupteffekt „Kritikalität“; $F[1;20]=5,684$; $p=,027$). Zudem wird unabhängig von der Kritikalität insgesamt Innerorts länger mit dem Beginn der Aufgabe gewartet als Außerorts (signifikanter Haupteffekt „Streckentyp“; $F[1;20]=95,986$; $p<,000$; keine signifikante Wechselwirkung zwischen „Streckentyp“ und „Kritikalität“ $F[1;20]=,088$; $p=,769$). Dies lässt sich auf eine aufwändigere Situationseinschätzung aufgrund der größeren Anzahl und Dichte an zu verarbeitenden Umweltreizen in der Stadt zurückführen.

Fehler in der Nebenaufgabe treten insgesamt mit 5,5% der Fälle nur selten auf. Davon können alle Fälle, in denen die Bearbeitungsdauer geringer als 200 ms ist, als „Abrutscher“ von der Taste definiert werden (21% der Fehler). Die übrigen 79% der Fehler sind Auslassungen von Ziffern bzw. Versprecher, die eindeutig auf eine Überforderung des Fahrers durch die gleichzeitige Beschäftigung mit der Nebenaufgabe und der Fahraufgabe zurückzuführen sind. Von diesen Fehlern treten deutlich mehr in kritischen Situationen Innerorts auf (signifikante Haupteffekte „Streckentyp“ $F[1;20]=7,144$; $p=,015$ und „Kritikalität“ $F[1;20]=5,958$; $p=,024$ sowie Wechselwirkung „Streckentyp“ mit „Kritikalität“; $F[1;20]=4,426$; $p=,048$; vgl. Abbildung 7-14 rechts). Es kann vermutet werden, dass die Fahrer, die hier Fehler in der Nebenaufgabe produzieren, die Möglichkeit zur sequentiellen Bearbeitung beider Aufgaben nicht genutzt haben, sondern versucht haben, die Aufgaben parallel auszuführen.

7.3.2 Einfluss des Zeitfensters zwischen kritischen Situationen

In einem weiteren spezifisch für diese Fragestellung konzipierten Szenario wurde geprüft, inwieweit der Umgang mit der NA von den Zeitfenstern zwischen kritischen Situationen abhängig ist. Dazu wurde in der Situation „Fenster“ der Abstand zwischen zwei kritischen Situationen, in diesem Fall scharfe Kurven, über die Länge der dazwischen liegenden Geradenstücke variiert. Die Abstände betragen 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 bzw. 600 m. Die letzte Kurve mit einem Abstand von 150 m zur Ortseinfahrt wurde ebenfalls in die Auswertung einbezogen.

Die deskriptive Analyse der verschiedenen NA-Parameter in Abhängigkeit der Entfernung zur nächsten Kurve zeigt, dass Fahrer den Umgang mit der NA an die Abstände zwischen kritischen Situationen anpassen (siehe Abbildung 7-15): Je geringer der Abstand zur nächsten Kurve, desto mehr Aufgaben werden ausgelassen bzw. je größer der Abstand zwischen den Kurven, desto länger wird die Nebenaufgabe bearbeitet.

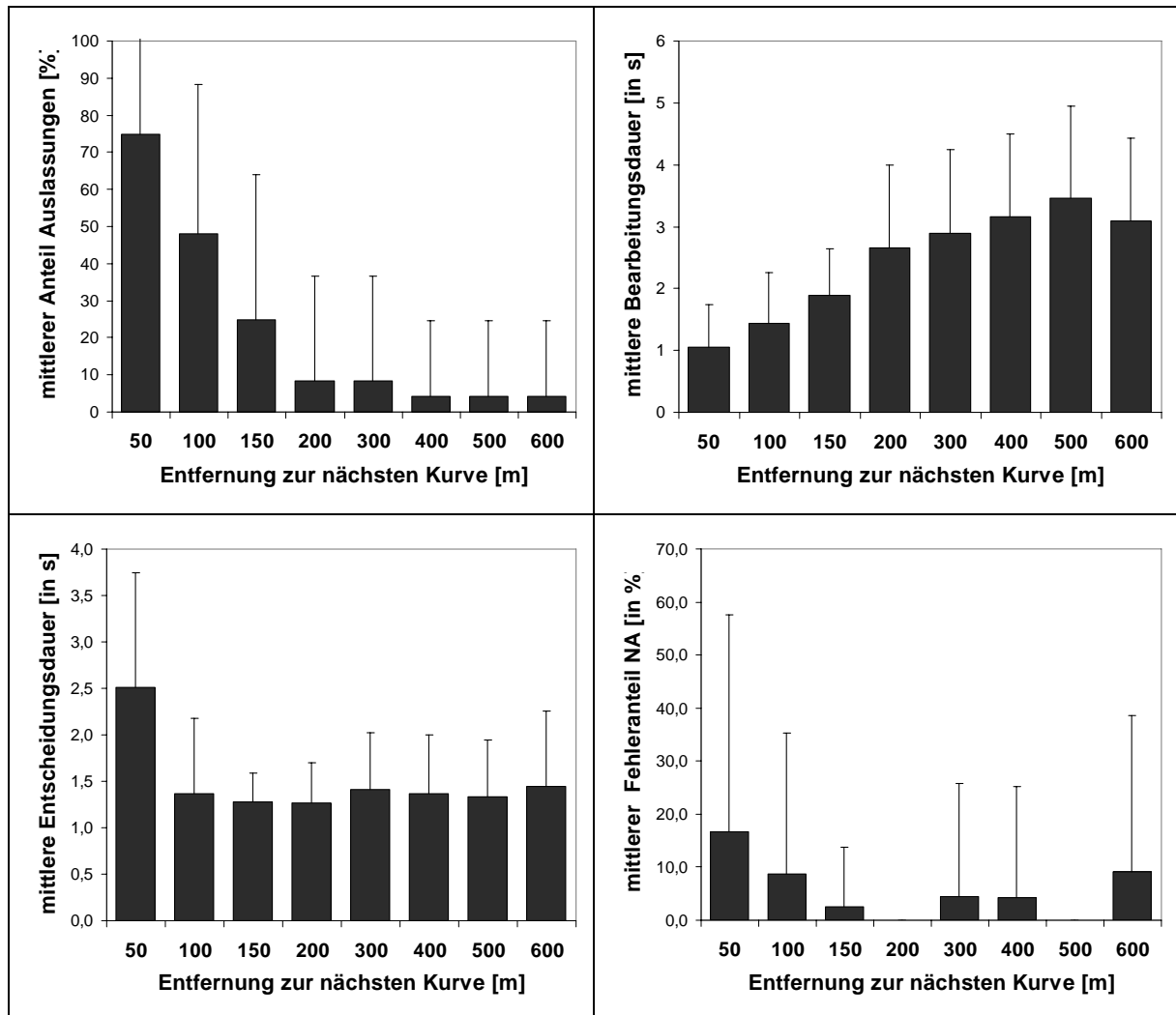


Abbildung 7-15: Bearbeitung der NA in Abhängigkeit der Entfernung zur nächsten Kurve in der Situation „Fenster“. Anteil Auslassungen (links oben), mittlere Bearbeitungsdauern (rechts oben), mittlere Entscheidungsdauern (links unten), Anteil Fehler in der Nebenaufgabe (rechts unten).

Deutlich längere Entscheidungsdauern finden sich nur bei der ersten Kurve in dieser Situation. Bei einer mittleren Entscheidungsdauer von 2,5 s und einer angenommenen Geschwindigkeit von ca. 80 km/h sind die wenigen Fahrer, die die Aufgabe hier überhaupt annehmen, bei Beginn der Aufgabe bereits mitten in der Kurve. Auffallend ist, dass einerseits Fehler in der Nebenaufgabe auftreten, wenn sie in den extrem kurzen Abständen von 50 bzw. 100 m zwischen den Kurven bearbeitet wird (d.h. demnach in der Regel deutlich in die Kurven hinein), andererseits aber auch in den vermeintlich einfachen Situationen, d.h. auf besonders langen geraden Abschnitten. Dies ist vermutlich auf einzelne Fahrer zurückzuführen, die sich besonders lange mit der NA beschäftigen, wodurch die gleichzeitige Spurhalteaufgabe so stark beeinträchtigt wird, dass es zu erheblichen Interferenzen mit der Nebenaufgabe kommt.

7.3.3 Einfluss der Vorhersehbarkeit auf NA-Bearbeitung

Im Vergleich der drei verschiedenen Situationsvarianten mit unterschiedlich gut erkennbarem Konfliktpotenzial (schwer, mittel, leicht) zeigt sich, dass sowohl in der mittleren Situationsvariante als auch in der leichten Variante signifikant mehr Aufgaben ausgelassen werden als in der schweren ($F[2;42]=3,967$; $p=,026$; $t_{df=23}=2,820$; $p=,010$ bzw. $t_{df=23}=2,200$; $p=,038$; siehe Abbildung 7-16 links). Unterschiede zwischen den Bedingungen bzw. Wechselwirkungen sind keine zu erkennen ($F[2;21]=,906$; $p=,604$ bzw. $F[4;42]=,294$; $p=,880$).

In den übrigen NA-Parametern ist kein globaler Effekt der Situationsvarianten festzustellen (Bearbeitungsdauer: ($F[2;42]=1,146$; $p=,328$, siehe Abbildung 7-16 rechts; Entscheidungsdauer: $F[2;42]=,522$; $p=,597$; NA-Fehler: $F[2;42]=1,141$; $p=,869$).

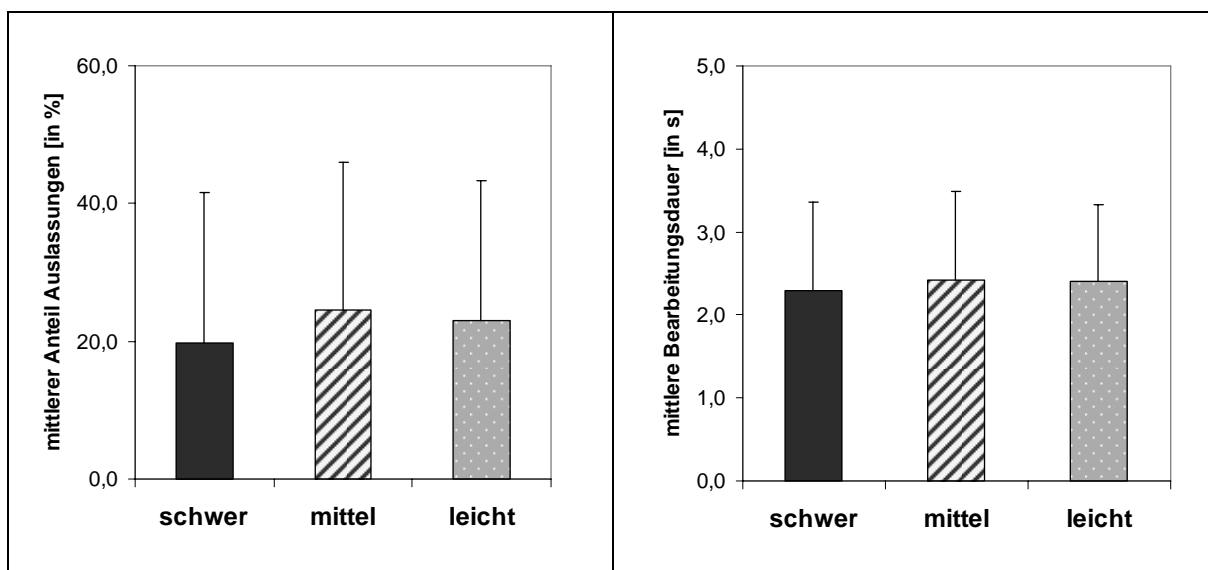


Abbildung 7-16: Mittlerer Anteil Auslassungen (links) bzw. mittlere Bearbeitungsdauer (rechts) in den verschiedenen Situationsvarianten mit unterschiedlicher Schwierigkeit der Vorhersage des Konfliktpotenzials „schwer“, „mittel“, „leicht“.

Somit zeigen sich im globalen Vergleich der Situationsvarianten über alle Situationen hinweg nur wenige Unterschiede im Bezug auf die betrachteten NA-Parameter: Dies ist auf die stark unterschiedliche Charakteristik der Einzelsituationen und die spezifisch an jede Situation angepasste Situationsabstufung mit Hilfe unterschiedlicher Faktoren (Zeitpunkt, Reizsalienz, Auftretensort) zurückzuführen. Zusätzlich kann vermutlich keine Gleichabständigkeit zwischen den verschiedenen Varianten angenommen werden (d.h. Unterschiede zwischen „schwer“ und „mittel“ können stärker ausfallen als zwischen „mittel“ und „leicht“). Daher werden nachfolgend Unterschiede in den Situationsvarianten für jede Situation getrennt analysiert. Tabelle 7-6 zeigt, welche NA-Parameter in welchen Situationen signifikant zwischen den Situationsvarianten unterscheiden.

Tabelle 7-6: Signifikante Unterschiede zwischen den Situationsvarianten bezüglich der verschiedenen NA-Parameter in den acht verschiedenen Einzelsituationen.

| | NA-Parameter | | | |
|-----------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Situation | Anteil Auslassungen | mittlere Bearbeitungsdauer | mittlere Entscheidungsdauer | mittlerer Fehleranteil NA |
| Fußgänger | x | | | |
| Einparker | x | | | |
| Ausparker | | x | x | |
| Fremder | | | x | |
| Einordnen | | | | |
| CarFollow | x | x | | |
| Panne | x | x | | |
| Wechsel | x | | x | |

Für die jeweiligen Einzelsituationen sind folgende Aussagen gültig:

- Fehlen saliente Hinweisreize zur Einschätzung des Konfliktpotenzials, wird die NA seltener ausgelassen (gültig für Fußgänger, Einparker, CarFollow, Panne, Wechsel)
- Fehlen saliente Hinweisreize zur Einschätzung des Konfliktpotenzials, wird in einigen Situationen die Nebenaufgabe länger ausgeführt (gültig für Ausparker, CarFollow, Panne)
- In Situationen mit guter Vorhersehbarkeit wird in einigen Situationen die Aufgabe schneller angenommen (gültig für Ausparker, Fremder, Wechsel)
- Bezüglich der Fehleranzahl in der Nebenaufgabe lässt sich in keine der Einzelsituationen ein Einfluss der Vorhersehbarkeit nachweisen

7.3.4 Einfluss verschiedener NA-Varianten auf NA-Bearbeitung

Im Vergleich der verschiedenen NA-Varianten wird deutlich, dass in der Okklusionsvariante am meisten Aufgaben ausgelassen werden (30,5%), gefolgt von der Display 3s-Variante (22,3%) und der Display 5s-Variante (15,9%). Aufgrund der großen Streuungen werden diese Unterschiede in einer ANOVA allerdings nicht signifikant ($F[2;21]=,975$; $p=,394$; siehe Abbildung 7-17 links).

Die verschiedenen NA-Varianten unterscheiden sich ebenfalls tendenziell hinsichtlich der mittleren Bearbeitungsdauern ($F[1;21]=3,013$; $p=,071$; siehe Abbildung 7-17 rechts). Dabei ist die Bearbeitungsdauer in der Okklusionsbedingung im Vergleich zu den beiden Display-Varianten erheblich verringert. Dies ist auf die mangelnden Möglichkeiten zur Überwachung der Fahraufgabe durch Kontrollblicke zurückzuführen. Die mittlere Dauer von 1,72 s ($sd=,38$ s) entspricht in etwa der in der Literatur häufig berichteten maximalen Blickabwendungsdauer von der Straße, die ein Fahrer normalerweise akzeptiert (z.B. 1,6 s bei Wierwille, 1993). Die beiden Display-Varianten unterscheiden sich augenscheinlich nicht voneinander.

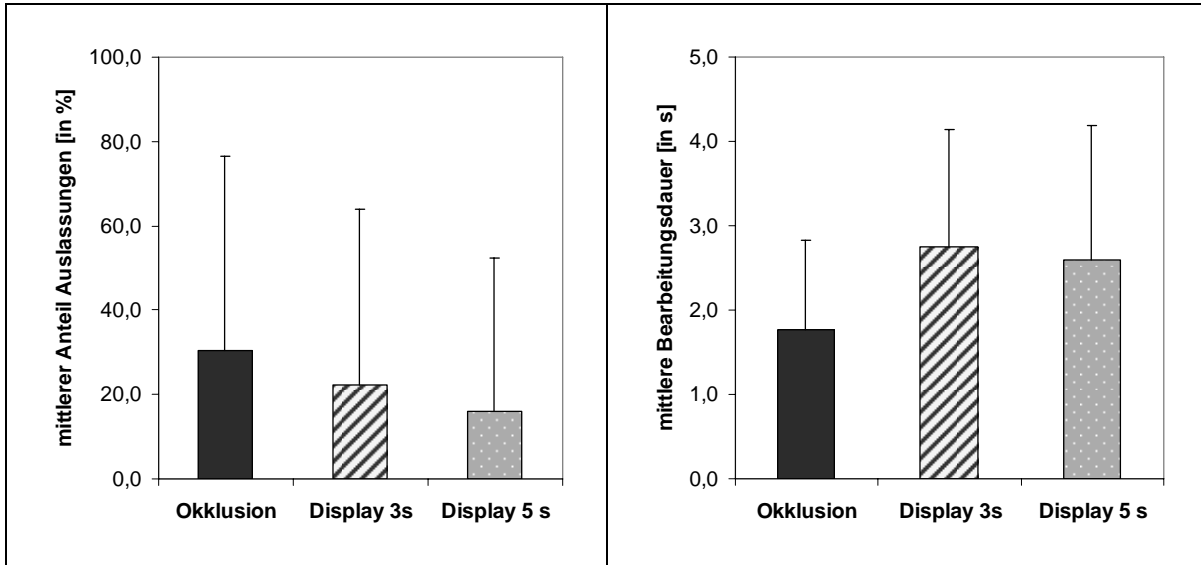


Abbildung 7-17: Mittlerer Anteil Auslassungen (links) bzw. mittlere Bearbeitungsdauern (rechts) für die verschiedenen NA-Varianten.

Die aktiv eingeführte Manipulation der Aufgabendringlichkeit über die nutzbaren Entscheidungsdauern wirkt sich deutlich aus. Die längeren Entscheidungsdauern in der Display 5s-Variante im Vergleich zu den beiden anderen Versuchsbedingungen weisen darauf hin, dass die geringere Dringlichkeit zur Aufgabenbearbeitung tatsächlich ausgenutzt wird ($F[2;21]=7,717$; $p=,003$; siehe Abbildung 7-18 links). Post-Hoc Tests zeigen, dass sich lediglich die Display 5s-Variante tendenziell signifikant von den beiden anderen Versuchsbedingungen unterscheidet (Unterschied zu Okklusion: $p=,061$; Unterschied zu Display 3s-Variante: $p=,004$; Unterschied Okklusion vs. Display 3s-Variante: $p=,425$).

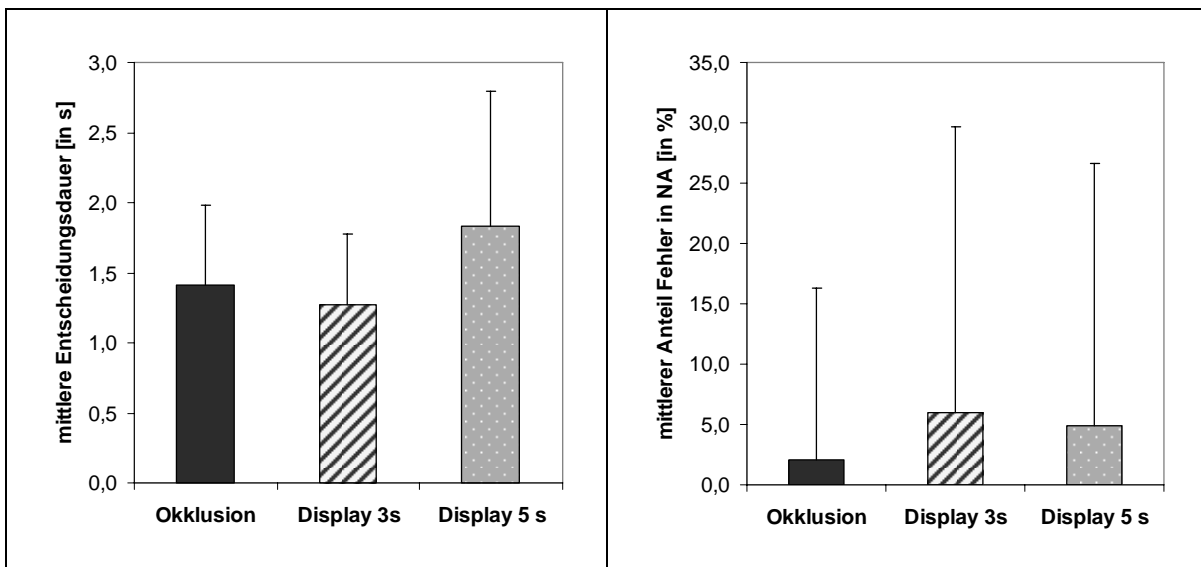


Abbildung 7-18: Mittlere Entscheidungsdauern (links) und mittlerer Fehleranteil in NA (rechts) in den verschiedenen NA-Varianten.

Die große interindividuelle Varianz in der Display 5s-Variante weist allerdings darauf hin, dass die geringere Aufgabendringlichkeit von manchen Probanden nicht genutzt wird. Zudem scheint diese Möglichkeit auch nur dort ausgenutzt zu werden, wo es wirklich sinnvoll ist, d.h. wo die Kritikalität der Situation durch das Abwarten der Situationsentwicklung „entschärft“ werden kann. Dies gilt vor allem für kritische Situationen Innerorts (signifikante Wechselwirkung zwischen „NA-Variante“ und „Kritikalität“ $F[2;20]=5,006$; $p=,017$ bzw. zusätzlich „Streckentyp“ $F[2;20]=4,12$; $p=,032$).

Bezüglich der Fehleranzahl in der NA zeigt sich die Tendenz, dass in der Okklusionsbedingung weniger Fehler in der Nebenaufgabe gemacht werden, da hier keine Interferenzen durch die simultane Bearbeitung beider Aufgaben auftreten können. Die hohen Varianzen führen dazu, dass der Unterschied zwischen den NA-Varianten statistisch nur tendenziell signifikant wird ($F[2;20]=2,557$; $p=,101$; siehe Abbildung 7-18 rechts).

7.3.5 Einfluss der Situation auf das Blickverhalten

Die eingeführte Nebenaufgabe bietet die Möglichkeit, drei Phasen bei der Bearbeitung abzugrenzen: Die Entscheidungsphase vor Beginn der Nebenaufgabe, in der der Fahrer in Abhängigkeit der Situation entscheiden muss, ob er die Aufgabe annimmt oder ablehnt, die Phase während der Nebenaufgabe, in der der Fahrer seine Aufmerksamkeit auf die Fahr- und die Nebenaufgabe aufteilen muss sowie eine Phase zwischen den Nebenaufgaben, in denen das Blickverhalten ohne Zweitaufgabe erfasst wird. Abbildung 7-19 zeigt, wie sich die Größe des Blickfelds, gemessen über die Standardabweichung der Blickpunkte in x- und y-Richtung, über die Phasen verändert. Zur besseren Interpretierbarkeit dieser Ergebnisse ist außerdem die mittlere Fixationsdauer in den verschiedenen Phasen dargestellt.

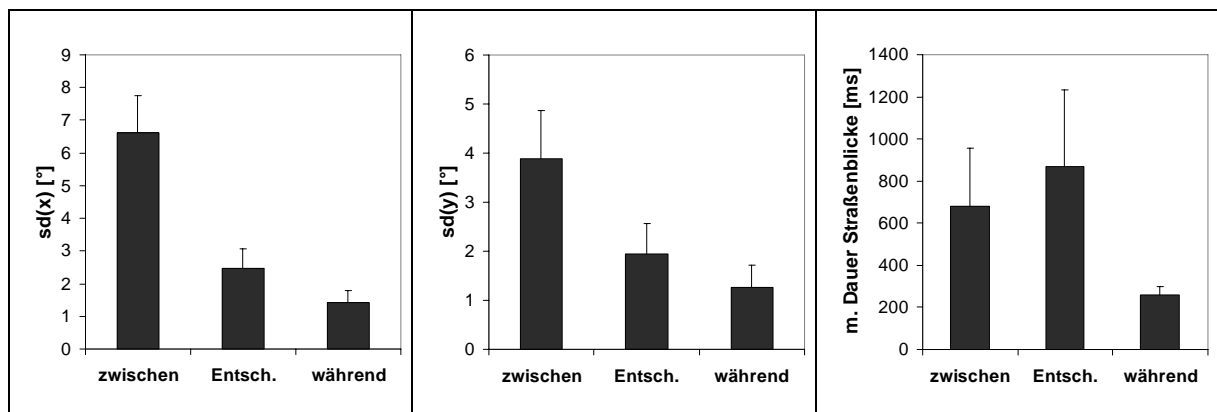


Abbildung 7-19: Einfluss der Situationskritikalität auf das Blickverhalten in den Phasen ($sd(x)$, $sd(y)$, mittlere Blickdauer Straßenblicke).

Zu erkennen ist eine deutliche Verkleinerung in x- und y-Richtung in der Entscheidungsphase und eine noch stärkere Verkleinerung während der Nebenaufgabenbedienung ($sd(x)$: $F[2;30]=259,81$; $p<,000$; $sd(y)$: $F[2;28]=95,73$; $p<,000$). Post-Hoc-Tests zeigen, dass sich für beide Richtungen alle drei Phasen signifikant unterscheiden. Die Verkleinerung des Blickfelds während der Entscheidungsphase geht mit einer Verlängerung der Fixationsdauern einher.

Während der Nebenaufgabe findet sich dagegen zusätzlich zum verkleinerten Blickfeld eine deutliche Verringerung der Fixationsdauern ($F[2;28]=54,15$; $p<,000$). Dies sind Zeichen einer nur noch rudimentären visuellen Überwachung der Szene.

Zur Analyse eines möglichen Situationseinflusses auf die Straßenblicke werden die Daten um den Einfluss der Bediendauer bereinigt und die Parameter Abstand zwischen zwei Straßenblicken [s] und Anteil Straßenblicke an der Gesamtdauer [%] während der Nebenaufgabenbedienung berechnet. Abbildung 7-20 zeigt den Unterschied zwischen kritischen und unkritischen Situationen für die beiden Parameter. Tendenziell ist der Abstand zwischen zwei Straßenblicken in kritischen Situationen verringert ($F[1;14]=4,07$; $p=,063$). Für den Anteil der Straßenblicke an der Bediendauer gibt es einen signifikanten Anstieg in kritischen Situationen ($F[1;14]=6,48$; $p=,023$; für weitere Ergebnisse zum Blickverhalten siehe die Dissertation von Metz, in preparation).

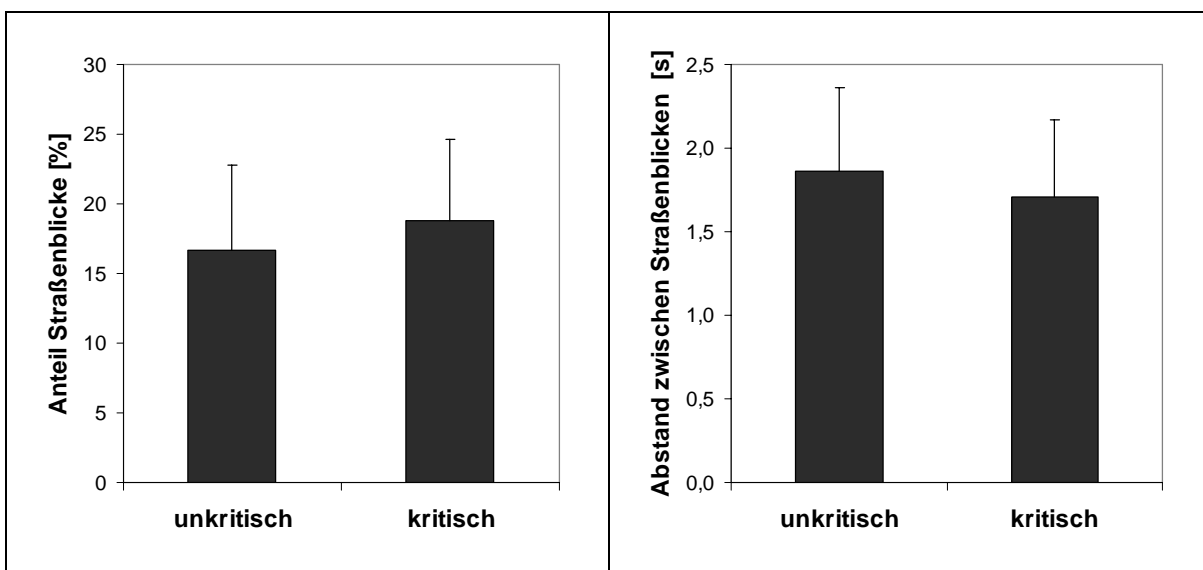


Abbildung 7-20: Einfluss der Situationskritikalität auf die Parameter Anteil Straßenblicke und Abstand zwischen Straßenblicken.

7.3.6 Einfluss der Situation auf das kontinuierliche Fahrverhalten

7.3.6.1 Geschwindigkeitsverhalten

Für die Analyse der mittleren Geschwindigkeiten werden nur Situationen betrachtet, in denen eine Nebenaufgabe bearbeitet wurde. Für diese wird ein Vergleich der NA-Varianten in Entscheidungs- vs. Bearbeitungsphase (Faktor „NA-Phase“) bei kritischen vs. unkritischen Situationen bzw. für Außerorts Geraden vs. Kurven vorgenommen. Für die Innerorts-Situationen (siehe Abbildung 7-21 links) ist erkennbar, dass die Probanden im Schnitt vor der Annahme einer Aufgabe in einer unkritischen Situation nur etwas langsamer als die erlaubten 50 km/h fahren, also ihre Geschwindigkeit kaum reduzieren und auch während der Bedienung mit unvermittelter Geschwindigkeit weiterfahren. In kritischen Situationen dagegen ist die Geschwindigkeit bereits in der Entscheidungsphase deutlich verringert und wird dann während der Bedienung weiter an die Situation angepasst (signifikanter Haupteffekt

„Kritikalität“; $F[1;20]=169,540$; $p<,000$; signifikanter Haupteffekt „NA-Phase“ $F[1;20]=23,556$; $p<,000$ und signifikante Wechselwirkung „NA-Phase“ mit „Kritikalität“ $F[1;20]=31,254$; $p<,000$).

In der Entscheidungsphase unterscheiden sich die NA-Varianten nicht ($F[2,20]=1,422$; $p=,265$). Während der NA-Ausführung in kritischen Situationen wird dann jedoch in der Display 5s-Variante tendenziell langsamer gefahren als in der Display 3s-Variante (signifikante Wechselwirkung „NA-Phase“*„Kritikalität“*„NA-Variante“, $F[2;20]=4,008$; $p=,034$). Die Probanden mit geringerer Aufgabendringlichkeit können durch das Abwarten der Entscheidungsphase die Situation entschärfen und die Nebenaufgabe dann quasi im Stand bearbeiten.

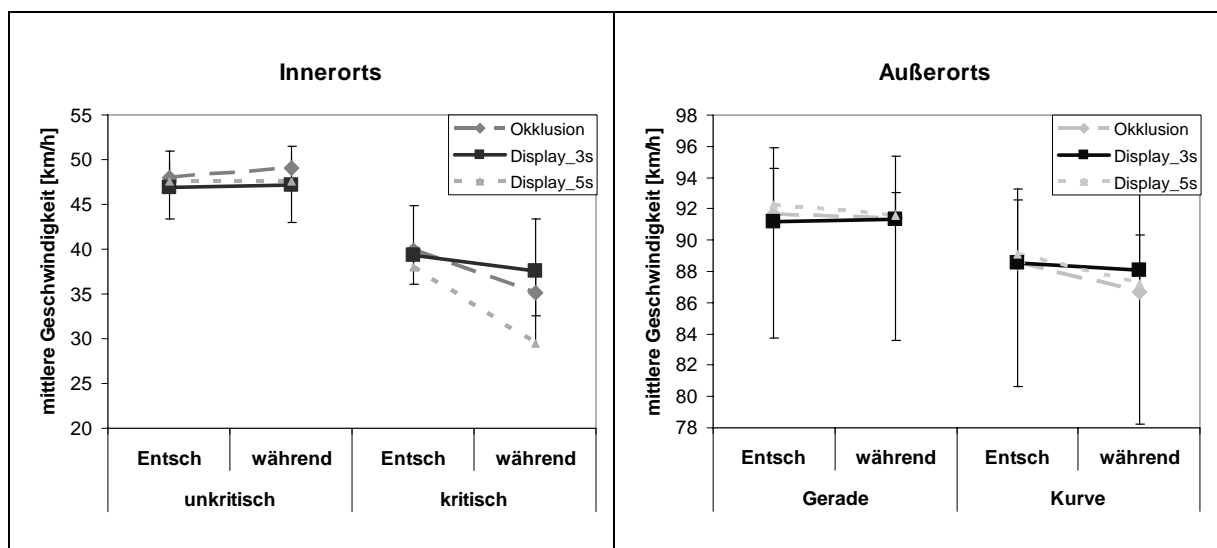


Abbildung 7-21: Mittlere Geschwindigkeiten Innerorts (links) bzw. Außerorts (rechts) während der Entscheidungsphase bzw. Bearbeitungsphase („während“) in kritischen vs. unkritischen Situationen bzw. Geraden vs. Kurven.

Ein vergleichbares Bild ergibt sich Außerorts für Kurven vs. Geraden (siehe Abbildung 7-21 rechts). Während auf Geraden insgesamt schneller und mit unvermittelter Geschwindigkeit während der NA-Ausführung weitergefahren wird (signifikanter Haupteffekt „Kurvigkeit“ $F[1;20]=46,925$; $p<,000$), fahren die Fahrer an Kurven bereits langsamer heran und verzögern während der NA-Bearbeitung nochmals zusätzlich (signifikante Wechselwirkung zwischen „NA-Phase“ und „Kurvigkeit“; $F[1;20]=5,292$; $p=,031$). Zwischen den verschiedenen NA-Varianten gibt es keine bedeutsamen Unterschiede ($F[2;20]=,003$; $p=,997$).

Die maximalen Verzögerungen Innerorts (siehe Abbildung 7-22 links) sind wie erwartet in kritischen Situationen deutlich größer als in unkritischen Situationen ($F[1;20]=146,929$; $p<,000$). Allerdings wird gerade in kritischen Situationen bereits stärker in der Entscheidungsphase als der Bearbeitungsphase gebremst (Haupteffekt „Phasen“ $F[1;20]=4,440$; $p=,048$ und Wechselwirkung „NA-Phase“ und „Kritikalität“ $F[1;20]=4,791$; $p=,041$). Die größere Streuung der maximalen Verzögerungen in der Bedienphase ($sd=1,43$ m/s² vs. $0,89$ m/s²) weist darauf hin, dass in einigen Situationen erst sehr spät das Konfliktpotenzial der Situation erkannt und dann erst während der Ausführung der Nebenaufgabe eine starke Bremsung eingeleitet wird.

Tendenziell verzögern die Probanden der Display 5s-Variante sowohl in der Entscheidungs- als auch der Bearbeitungsphase stärker, vor allem in kritischen Situationen ($F[2;20]=2,634$; $p=,097$).

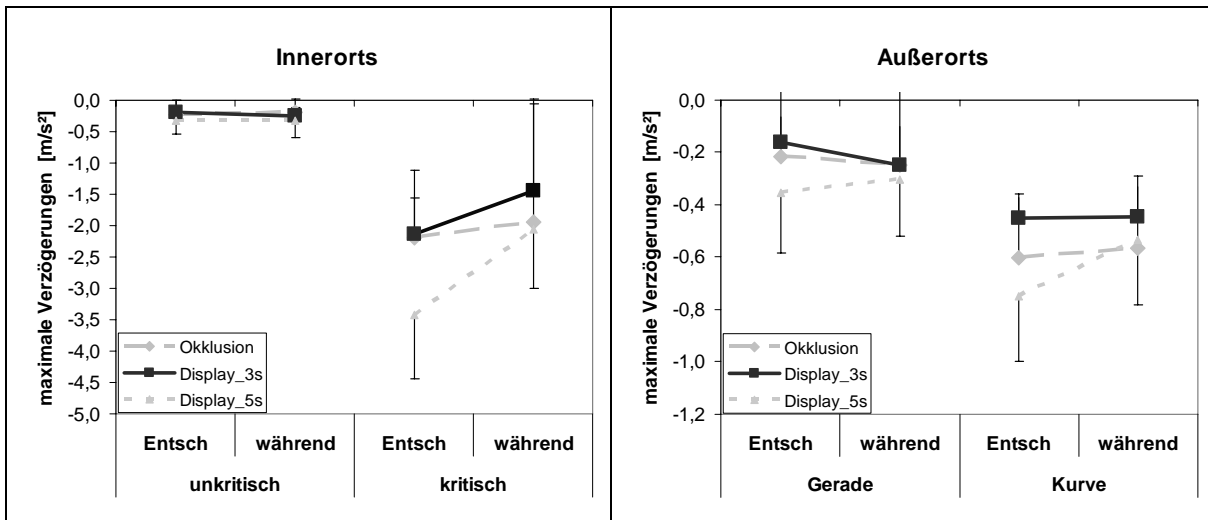


Abbildung 7-22: Maximale Verzögerungen Innerorts (links) bzw. Außerorts (rechts) in Entscheidungsphase und Bearbeitungsphase („während“) in kritischen vs. unkritischen Situationen bzw. Geraden vs. Kurven.

In den Außerorts-Abschnitten (siehe Abbildung 7-22 rechts) treten erwartungsgemäß deutlich geringere maximale Verzögerungen auf, die entsprechend vor Kurven größer sind als auf Geraden (signifikanter Haupteffekt „Kurvigkeit“ $F[1;20]=43,596$; $p<,000$). Signifikante Unterschiede zwischen Entscheidungs- und Bearbeitungsphase treten dabei nur bei der Bearbeitung in Kurven auf, wobei die Verzögerungen während der Entscheidungsphase deutlich stärker ausfallen als während der Bearbeitungsphase. Auch hier wird in der Display 5s-Variante stärker verzögert als in den beiden anderen Bedingungen (signifikanter Haupteffekt „NA-Variante“ $F[2;20]=4,058$; $p=,044$).

7.3.6.2 Spurhaltung bei der NA-Ausführung

Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen der Güte der Spurhaltung (Parameter Standardabweichung der Querabweichung SDLP) und dem Umgang mit der Nebenaufgabe (Faktor „NA-Verhalten“: bedient vs. ausgelassen) für Außerorts-Abschnitte getrennt für Kurven vs. Geraden betrachtet.

Zunächst zeigt sich der erwartete Effekt, dass die Spurhaltung in Kurven schlechter ist als auf Geraden ($F[1;13]=123,076$; $p<,000$). Unerwartet ist allerdings, dass die mittlere Spurabweichung in Situationen, in denen die Aufgabe ausgelassen wurde sowohl für Kurven als auch Geraden deutlich höher ausfällt als für Situationen, in denen eine Nebenaufgabe bearbeitet wurde (siehe Abbildung 7-23; $F[1;13]=61,576$; $p<,000$). Wie Abbildung 7-23 rechts zeigt, ist dies allerdings nicht auf eine erhöhte Geschwindigkeit in Situationen, in denen die Aufgabe ausgelassen wird, zurückzuführen. Diese ist mit Situationen vergleichbar, in denen die Nebenaufgabe angenommen wurde (Effekt „NA-Verhalten“ $F[1;13]=1,643$; $p=,222$). Dieses Ergebnis könnte ein Hinweis darauf sein, dass Fahrer, die vorab schon eine schlechte

Spurhaltung haben, eine weitere Verschlechterung durch das Auslassen der Nebenaufgabe zu kompensieren versuchen. Eine alternative Erklärung wäre, dass die Fahrer, die sich bewusst für eine Nebenaufgabe entscheiden, sich explizit auf ihre Spurhaltung konzentrieren, um Einbußen in der Fahrleistung aktiv zu vermeiden und dadurch sogar besser fahren als ohne Nebenaufgabe.

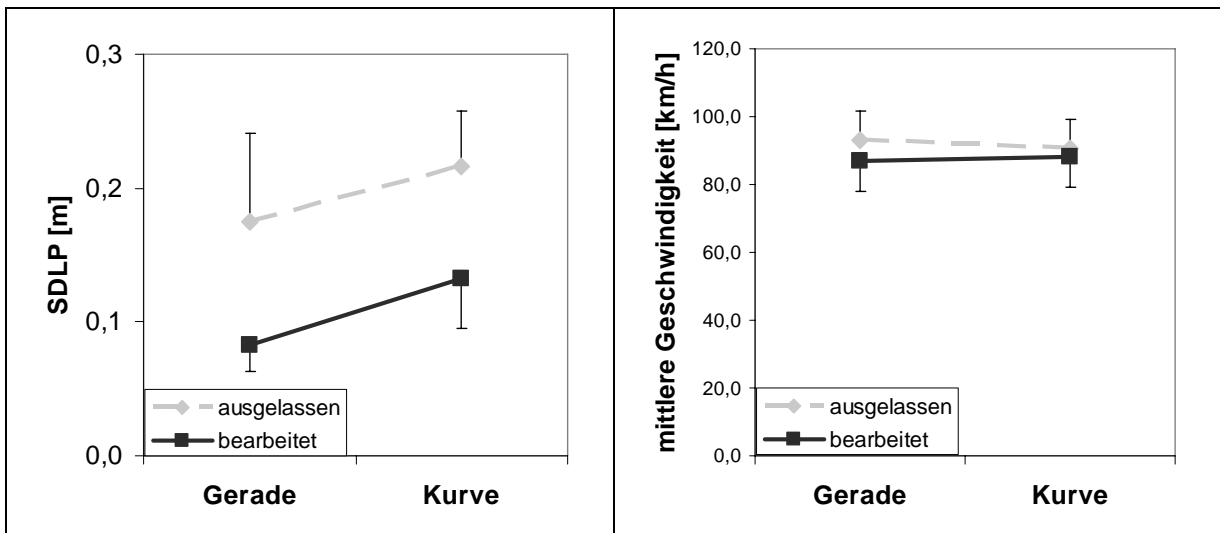


Abbildung 7-23: Standardabweichung der Querabweichung (Parameter SDLP) in Geraden vs. Kurven Außerorts für Situationen, in denen eine Nebenaufgabe bearbeitet wurde vs. Situationen, in denen die Aufgabe ausgelassen wurde.

Ein weiterer Hinweis ergibt sich in der Betrachtung der einzelnen Nebenaufgabenphasen. Vergleicht man jeweils den Betrag der absoluten Spurposition am Ende einer der definierten Phasen (Phase 0 = zwischen den Aufgabenangeboten; Phase 2= Entscheidungsphase, Phase 3= Bearbeitungsphase, Phase 4=2,5s Phase nach NA), zeigen sich vor allem am Ende der Entscheidungsphase in den Situationen, in denen die Aufgabe ausgelassen wurde, deutlich größere Abweichungen von der Idealspur (Effekt „NA-Phase“ $F[3;25]=8,366$; $p<,000$ und signifikanter Effekt „NA-Verhalten“ $F[1;25]=9,060$; $p=,003$); siehe Abbildung 7-24).

Demnach wird die Nebenaufgabe dann eher ausgelassen, wenn der Fahrer vorher bereits schon sehr weit von seiner Idealspur entfernt ist. Wird die Nebenaufgabe allerdings ausgeführt, verschlechtert sich die Spurhaltung mit zunehmender Bearbeitungsdauer deutlich. Die individuelle Bearbeitungsdauer und die SDLP korrelieren mit $r=,95$ hochsignifikant ($p<,000$).

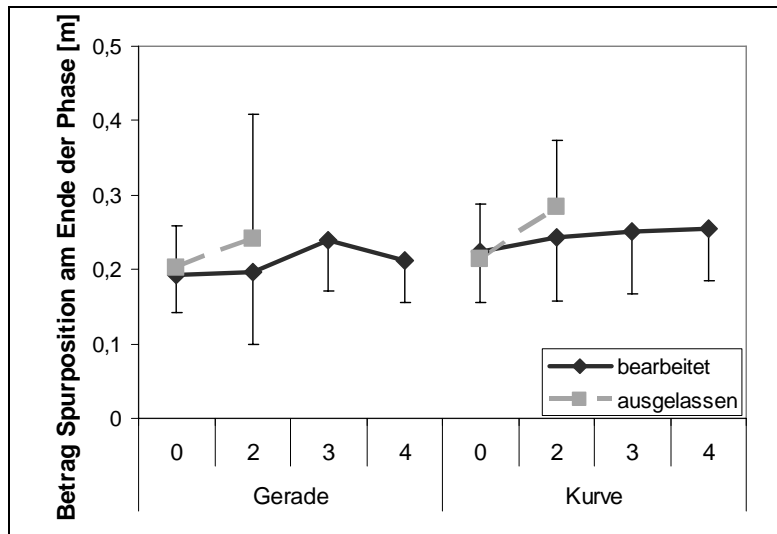


Abbildung 7-24: Betrag der absoluten Spurposition am Ende der Nebenaufgabenphasen (Phase 0= zwischen Aufgabenangeboten, Phase 2 = Entscheidungsphase, Phase 3= Bearbeitungsphase, Phase 4 = 2,5s Phase nach NA-Bearbeitung) für ausgelassene vs. bearbeitete Aufgaben.

7.3.6.3 Spurkorrekturen während/nach Nebenaufgabenausführung

Zur weiteren Analyse des Kontrollverhaltens werden die Spurverläufe einzelner Fahrer während und nach der Ausführung der Nebenaufgabe betrachtet. Dazu wird die Frequenz von Spurkorrekturen (d.h. Anzahl der Wendepunkte im Spurverlauf pro Sekunde) während der Entscheidungsphase, während der Bearbeitungsphase und in der Phase 2,5s nach der Nebenaufgabenbearbeitung berechnet (unabhängig von der Stärke der Korrekturbewegung).

Bei der Bearbeitung von Nebenaufgaben in Kurven müssen dabei insgesamt häufiger Spurkorrekturen ausgeführt werden (signifikanter Haupteffekt „Kurvigkeit“: $F[1;15]= 11,321$; $p=,004$; siehe Abbildung 7-25). Dort im Vergleich besonders häufig nach der Nebenaufgabenbearbeitung (signifikante Wechselwirkung „Kurvigkeit“ * „NA-Phase“: $F[2;30]= 3,581$; $p=,040$). Über die Streckentypen besteht ein hochsignifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Nebenaufgabenphasen ($F[2;30]=18,786$; $p=,000$). Während der Nebenaufgabenbearbeitung wird die geringste Frequenz von Spurkorrekturen beobachtet. Die Spur wird hier demnach seltener kontrolliert. Dagegen wird häufiger in Vorbereitung auf die Nebenaufgabe die Spur noch einmal korrigiert. Dieser Effekt verstärkt sich weiter innerhalb der 2,5s Phase nach der Nebenaufgabenbearbeitung.

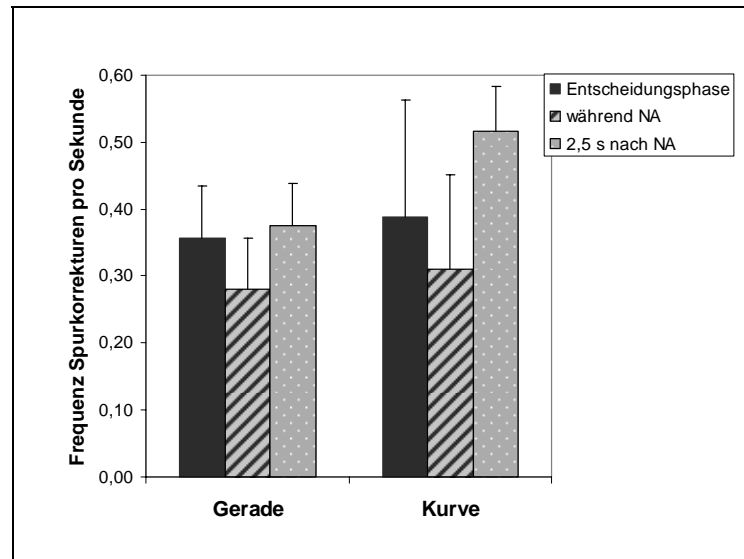


Abbildung 7-25: Frequenz der Spurkorrekturen pro Sekunde auf Geraden vs. Kurven getrennt nach Entscheidungsphase, Bedienphase und einer Phase von 2,5 s nach der Nebenaufgabenbearbeitung.

Bei einer Analyse von Aufgaben, die mit der maximalen Dauer von 5 s auf geraden Abschnitten (n=125 Fälle) bearbeitet wurden, zeigt sich weiter, dass in ca. 41% der Fälle während der Nebenaufgabenausführung gar keine Spurkorrektur ausgeführt wird, in 59% der Fälle eine bzw. zwei Korrekturen. Demgegenüber werden nach der Nebenaufgabenbearbeitung in 84,4% der Fälle eine oder zwei Spurkorrekturen ausgeführt.

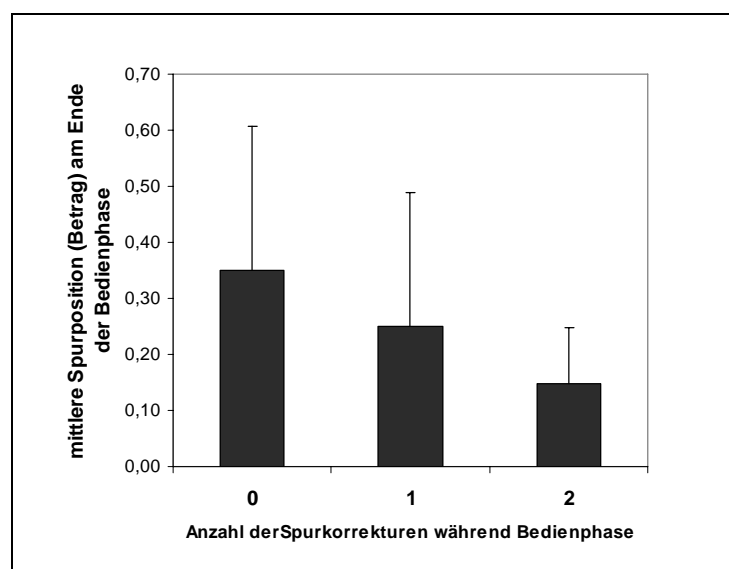


Abbildung 7-26: Mittlere Spurposition am Ende der Bedienphase (Betrag) in Abhängigkeit der Anzahl der ausgeführten Lenkkorrekturen während der Nebenaufgabenbearbeitung.

Werden während der Bedienphase keine Spurkorrekturen ausgeführt, ist die Abweichung von der Idealspur am Ende der Bedienung im Mittel am größten und

verringert sich entsprechend, wenn eine oder zwei Spurkorrekturen ausgeführt werden (siehe Abbildung 7-26).

7.3.7 Einfluss der NA-Bearbeitung auf Fahrfehler

Für jede der Situationen, in denen eine diskrete Verhaltensanpassung auf taktischer Ebene erforderlich ist, werden spezifische Fahrfehler analysiert, die eine Gefährdung der Fahrsicherheit darstellen (ausführliche Darstellung siehe Tabelle 7-5). Für die kurvigen Außerorts-Abschnitte mit überwiegend stetiger Spurkontrolle wird außerdem das Auftreten von Spurhaltefehlern (Verlassen des 80cm-Spurkanals) betrachtet. Zudem werden aufgetretene Kollisionen mit anderen Fahrzeugen analysiert.

Im Folgenden werden über alle Situationen hinweg sowie für jede Einzelsituation die verschiedenen Situationsabstufungen bzw. das unterschiedliche NA-Verhalten hinsichtlich ihrer Fehleranzahl verglichen. Darüber bekommt man Aufschlüsse, welche der Situationen besonders durch die Nebenaufgabenausführung gefährdet sind. Verglichen wird jeweils die Fehlerhäufigkeit in der Baseline-Bedingung (NA-Verhalten „Baseline“) mit den Situationen, in denen die Aufgabe ausgelassen wurde (NA-Verhalten „ausgelassen“; über alle drei Nebenaufgabenvarianten zusammen) sowie die Situationen pro Variante, in denen die Nebenaufgabe angenommen wurde (NA-Verhalten: „bedient Okklusion“, „bedient Display 3s“, „bedient Display 5s“). Schließlich kann für diejenigen Fälle, in denen ein Fahrfehler aufgetreten ist, betrachtet werden, inwieweit sich Bearbeitungs- und Entscheidungsdauern von denen in den Vergleichssituationen ohne Fahrfehler unterscheiden.

7.3.7.1 Spurhaltefehler

Für die Außerorts-Abschnitte (ohne Pannensituation) wurde die Anzahl der Spurhaltefehler (Verlassen des 80 cm-Spurkanals) als sicherheitskritischer Fahrfehler definiert. Dabei befinden sich die Reifen des EGO-Fahrzeugs bereits auf der Fahrstreifenmarkierung. Für eine Vergleichbarkeit mit der Baseline-Bedingung wurde als Vergleichsgrundlage ein Zeitfenster von 4s definiert, beginnend mit dem Streckenpunkt, an dem in den NA-Fahrten die Nebenaufgabe dargeboten wurde (Summe aus mittlerer Entscheidungsdauer von 1,5s und mittlerer Bediendauer von 2,5s).

Zwischen der Baseline-Bedingung und Situationen, in denen die Aufgabe ausgelassen wurde, ergibt sich dabei kein Unterschied ($F[1;13]=1,122$; $p=,309$; siehe Abbildung 7-27). Für Kurven besteht sogar die Tendenz, dass bei Aufgabenauslassungen weniger Spurhaltefehler auftreten als in der Baseline-Bedingung (Wechselwirkung „Kurvigkeit“ * „NA-Verhalten: bedient vs. ausgelassen“). Auch bei Ausführung der Nebenaufgabe (in allen NA-Varianten) steigt der Anteil von Spurhaltefehlern nicht bedeutsam an ($F[3;25]=,0481$; $p=,698$).

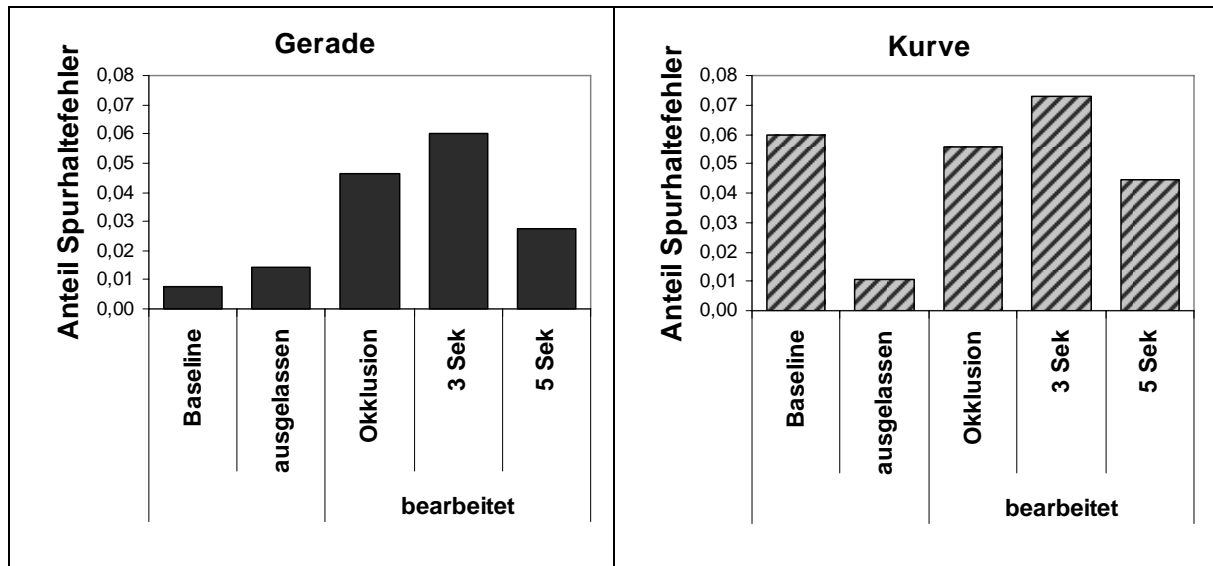


Abbildung 7-27: Mittlerer Anteil Situationen mit Spurhaltefehlern an allen betrachteten Situationen (kritische Spurabweichungen > +/- 80 cm) auf Geraden vs. Kurven Außerorts für das unterschiedliche NA-Verhalten (Baseline, NA ausgelassen, bearbeitet Okklusion; bearbeitet Display 3s, bearbeitet Display 5s).

Die Anzahl der Spurhaltefehler nimmt demnach nicht automatisch durch die Beschäftigung mit der Nebenaufgabe zu ($F[3;25] = ,481$; $p = ,698$). Allerdings besteht auch hier wieder auf individueller Ebene, vergleichbar mit dem Zusammenhang zur Spurhaltung, zwischen Bearbeitungsdauer und der Häufigkeit von Spurhaltefehlern ein signifikanter Zusammenhang ($r = ,570$; $p = ,004$): Fahrer, die zu längeren Bearbeitungsdauern neigen, riskieren also mehr Spurhaltefehler.

7.3.7.2 Fahrfehler über alle Situationen

Die übrigen Fahrfehler (je nach Situation: kritische Abstände/TTC, kritische Verzögerungen, falsches Einordnen, Gefährdung des Fußgängers) treten insgesamt $N=175$ mal auf. Dabei ist eine Häufung von Fahrfehlern in den Situationen „Ausparker“ ($n=31$; 18%); „Fremder“ ($n=62$, 35%), „Einordnen“ ($n=30$; 17%) und „Panne“ ($n=34$; 19%) zu beobachten.

Es zeigt sich über alle diese Situationen die erwartungsgemäße Verteilung der Fahrfehler gemäß der Situationsabstufungen (siehe Abbildung 7-28): Je schwieriger das Konfliktpotenzial der Situation vorherzusehen ist, desto häufiger werden Fahrfehler gemacht. Dabei beeinflusst der Umgang mit der Nebenaufgabe (Baseline vs. Nebenaufgabe ausgelassen vs. Nebenaufgabe bearbeitet in Okklusion/Display 3s/Display 5s-Variante) signifikant den Anteil an Fahrfehlern über alle Situationen ($\chi^2 = 11,500$; $p = ,021$).

Getrennte Tests jeweils zwischen der Baseline und den einzelnen NA-Varianten ergeben, dass in den Display-Varianten 3s und 5s bei NA-Ausführung signifikant mehr Fahrfehler auftreten als in der Baseline-Bedingung (3s-Variante: $\chi^2 = 10,128$; $p = ,001$; 5s-Variante: $\chi^2 = 5,935$; $p = ,015$; siehe Abbildung 7-29). Ein größerer Anteil von Fahrfehlern resultiert dabei in der Display 3s-Variante.

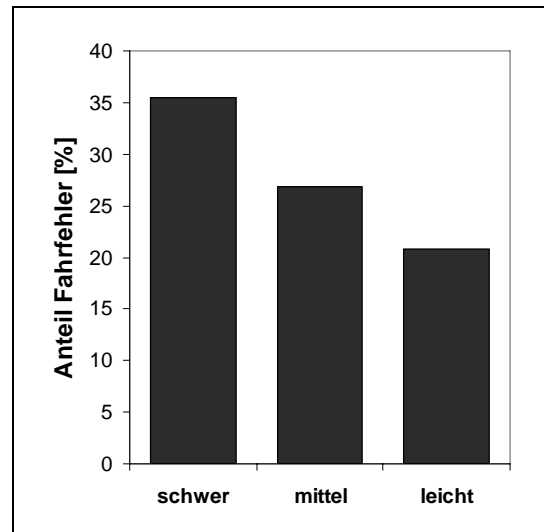


Abbildung 7-28: Prozentualer Anteil der Situationen mit Fahrfehler über alle Situationen in Abhängigkeit der Situationsabstufung „schwer“, „mittel“ bzw. „leicht“ vorherzusehendes Konfliktpotenzial.

Lassen die Fahrer dagegen die Nebenaufgabe aus, resultieren vergleichbar viele Fahrfehler wie in der Baseline ($\chi^2=1,887$; $p=,170$). Auch bei Ausführung der Nebenaufgabe in der Okklusionsbedingung steigt der Fahrfehleranteil, vermutlich aufgrund der relativ kurzen Bearbeitungsdauern, nicht an ($\chi^2=1,683$; $p=,195$).

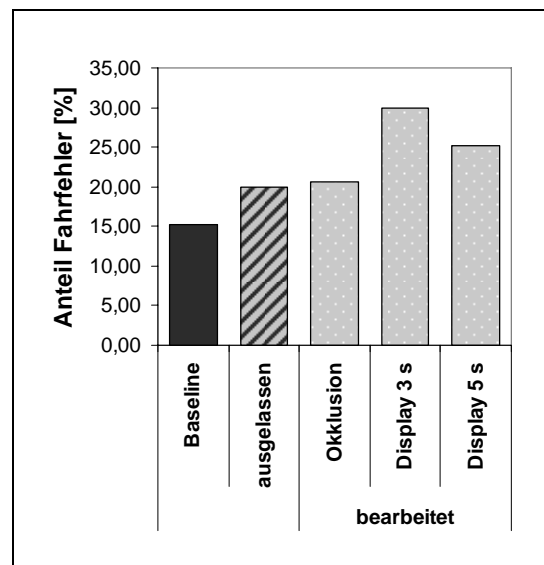


Abbildung 7-29: Vergleich des Anteils Situationen mit Fahrfehler in den Bedingungen Baseline vs. NA ausgelassen vs. Okklusion bearbeitet vs. Display 3s bearbeitet vs. Display 5s bearbeitet.

Vergleicht man die Bearbeitungsdauern in Situationen mit vs. ohne Fahrfehler, zeigt sich für die Display 3s-Variante, dass in den Situationen, in denen ein Fahrfehler aufgetreten ist, die NA signifikant länger ausgeführt wurde ($\chi^2=3,571$; $p=,059$; siehe Abbildung 7-30 links). In den beiden übrigen NA-Varianten werden die Unterschiede nicht signifikant (Okklusion: $\chi^2=1,286$; $p=,257$; Display 5s-Variante:

$\chi^2=,500$; $p=,480$). Bezüglich der Entscheidungsdauern zeigen sich für keine der drei NA-Varianten bedeutsame Unterschiede zwischen Situationen mit vs. ohne Fahrfehler (Okklusion: $\chi^2=,143$; $p=,705$; Display 3s-Variante: $\chi^2=1,286$; $p=,257$; Display 5 s-Variante: $\chi^2=,000$; $p=1,000$; siehe Abbildung 7-30 rechts).

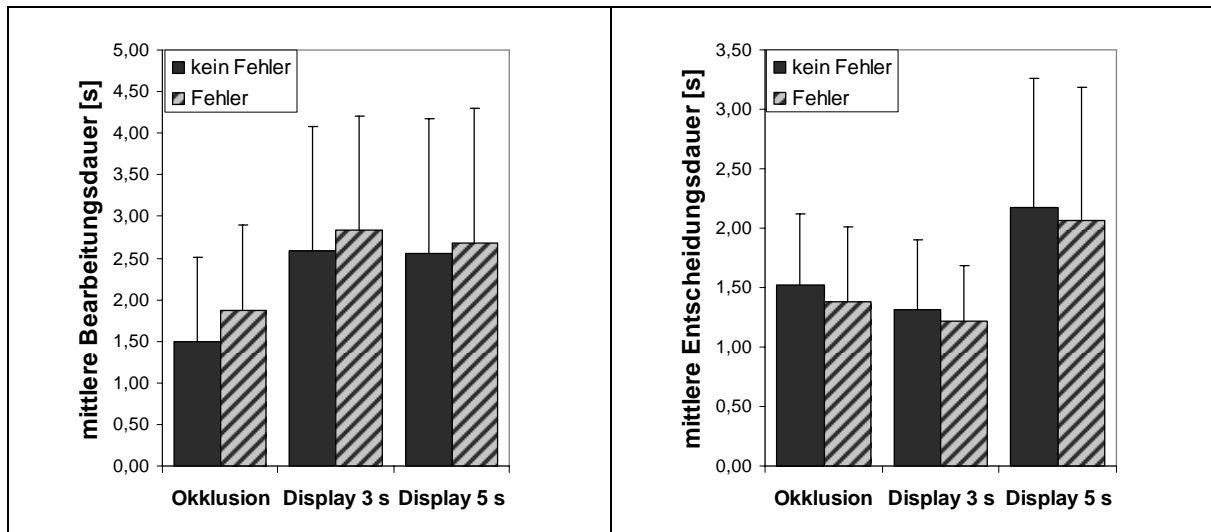


Abbildung 7-30: Mittlere Bearbeitungsdauern (links) bzw. mittlere Entscheidungsdauern (rechts) in Situationen mit vs. ohne Fahrfehler über die verschiedenen NA-Varianten (Okklusion, Display 3s-Variante, Display 5s-Variante).

7.3.7.3 Kollisionen über alle Situationen

Kollisionen mit anderen Fahrzeugen treten aufgrund der bewusst besonders kritisch gestalteten Situationen relativ oft auf, insgesamt 13mal. Zu einer Häufung von Kollisionen kommt es in der Situation „Ausparker“ ($n=9$, davon $n=5$ in der schweren, $n=4$ in der leichten Situations-Variante). Dabei zeigt sich, dass in den Fällen, in denen die Nebenaufgabe bearbeitet wurde, im Vergleich zur Baseline-Bedingung ein signifikant größerer Anteil Kollisionen resultiert (siehe Abbildung 7-31. Dies gilt sowohl für die Okklusionsbedingung ($\chi^2=5,755$; $p=,016$) als auch die beiden Display-Varianten (3s-Variante: $\chi^2= 4,464$; $p=,074$ bzw. 5s-Variante: $\chi^2=3,190$; $p=,074$).

In den Fällen, in denen die Aufgabe ausgelassen wird, steigt der Anteil an Kollisionen ebenfalls tendenziell ($\chi^2=2,540$; $p=,111$). Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass bereits die kognitive Beschäftigung mit dem Nebenaufgabenangebot erhöhte Anforderungen an den Fahrer stellt, auch wenn die Aufgabe dann gar nicht ausgeführt wird und somit keine visuelle Ablenkung erfolgt.

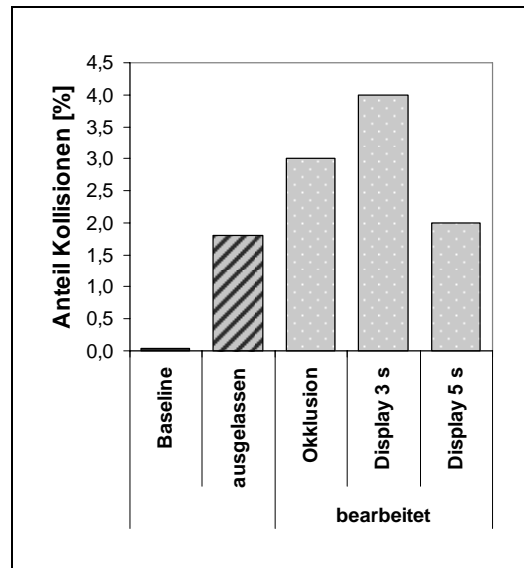


Abbildung 7-31: Vergleich des Anteils Situationen mit Kollisionen in den Bedingungen Baseline vs. NA ausgelassen vs. Okklusion bearbeitet vs. Display 3s bearbeitet vs. Display 5s bearbeitet.

Signifikante Unterschiede zwischen mittlerer Bearbeitungsdauer in Situationen mit vs. ohne Kollisionen ergeben sich lediglich in der Display 3s-Variante ($\chi^2=5,000$; $p=,025$; siehe Abbildung 7-32 links): Dort wird die NA in den Situationen mit Kollisionen länger als in vergleichbaren Situationen ohne Fahrfehler bearbeitet. Für Okklusions- und Display 5s-Variante wird dieser Unterschied nicht signifikant (Okklusion: $\chi^2=,333$; $p=,564$; Display 5s-Variante: $\chi^2=,333$; $p=,564$).

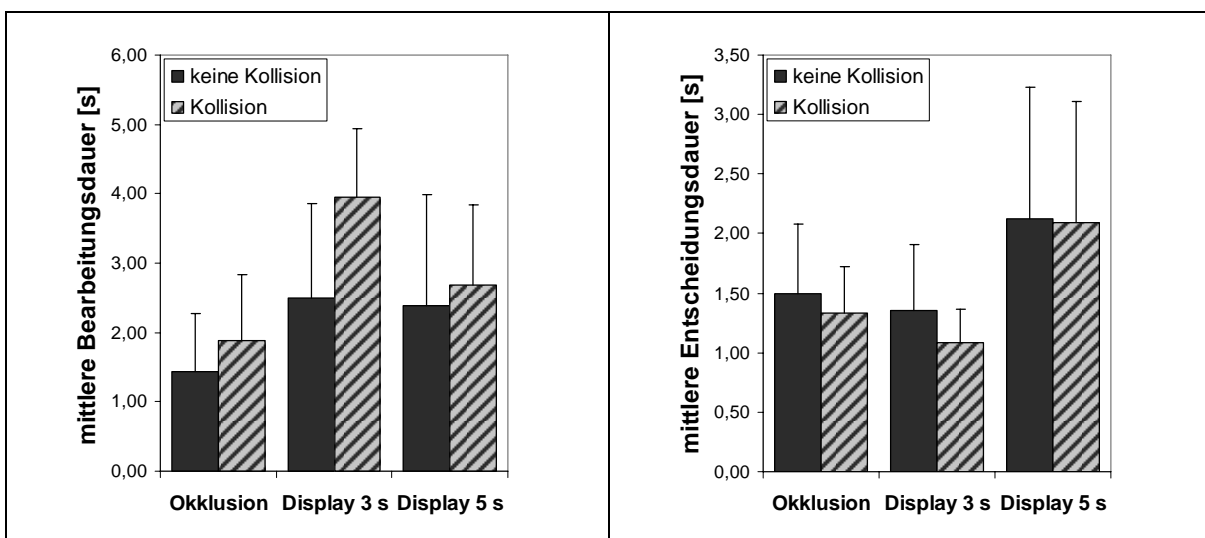


Abbildung 7-32: Mittlere Bearbeitungsdauern (links) bzw. mittlere Entscheidungsdauern (rechts) in Situationen mit vs. ohne Kollisionen über die verschiedenen NA-Varianten (Okklusion, Display 3s-Variante, Display 5s-Variante).

Unterschiede bezüglich der Entscheidungsdauern in Situationen mit vs. ohne Kollisionen werden in allen drei NA-Varianten nicht signifikant (Okklusion: $\chi^2=,143$;

$p=,705$; Display 3s-Variante: $\text{Chi}^2= 1,286$; $p=,257$; Display 5s-Variante: $\text{Chi}^2=,000$; $p=1,000$; siehe Abbildung 7-32 rechts).

7.3.7.4 Zusammenhang zum Blickverhalten

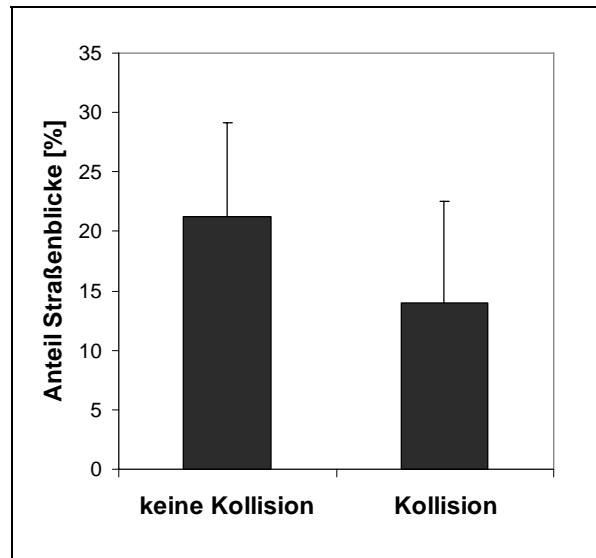


Abbildung 7-33: Anteil Straßenblicke bei Nebenaufgaben mit vs. ohne Kollision.

In Abbildung 7-33 wird das Blickverhalten in Situationen mit Nebenaufgabenbearbeitung, die ohne Kollisionen durchfahren wurde, mit Situationen verglichen, in denen es bei Bearbeitung der Nebenaufgabe zu einer Kollision kam. Da abhängig ausgewertet wird, gehen nur Fahrer in die ANOVA mit ein, bei denen beide Fälle mindestens einmal vorkamen ($N=7$). Tendenziell ist für diese Fahrer der Anteil Straßenblicke in Situationen mit Kollision niedriger ($F(1,6)=3,23$, $p=0,122$) als in vergleichbar kritischen Situationen ohne Kollision. Ein Nichtbewältigen der Fahraufgabe steht somit in Zusammenhang mit einer fehlenden bzw. nicht ausreichenden Anpassung der Straßenblicke an die Situation (für weitere Ergebnisse zum Blickverhalten siehe die Dissertation von Metz, in preparation).

7.3.8 Spezifische Betrachtung einzelner Situationen

Über alle Situationen hinweg betrachtet, hat sich gezeigt, dass die zusätzliche Ausführung von Nebenaufgaben sowohl die Anzahl von Fahrfehlern als auch die Häufigkeit von Kollisionen im Vergleich zur Baseline erhöht. Wird die Nebenaufgabe ausgelassen, kann keine Verschlechterung gegenüber der Baseline festgestellt werden. Im Folgenden ist zu prüfen, inwieweit diese Aussage für die einzelnen Situationen zutrifft.

Dazu wird für jede Situation die Häufigkeit von Fahrfehlern in Abhängigkeit des unterschiedlichen NA-Verhaltens im Vergleich zur Baseline betrachtet und mit der Bearbeitungshäufigkeit sowie der Bearbeitungsdauer in dieser Situation in Bezug gesetzt. Diese Auswertung erfolgt für die Situationen Fußgänger, Einparker, Ausparker, Fremder, Einordnen und Panne (ohne Abbildungen).

7.3.8.1 Situation „Fußgänger“

In der Situation „Fußgänger“ tritt eine Gefährdung des Fußgängers am häufigsten in der schweren Variante auf (n=8 von insgesamt 10 Fehlern), in der der entscheidende Reiz des Fußgängerüberwegs fehlt (signifikanter Einfluss der Situationsabstufung: $\chi^2=42,623$; $p=,000$). Die anderen beiden Situationsvarianten können gut antizipiert werden. Der Anteil an Auslassungen insgesamt ist in den Bedingungen Okklusion und Display 3s-Variante recht hoch (ca. 50%). Durch die geringere Aufgabendringlichkeit können in der Display-5s-Variante deutlich mehr Aufgaben ausgeführt werden (nur knapp 20% Auslassungen; signifikanter Einfluss der NA-Varianten auf Anzahl Auslassungen: $\chi^2=8,400$; $p=,015$). Die Nebenaufgabenbearbeitung wirkt sich signifikant auf den Anteil an Fahrfehlern aus ($\chi^2=12,741$; $p=,013$). Im Einzelvergleich des unterschiedlichen NA-Verhaltens zur Baseline wird deutlich, dass lediglich in der Display 3s-Variante mehr Fahrfehler gemacht werden als in der Baseline-Bedingung ($\chi^2=9,108$; $p=,000$). In den Fällen, in denen die Nebenaufgabe ausgelassen wird und bei Bearbeitungen in der Okklusions- und Display 5s-Variante werden vergleichbar wenige Fahrfehler verursacht.

Der geringe Anteil von Fahrfehlern in der Okklusionsbedingung mit Nebenaufgabenbearbeitung ist auf die vergleichsweise kurze Bearbeitungsdauer (unter 2s) zurückzuführen. Die Fahrer scheinen sich bewusst zu sein, dass sie aufgrund der fehlenden Möglichkeiten zur Überwachung der Fahraufgabe einem erhöhten Risiko ausgesetzt sind. In dem einen Fall, in dem ein Fahrfehler aufgetreten ist, beträgt die Bearbeitungszeit 5s. Der Fahrer hat den bevorstehenden Konflikt scheinbar vorab nicht antizipiert und ist anschließend komplett „blind“ durch die Situation gefahren. Der ebenfalls vergleichsweise geringe Fehleranteil in der Display 5s-Variante ist vor allem auf die geringere Aufgabendringlichkeit zurückzuführen. Aufgrund der Tatsache, dass die Fahrer dieser Bedingung den Aufgabenbeginn stärker verzögern können, haben sie bessere Möglichkeiten, den bevorstehenden Konflikt zu erkennen und durch eine angemessene Geschwindigkeitsreduktion zu entschärfen. Lediglich die Fahrer, die diese Möglichkeit nicht genutzt haben, sondern vergleichbar schnell mit der Aufgabe begonnen haben, verursachen in dieser Situation Fahrfehler.

7.3.8.2 Situation „Einparker“

In der Situation „Einparker“ wurde eine kritische $TTC < 1$ s und/oder eine kritische Verzögerung > 8 m/s² als Fahrfehler definiert. Insgesamt tritt dieser Fehler mit n=8 eher selten auf, am häufigsten davon in der schweren Situationsvariante, in der das vorausfahrende Fahrzeug relativ abrupt blinkt, abbremst und dann an einer Bushaltestelle einparkt (n=6; signifikanter Einfluss der Situationsabstufung auf die Anzahl Fahrfehler: $\chi^2=11,733$; $p=,002$).

Wird die Aufgabe in den beiden Display-Varianten bearbeitet, ergibt sich augenscheinlich ein höherer Anteil von Fahrfehlern, der aufgrund der geringen Fallanzahl allerdings nicht signifikant wird ($\chi^2=4,028$; $p=,402$). Auffällig ist, dass in der Okklusionsvariante grundsätzlich am häufigsten Aufgaben ausgelassen werden (bis 35%), während in den beiden Display-Varianten die Aufgabe meistens bearbeitet

wird (tendenziell signifikanter Einfluss der NA-Varianten auf Anzahl Auslassungen: $\chi^2=5,432$; $p=,066$).

Selbst wenn die NA in der Okklusionsbedingung bearbeitet wird, resultieren aufgrund der geringen Bearbeitungsdauern (1,5 s) keine Fahrfehler. In der Display 3s-Variante wird die NA in Situationen mit vs. ohne Fahrfehler vergleichbar lange ausgeführt. In der Display 5s-Variante resultiert der eine aufgetretene Fahrfehler aus einer übermäßig langen Bearbeitung von 5 s. Der Fahrer hat hier versucht, beide Aufgaben parallel zu bearbeiten. Die Entscheidungsdauern sind insgesamt eher kurz und in Situationen mit vs. ohne Fahrfehler vergleichbar. Auch in der Display 5s-Variante wird die geringere Aufgabendringlichkeit nicht ausgenutzt.

7.3.8.3 Situation „Ausparker“

In der Situation „Ausparker“ wurde ein kritischer Abstand < 1 m als Fahrfehler definiert. Dieser Fahrfehler ereignet sich insgesamt 33mal, davon vergleichbar häufig in allen drei Situationsabstufungen (kein signifikanter Einfluss der Situationsabstufung auf Fahrfehler: $\chi^2=7,524$; $p=,111$).

In den Situationen mit NA-Bearbeitung steigt der Anteil an Fahrfehlern leicht, jedoch nicht signifikant ($\chi^2=3,869$; $p=,424$). Allerdings ergibt sich hier ein signifikanter Einfluss der Nebenaufgabenbearbeitung auf die Anzahl Kollisionen: In allen Versuchsbedingungen, in denen die Nebenaufgabe bearbeitet wird, liegt der Anteil der aufgetretenen Kollisionen höher als in der Baseline (signifikanter Haupteffekt „NA-Verhalten“: $\chi^2=5,716$; $p=,022$). Wiederum ist der Anteil an ausgelassenen Aufgaben in der Okklusionsbedingung am größten (tendenziell signifikanter Einfluss der NA-Varianten auf Anzahl Auslassungen: $\chi^2=4,613$; $p=,099$).

In der Okklusionsbedingung wird eine übermäßig lange Bearbeitungsdauer in den Fällen mit Fahrfehlern deutlich, die im Schnitt über 2 s liegt. In den beiden Display-Varianten liegen die Bearbeitungsdauern insgesamt höher, zeigen sich jedoch unbeeinflusst davon, ob ein Fahrfehler aufgetreten ist oder nicht. Allerdings wird in den Situationen mit Fahrfehler in allen Versuchsbedingungen im Vergleich zu Situationen, in denen kein Fahrfehler aufgetreten ist, etwas kürzer mit dem Beginn der Aufgabe gewartet.

7.3.8.4 Situation „Fremder“

In der Situation „Fremder“ war als Fahrfehler ein kritischer Abstand < 1 m und/oder eine kritische Verzögerung > 8 m/s² definiert. Dieser Fahrfehler tritt insgesamt 74mal auf. Dies entspricht einem Anteil von 57,8% der Situationen, davon mit $n=26$ am häufigsten in der mittleren Situationsvariante sowie vergleichbar viel in der schweren und leichten Variante ($n=18$ mal; signifikanter Einfluss der Situationsvariante auf Fahrfehler: $\chi^2=11,733$; $p=,008$). Die Situation ist demnach grundsätzlich eher schwierig und nur mit einer abrupten Fahrerreaktion zu bewältigen.

Allerdings wird erkennbar, dass die zusätzliche Ausführung einer Nebenaufgabe zu keiner weiteren Erhöhung des Fahrfehleranteils in dieser Situation führt. Der globale Vergleich über das unterschiedliche NA-Verhalten zeigt keinen signifikanten

Unterschied ($\chi^2=4,844$; $p=,304$). Insgesamt wird in dieser Situation in der Okklusionsbedingung in über 50% der Fälle die Aufgabe ausgelassen. Die beiden Display-Varianten bearbeiten die Aufgabe zwar häufiger, setzen sich dadurch aber keinem erhöhten Risiko aus (signifikanter Einfluss der NA-Varianten auf Anzahl Auslassungen: $\chi^2=7,457$; $p=,024$).

Das Konfliktpotenzial dieser Situation kann im Voraus sehr gut antizipiert werden, so dass die Fahrer in allen Versuchsbedingungen die Aufgabe nur sehr kurz ausführen. An den insgesamt deutlich längeren Entscheidungszeiten in der Display 5s-Variante wird deutlich, dass die Probanden in dieser Situation versuchen, durch ein Hinauszögern des Aufgabenbeginns die Situationskritikalität zu entschärfen. Unterschiede bezüglich der Entscheidungsdauern zwischen Situationen mit vs. ohne Fahrfehler scheint es hierbei jedoch nicht zu geben.

7.3.8.5 Situation „Einordnen“

In der Situation „Einordnen“ wurde das Einordnen in den falschen Fahrstreifen (d.h. rechter Fahrstreifen statt linkem zum Geradeausfahren) als Fehler gewertet. Dieser Fehler ereignet sich insgesamt $n=30$ mal (31,3% der Situationen), davon in über der Hälfte der Fälle in der schweren Variante ($n=17$), in der der richtige Fahrstreifen nur aus dem Verhalten der anderen Fahrzeuge ersichtlich wird und keine weiteren Schilder bzw. Fahrbahnmarkierungen zur Verfügung stehen (signifikanter Einfluss der Situationsabstufung auf Fahrfehler: $\chi^2=12,509$; $p=,002$).

Die Fahrer der Okklusionsvariante bearbeiten die Nebenaufgabe im Vergleich zu den Displayvarianten seltener. Dabei scheint die Display 5s-Variante in dieser Situation wiederum einen Vorteil zu haben, da sie mit dem Beginn der Aufgabe warten kann, bis sie sich orientiert und eingeordnet hat (tendenziell signifikanter Einfluss der NA-Varianten auf Anzahl Auslassungen: $\chi^2=4,547$; $p=,103$).

Die Beschäftigung mit der Nebenaufgabe führt in dieser Situation zu keiner Erhöhung der Fehlerwahrscheinlichkeit (kein signifikanter Einfluss des NA-Verhaltens: $\chi^2=1,241$; $p=,871$). Die Schwierigkeit in dieser Situation resultiert hier vor allem daraus, dass das Einordnen auf den linken Fahrstreifen zum Geradeausfahren dem typischen Schema zum Einordnen an einer Kreuzung widerspricht. In der Regel können beide oder lediglich der rechte Streifen zum Geradeausfahren genutzt werden. Selbst wenn entsprechende Hinweisreize gegeben sind, neigt der Fahrer daher dazu, sich entsprechend des prototypischen Verhaltens rechts einzuordnen. Die Schwierigkeit besteht in dieser Situation also bereits a priori und ist unabhängig von der Beschäftigung mit der Nebenaufgabe.

7.3.8.6 Situation „Panne“

In der Situation „Panne“ wurde ein kritischer Abstand < 1 m zum Pannenfahrzeug als Fahrfehler definiert. Dieser Fehler tritt insgesamt 34mal auf, davon am häufigsten in der schweren ($n=15$) und der mittleren Variante ($n=12$; tendenziell signifikanter Einfluss der Situationsabstufung auf Fahrfehler: $\chi^2=6,710$; $p=,082$). Alle drei NA-Varianten lassen hier vergleichbar viele Aufgaben aus (kein signifikanter Einfluss der NA-Varianten auf Anzahl Auslassungen: $\chi^2=,0309$; $p=,857$).

Allerdings kann ein signifikanter Einfluss des NA-Verhaltens auf den Anteil an Fahrfehlern gefunden werden ($\text{Chi}^2=9,856$; $p=.043$). Für alle Bedingungen, in denen die Nebenaufgabe bearbeitet wird, ergibt sich eine signifikante Erhöhung der Fahrfehler (Okklusion bearbeitet: $\text{Chi}^2=5,361$; $p=.021$; Display 3s bearbeitet: $\text{Chi}^2=12,382$; $p=.000$; Display 5s bearbeitet: $\text{Chi}^2=4,231$; $p=.040$). Auffällig ist allerdings, dass auch in den Situationen, in denen die Nebenaufgabe ausgelassen wird, eine erhöhte Fehlerwahrscheinlichkeit resultiert (NA ausgelassen: $\text{Chi}^2=8,767$; $p=.003$). Die kognitive Beschäftigung mit der Frage, ob eine Nebenaufgabe ausgeführt werden soll oder nicht, scheint demnach bereits dazu zu führen, dass die Fahrer verspätet auf eine kritische Situation reagieren, auch wenn die Aufgabe dann nicht bearbeitet wird.

In allen drei NA-Varianten wird die NA in den Situationen mit Fahrfehlern deutlich länger ausgeführt. Zudem sind in der Display-5s Variante die Entscheidungszeiten in den Situationen mit Fehler vergleichbar kurz wie in den anderen Bedingungen, d.h. die Fahrer haben hier die geringere Aufgabendringlichkeit nicht ausgenutzt. In den Situationen, in denen kein Fahrfehler resultiert, haben sie dagegen den Aufgabenbeginn stärker verzögert.

7.3.8.7 Fazit

Tabelle 7-7 fasst die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen dem Bedienverhalten und den Fahrfehlern in den Einzelsituationen nochmals zusammen. Insgesamt zeigt sich, dass die verschiedenen Situationen unterschiedlich sensitiv auf die Beschäftigung mit Nebenaufgaben reagieren. So führt die zusätzliche Ausführung der Nebenaufgabe in folgenden Situationen zu einer signifikanten Erhöhung des Anteils von Fahrfehlern:

- Fußgänger (Erhöhung der Anzahl von Gefährdungen des Fußgängers; vor allem in der Situation ohne Überweg)
- Ausparker (Erhöhung der Anzahl von Kollisionen)
- Panne (Erhöhung der Anzahl von kritischen Abständen zum Pannenfahrzeug)

In allen diesen Situationen geht die Kritikalität von Situationselementen aus, die ein extrem unwahrscheinliches Verhalten zeigen und daher vorab als nicht handlungsrelevant klassifiziert wurden. Solche Situationen werden nicht per se als kritisch interpretiert und daher die Nebenaufgabenbearbeitung als unbedenklich eingeschätzt. Folglich werden die entsprechenden Reize nach der anfänglichen Situationseinschätzung als irrelevant für die weitere Situationsentwicklung betrachtet und aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten zur Kontrolle der Fahrsituation während der Nebenaufgabenbearbeitung nicht weiter beobachtet. Eine unerwartete Situationsentwicklung, z.B. dass der Fußgänger doch losläuft oder das parkende Fahrzeug doch ausparkt, wird dann jedoch zu spät oder gar nicht bemerkt, weil diese Möglichkeit vorab nicht in Betracht gezogen worden ist und die Aufmerksamkeit daher nicht auf diesen Teilbereich der Umwelt gerichtet ist. Die Folge ist eine verspätete Fahrerreaktion und somit eine erhöhte Anzahl von Fahrfehlern.

Andere Situationen zeigen demgegenüber keine erhöhte Sensitivität gegenüber der Nebenaufgabenausführung. Unabhängig von der generellen Schwierigkeit der Fahrsituation führt die Bearbeitung der Nebenaufgabe hier zu keiner weiteren Erhöhung des Fahrfehleranteils:

- Fremder (keine Erhöhung kritischer Abstände bzw. kritischer Verzögerungen)
- Einparker (keine Erhöhung kritischer TTC bzw. kritischer Verzögerungen)
- Einordnen (keine Erhöhung der Häufigkeit falschen Einordnens)

Den Situationen „Fremder“ und „Einparker“ ist gemein, dass die Kritikalität der Situation von einem vorausfahrenden Fahrzeug ausgeht, das in der Regel immer als potenziell handlungsrelevant betrachtet wird. Daher liegt es bereits im Zentrum der Aufmerksamkeit. Auch wenn die Situation zunächst fälschlicherweise als unkritisch interpretiert wird und daraufhin die Nebenaufgabe begonnen wird, wird dieser potenziell relevante Reiz weiter beobachtet. Eine unerwartete Situationsentwicklung kann daraufhin früher bemerkt und mit einer entsprechenden Verhaltensanpassung (Abbruch der Nebenaufgabe und Bremsung) reagiert werden.

Die Situation „Einordnen“ stellt in diesem Zusammenhang einen Sonderfall dar, da hier keine dynamische Situationsentwicklung stattfindet, die während der Nebenaufgabenbearbeitung beobachtet werden muss. Vielmehr besteht die Schwierigkeit dieser Situation darin, dass die Situation a priori dem typischen Schema des Einordnens an einer Kreuzung widerspricht und daher die Situationseinschätzung generell erschwert ist. Diese Schwierigkeit ist unabhängig davon, ob sich der Fahrer mit der Nebenaufgabe beschäftigt oder nicht.

Tabelle 7-7: Zusammenfassung des Zusammenhangs zwischen Bedienverhalten und Fahrfehlern in den Einzelsituationen.

| Situation | Anteil Auslassungen | Fahrfehlerhäufigkeit | NA-Bearbeitung + Fahrfehler | Bearb./Entsch.dauer + Fahrfehler |
|------------------|--|---|---|--|
| Fußgänger | Insgesamt hoch (38%), v.a. Okklusion + Display 3 s | gering, wenn dann in schwerer Sit-Variante | Mehr FF nur bei NA-Bearbeitung in Display 3s | Wenn FF in Okk, dann dort, wo sehr lange bearbeitet wurde, wenn FF in Display 5s dann dort, wo weniger lang gewartet wurde |
| Einparker | Insgesamt niedrig (21%), v.a. in Display-Varianten | gering, wenn dann in schwerer Variante | Kein sign. Einfluss auf FF | Wenn FF in Display 5s, dann dort, wo sehr lange bearbeitet wurde; in Okk+Display 3 s kein Einfluss auf FF |
| Ausparker | Insgesamt niedrig (20%), höher nur in Okklusion | hoch, vergleichbar über alle Varianten | Kein sign. Einfluss auf FF, aber mehr Kollisionen in allen NA-Varianten | Wenn FF in Okk, dann dort, wo länger als 2 s bearbeitet wurde; wenn FF dann insgesamt dort, wo weniger lang gewartet wurde |
| Fremder | Insgesamt hoch (36%), v.a. in Okklusion | sehr hoch (sehr kritische Gestaltung der Situation), vergleichbar über alle Varianten | Kein sign. Einfluss auf FF | Insgesamt kurz bearbeitet; besonders lange gewartet in Display 5s |
| Einordnen | Insgesamt niedrig (20%), höher nur in Okklusion, besonders niedrig in Display 5s | hoch, aber nur in schwerer Variante | Kein sign. Einfluss auf FF | lange Bearbeitungen aufgrund längerer Wartemöglichkeiten v.a. in Display 5s |
| Panne | Insgesamt niedrig (22%), vergleichbar über alle Varianten | hoch, v.a. in schwerer und mittlerer Variante | Mehr FF bei NA-Bearbeitung in allen NA-Varianten | wenn FF, dann dort wo sehr lange bearbeitet wurde, wenn FF in Display 5s, dann dort, wo weniger lange gewartet wurde |

7.3.9 Situationen mit zweitem Handlungsstrang

In ausgewählten Situationen wurde eine Situationsvariante realisiert, in der ein sog. zweiter Handlungsstrang beachtet werden muss, der ebenfalls potenziell relevant für den Fahrer werden kann und daher in die Situationseinschätzung einbezogen werden muss.

7.3.9.1 Situation Fußgänger

In der Situation „Fußgänger“ besteht der zweite Handlungsstrang darin, dass vor der Annäherung an den Fußgängerüberweg die Fahrbahn durch parkende Fahrzeuge verengt ist und der Fahrer entgegen kommendem Verkehr Vorfahrt gewähren muss, bevor er weiterfahren kann. Wie sich in der Abbildung 7-34 links zeigt, führt dieser zweite Handlungsstrang zu einer vergleichbaren Häufigkeit von Auslassungen wie in der leichten Variante (41,67% in leichter Variante vs. 37,50% in Variante mit Gegenverkehr). Die erhöhte Schwierigkeit dieser Situation kann von den Fahrern demnach gut antizipiert werden.

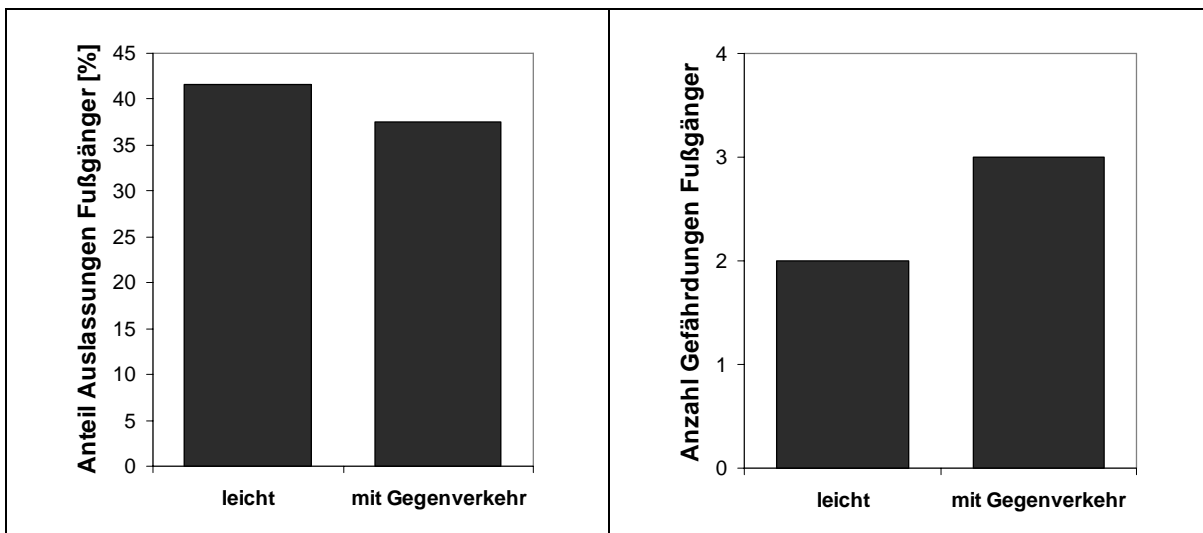


Abbildung 7-34: Häufigkeit von Auslassungen und Gefährdungen von Fußgängern in der Situation „Fußgänger“ für die Situationsvarianten „leicht“ bzw. mit zweitem Handlungsstrang (zusätzlicher Gegenverkehr).

Im Vergleich der Fahrfehler wird deutlich, dass durch diese erhöhte Schwierigkeit keine bedeutsam größere Anzahl von Gefährdungen des Fußgängers auftritt (2 vs. 3 Gefährdungen), vermutlich aufgrund der Tatsache, dass die Fahrer in dieser Situation sogar eher noch langsamer an die Situation heranzufahren und häufig die Aufgabe auslassen. Insgesamt stellt der zweite Handlungsstrang in dieser Situation somit keine erhöhte Schwierigkeit für den Fahrer dar.

7.3.9.2 Situation Ausparker

In der Situation „Ausparker“ wird der zweite Handlungsstrang so realisiert, dass vor dem ausparkenden Fahrzeug zunächst ein vorausfahrendes Fahrzeug einparkt und

die Gefahr besteht, dass der Fahrer sich daraufhin zu stark auf dieses Fahrzeug konzentriert und den Ausparker nicht rechtzeitig bemerkt.

Im Vergleich der Häufigkeit von Auslassungen ist erkennbar, dass die Fahrer in der Lage sind, diese Situation im Voraus zu antizipieren und sich durch den zweiten Handlungsstrang nicht ablenken lassen (41,50% vs. 48,20% Auslassungen; siehe Abbildung 7-35). Durch die erforderliche Geschwindigkeitsreduktion vor dem Einparkenden resultieren sogar eher weniger Fahrfehler. Auch die Anzahl der Kollisionen ist mit $n=2$ im Vergleich zu $n=4$ Kollisionen in der leichten Variante deutlich reduziert.

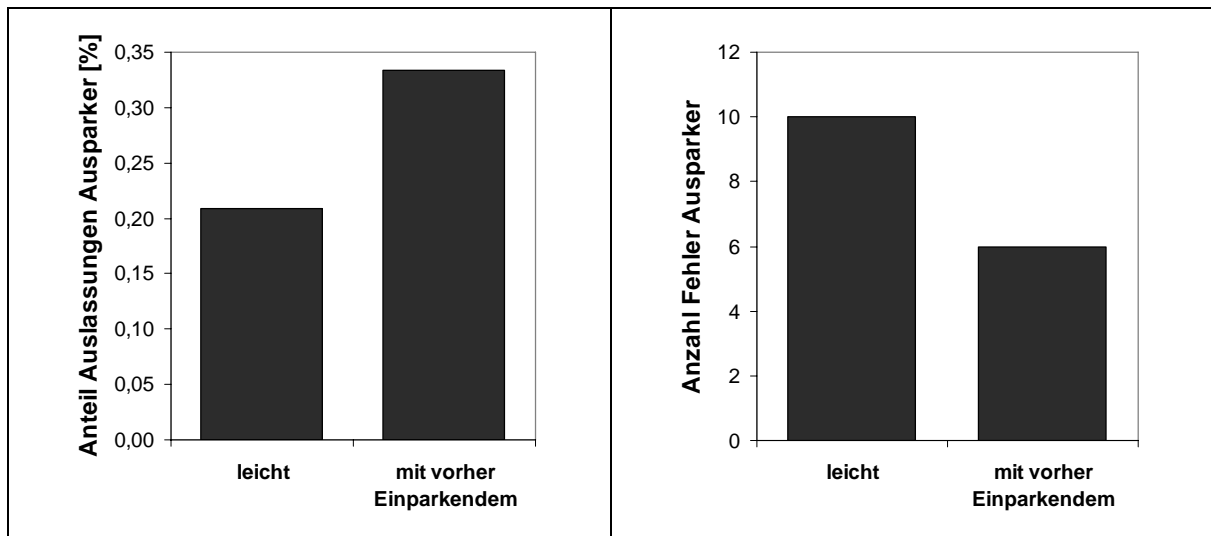


Abbildung 7-35: Häufigkeit von Auslassungen und Häufigkeit kritischer Abstände ($< 1\text{m}$) in der Situation „Ausparker“ für die Situationsvarianten „leicht“ bzw. mit zweitem Handlungsstrang (vorher einparkendes Fahrzeug).

7.3.9.3 Situation Panne

In der Situation „Panne“ besteht der zweite Handlungsstrang aus einem Fahrzeug, das in der Annäherung an das Pannenfahrzeug hinter dem EGO-Fahrzeug zum Überholen ansetzt. Der Fahrer muss dieses Fahrzeug im Rückspiegel oder Seitenspiegel wahrnehmen und es vorbeilassen, bevor er selbst ein Ausweichmanöver um das Pannenfahrzeug einleitet.

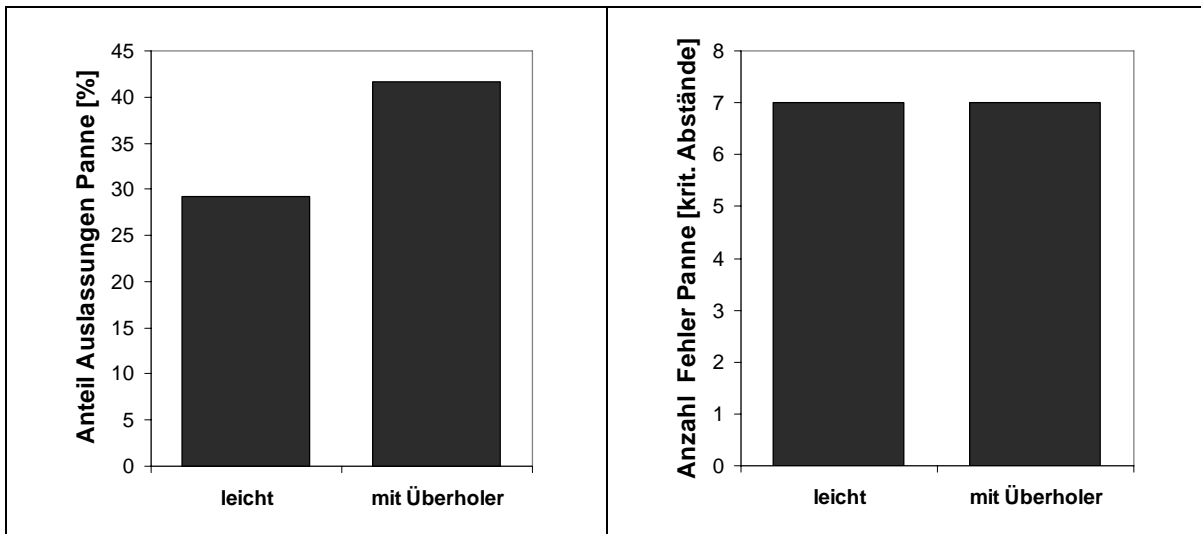


Abbildung 7-36: Häufigkeit von Auslassungen und Fahrfehlern (kritische Abstände < 1 m zum Vorderfahrzeug) in der Situation „Panne“ für die Situationsvarianten „leicht“ bzw. mit zweitem Handlungsstrang (mit überholendem Fahrzeug).

An der Häufigkeit der Auslassungen wird deutlich, dass der Großteil der Fahrer die erhöhte Komplexität der Situation erkennt und daher die Aufgabe häufiger auslässt (29,2% vs. 41,2% Auslassungen). Im Vergleich zur leichten Variante ergibt sich keine erhöhte Anzahl von kritischen Abständen zum Pannenfahrzeug (siehe Abbildung 7-36).

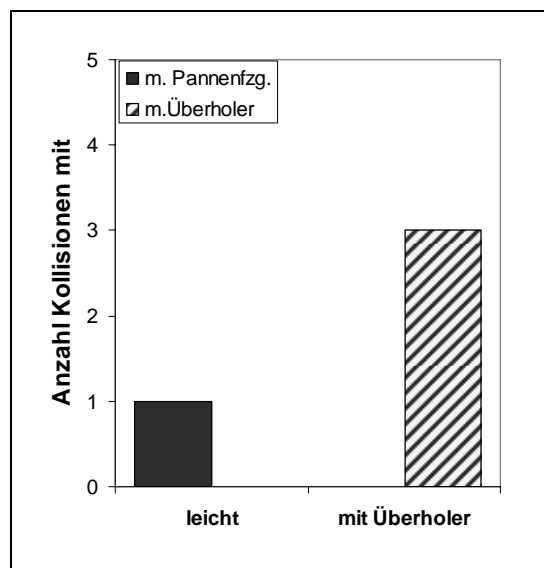


Abbildung 7-37: Häufigkeit von Kollisionen mit dem Pannenfahrzeug bzw. mit dem überholenden Fahrzeug in der Situation „Panne“ im Vergleich von leichter Situationsvariante und Variante mit zweitem Handlungsstrang (mit überholendem Fahrzeug).

Bei einem Blick auf die Kollisionen allerdings (siehe Abbildung 7-37) wird deutlich, dass in der leichten Variante lediglich einmal auf das Pannenfahrzeug aufgefahren wird (der Proband hatte das Fahrzeug aufgrund der Beschäftigung mit der

Nebenaufgabe überhaupt nicht bemerkt und fuhr ungebremst durch das Fahrzeug hindurch). In der Variante mit Überholer resultieren dagegen drei Kollisionen mit dem überholenden Fahrzeug. Diese Situation stellt für manche Fahrer aufgrund der gleichzeitigen Beachtung des vorderen und rückwärtigen Verkehrs und der Entscheidung über die Nebenaufgabe also ein Problem dar.

7.3.9.4 Fazit

Insgesamt werden in dieser Studie Situationen mit einem zweiten Handlungsstrang sehr gut bewältigt. Die Fahrer scheinen die dadurch entstehende erhöhte Komplexität gut antizipieren zu können. Durch ein Auslassen der zusätzlich belastenden Nebenaufgabe können die beiden Handlungsstränge weitgehend sequenziell abgearbeitet werden. In der Pannensituation jedoch, in denen tatsächlich simultan verschiedene potenziell relevante Situationselemente gleichzeitig beachtet werden müssen (der vorausfahrende und der rückwärtige Verkehr) und zusätzlich die Entscheidung im Umgang mit der Nebenaufgabe gefällt werden muss, werden die Probleme der Fahrer mit solchen Situationen deutlich.

7.3.10 Subjektive Bewertung von Fahr- und Nebenaufgabe

Die subjektive Bewertung der Fahraufgabe wird getrennt für die einzelnen NA-Varianten sowie die Baseline-Bedingung betrachtet. Dabei ergeben sich globale Unterschiede in der Beurteilung der Anstrengung, die für die Fahraufgabe aufgebracht werden muss ($F[2;28]=3,119$; $p=,042$) sowie in der wahrgenommenen Güte der Fahrleistung ($F[2;28]=6,109$; $p=,002$). In nachgeschobenen T-Tests zeigt sich, dass die Probanden der Display 5s-Variante das Fahren im Vergleich zur Baseline ($t=-2,223$; $df=14$; $p=,043$) und zur Okklusionsbedingung ($t=-,3071$; $df=14$; $p=,008$) signifikant anstrenger wahrnehmen. Die eigene Fahrleistung bewerten die Fahrer der Okklusions-Variante und der Display 3s-Variante signifikant schlechter als die Baseline-Bedingung (Baseline-Okklusion: $t=2,813$; $df=14$; $p=,014$; Baseline-Display 3s: $t=2,611$; $df=14$; $p=,021$) und als die Display 5s-Variante (Okklusion-Display 5s: $t=-3,305$; $df=14$; $p=,005$; Display 3s-Display 5s: $t=-3,118$; $df=14$; $p=,008$).

Die Nebenaufgabe wird nur bezüglich der Verschränkung mit der Fahraufgabe signifikant unterschiedlich bewertet ($F[2;21]=5,486$; $p=,012$). Hier haben wiederum die Fahrer der Display 5s-Variante einen Vorteil gegenüber der Okklusions- und der Display 3s-Variante (Okklusion-5s: $t=-3,000$; $df=14$; $p=,005$; 3s-5s: $t=-1,926$; $df=14$; $p=,075$). Tendenziell unterscheiden sich die NA-Varianten in der wahrgenommenen Anstrengung bei der Verschränkung der beiden Aufgaben ($F[2;21]=3,1616$; $p=,063$) sowie der Beeinträchtigung des Reaktionsvermögens in kritischen Situationen durch die Beschäftigung mit der Nebenaufgabe ($F[2;21]=3,017$; $p=,071$). Weitere bedeutsame Unterschiede in der Bewertung von Fahr- und Nebenaufgabe ergeben sich nicht.

7.3.11 Individuelle Unterschiede

7.3.11.1 Unterschiedliche Bearbeitungsstrategien

Insgesamt ist festzustellen, dass innerhalb der Stichprobe eine große interindividuelle Varianz im Umgang mit der Nebenaufgabe sowohl hinsichtlich der Bearbeitungshäufigkeit (1-Anzahl Auslassungen), der Bearbeitungsdauer, der Entscheidungsdauer als auch der Fehlerhäufigkeit besteht. Bezüglich der Bearbeitungshäufigkeit reicht die Varianz von einem kompletten Aufgabenverweigerer (Anteil Auslassungen 93%), über Probanden, die ca. die Hälfte aller Aufgaben auslassen ($n=3$; um die 50% Auslassungen) bis zu Probanden, die ca. drei Viertel aller Aufgaben ausführen ($n=9$ Probanden, 20-35% Auslassungen) und solchen, die nahezu alle Aufgaben bearbeiten ($n=11$; maximal 15% Auslassungen). Auch bezüglich der mittleren Bearbeitungsdauern bestehen große interindividuelle Unterschiede. Während $n=3$ Probanden die Aufgabe nahezu immer bis zum Maximum von 5s bearbeiten bzw. $n=6$ Probanden zumindest im Schnitt über 2,5 s, bearbeiten $n=9$ Fahrer die Aufgaben eher mittel lange im Bereich von 1,5 bis 2,5 s bzw. $n=6$ Fahrer mit im Schnitt unter 1,5 s jeweils nur sehr kurz. Hierbei ist allerdings die Zugehörigkeit zur jeweiligen NA-Variante zu berücksichtigen.

Zur Überprüfung, ob spezifische Strategien im Umgang mit der Nebenaufgabe identifiziert werden können, wurden im Folgenden Korrelationen zwischen den vier verschiedenen NA-Parametern berechnet. Dabei zeigt sich folgendes Muster: Fahrer, die sich länger Zeit für die Annahme der Aufgabe lassen und diese zum Abwarten der Situationsentwicklung nutzen, können sich im Anschluss länger mit der Nebenaufgabe beschäftigen ($r=,577$; $p=,006$; nach Ausschluss von $n=3$ Ausreißern). Die Wahrscheinlichkeit von Fehlern in der Nebenaufgabe steigt nicht zwangsläufig an, wenn die Nebenaufgabe oft bearbeitet wird ($r=-,176$; $p=,410$). Der Großteil der Probanden macht trotz häufiger Bearbeitung kaum Fehler in der Nebenaufgabe.

Im Gegensatz dazu gibt es jedoch einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen der Fehleranzahl und der Dauer der Beschäftigung mit der Nebenaufgabe ($r=,583$; $p=,003$). Fahrer, die sich länger mit der Nebenaufgabe beschäftigen, verursachen mehr Fehler in der Nebenaufgabe. Vermutlich geraten diese häufiger in Situationen, in denen sie zu spät die Kritikalität der Situation bemerken und dann mit der zusätzlichen Nebenaufgabe überfordert sind.

Keine signifikanten Zusammenhänge lassen sich zwischen der Entscheidungsdauer und der Häufigkeit von Nebenaufgabenfehlern ($r=,043$; $p=,842$) sowie zwischen der Entscheidungsdauer und der Bearbeitungshäufigkeit ($r=,249$; $p=,240$) finden. Fahrer, die sich also generell mehr Zeit bei der Entscheidung für eine Aufgabe lassen, sind nicht zwangsläufig diejenigen, die öfter eine Nebenaufgabe bearbeiten.

Besonders hervorzuheben ist, dass sich zwischen der Bearbeitungshäufigkeit (1-Anzahl Auslassungen) und der mittleren Bearbeitungsdauer keine signifikante Korrelation finden lässt ($r=,262$; $p=,216$). Dieses Ergebnis legt nahe, dass es sich hierbei um zwei unabhängige Kompensationsstrategien handelt, die getrennt voneinander eingesetzt werden.

7.3.11.2 Vorhersage von Fahrfehlern aus Bedien- und Fahrverhalten

Zur Überprüfung des Einflusses des individuellen Nebenaufgaben- und Fahrverhaltens auf die Häufigkeit von Fahrfehlern (kritische Abstände/Verzögerungen/Kollisionen) wurde die Stichprobe in zwei Gruppen von Fahrern mit wenigen gegenüber eher vielen Fahrfehlern aufgeteilt (über Mediansplit; Median=7.0 Fehler). Deren Mittelwerte wurden in verschiedenen Nebenaufgaben- und Fahrparametern über T-Tests miteinander verglichen (siehe Tabelle 7-8).

Tabelle 7-8: Ergebnisse der Vergleiche von Fahrern mit vielen vs. wenigen Fahrfehlern (über Mediansplit der Stichprobe) bezüglich NA- und Fahrparametern über t-Tests.

| Test bei unabhängigen Stichproben | T-Test für die Mittelwertgleichheit | | | Interpretation |
|---------------------------------------|-------------------------------------|----|-----------------|--|
| | T | df | Sig. (2-seitig) | |
| Fehler_NA_mean | -1,919 | 22 | 0,068 | je mehr FF, desto mehr NA-Fehler resultieren |
| Bearbeitungsdauer_mean | -2,543 | 22 | 0,019 | je länger bearbeitet desto mehr FF |
| ausgelassen_mean | 1,554 | 22 | 0,135 | |
| Entscheidungsdauer_mean | 1,147 | 22 | 0,156 | |
| LateralDistance_sd_Bedienphase | -2,679 | 22 | 0,014 | je schlechter die Spurhaltung, desto mehr FF |
| ax_min_Bearbeitungsphase | 2,598 | 22 | 0,016 | je stärker die Verzögerungen, desto mehr FF |
| LateralDistance_sd_Entscheidungsphase | 1,155 | 22 | 0,260 | |
| ax_min_Entscheidungsphase | -0,588 | 22 | 0,562 | |
| LateralDistance_sd_gesamt | -0,163 | 22 | 0,872 | |
| ax_min_gesamt | 0,056 | 22 | 0,956 | |
| v_mean_bearbeitungsphase_kmh | 0,606 | 22 | 0,551 | |
| v_mean_entscheidungsphase_kmh | -1,941 | 22 | 0,065 | je schneller vor der NA-Bearbeitung, desto mehr FF |
| v_mean_gesamt_kmh | -1,164 | 22 | 0,257 | |
| Aufgabenbeginn_nachKurvenbeginn | -1,548 | 22 | 0,136 | |
| LatDis_kritisch_0.8_AO | -0,600 | 22 | 0,555 | |

Die Fahrergruppen mit vielen gegenüber wenigen Fahrfehlern unterscheiden sich im Umgang mit der Nebenaufgabe vor allem bezüglich der Häufigkeit von Fehlern in der Nebenaufgabe: Fahrer mit vielen Fahrfehlern produzieren auch mehr Fehler in der Nebenaufgabe. Beides sind Anzeichen für eine Überforderung des Fahrers durch die Doppelaufgabensituation. Zudem gibt es Unterschiede bezüglich der Bearbeitungsdauern (Fahrer, die die NA länger bearbeiten, verursachen mehr Fahrfehler), nicht jedoch bezüglich der Bearbeitungshäufigkeit. Dies impliziert, dass vor allem für Fahrer, die zu einer längeren Beschäftigung mit der Nebenaufgabe neigen, eine erhöhte Anfälligkeit für Fahrfehler besteht. Für andere Fahrergruppen dagegen, die die Nebenaufgabe zwar ebenfalls oft, aber immer nur kurz ausführen, resultiert eine geringere Gefährdung.

Bezüglich des Fahrverhaltens unterscheiden sich Fahrer mit vielen Fahrfehlern von solchen mit wenigen Fahrfehlern unter anderem in der Spurhaltequalität während der Nebenaufgabenbearbeitung. Hierbei wirkt vermutlich die Bearbeitungsdauer als moderierende Variable, die auf beide Parameter negativ Einfluss nimmt. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Gruppen wird in der Annäherungsgeschwindigkeit an die Situation deutlich: Fahrer, die während der Entscheidungsphase schneller fahren, verursachen mehr Fahrfehler, da sie sich nicht rechtzeitig an die Kritikalität der Situation angepasst haben. Die stärkeren Verzögerungen, die daraufhin während der NA-Beschäftigung notwendig werden, führen zu höheren Fahrfehlerzahlen.

7.3.11.3 Zusammenhänge mit Personenvariablen (Alter, Geschlecht, Fahrerfahrung)

Um weitere Zusammenhänge zwischen verschiedenen Personenvariablen und dem Fahr- bzw. Bedienverhalten aufzudecken, wurden Korrelationen zwischen Alter, Geschlecht und Fahrerfahrung der Probanden und Bedien- und Fahrparametern berechnet. Dabei zeigte sich in Bezug auf das Bedienverhalten, dass ältere Fahrer mehr Aufgaben auslassen ($r=,44$; $p=,030$) und jüngere Fahrer eine größere Varianz in den Bediendauern aufweisen ($r=-,57$; $p<.000$). Bezüglich des Fahrverhaltens konnten jedoch keine Alterseinflüsse festgestellt werden. Zusammenhänge zwischen dem Geschlecht und der Fahrleistung zeigten sich lediglich in einer größeren Spurabweichung während der Nebenaufgabenbedienung für Frauen ($r=,412$; $p=,045$). Ansonsten sind Frauen und Männer sowohl bezüglich des Bedien- als auch des Fahrverhaltens vergleichbar. Bezüglich der Fahrerfahrung der Stichprobe (erfasst über km-Leistung im Leben, km-Leistung in den vergangenen 12 Monaten und Häufigkeit der PKW-Nutzung pro Woche) konnte für keinen der Bedien- und Fahrparameter ein Einfluss gefunden werden.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Stichprobe in dieser Studie bezüglich Alter, Geschlecht und Fahrerfahrung bewusst heterogen gestaltet war und Personenvariablen nicht explizit als unabhängige Variable variiert wurden.

7.3.11.4 Einstellung zur Beschäftigung mit Nebenaufgaben während der Fahrt

Zur Überprüfung der grundsätzlichen Einstellung und der Risikoeinschätzung von Nebentätigkeiten während des Fahrens und eventuellen Zusammenhängen zum Umgang mit der Nebenaufgabe wurde das Antwortverhalten in dem entsprechenden Fragebogen analysiert, den die Fahrer am Ende der Sitzung ausfüllten.

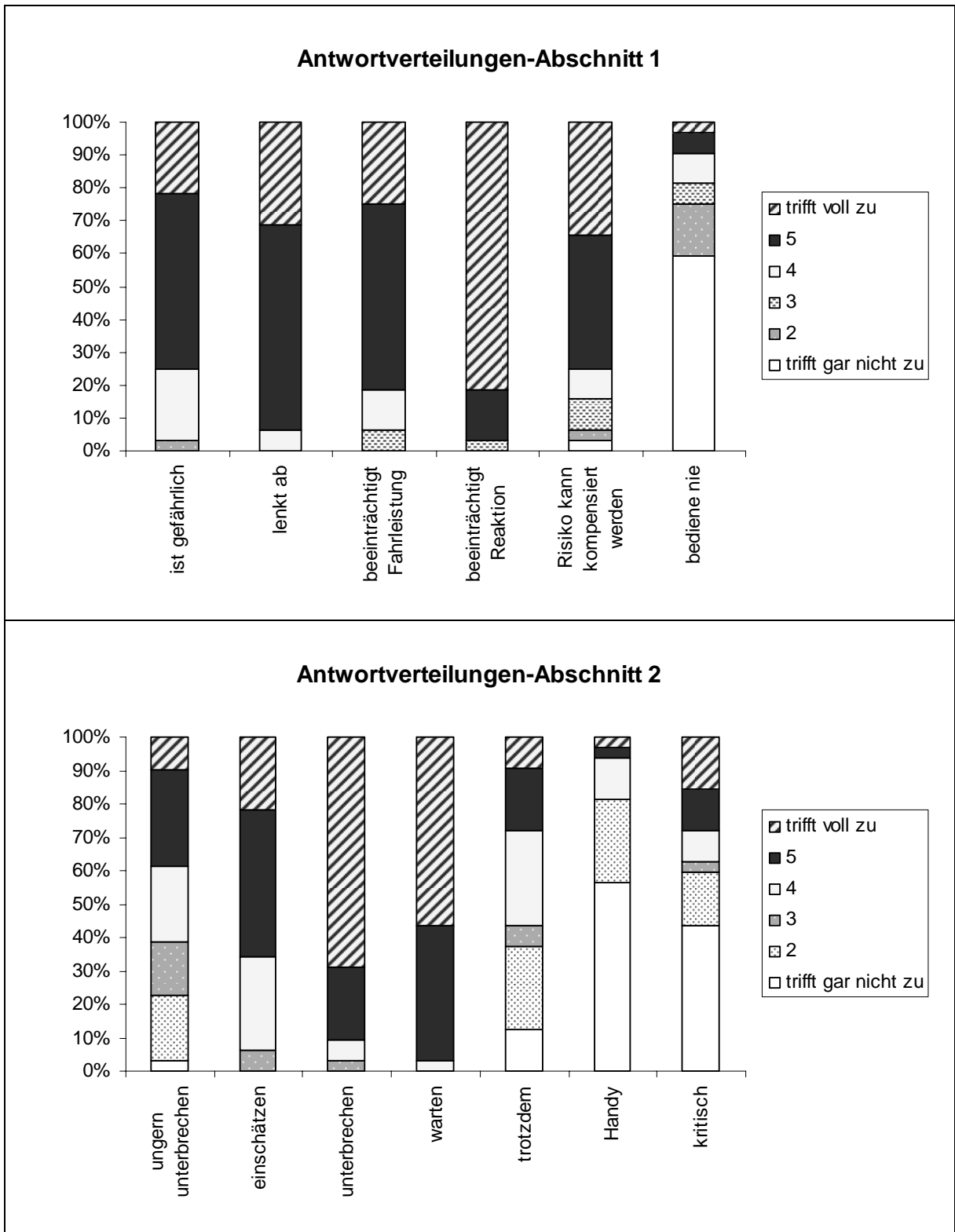


Abbildung 7-38: Antwortverteilungen für die einzelnen Items aus Abschnitt 1 „generelle Einstellung“ (oben) bzw. Abschnitt 2 „Einschätzung eigener Fähigkeiten“ (unten) des Fragebogens.

Im ersten Teil des Fragebogens zur generellen Einstellung gegenüber Nebenaufgaben (siehe Abbildung 7-38 oben) wird deutlich, dass die Fahrer übereinstimmend eine sehr kritische Haltung gegenüber der Ausführung von Nebentätigkeiten während der Fahrt einnehmen und eine Nebenaufgabe beim Fahren als eindeutig gefährlich ($m=4,91$; $sd=0,96$ bei einem Punktwert von 6= „Trifft voll zu“) und stark ablenkend bewerten ($m=5,25$; $sd=0,56$). Außerdem sind die Probanden sich darüber einig, dass das Ausführen einer Nebenaufgabe sowohl die Fahrleistung generell ($m=5,0$; $sd=,080$) als auch insbesondere das Reaktionsvermögen in kritischen Situationen stark beeinträchtigt ($m=5,75$; $sd=,062$). Allerdings geben die Probanden aber auch zum Großteil an, dass sich durch eine situationsangepasste Bearbeitung das damit verbundene Risiko deutlich reduzieren lässt ($m=4,84$; $sd=1,27$). Nur zwei Probanden stimmen dieser Aussage eher nicht zu. Entsprechend gibt auch nur ein geringer Teil der Probanden ($n=3$) an, grundsätzlich nie eine Nebentätigkeit während des Fahrens auszuführen. Der übrige Teil gibt zu, doch immer mal wieder etwas anderes neben dem Fahren zu machen ($m=1,97$; $sd=1,47$).

Beim Einschätzen der eigenen Fähigkeiten im Umgang mit einer Nebenaufgabe (Teil 2 des Fragebogens; siehe Abbildung 7-38 unten) geben die Fahrer übereinstimmend an, dass sie eine Aufgabe unterbrechen, wenn es die Situation erfordert ($m=5,56$; $sd=,078$ bei einem Punktwert von 6= „Trifft voll zu“), dass sie mit dem Beginn der Aufgabe warten, bis es die Situation zulässt ($m=5,53$; $sd=,057$) und dass sie einschätzen können, in welchen Situationen sie eine Nebenaufgabe bearbeiten können und wann nicht ($m=4,81$; $sd=,086$).

Demgegenüber lassen sich anhand der verhältnismäßig hohen Streuungen der Antworten Unterschiede zwischen den Probanden feststellen bezüglich der Neigung, sich unterbrechen zu lassen ($m=3,84$; $sd=1,39$) bzw. bezüglich der Neigung, sofort auf eine Unterbrechung zu reagieren (z.B. Handy; $m=1,91$; $sd=1,38$). Außerdem geben die Fahrer unterschiedliche Fähigkeiten darin an, sich auch in schwierigen Situationen problemlos mit einer Nebenaufgabe beschäftigen zu können ($m=2,09$; $sd=1,12$). Zudem gibt nur ein Teil der Fahrer an, nicht immer situationsangemessen zu bedienen (Frage: „ich ertappe mich manchmal dabei, dass ich eine Aufgabe ausführe, obwohl es die Situation eigentlich gerade nicht erlaubt: $m=3,44$; $sd=1,59$; bzw. Frage: „ich bin schon einmal in eine kritische Situation geraten, weil ich zu einem unangemessenen Zeitpunkt eine Nebenaufgabe ausgeführt habe: $m=2,78$; $sd=2,00$).

7.3.11.5 Risikoeinschätzung verschiedener Fahrsituationen im Hinblick auf NA-Bearbeitung

Bezüglich der Risikoeinschätzung des Ausführens von Nebentätigkeiten beim Fahren in verschiedenen Fahrsituationen wird die Bearbeitung zusammenfassend in folgenden Situationen eindeutig als gefährlich eingestuft (siehe Abbildung 7-39): Beim Überholen, im dichten Stadtverkehr, in scharfen Kurven, auf der Autobahn mit viel Verkehr, bei Autobahnauffahrten und in Baustellen. Dabei handelt es sich um Situationen, in denen sowohl motorisch als auch kognitiv höhere Anforderungen an den Fahrer gestellt sind und eine zusätzliche Belastung durch die Nebenaufgabe zu einer Überforderung des Fahrers führen kann.

In keine der Situationen wird eine Nebenaufgabe als wirklich unbedenklich bewertet (die minimale Bewertung auf der sechsstufigen Skala liegt im Schnitt bei 3). Die Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe kann zusammenfassend in folgenden Situationen noch eher als akzeptabel bezeichnet werden: Beim Folgefahren, auf einer leicht kurvigen Landstraße, in der Innenstadt bzw. auf der Autobahn bei wenig Verkehr sowie beim Fahren im Stau. Diese Situationen stellen eher geringere Anforderungen an den Fahrer, weshalb eine zusätzliche Belastung durch eine Nebenaufgabe noch eher akzeptiert wird.

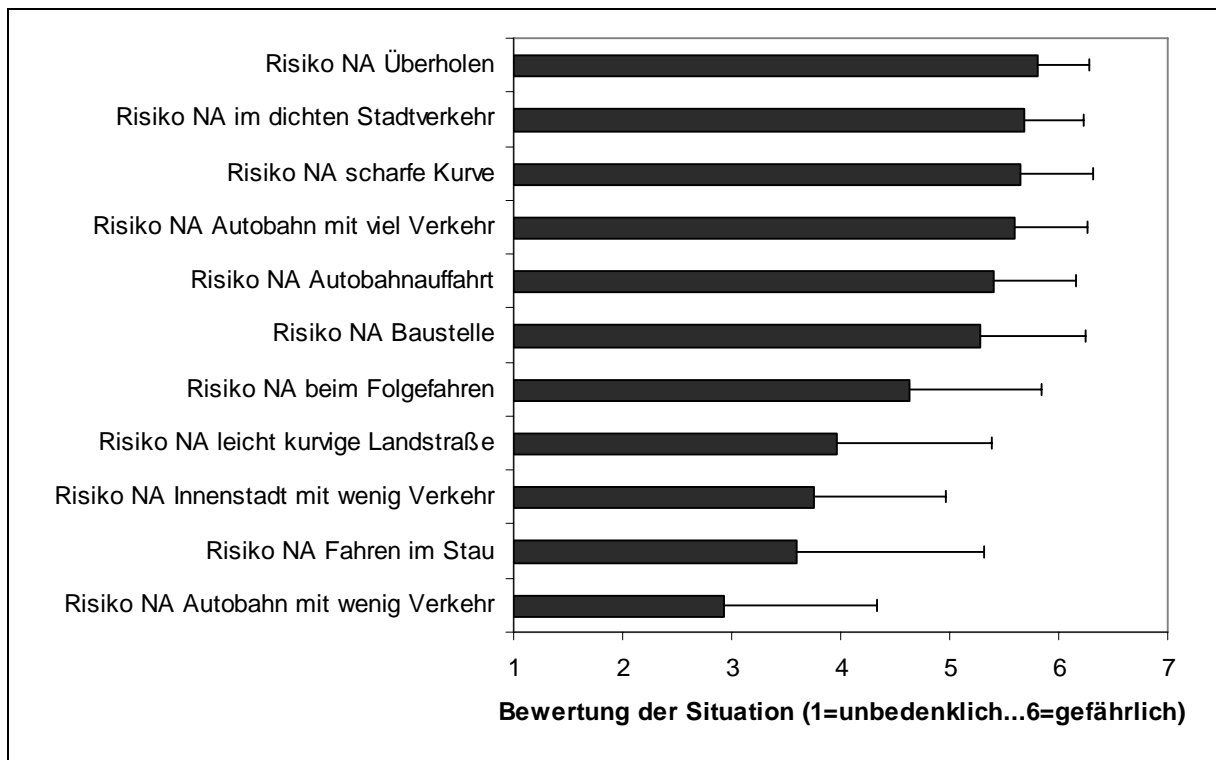


Abbildung 7-39: Risikoeinschätzung des Ausführens von Nebentätigkeiten in verschiedenen Fahrsituationen. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung.

7.3.11.6 Risikoeinschätzung verschiedener Nebenaufgaben

Bezüglich der Risikoeinschätzung verschiedener Nebentätigkeiten beim Fahren werden folgende Aufgaben eher als unbedenklich bewertet (siehe Abbildung 7-40):

- Aufgaben, die keine visuelle Abwendung von der Fahraufgabe erfordern (z.B. Radio hören, Zigarette rauchen oder mit dem Beifahrer sprechen),
- Aufgaben, die nur kurze Blickabwendungen und eine Bedienhandlung erfordern (z.B. CD einlegen, Sicherheitsgurt anlegen, Radio bedienen).

Demgegenüber werden Aufgaben, die höhere kognitive Anforderungen oder mehrere Bedienhandlungen und daher mehrere und längere Blickabwendungen erfordern, als gefährlich eingestuft (SMS schreiben/weiterleiten, Straßenkarte lesen, Termin nachschauen, Naviziel eingeben, jemanden anrufen oder ein Telefonat entgegennehmen etc.). Ähnliche Ranglisten werden auch von Patel, Ball und Jones

(2008) berichtet. Dort wurden von N=40 Probanden in einer Befragung der Gebrauch des Mobiltelefons, das Lesen einer Straßenkarte oder Körperpflege als riskanteste Aufgaben beurteilt. Musik hören, mit Beifahrern sprechen oder auf Straßenschilder schauen, wurden als die am wenigsten riskantesten Aufgaben bewertet.

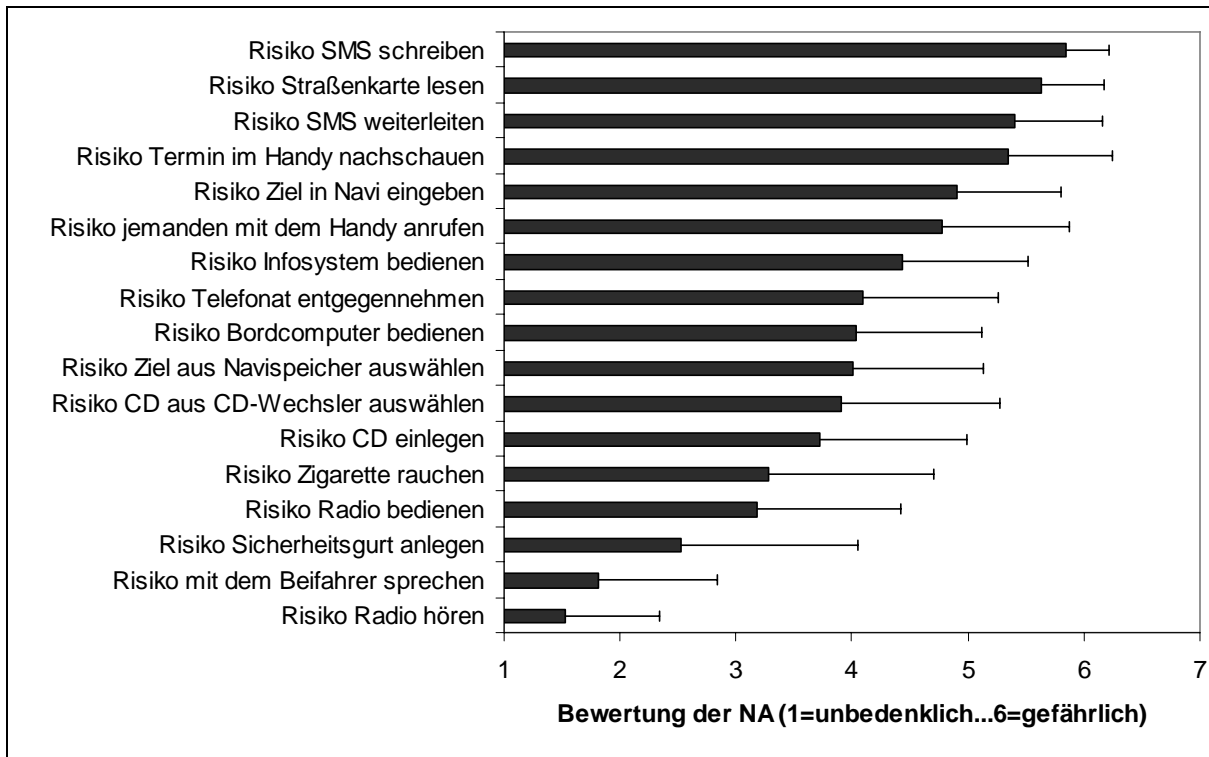


Abbildung 7-40: Risikoeinschätzung verschiedener Nebentätigkeiten beim Fahren. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung.

7.3.11.7 Zusammenhang Häufigkeit Nutzung und Risikoeinschätzung

Für einige der Aufgaben kann zudem ein Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Häufigkeit der Ausführung der Nebentätigkeit und der Risikoeinschätzung gefunden werden. Dies sei am Beispiel des Rauchens ausführlicher dargestellt (siehe Abbildung 7-41).

Von den N=32 Fahrern geben n=12 an, dass sie Raucher seien. Von diesen n=12 raucht die große Mehrheit auch selten bis häufig während des Autofahrens. Nach diesen Angaben wurden Untergruppen von Rauchern vs. Nichtrauchern bzw. innerhalb der Rauchergruppe Untergruppen nach der Häufigkeit des Rauchens während der Fahrt gebildet (nie, selten, häufig) und die Risikoeinschätzung des Rauchens während dieser Fahrt zwischen diesen Gruppen verglichen.

Dabei zeigt sich, dass Raucher das Risiko des Rauchens während der Fahrt geringer einschätzen als Nichtraucher ($t = 3,383$; $df = 30$; $p = ,002$) und Vielraucher während der Fahrt wiederum das Risiko niedriger einschätzen als Gelegenheitsraucher und Nicht-Raucher während der Fahrt ($F[2;29] = 5,099$; $p = ,013$).

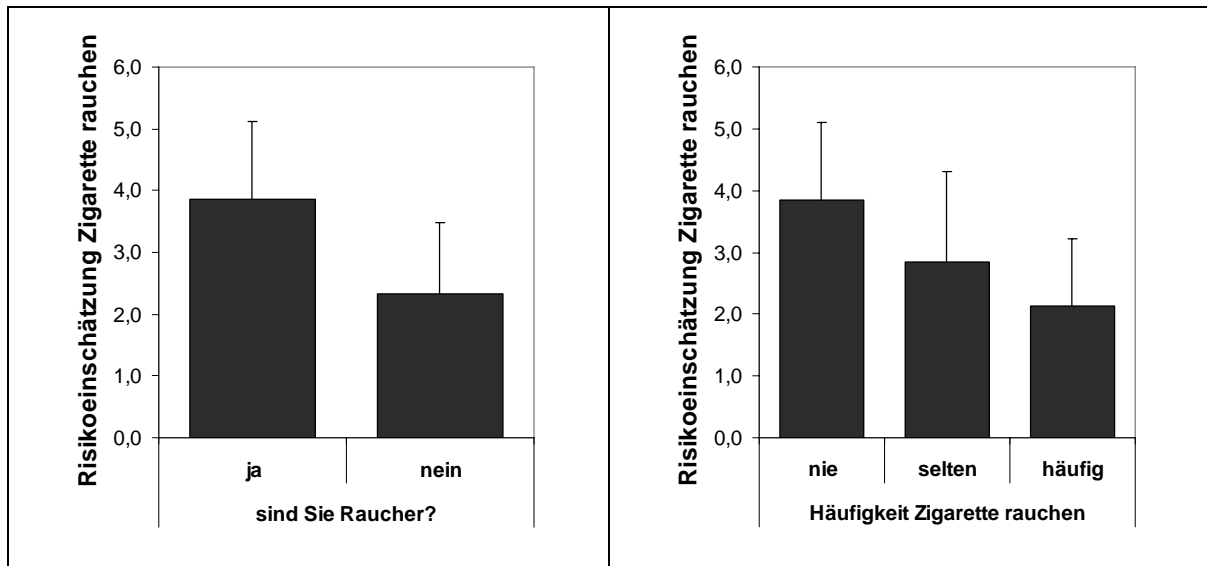


Abbildung 7-41: Vergleich Raucher/Nichtraucher (links) und Untergruppen der Raucher nach Häufigkeit des Rauchens während der Fahrt (rechts) bezüglich der Risikoeinschätzung des Rauchens während der Fahrt. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung. Risikoeinschätzung von 1=unbedenklich bis 6=gefährlich.

Vergleichbar verhält es sich mit der Risikoeinschätzung anderer Aufgaben: So schätzen Fahrer, die während der Fahrt gelegentlich SMS schreiben oder weiterleiten, das Risiko dieser Aufgaben geringer ein als solche, die das nicht tun (SMS weiterleiten $F[1;30]=8,334$; $p=,007$; SMS schreiben $F[1;30]=4,129$; $p=,051$). Fahrer, die häufig oder gelegentlich ein Telefonat während der Fahrt entgegen nehmen bzw. die häufig jemanden anrufen, schätzen das Risiko geringer ein, als solche, die das nicht tun (Telefonat entgegennehmen $F[2;29] = 9,851$; $p=,001$; jemanden mit dem Handy anrufen $F[2;29]= 4,439$; $p=,105$). Diese Ergebnisse lassen sich mit der kognitiven Dissonanztheorie von Festinger (1957) erklären: Danach besteht eine Möglichkeit, eigenes unangemessenes Verhalten zu rechtfertigen, darin, es zu verharmlosen.

Für andere Aufgaben können solche Zusammenhänge aufgrund geringer Streuungen nicht überprüft werden. So besaß ein Großteil der untersuchten Probanden weder ein Navigationssystem noch ein Informationssystem im Fahrzeug. Andere Aufgaben, wie Radio hören oder mit dem Beifahrer sprechen, werden von nahezu allen Fahrer im Gegensatz dazu häufig ausgeführt.

7.3.11.8 Zusammenhänge zu Nebenaufgabenparametern

Zusätzlich wurde geprüft, inwiefern sich die generelle Einstellung gegenüber der Ausführung von Nebentätigkeiten während der Fahrt auf den tatsächlichen Umgang mit der Nebenaufgabe in der Studie auswirkt. Dazu wurden zwischen den Items der ersten beiden Fragebogenabschnitte und den verschiedenen Parametern der Nebenaufgabe bivariate Korrelationen berechnet. Folgende signifikante Zusammenhänge können dabei gefunden werden:

- Je höher die Ablenkungswirkung einer Nebenaufgabe bewertet wird, desto mehr Aufgaben werden ausgelassen ($r=,38$; $p=,007$)
- Je stärker man Unterbrechungen einer Nebenaufgabe als unangenehm bewertet, desto länger wird die Nebenaufgabe ausgeführt ($r=,40$; $p=,005$)
- Als Folge davon werden mehr Fehler in der Nebenaufgabe gemacht ($r=,65$; $p <,000$)
- Je eher man angibt, eine Nebenaufgabe zu unterbrechen, wenn es die Situation erfordert, desto kürzer wird die NA bearbeitet ($r=,41$; $p=,004$) und desto mehr Aufgaben werden ausgelassen ($r=,41$; $p=,005$)
- Je höher ein Fahrer seine Fähigkeiten angibt, einschätzen zu können, wann er eine NA bearbeitet und wann nicht, desto mehr Aufgaben lässt er aus ($r=,36$; $p=,009$) und desto länger lässt er sich Zeit mit dem Beginn einer Aufgabe (längere Entscheidungsdauern, $r=,34$; $p=,010$).

7.4 Zusammenfassung der Ergebnisse aus Studie 1

Die Ergebnisse zeigen, dass Fahrer prinzipiell situationsbewusst mit einer Nebenaufgabe beim Fahren umgehen und ihr Bedienverhalten den Situationsanforderungen anpassen.

Auf der Entscheidungsebene („decision level“ im PDC Modell) zeigt sich, dass Fahrer die erhöhten Anforderungen kritischer Situationen antizipieren und dort mehr Aufgaben auslassen oder sie nur kurz bearbeiten. Zudem berücksichtigt der Fahrer in seiner Entscheidung für oder gegen die Bearbeitung einer Nebenaufgabe spezifische Charakteristika der Situation, die unterschiedliche Anforderungen erwarten lassen. In kritischen Innerortssituationen, die vermehrt eine diskrete Verhaltensanpassung auf der taktischen Ebene im Sinne eines Bremsmanövers erfordern, kann der Fahrer, sofern er die Situation als solche erkannt hat, zunächst dieses Manöver ausführen und sich anschließend der diskreten Nebenaufgabe zuwenden. Hier können die beiden Aufgaben demnach sequentiell hintereinander bearbeitet werden. In den kritischen Situationen Außerorts dagegen (vor allem Kurvensituationen), die stetige Spur- und Geschwindigkeitsanpassungen verlangen, müssen die diskrete Nebenaufgabe und die stetige Fahraufgabe parallel bearbeitet werden. Dies schätzen die Fahrer offenbar als erheblich anspruchsvoller ein, weshalb sie versuchen, die NA-Bearbeitung in solchen Situationen stärker zu vermeiden.

Zudem wird an den Entscheidungsdauern deutlich, dass die Fahrer, wo es möglich ist, die Situationsentwicklung abwarten, bevor sie mit einer Aufgabe beginnen und sich währenddessen auf die Situation vorbereiten, z.B. zum Abschätzen der Kurvigkeit bzw. Beobachten des Verhaltens eines vorausfahrenden Fahrzeugs und einer entsprechenden Anpassung der Geschwindigkeit. Je komplexer dabei die Umweltbedingungen, desto aufwändiger ist diese Situationsabschätzung.

Allerdings misslingt diese antizipative Leistung häufiger, wenn saliente Hinweisreize zur Einschätzung des Konfliktpotenzials fehlen: So werden in einzelnen Situationen, in denen das Konfliktpotenzial schwieriger zu erkennen ist, weniger Aufgaben

ausgelassen, die Aufgabe länger ausgeführt und länger mit der Entscheidung gezögert.

Die Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen weisen darauf hin, dass das weniger dringliche Aufgabenangebot in der Display 5s-Variante ausgenutzt wird und es dem Fahrer ermöglicht, den Beginn einer Aufgabe tendenziell besser an die Situation anzupassen als in der Display 3s-Variante (bezogen auf diskrete Verhaltensanpassungen). Die Folge sind etwas geringere Fahrfehlerhäufigkeiten im Vergleich zwischen den beiden Displayvarianten, die allerdings immer noch deutlich höher liegen als wenn die Aufgabe ausgelassen wurde. Fehlen dem Fahrer während der Nebenaufgabenausführung Möglichkeiten, die Fahraufgabe adäquat zu überwachen, wie in dieser Studie in der Okklusionsvariante, werden häufiger Aufgaben ausgelassen als in den Displayvarianten. Zudem wird die Aufgabe dort am kürzesten bearbeitet: Der Mittelwert von 1,76 s entspricht dabei der in der Literatur berichteten maximal akzeptierten Blickabwendung. Dies spricht dafür, dass die Fahrer die erhöhten Anforderungen durch die mangelnde Möglichkeit zur Situationsüberwachung antizipieren und ihr Bedienverhalten entsprechend anpassen. Eine Folge ist, dass sich die Fahrsicherheit in dieser Bedingung nicht gravierend verschlechtert.

Auch die Betrachtung des Fahrverhaltens liefert Hinweise für antizipative Prozesse auf der Entscheidungsebene. So passen Fahrer ihre Geschwindigkeit beispielsweise der Kritikalität der Situation an und verzögern entsprechend rechtzeitig bereits in Annäherung an diese Situation. Die geringeren Spurabweichungen in Situationen mit Aufgabenbearbeitung im Vergleich zu Aufgabenauslassungen können einerseits ein Hinweis darauf sein, dass Fahrer, die bereits beim Angebot der Aufgabe große Abweichungen von der Idealspur aufweisen, die Nebenaufgabe eher auslassen, um eine weitere Verschlechterung der Spurhaltung zu vermeiden. Alternativ könnte es aber auch sein, dass Fahrer, die sich bewusst für die Ausführung einer Nebenaufgabe entscheiden, besonders auf ihre Spurhaltung achten und daher evtl. sogar besser fahren als ohne Nebenaufgabe. In beiden Fällen handelt es sich um eindeutige Kompensationsbemühungen des Fahrers, die anzeigen, dass er die bevorstehenden Anforderungen der Situation antizipiert hat.

Im weiteren Verlauf der Nebenaufgabenbearbeitung können vor allem über eine Analyse des Blickverhaltens und weiteren Indikatoren aus dem Fahrverhalten Hinweise für situationsbewusste Prozesse auf der Kontrollebene („control level“ im PDC Modell) gesammelt werden. Am Blickverhalten der Fahrer während der Nebenaufgabe wird deutlich, dass die Fahrer bestrebt sind, auch während der Nebenaufgabenbeschäftigung die Fahraufgabe weiterhin zu überwachen, um einen permanenten Abgleich zwischen erwarteter und tatsächlicher Situationsentwicklung durchzuführen. Dazu führen sie sequentiell mehrere Displayblicke aus und schauen zwischendurch zurück auf die Straße. In kritischen Situationen kann beobachtet werden, dass die Frequenz der Kontrollblicke und somit der Anteil der Kontrollblicke an der Gesamtbearbeitungsdauer ansteigt. Auch die mittlere Dauer der Straßenblicke nimmt in kritischen Situationen tendenziell zu. Die Fahrer haben hier also ein stärkeres Überwachungsbedürfnis der Fahrszene. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass in der Studie die Fixationsdauer sehr stark durch die strenge externe Taktung der Aufgabe nach oben hin begrenzt wird. An der Größe

des Blickfeldes (Standardabweichungen der Fixationen in x- und y-Richtung) ist erkennbar, dass bereits sowohl in der Vorbereitung auf die Nebenaufgabe (Entscheidungsphase) als auch dann während der Nebenaufgabenbearbeitung eine Fokussierung auf die relevanten Aspekte der Fahrszene stattfindet.

Die Effizienz der Situationsüberwachung zeigt sich daran, ob die Fahrer trotz Nebenaufgabenbedienung in der Lage sind, eine adäquate Fahrleistung sowie die Fahrsicherheit aufrechtzuerhalten. Zunächst kann festgestellt werden, dass in den Kurvensituationen, in denen die Aufgabe bearbeitet wird, nicht grundsätzlich eine schlechtere Spurhaltung resultiert. Lediglich die Fahrer, die zu längeren Bearbeitungsdauern neigen, riskieren größere Spurabweichungen. Dadurch können auch auf vermeintlich einfachen geraden Streckenabschnitten vergleichbar große Spurabweichungen auftreten als in Kurven, da die Aufgabe dort deutlich länger ausgeführt wird. Problematisch sind die Fälle, in denen keinerlei Spurkorrekturen während der Nebenaufgabe ausgeführt werden. Sobald bereits während der Nebenaufgabenbearbeitung korrigierend in die Spurhaltung eingegriffen wird, sind die Einbußen in der Spurhaltegröße deutlich geringer.

Bei der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen dem Umgang mit der Nebenaufgabe und daraus resultierenden Fahrfehlern bzw. Kollisionen über alle Situationen hinweg zeigte sich, dass die zusätzliche Ausführung von Nebenaufgaben sowohl die Anzahl von Fahrfehlern als auch die Häufigkeit von Kollisionen im Vergleich zur Baseline erhöht. Wird die Nebenaufgabe ausgelassen, kann keine Verschlechterung gegenüber der Baseline festgestellt werden. In der Betrachtung der einzelnen Situationen zeigt sich, dass die verschiedenen Situationen unterschiedlich sensitiv auf die Beschäftigung mit Nebenaufgaben reagieren. So führt die zusätzliche Bearbeitung der Nebenaufgabe in solchen Situationen zu einer signifikanten Erhöhung des Anteils von Fahrfehlern, in denen die Kritikalität von Situationselementen ausgeht, die ein extrem unwahrscheinliches Verhalten zeigen und daher vorab als nicht handlungsrelevant klassifiziert wurden. Die Nebenaufgabenbearbeitung wird entsprechend als unbedenklich eingeschätzt. Folglich werden die entsprechenden Reize nach der anfänglichen Situationseinschätzung als irrelevant für die weitere Situationsentwicklung betrachtet und aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten zur Kontrolle der Fahrsituation während der Nebenaufgabenausführung nicht weiter beobachtet. Eine unerwartete Situationsentwicklung, wird dann jedoch zu spät oder gar nicht bemerkt, weil diese Möglichkeit vorab nicht in Betracht gezogen worden war und die Aufmerksamkeit daher nicht auf diesen Teilbereich der Umwelt gerichtet ist. Die Folge ist eine verspätete Fahrerreaktion und somit eine erhöhte Anzahl von Fahrfehlern.

Andere Situationen zeigen demgegenüber keine erhöhte Sensitivität gegenüber der Nebenaufgabenbearbeitung. Unabhängig von der generellen Schwierigkeit der Fahrsituation führt die Ausführung der Nebenaufgabe hier zu keiner weiteren Erhöhung des Fahrfehleranteils. Hierbei geht die Kritikalität der Situation von Reizen aus, die in der Regel immer als potenziell handlungsrelevant eingestuft werden und daher im Zentrum der Aufmerksamkeit liegen (z.B. vorausfahrende Fahrzeuge). Auch wenn die Situation zunächst fälschlicherweise als unkritisch interpretiert wird und darauf die Nebenaufgabe begonnen wird, wird dieser potenziell relevante Reiz weiter beobachtet. Eine unerwartete Situationsentwicklung kann daraufhin früher bemerkt

und mit einer entsprechenden Verhaltensanpassung (Abbruch der Nebenaufgabe und Bremsung) reagiert werden.

Der richtigen Situationseinschätzung unter Einbezug aller potenziell möglichen Situationsentwicklungen und damit der richtigen Klassifikation der Umweltreize in potenziell relevante und irrelevante kommt daher eine entscheidende Bedeutung zu. Sie entscheidet darüber, welches Teilfeld der Umwelt während der Nebenaufgabe weiter beachtet wird und wie erfolgreich die Situationsüberwachung durchgeführt werden kann.

Auf der Planungsebene („planning level“ im PCD Modell) zeigt die Betrachtung der Nebenaufgabenparameter auf individueller Ebene, dass Bearbeitungshäufigkeit und Bearbeitungsdauer zwei voneinander unabhängige Kompensationsstrategien sind, die unterschiedlich miteinander kombiniert werden können. Aufgrund der Tatsache, dass eine große Anzahl von Fahrfehlern häufig aus einer zu langen Beschäftigung mit der Nebenaufgabe und zu hohen Geschwindigkeiten resultiert, sind vor allem die Fahrergruppen stärker gefährdet, die zu einer besonders langen Bearbeitung neigen.

Zusätzlich hat sich ein Einfluss der generellen Risikoeinschätzung gegenüber der Beschäftigung mit Nebenaufgaben während des Fahrens gezeigt: So sinkt beispielsweise die Risikoeinschätzung von Nebenaufgaben mit ihrer tatsächlichen Ausführungshäufigkeit während des Fahrens. Weiterhin wirken sich eine kritische bzw. weniger kritische Haltung gegenüber Nebenaufgaben auf tatsächliche Bearbeitungshäufigkeiten und –dauern aus:

- Je höher die Ablenkungswirkung einer Nebenaufgabe bewertet wird, desto mehr Aufgaben werden ausgelassen
- Je stärker man Unterbrechungen einer Nebenaufgabe als unangenehm bewertet, desto länger wird die Nebenaufgabe ausgeführt
- Je eher man angibt, eine Nebenaufgabe zu unterbrechen, wenn es die Situation erfordert, desto kürzer wird sie bearbeitet und desto mehr Aufgaben werden ausgelassen
- Je höher ein Fahrer seine Fähigkeiten angibt, einschätzen zu können, wann er sich mit einer NA beschäftigen kann und wann nicht, desto mehr Aufgaben lässt er aus und desto länger lässt er sich Zeit mit dem Beginn einer Aufgabe

7.5 Diskussion Studie 1

Insgesamt hat sich gezeigt, dass der konstruierte Fahrparcours ein geeignetes Messinstrument zur Erfassung von Situationsbewusstsein im Fahrkontext darstellt. Sein Vorteil liegt in der Vielfältigkeit der realisierten Situationen, die verschiedene spezifische Anforderungen an den Fahrer stellen und eine adäquate Verhaltensanpassung vom Fahrer erfordern, die Aufschluss über eine angemessene Situationseinschätzung liefern können. Die Abstufung der Vorhersehbarkeit der Situationsentwicklung bzw. des Konfliktpotenzials ermöglicht die Untersuchung des Einflusses von externen Hinweisreizen auf das Situationsbewusstsein. In Zukunft wäre eine Erweiterung des Parcours mit komplexeren Situationen denkbar, in denen mehrere Handlungsstränge gleichzeitig berücksichtigt werden müssen.

Die Darbietung der Nebenaufgabe als Aufgabenangebot, das angenommen oder abgelehnt werden kann, erweist sich als geeignet, um Situationsbewusstsein beim Fahren zu untersuchen. Sie ermöglicht es, die als bedeutsam postulierten Prozesse für Situationsbewusstsein anhand der Beschäftigung mit Nebenaufgaben zu überprüfen und voneinander abzugrenzen. Durch die explizit eingeführte Entscheidungszeit wird es möglich, die Phase der Handlungsplanung vor dem Beginn der Nebenaufgabe eindeutig zu identifizieren. Die Aufgabenangebote zu fest definierten Zeitpunkten auf der Strecke und die Begrenzung der Aufgabendauer ermöglicht die eindeutige Zuordnung des Bedienverhaltens zu spezifischen Situationen.

Allerdings stellt die aktuell verwendete Nebenaufgabe sozusagen den „worst case“ der Nebenaufgabenbearbeitung dar. Der Fahrer hat zwar die Möglichkeit zur freien Entscheidung über die Annahme bzw. Ablehnung der Aufgabe, wurde die Aufgabe jedoch einmal angestoßen, ist sie sehr stark extern gesteuert. Der Fahrer kann im Folgenden die Nebenaufgabe nur abbrechen, nicht unterbrechen. Zudem kann er die Taktung der Informationsdarbietung nicht selbst beeinflussen. Die Kontrolle der Fahraufgabe während der Nebenaufgabenbearbeitung ist insofern stark eingeschränkt, als dass durch die Positionierung des Displays eine nur eingeschränkte periphere Überwachung der Fahraufgabe stattfinden kann. Der Fahrer kann Änderungen nur über die visuelle Fokussierung der Fahrscene bemerken. Zudem ist die Dauer dieser Kontrollblicke durch die enorme Dichte der Informationsdarbietung (500 ms Takt) stark begrenzt. Der Fahrer kann dabei nur einen sehr begrenzten Ausschnitt der Umwelt beobachten.

Für die erste Entwicklung eines theoretischen Modells ist diese stark standardisierte strukturierte Nebenaufgabe gut geeignet. Allerdings fehlen ihr wesentliche Elemente, die in realen Nebenaufgaben gegeben sind und zusätzlich Aufschluss über das Aufgabenbewusstsein der Person geben können: Die Möglichkeit zur freien Einteilung der Aufmerksamkeit im Hinblick auf die gewählte Dauer der Zuwendung zur Nebenaufgabe sowie die Unterbrechung bzw. Fortsetzung der Aufgabe. Dazu wird nun in einer weiteren Studie eine Nebenaufgabe eingesetzt, die mit einem realistischen Fahrerinformationssystem im Fahrzeug vergleichbar ist.

8 STUDIE 2: DER SITUATIONSBEWUSSTE UMGANG MIT EINEM MENÜSYSTEM BEIM FAHREN

8.1 Fragestellung

8.1.1 Anforderungen an die Nebenaufgabe

In der folgenden Studie soll die erarbeitete Versuchsanordnung aus Studie 1 zum einen repliziert werden, zum anderen geht der Anspruch noch einen Schritt weiter: War bislang die Aufgabenstruktur sehr einfach und lediglich der Beginn und das Ende der Zahlenaufgabe wählbar, wird nun eine Aufgabe eingeführt, die strukturiert werden kann. Das heißt, zusätzlich zur Einschätzung der Fahrsituation kommt nun als Leistung hinzu, dass eine kognitive Repräsentation der Szene mit einer Repräsentation der verschiedenen Aufgabenteile und ihrer Schwierigkeit abgeglichen werden muss. Der Fahrer kann hier also auch Fehler in der Aufgabenaufteilung machen, demnach also ein falsches „Aufgabenbewusstsein“ haben. Für diese zweite Untersuchung wird ein realitätsnahes Fahrerinformationssystem (FIS) im Fahrzeug eingesetzt, das folgende Eigenschaften erfüllt:

- Sequenzierbarkeit in mehrere Teilschritte
- Unterbrechbarkeit
- Freie Taktung der Informationsdarbietung
- Frei wählbarer Beginn der Nebenaufgabe

Dabei sollen folgende Fragestellungen untersucht werden:

- Wie wird eine Nebenaufgabe in mehrere Einheiten unterteilt? Ist ein Aufgabenbewusstsein erkennbar?
- Wie weit reichen Kontrollblicke? Wann muss die Aufgabe unterbrochen werden?
- Wird die Nebenaufgabe zu einem angemessenen Zeitpunkt vor einer kritischen Situation unterbrochen (d.h. antizipativ, nicht reaktiv)?

Um eine Erweiterung des bisherigen Modellentwurfs auf ein realistisches FIS im Fahrzeug vornehmen zu können, wird ein hierarchisches Menüsystem als Nebenaufgabe eingesetzt, das sich bereits in verschiedenen Studien im Rahmen des FAT/BAS-St-Projekts „Kompetenzerwerb von Fahrerinformationssystemen“ (vgl. Totzke, Krüger, Hofmann, Meilinger, Rauch & Schmidt, 2004) bewährt hat. Dieses Menüsystem ist einem realistischen Fahrerinformationssystem im Fahrzeug nachempfunden. Die Aufgabe ist vom Fahrer selbstgetaktet und kann jederzeit unterbrochen werden.

In bisherigen Studien mit diesem Menüsystem (vgl. Rauch et al., 2004b; Totzke, Hofmann & Krüger, 2005; Totzke, Schoch & Krüger, 2006) konnte bereits eine Reihe von Erfahrungen bezüglich der Interaktion mit dem System während der Fahrt gesammelt werden. Allerdings wurde bislang das Bedienverhalten nur für einfache Strecken ohne spezifischen Situationsbezug betrachtet. Die ausgewerteten Parameter der Menüaufgabe beschränkten sich weitgehend auf Maße der Bedienleistung (Anzahl bearbeiteter Aufgaben/Strecke, Bediengeschwindigkeit, Bediengenauigkeit etc.). Zudem war die Auswertung der Blickdaten auf das Display beschränkt. Eine Analyse des Blickverhaltens auf die Straße während der Nebenaufgabenbedienung (Blickhäufigkeit, Blickdauern, Größe des Blickfeldes) wurde bislang nicht vorgenommen.

8.1.2 Hypothesen bezüglich Situationsbewusstsein

Im Zusammenhang mit der Frage des Situationsbewusstseins soll geprüft werden, inwieweit Fahrer in der Lage sind, ein solches realistisches FIS situationsangemessen zu bedienen. Entsprechend den Ergebnissen aus der vorangegangenen Studie müssen die Fahrer dazu situationsabhängig entscheiden, ob sie eine solche Nebenaufgabe überhaupt beginnen können. Außerdem sollten sie die Aufgabe zur regelmäßigen Kontrolle der Fahraufgabe in sinnvolle Teilschritte unterteilen und sie gegebenenfalls rechtzeitig vor einer kritischen Situation unterbrechen („Aufgabenbewusstsein“). Dabei sollten sich höhere Situationsanforderungen in einem höheren Überwachungsbedürfnis der Fahraufgabe (d.h. häufigere und evtl. längere Kontrollblicke) widerspiegeln.

Durch die spezifische Gestaltung der Menüaufgabe in mehrere sequentiell abzuarbeitende Menüebenen kann geprüft werden, inwieweit die Struktur der Aufgabe eine solche Überwachung der Fahrsituation und die Wahl eines angemessenen Zeitpunktes zur Unterbrechung der Aufgabe hemmt bzw. unterstützt. Über die Anzahl der hierarchischen Menüebenen sowie über die Anzahl der Menüoptionen pro Menüebene kann eine Variation der Menüstruktur erreicht werden. In bisherigen Untersuchungen (vgl. Rauch, Totzke & Krüger, 2004b; Totzke, Schoch & Krüger, 2006) hatte sich gezeigt, dass ein tiefes Menüsystem (nur wenige Menüoptionen pro Ebene, dafür mehrere Menüebenen) besser mit der Fahraufgabe verschränkbar ist als ein breites Menüsystem (mehr Menüoptionen pro Ebene, dafür weniger Ebenen) und dadurch geringere Beeinträchtigungen der Spurhaltequalität auftreten.

Weiter ist wie in der ersten Studie zu prüfen, wie sich die Bedienung des Menüsystems auf die Fahrleistung auswirkt. Dort wurde die Aufrechterhaltung der Fahrleistung gerade durch die eingeschränkten Möglichkeiten der Situationsüberwachung während der Nebenaufgabenbedienung erschwert. Es ist zu erwarten, dass sich bei situationsangemessener Bedienung der neuen Aufgabe aufgrund ihrer freien Steuerbarkeit und Unterbrechbarkeit geringere Einbußen in der Fahrsicherheit zeigen.

Für die Frage einer angemessenen Unterbrechung der Nebenaufgabe vor einer kritischen Situation wird unterschieden zwischen einer reaktiven Unterbrechung der Nebenaufgabe, d.h. die Aufgabe wird erst dann unterbrochen, wenn es bereits zu

Interferenzen mit der Fahraufgabe gekommen ist (z.B. Unterbrechung erst beim Einfahren in die Kurve) und einer antizipativen Unterbrechung, d.h. die Aufgabe wird bereits dann unterbrochen, wenn die Kritikalität der Situation erkennbar wird, noch bevor Interferenzen mit der Fahraufgabe auftreten können. Entscheidende Parameter für die Angemessenheit der Unterbrechungen sind demnach zeitliche Abstände zu Konfliktbereichen bzw. Konfliktereignissen sowie auftretende Fahrfehler.

Der Fahrparcours bleibt für diese Studie unverändert. Auch das Aufgabenangebot zu fest definierten Zeitpunkten wird beibehalten, um das situationsabhängige Entscheidungsverhalten der Fahrer untersuchen zu können. Durch die eindeutige Zuordnung einer Aufgabe zu einer Situation ist außerdem eine bessere Vergleichbarkeit über die Probanden sichergestellt. Die Fahrer können frei entscheiden, ob sie eine Aufgabe annehmen möchten oder nicht. Der Versuch fand wiederum im Fahrsimulator des WIVW statt.

8.2 Methodisches Vorgehen

8.2.1 Versuchsaufbau

Zur Überprüfung des Einflusses situationsabhängiger Faktoren auf das Situationsbewusstsein wurde wiederum das Verhalten der Fahrer in unterschiedlich anspruchsvollen Fahrsituationen als Within-Faktor realisiert. Zudem wurde der Einfluss der Nebenaufgabengestaltung über zwei unabhängige Nebenaufgabenvarianten untersucht. Zum Vergleich mit einer Kontrollbedingung wurde auf die Baseline-Gruppe aus Studie 1 zurückgegriffen. Um individuelle Einflüsse auf das Bedienverhalten untersuchen zu können, wurden wiederum Befragungen der Fahrer durchgeführt.

8.2.2 Situationen

Der Fahrparcours ist identisch mit dem aus der vorangegangenen Studie. Wiederum wurden die acht Basissituationen mit ihren jeweiligen Situationsvarianten in randomisierter Reihenfolge durchfahren. Relevante Faktoren waren „Kritikalität“, „Streckentyp“ sowie die „Vorhersehbarkeit des Konfliktpotentials“ (weitere Ausführungen siehe Kapitel 7.2.2).

8.2.3 Nebenaufgabe

8.2.3.1 Beschreibung der Menüaufgabe

Als Nebenaufgabe wurde eine Menüaufgabe gewählt. Das Menüsystem besteht aus sequenziell dargebotenen Menüebenen, die hierarchisch angeordnet sind. Die Menüinhalte sind typischen Bereichen eines Fahrerinformationssystems nachempfunden, wie z.B. Navigation, Telefon, Entertainment und Bordcomputer. Durch Auswahl eines Menüpunktes auf der obersten Menüebene (z.B. Entertainment) gelangt man zum nächsten Bildschirm mit einer weiteren Menüebene, auf der wiederum ein Menüpunkt auszuwählen ist (z.B. Radio) usw., bis man schließlich auf der untersten Menüebene angelangt ist und dort eine bestimmte

Menüfunktion auswählen kann (z.B. Sender „Antenne Bayern“). Das Menüsystem wird dem Fahrer auf einem Bildschirm in der Mittelkonsole des Fahrzeugs dargeboten. Die Display-Position ist identisch mit der in der vorangegangenen Studie, auf der die Zahlenaufgabe dargeboten worden war. Der Fahrer hatte durch die tiefe Positionierung des Bildschirms kaum Möglichkeit, die Nebenaufgabe bzw. die Fahraufgabe peripher zu überwachen. Bedient wird das Menüsystem mittels eines herkömmlichen Joysticks, der auf der Mittelarmatur angebracht ist (siehe Abbildung 8-1). Durch Bewegungen nach rechts gelangt der Fahrer auf eine tiefer gelegene Menüebene und bestätigt eine ausgewählte Funktion, durch Bewegungen nach links kann der Fahrer im Menü zurücklaufen, wenn er sich verirrt hat. Joystickbewegungen nach oben bzw. unten dienen der Navigation innerhalb einer Menüebene (Liste), um auf einen bestimmten Menüpunkt zu gelangen.



Abbildung 8-1: Joystick zur Bedienung des Menüsystems (links) bzw. Joystick mit Menübildschirm in der Mittelkonsole des Fahrerstandes (rechts).

Aufgabe des Fahrers ist es, innerhalb des Menüsystems zu einer vorgegebenen Menüoption zu navigieren und diese zu bestätigen (z.B. Navigation über Kategorien „Entertainment“; „Audio“, „Radio“ zu „Bayern 3“). Das jeweilige Ziel wird ihm vor jeder neuen Aufgabe auf einem sog. „Instruktionsbildschirm“ präsentiert. Durch eine Joystickbewegung nach rechts gelangt der Fahrer dann in das eigentliche Menüsystem und kann mit der Aufgabe beginnen. Hat er den richtigen Begriff gefunden und bestätigt diesen, wird ein sog. „Richtig-Bildschirm“ angezeigt und die Aufgabe ist gelöst. Hat er einen falschen Begriff ausgewählt, wird ein „Falsch-Bildschirm“ sowie erneut der gesuchte Begriff angezeigt und der Fahrer muss im Menü weiter zum richtigen Menüpunkt navigieren.

8.2.3.2 Darbietung der Nebenaufgabe

Vergleichbar mit Studie 1 wurde den Fahrern zu vorgegebenen Zeitpunkten auf der Strecke ein Aufgabenangebot über das in die Streckendarbietung eingeblendete Fragezeichen gegeben. Die Streckenpositionen der Angebote waren identisch mit denen aus der ersten Studie. Aufgrund der längeren Dauer der Aufgaben wurden jedoch einige Aufgabenangebote aus der Anordnung entfernt, so dass statt der vormals N=108 Aufgaben jetzt nur noch N=76 Aufgaben angeboten wurden, davon n=42 in unkritischen Situationen (55,3%) bzw. n=34 vor kritischen Situationen

(44,7%). Im Vergleich zu Studie 1 war somit der prozentuale Anteil an Aufgabenangeboten vor kritischen Situationen etwas höher (vormals 39,8%). Jedem Aufgabenangebot (z.B. vor Situation „Einparker schwer“) war eine feste Menüaufgabe zugewiesen (z.B. „Sitzposition verstellen“). Dies sollte aufgrund von Variationen in den Aufgabendauern eine bessere Vergleichbarkeit der einzelnen Situationen über die Probanden hinweg gewährleisten.

Bei jedem Aufgabenangebot konnte der Fahrer sich wiederum frei entscheiden, ob er eine Aufgabe annehmen wollte oder nicht. Dazu stand ihm eine Entscheidungsphase von 3 s zur Verfügung. Der Fahrer war angewiesen, seine Entscheidung von der aktuellen Fahrsituation abhängig zu machen, ohne Gefährdung der Fahrsicherheit eine Nebenaufgabe bedienen zu können. Entschied er sich für eine Aufgabe, konnte er dies mit einer Joystickbewegung nach rechts bestätigen. Daraufhin erschien ein Start-Bildschirm auf dem Display in der Mittelkonsole, der wiederum mit einer Joysticknavigation nach rechts bestätigt werden musste. Anschließend wurde dem Fahrer über den Instruktionsschirm die Aufgabenstellung vorgegeben. Erst über eine weitere Joystickbewegung nach rechts gelangte der Fahrer dann in das eigentliche Menüsystem. Die Aufgabenbearbeitung (beginnend vom Annehmen der Aufgabe in der Entscheidungsphase) war auf insgesamt 15 s beschränkt. Dieses Zeitfenster war so gewählt, dass es die Dauer einer Situation abdeckte, aber es zu keinen Überlappungen von Aufgaben über Situationen hinweg kommen konnte. In der Regel ist jede vorgegebene Aufgabe innerhalb dieser Zeitspanne zu bewältigen. Schaffte der Fahrer es innerhalb dieser Zeit, zum vorgegebenen Menüpunkt zu gelangen, galt die Aufgabe als gelöst, gelang es dem Fahrer nicht, wurde die Aufgabe automatisch abgebrochen und konnte nicht weiterbearbeitet werden. Erst beim nächsten Aufgabenangebot wurde eine neue Aufgabe vorgegeben. Entschied sich der Fahrer gegen die Annahme einer Aufgabe, ließ er die Entscheidungsphase verstreichen und wartete auf das nächste Aufgabenangebot.

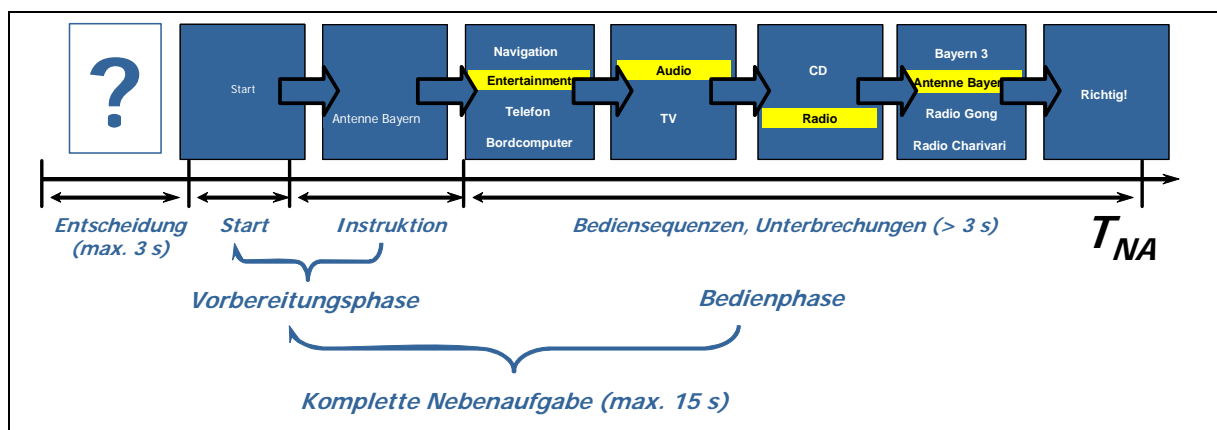


Abbildung 8-2: Ablauf einer Menüaufgabe nach Annahme des Aufgabenangebotes.

Um die Fahrer zur Bearbeitung der Nebenaufgabe zu motivieren, wurde wiederum ein Punktesystem entwickelt, das für jeden Schritt innerhalb des Menüsystems einen Pluspunkt versprach, für jede innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters gelöste Aufgabe zusätzlich drei weitere Pluspunkte. Für Fahrfehler wurden gestaffelt nach dem Schweregrad Punktabzüge gegeben. Um die Fahrer davon abzuhalten, eine Aufgabe grundsätzlich immer anzunehmen ohne dann wirklich zu bedienen, wurden

auch hierfür Punktabzüge angedroht. In Abbildung 8-2 ist der Ablauf einer Menüaufgabe nach Annahme des Aufgabenangebotes schematisch veranschaulicht.

8.2.4 Nebenaufgaben-Varianten

Zur Überprüfung des Einflusses der Menüstruktur auf die situationsangemessene Bedienung bzw. Sequentierung der Nebenaufgabe wurden zwei Menüsysteme konstruiert: Ein tiefes Menü, das aus vier Menüebenen bestand, und ein breites Menü, das aus zwei Menüebenen bestand (siehe Abbildung 8-3 für Ausschnitte). Das tiefe Menü umfasste vier Optionen auf der ersten Menüebene (Menübereiche „Navigation“, „Entertainment“, „Telefon“ und „Bordcomputer“), je zwei Optionen auf der zweiten bzw. dritten Ebene und vier Funktionen auf der vierten Ebene (4*2*2*4 System). Das breite Menü setzte sich aus zwei Ebenen mit jeweils acht Optionen zusammen (8*8 System; Menübereiche Ebene 1: „Ziele“, „Route“, „Audio“, „TV“, „Anruflisten“, „Text-Mitteilungen“, „Fahrzeugeinstellungen“ und „Fahrzeuginformationen“). Beide Menüs bestanden aus insgesamt 64 ansteuerbaren Funktionen.

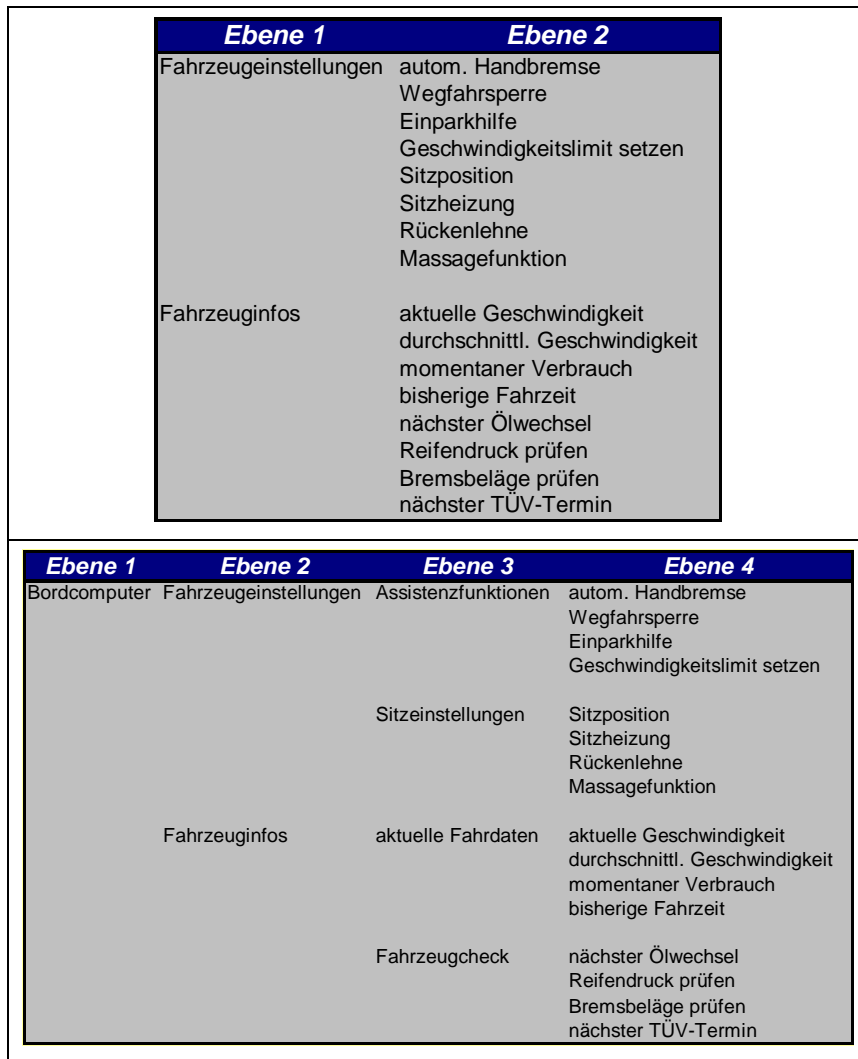


Abbildung 8-3: Ausschnitte aus dem Menüaufbau des breiten (oben) bzw. tiefen (unten) Menüsystems.

Um die beiden Menüs miteinander vergleichen zu können, wurden identische Menüinhalte verwendet. Dies wurde möglich, indem bei der Konstruktion des breiten Systems die erste und dritte Ebene des tiefen Menüs entfernt wurden. Somit war die erste Ebene des breiten Systems identisch mit der zweiten Ebene des tiefen Systems bzw. die zweite Ebene des breiten Systems mit der vierten Ebene des tiefen Systems. Die Menüstruktur wurde als Between-Faktor in zwei unabhängigen Versuchsbedingungen umgesetzt.

8.2.5 Versuchsplan

Aus den dargestellten variierten Situations- und Nebenaufgabenfaktoren ergibt sich der Versuchsplan in Tabelle 8-1. Die Strecke und somit die Situationsfaktoren sind identisch mit denen aus Studie 1. Je $n=8$ Probanden wurden per Zufall den beiden Nebenaufgabenvarianten zugewiesen. Die Baselinebedingung mit ebenfalls $n=8$ Fahrern wurde aus Studie 1 übernommen. Insgesamt gehen somit $N=24$ Fahrer in die Analysen der Studie 2 ein.

Tabelle 8-1: Versuchsplan Studie 2.

| | Situationsfaktoren (within) | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------|--------|----------|---------|-----------|--------|----------|---------|
| | Streckentyp | Innerorts | | | | Außerorts | | | |
| | Kritikalität | kritisch | | | unkrit. | kritisch | | | unkrit. |
| | Vorhersehbarkeit | gut | mittel | schlecht | | gut | mittel | schlecht | |
| NA-Variante (between) | Baseline | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ |
| | tief | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ |
| | breit | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ |

8.2.6 Stichprobe

An dem Versuch nahmen $N=16$ neue Fahrer ($n=10$ weiblich, $n=6$ männlich) teil. Keiner der Probanden hatte bereits an Studie 1 teilgenommen. Je $n=8$ sollten während der Fahrt das tiefe bzw. das breite Menüsystem bedienen. Das mittlere Alter der Fahrer betrug 35,8 Jahre (min. 23 Jahre, max. 65 Jahre; $sd=10,1$ Jahre), wobei nur ein Fahrer mit 65 Jahren deutlich älter als die übrige Fahrergruppe (max. 52 Jahre) war. Die Altersverteilung in beiden Versuchsbedingungen war vergleichbar (breites Menü: mittleres Alter 36,4 Jahre, $sd=12,7$ Jahre; tiefes Menü: mittleres Alter 35,1 Jahre, $sd=7,5$ Jahre). Die Fahrerfahrung von 2/3 der Fahrer lag im Bereich zwischen 100.000 und 500.000 km Fahrleistung im Leben, $n=3$ der Fahrer waren bislang weniger als 100.000 km, $n=3$ mehr als 500.000 km gefahren. Die km-Leistung im letzten Jahr lag im Mittel bei 15.875 km ($sd=10.904$ km). Zwischen den beiden Versuchsbedingungen bestanden keine Unterschiede bezüglich der Lebens- bzw. Jahresfahrleistung.

8.2.7 Versuchsablauf

Wie in der ersten Studie wurde vorab ein Kopfprofil des Fahrers zur Erfassung der Blickbewegungen über SmartEye erstellt. Es folgte eine kurze Eingewöhnungsphase. Anschließend wurde der Fahrer in die Bedienung des Menüsystems eingewiesen (je

nach NA-Variante das tiefe oder das breite Menüsystem; Instruktionen siehe Anhang Kapitel 1.4). Dies beinhaltete eine Bearbeitung von 14 Aufgaben unter Anleitung des Versuchsleiters mit Erläuterungen des Menüsystems und einer anschließenden selbständigen Bearbeitung von weiteren 50 Aufgaben im stehenden Fahrzeug. Dadurch lernten die Fahrer während dieser Übungsphase alle 64 ansteuerbaren Menüinhalte des Systems kennen.

In einer weiteren Übungsphase wurde den Fahrern dann die Darbietung der Aufgabenangebote über das Fragezeichen vorgestellt und sie sollten einige Aufgaben während der Fahrt bearbeiten (Instruktionen siehe Anhang Kapitel 1.5). Erst dann folgte die eigentliche Testfahrt, die aus dem Abfahren der Versuchsstrecke von 1.25 h Dauer in zwei Abschnitten mit Pause bestand (Instruktionen siehe Anhang Kapitel 1.6). Im Anschluss der Fahrt sollten die Fahrer wiederum die Fahrt und die Bearbeitung der Nebenaufgabe bewerten sowie den Fragebogen zur generellen Einstellung gegenüber Nebenaufgaben beim Fahren beantworten (Fragebögen siehe Anhang Kapitel 1.1 und 1.2).

8.2.8 Abhängige Variablen

8.2.8.1 Parameter der Nebenaufgabe

Folgende Parameter der Menüaufgabe wurden analysiert:

- Anteil ausgelassener Aufgaben, [in %]
- Dauer der Entscheidungsphase bis zur Annahme der Aufgabe, in [s]
- Dauer der Vorbereitungsphase bis zum Beginn der Menünavigation (Dauer Startbildschirm + Dauer Instruktionsschirm), in [s]
- Dauer Bedienphase (Aufenthalt im Menüsystem), in [s]
- Anzahl und Dauer von Unterbrechungen der Menübedienung (definiert als Latenzzeiten zwischen zwei Schritten im Menü > 3 s), in [s]
- Dauer einzelner Bediensequenzen/Schritte im Menü, in [ms]
- komplette Nebenaufgabendauer (max. 15 s), in [s]

8.2.8.2 Parameter der Fahraufgabe

Als Parameter der Fahraufgabe wurden folgende kontinuierliche Maße (für Außerortssituationen) analysiert:

- mittlere Geschwindigkeit, in [m/s]
- Standardabweichung der Geschwindigkeit, in [m/s]
- Maximale Verzögerungen, in [m/s²]
- Standardabweichung der mittleren Spurposition, SDLP in [m]
- Standardabweichung des Lenkwinkels, in [rad]

Zum Vergleich einzelner NA-Phasen wurden zudem die Parameter SDLP pro Sekunde (SDLP/s) sowie die Standardabweichung des Lenkwinkels pro Sekunde (lenkwinkel_sd/s) berechnet. Diese Normierung pro Sekunde wurde vorgenommen, da sich die Dauer der einzelnen Phasen deutlich voneinander unterscheiden.

Zusätzlich wurden die in der ersten Studie für jede Situation spezifisch definierten Fahrfehler (kritische Verzögerungen und/oder kritische Abstände zu vorausfahrenden Fahrzeugen; vgl. Kapitel 7.2.8.3) ermittelt. Über eine Beobachtung des Fahrverhaltens konnten außerdem Kollisionen mit anderen Fahrzeugen erhoben werden.

8.2.8.3 Parameter des Blickverhaltens

Die in Leinwandkoordinaten umgerechneten Rohdaten wurden zunächst zu Fixationen mit einer minimalen Dauer von 100 ms und einer maximalen Streuung von 1° zusammengefasst. Anschließend wurden diese Fixationen für die Dauer der Nebenaufgabenbearbeitung zwei Clustern „Straßenblicke“ vs. „Displayblicke“ zugeordnet. Anders als in Studie 1 ist die automatische Zuordnung nun deutlich fehleranfälliger, da das auf die Straße gerichtete Blickverhalten der Fahrer während der selbstgetakteten Nebenaufgabe deutlich variabler ist als in Studie 1. Hierdurch ist die räumliche Trennung zwischen den beiden Clustern Straße und Display nicht mehr so klar wie noch im ersten Versuch. Daher wurde die Unterteilung des Blickfeldes in Straße und Display für jede Fahrt kontrolliert und wenn nötig per Hand korrigiert. Drei Fahrer wurden dabei wegen schlechter Trackingqualität aus den nachfolgenden Analysen ausgeschlossen (weitere Ausführungen zur Erfassung und Analyse der Blickbewegungsdaten siehe die Dissertation von Metz, in preparation). Folgende Parameter des Blickverhaltens wurden analysiert:

- mittlere Dauer der Straßenblicke, in [ms]
- mittlere Anzahl der Straßenblicke während einer Nebenaufgabe
- Standardabweichung der Straßenblicke in x- und y-Richtung (als Größe des Blickfeldes interpretierbar), in [°]
- Abstand zwischen Kontrollblicken, in [s]: Bediendauer/Anzahl der Kontrollblicke pro Aufgabe
- Anteil Dauer Kontrollblicke an Gesamtbediendauer, in [%]: (mittlere Dauer Kontrollblicke * Anzahl Kontrollblicke)/ Bediendauer pro Aufgabe

8.2.8.4 Subjektive Daten

Bezüglich der Fragebogendaten wurden die Skalenwerte der einzelnen Items ausgewertet.

8.3 Ergebnisse

8.3.1 Einfluss der Situation auf NA-Bedienung

8.3.1.1 Allgemeine Bedienstrategie

Insgesamt wird in Studie 2 mit Menüaufgabe mit 27,82% der Aufgaben ein etwas höherer Anteil ausgelassen als in Studie 1 (dort 22,9%). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass auch der Anteil an Aufgabenangeboten vor kritischen Situationen in Studie 2 etwas höher liegt. Unter diesem Aspekt ist der absolute Anteil der Auslassungen in beiden Studien annähernd vergleichbar (kein signifikanter Haupteffekt für den „NA-Typ“ Menüaufgabe vs. Zahlenaufgabe; $F[1;30]=,058$; $p=,812$).

Auch mit Menüaufgabe wird in kritischen Situationen deutlich seltener bedient (Haupteffekt „Kritikalität“ $F[1;14]=74,737$, $p<,000$). Dieser Effekt ist vor allem Außerorts besonders stark ausgeprägt (Haupteffekt „Streckentyp“ $F[1;14]=6,217$; $p=,026$; Wechselwirkung „Streckentyp“ mit „Kritikalität“ $F[1;14]=33,023$; $p<,000$; siehe Abbildung 8-4 links). Dort werden vor kritischen Situationen (Kurven bzw. Pannensituation) im Mittel über die Hälfte der Aufgaben ausgelassen. An diesen Situationen wird ein deutlicher Unterschied zu Studie 1 sichtbar: Eine signifikante Dreifach-Interaktion „Streckentyp“ mit „Kritikalität“ und „NA-Typ“ weist darauf hin, dass gerade an kritischen Außerorts-Situationen ein deutlich größerer Anteil an Menüaufgaben ausgelassen wird als Zahlenaufgaben ($F[1;30]=12,793$; $p=,001$).

Das zusätzliche Aufgabenbewusstsein, wann die Aufgabe unterbrochen und wieder fortgesetzt werden muss, war in Studie 1 deutlich weniger stark gefordert und erhöht hier die Anforderungen an den Fahrer offenbar zusätzlich. Diese erhöhte Belastung aus der Kombination von stetiger Spurhalte- und Geschwindigkeitskontrolle Außerorts und einer in mehrere diskrete Einheiten zu unterteilende Nebenaufgabe scheint als besonders schwierig erachtet zu werden, weshalb die Fahrer versuchen, diese von vornherein zu vermeiden.

Die mittlere Entscheidungsdauer bis zum Annehmen einer Aufgabe ist mit 1,70 s ($sd=,55$ s) etwas länger als in Studie 1 mit 1,50 s ($sd=,76$ s). Im Vergleich über die verschiedenen Situationstypen (Faktoren „Kritikalität“ und „Streckentyp“) lassen sich jedoch keine signifikanten Effekte feststellen (siehe Abbildung 8-4 rechts).

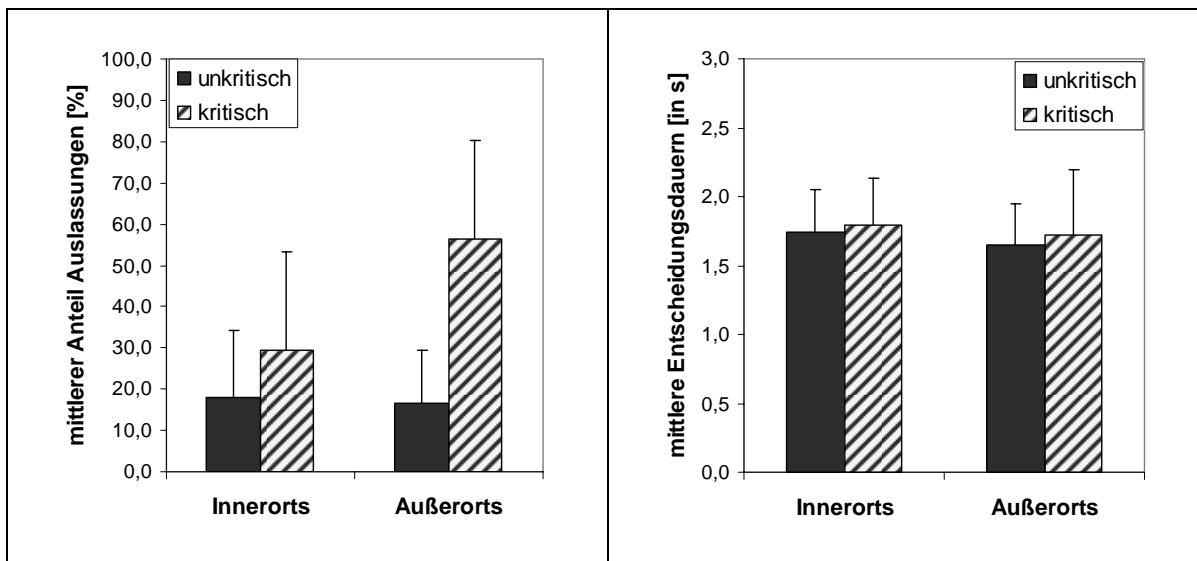


Abbildung 8-4: Mittlerer Anteil Aufgaben-Auslassungen (links) bzw. mittlere Entscheidungsdauer bis zum Annehmen einer Aufgabe (rechts) in kritischen und unkritischen Situationen, getrennt für Innerorts- vs. Außerorts-Abschnitte.

Wird die Aufgabe angenommen, dauert die Vorbereitungsphase, die aus der kurzen Startphase und dem Instruktionsbildschirm besteht, im Mittel 3,06 s (sd=1,65 s). Dabei wird im Mittel nach 0,87 s (sd=1,21 s) der Startbildschirm weggedrückt bzw. nach 2,26 s (sd=1,49 s) der Instruktionsbildschirm. Es ist anzunehmen, dass diese Phase neben der benötigten Zeit zum Lesen der Instruktion und der Vorbereitung auf die Menünavigation auch zur Einschätzung der Situationsentwicklung genutzt wird, bevor mit der eigentlichen Menübedienung begonnen wird.

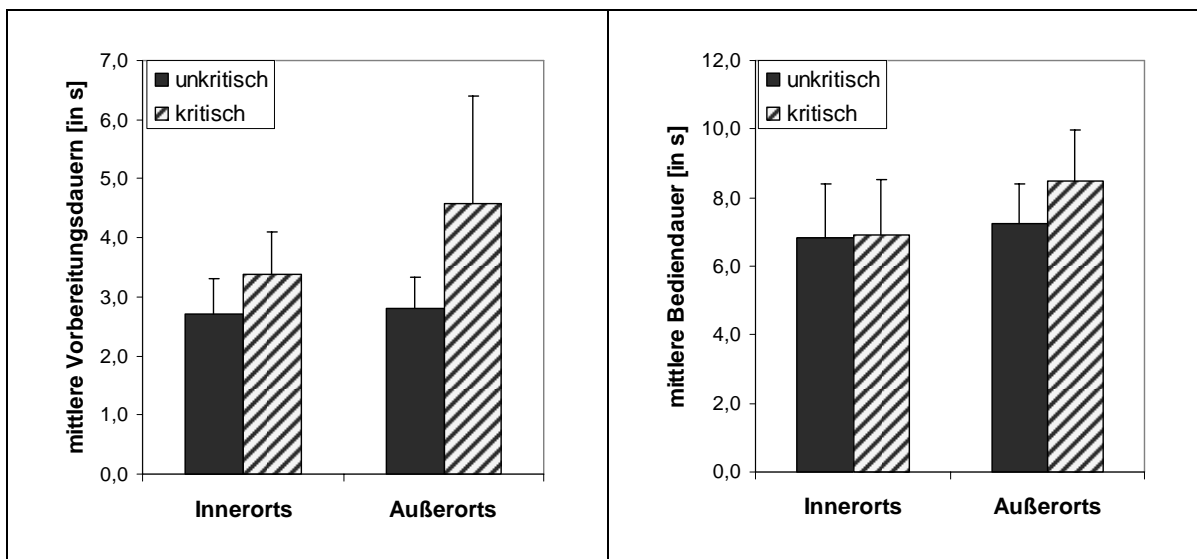


Abbildung 8-5: Mittlere Vorbereitungs-dauer (links) sowie mittlere Bediendauer (rechts) für unkritische vs. kritische Situationen, getrennt für Innerorts- vs. Außerorts-Abschnitte.

Entsprechend ist die Vorbereitungsphase in kritischen Situationen, vor allem Außerorts, deutlich verlängert (signifikante Haupteffekte „Kritikalität“ $F[1;14]=54,613$,

$p < ,000$ und Streckentyp $F[1;14]=8,399$; $p = ,012$ sowie Wechselwirkung „Kritikalität“ mit „Streckentyp“ $F[1;14]=5,109$; $p = ,042$; vgl. Abbildung 8-5 links).

Gelangt der Proband anschließend in das Menüsystem, hält er sich dort im Mittel 7,23 s ($sd=2,73$ s) auf. In 16,4% der angenommenen Aufgaben kann die Aufgabe nicht innerhalb der vorgegebenen 15 s gelöst werden und wird automatisch abgebrochen. Dabei sind vor allem für kritische Situationen Außerorts deutlich längere Bediendauern als in den übrigen Situationstypen zu beobachten (signifikante Haupteffekte „Kritikalität“ $F[1;13]=9,756$; $p = ,008$ und „Streckentyp“ $F[1;13]=27,214$; $p < ,000$ sowie Wechselwirkung „Kritikalität“ mit „Streckentyp“ $F[1;13]=28,016$; $p < ,000$; vgl. Abbildung 8-5 rechts). Zur Erklärung der unterschiedlichen Bediendauern lassen sich folgende Hypothesen aufstellen, die in weiteren Analysen geprüft werden müssen:

- Die längeren Bediendauern resultieren aus längeren einzelnen Bediensequenzen, weil es zu kognitiven Interferenzen mit der Fahraufgabe kommt (im Sinne eines „Aufgabenbewusstseins“) und damit die Orientierung im Menü erschwert wird.
- Fahrer unterbrechen die Menübedienung in kritischen Situationen häufiger, um sich vorübergehend mit vollster Aufmerksamkeit auf die Bewältigung der Fahraufgabe zu konzentrieren und erst dann wieder zur Menüaufgabe zurückzukehren.
- Ein höheres visuelles Überwachungsbedürfnis der Fahraufgabe in kritischen Situationen bewirkt, dass ein höherer Anteil der Aufenthaltsdauer im Menüsystem nicht für die Menübedienung, sondern für Blicke zurück auf die Straße genutzt wird.

8.3.1.2 Einfluss der Situation auf einzelne Bedienschritte

Für eine weitere Analyse des Bedienverhaltens wurde eine Klassifikation einzelner Bedienschritte innerhalb des Menüs vorgenommen. Dabei wird unterschieden zwischen Schritten innerhalb einer Menüebene (d.h. Joystickbewegungen nach oben oder unten zur Auswahl einer Menüoption; sog. „Blätterschritte“) sowie Schritte zum Wechsel zwischen den Menüebenen (d.h. Joystickbewegungen nach rechts oder links, sog. „Wechselschritte“; vgl. Abbildung 8-6).

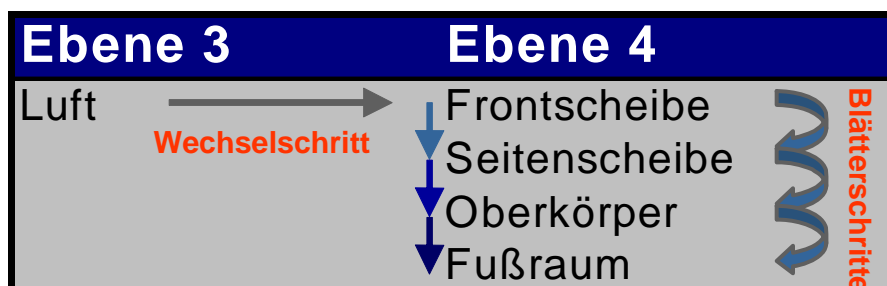


Abbildung 8-6: Schematische Darstellung der unterschiedlichen Schrittarten im Menü.

Als Schrittzeiten wurde die Latenzzeit zwischen zwei Schritten berechnet. Z.B. bezeichnet die Dauer eines Wechselschrittes die Latenzzeit zwischen der Joystickbewegung nach rechts, um auf eine neue Menüebene zu gelangen und dem nächsten Schritt innerhalb der neuen Menüebene nach unten.

Bei der Betrachtung der mittleren Schrittdauern getrennt für Blätterschritte und Wechselschritte wird deutlich, dass Blätterschritte ($m=509,66$ ms; $sd=508,73$ ms) generell deutlich schneller ausgeführt werden können als Wechselschritte ($m=1410,09$ ms; $sd=943,96$ ms). Nahezu identische Ergebnisse konnten bereits in anderen Studien mit dem Menüsystem zum Kompetenzerwerb beobachtet werden (vgl. Rauch et al., 2004a). Erklärbar ist dieser Unterschied damit, dass Wechselschritte einen stark kognitiven Anteil der Handlungsvorbereitung und -initiierung beinhalten, der die Orientierung auf der neuen Menüebene sowie die visuelle Suche nach dem gesuchten Menüpunkt umfasst. Die anschließenden Blätterschritte enthalten dagegen kaum kognitive Anteile, sondern lediglich die Zeiten für die motorische Bewegungsausführung zum Zielort.

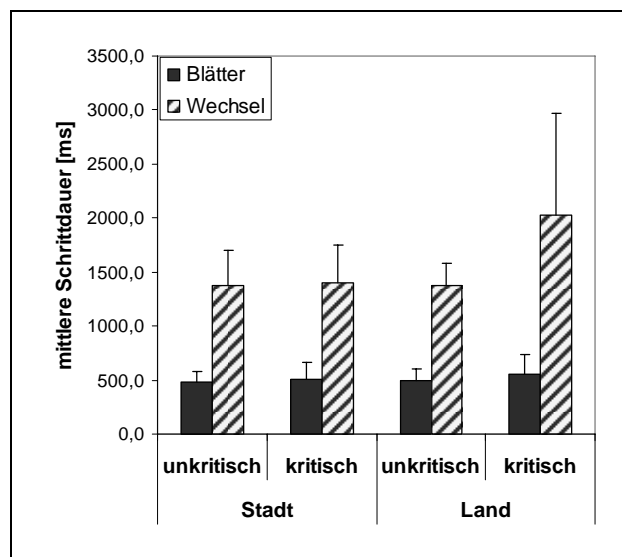


Abbildung 8-7: Mittlere Schrittdauern für Blätter vs. Wechselschritte in kritischen vs. unkritischen Situationen, getrennt für Innerorts vs. Außerortsabschnitte.

Getrennte Varianzanalysen für die einzelnen Schrittarten ergeben für Blätterschritte keine signifikanten Einflüsse des Situationstyps (Faktoren „Kritikalität“ und „Streckentyp“; vgl. Abbildung 8-7). Lediglich tendenziell zeigt sich ein Anstieg der Dauer der Blätterschritte in kritischen Situationen ($F[1;14]=3,523$; $p=,082$). Deutlich stärker dagegen wirkt sich der Situationstyp auf die Dauer der Wechselschritte aus. Diese dauern vor allem bei der Menübedienung in kritischen Außerorts-Situationen deutlich länger (signifikante Haupteffekte „Kritikalität“ $F[1;13]=7,409$; $p=,017$ und „Streckentyp“ $F[1;13]=7,579$; $p=,016$ sowie tendenziell signifikante Wechselwirkung „Kritikalität“ mit „Streckentyp“ $F[1;13]=3,683$; $p=,077$). Die hohen Anforderungen an die stetige Ausführung der Fahraufgabe in kritischen Außerortssituationen interferiert demnach stärker mit den kognitiven Anforderungen der Menüaufgabe (Wo bin ich im Menü? Ist hier eine Unterbrechung empfehlenswert?) als mit der motorischen Bedienhandlung selbst.

8.3.1.3 Einfluss der Situation auf Unterbrechungen der Bedienung

Die Bestimmung von Aufgabenunterbrechungen wurde anhand der Verteilung der Schrittdauern vorgenommen. Als Unterbrechung der Menübedienung wurde dabei eine Latenzzeit von 3 s zwischen zwei Schritten definiert. Bei diesem Zeitfenster ist davon auszugehen, dass es sich nicht bloß um einen verlängerten Schritt innerhalb des Menüs handelt, sondern um eine echte Unterbrechung der Menübedienung und kurzzeitige Rückkehr zur Fahraufgabe. Insgesamt werden N=148 solcher Unterbrechungen beobachtet. Dies entspricht einem Anteil von 11,9% Aufgaben mit mindestens einer Unterbrechung (maximal 2 Unterbrechungen pro Aufgabe).

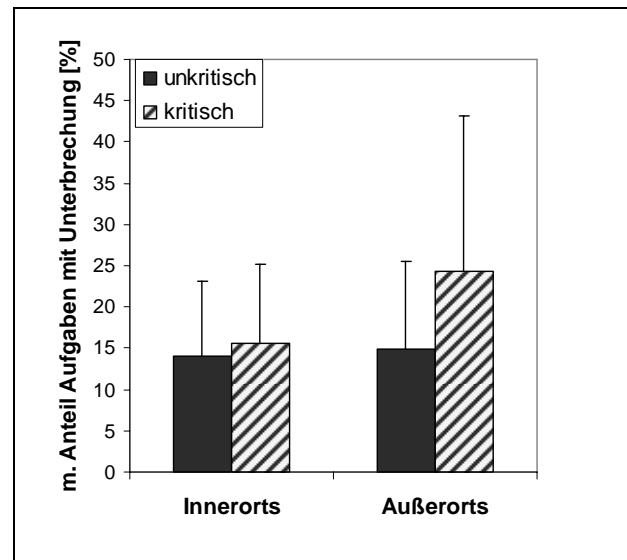


Abbildung 8-8: Mittlerer Anteil Aufgaben mit Unterbrechung bei Menübedienung in kritischen vs. unkritischen Situationen, getrennt für Innerorts vs. Außerorts.

Die Verteilung der Unterbrechungen ergibt ein vergleichbares Muster wie die übrigen Bedienparameter. Allerdings wird nur der Faktor „Streckentyp“ statistisch signifikant ($F[1;14]=3,877$; $p=,069$). Es findet sich weder ein signifikanter Haupteffekt „Kritikalität“ ($F[1;14]=2,671$; $p=,124$) noch eine signifikante Wechselwirkung „Kritikalität“ mit „Streckentyp“ ($F[1;14]=2,011$; $p=178$). Dennoch scheint es, dass wiederum der deutlich größte Anteil an Unterbrechungen an kritischen Situationen Außerorts, d.h. an Kurven und in der Pannensituation, auftritt. In Situationen Innerorts muss die Aufgabe an kritischen Situationen nicht häufiger unterbrochen werden als in unkritischen Situationen (vgl. Abbildung 8-8). Die diskrete Verhaltensanpassung auf taktischer Ebene kann hier sehr gut sequenziell mit der diskreten Nebenaufgabe verschaltet werden, ohne dass Unterbrechungen notwendig werden. Wesentlich schwieriger gestaltet sich die Verschränkung von diskreter NA und stetiger Fahraufgabe.

8.3.2 Einfluss der Situation auf das Blickverhalten

8.3.2.1 Phasen der Nebenaufgabe im Vergleich zu Studie 1

Im Vergleich zu Studie 1 ist erkennbar, dass auch in Studie 2 eine Vertiefung der visuellen Verarbeitung in der Entscheidungsphase stattfindet (kleineres Blickfeld

sowohl in x- als auch y-Richtung sowie längere Fixationsdauern). Die Verringerung der Verarbeitung während der Nebenaufgabe ist aber weniger stark ausgeprägt als in der Zahlenaufgabe (Vergrößerung des Blickfeldes und Verlängerung der Fixationsdauern von Entscheidungs- zu Bedienphase; siehe Abbildung 8-9).

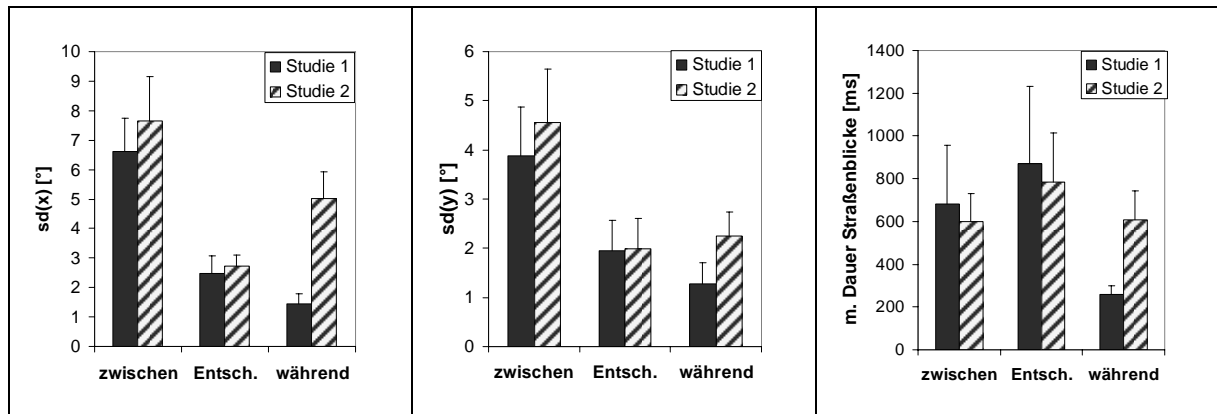


Abbildung 8-9: Standardabweichung der Straßenblicke in x-Richtung, in y-Richtung sowie mittlere Dauer der Straßenblicke, getrennt für die einzelnen Phasen der NA im Vergleich von Studie 1 und Studie 2.

Zudem werden in Studie 2 während der Menübedienung ein höherer Anteil Straßenblicke, längere Fixationsdauern (vgl. Abbildung 8-10) und ein größeres Blickfeld in x- und y-Richtung nachgewiesen (ohne Abbildung). Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass die Unterbrechbarkeit der Nebenaufgabe von den Fahrern tatsächlich genutzt wird.

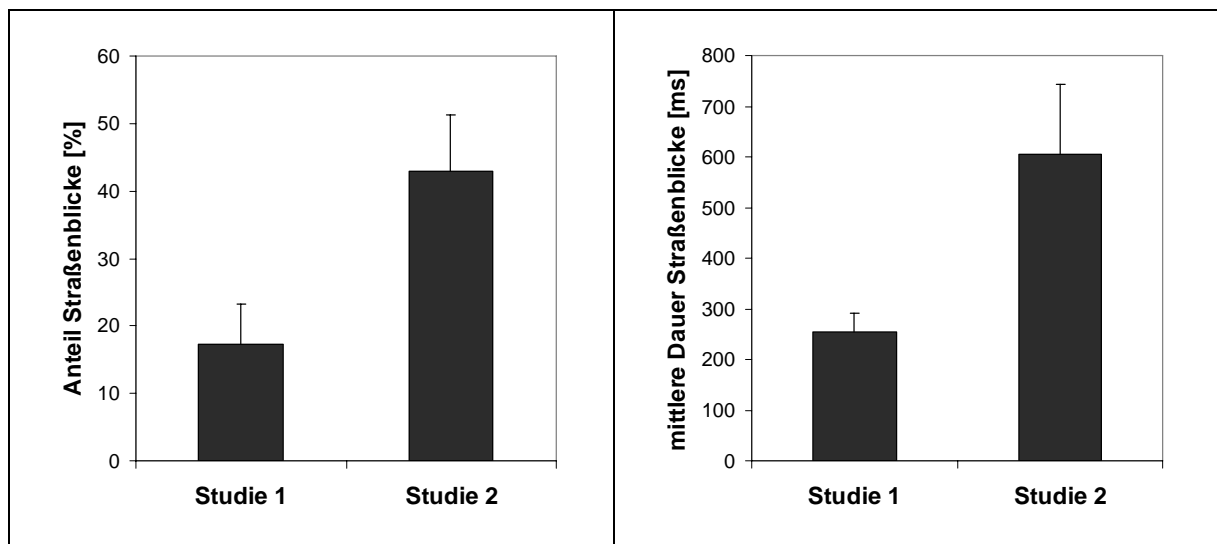


Abbildung 8-10: Anteil Straßenblicke während Menübedienung (links) bzw. mittlere Dauer der Straßenblicke (rechts) in Studie 1 vs. Studie 2.

8.3.2.2 Einfluss der Situationskritikalität

Auch für das Menüsystem findet man eine Erhöhung des Anteils Straßenblicke in kritischen Situationen ($F[1;12]=9,71$; $p=,009$; siehe Abbildung 8-11). Dieser beruht

sowohl auf einer größeren Anzahl Straßenblicke ($F[1;12]=14,32$; $p=,003$) als auch auf längeren Fixationsdauern ($F[1;12]=5,94$; $p=,031$).

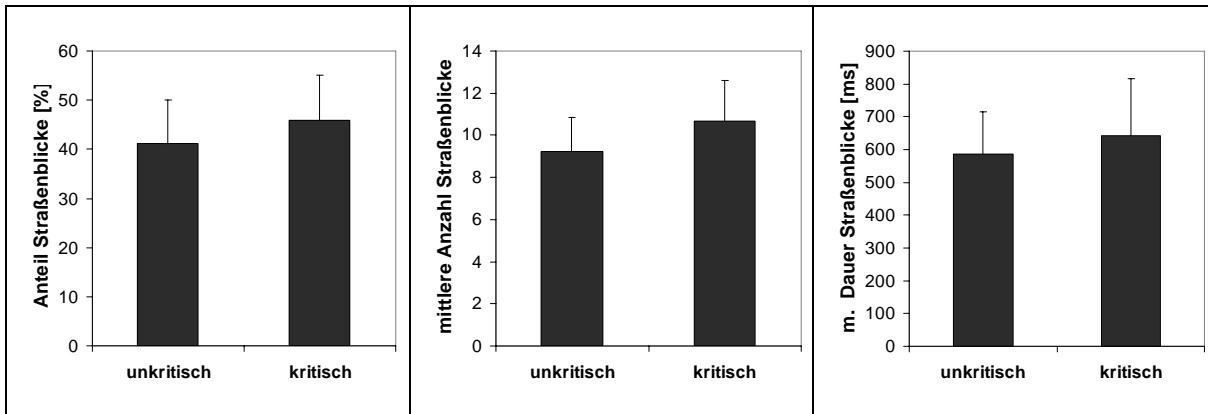


Abbildung 8-11: Einfluss der Situationskritikalität auf Anteil, Anzahl und Dauer von Straßenblicken.

Abbildung 8-12 zeigt, dass die häufigeren Straßenblicke in kritischen Situationen dazu genutzt werden, das Blickfeld zumindest in x-Richtung zu erweitern ($F[1;12]=14,77$; $p=,002$). Die Streuung in y-Richtung unterscheidet sich nicht signifikant ($F[1;12]=2,74$; $p=,124$; für weitere Ergebnisse zum Blickverhalten siehe Dissertation von Metz, in preparation).

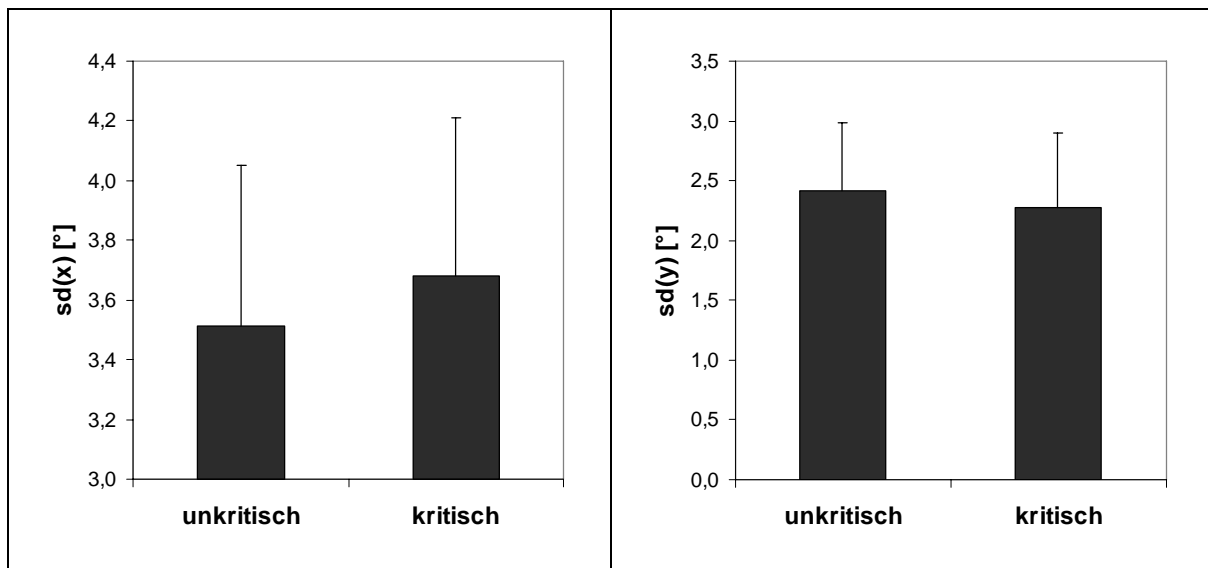


Abbildung 8-12: Einfluss der Situationskritikalität auf die Größe des Blickfeldes.

8.3.3 Einfluss der Vorhersehbarkeit auf NA-Bedienung

Der Einfluss der Vorhersehbarkeit der Situationsanforderungen auf das Bedienverhalten ist in Abbildung 8-13 dargestellt. In der schweren Situationsvariante werden deutlich seltener Aufgaben ausgelassen als in der mittleren und leichten Situationsvariante ($F[2;28]=4,754$; $p=,017$), da der Fahrer zum Zeitpunkt des Aufgabenangebotes die Situation vermutlich noch als unkritisch bewertet. Post-Hoc Tests zeigen, dass sich nur die schwere Variante signifikant von den beiden anderen

unterscheidet (schwer-mittel: $p=,017$; schwer-leicht: $p=,002$). Auf die Entscheidungsdauer wirkt sich diese Variation nicht aus ($F[2;28]=0,812$; $p=,454$). Auf die Vorbereitungsphase ist ein signifikanter Einfluss festzustellen ($F[2;28]=7,794$; $p=,002$). Erst nachdem der Fahrer die Nebenaufgabe angenommen hat, wird das Konfliktpotenzial der Situation deutlich. Entsprechend resultieren dann Interferenzen mit der Vorbereitung der Menübedienung (Post-Hoc Tests: schwer-mittel: $p=,004$; schwer-leicht: $p=,009$). In der Bedienphase selbst ist kein Unterschied zwischen den Varianten festzustellen ($F[2;28]=1,079$; $p=,345$).

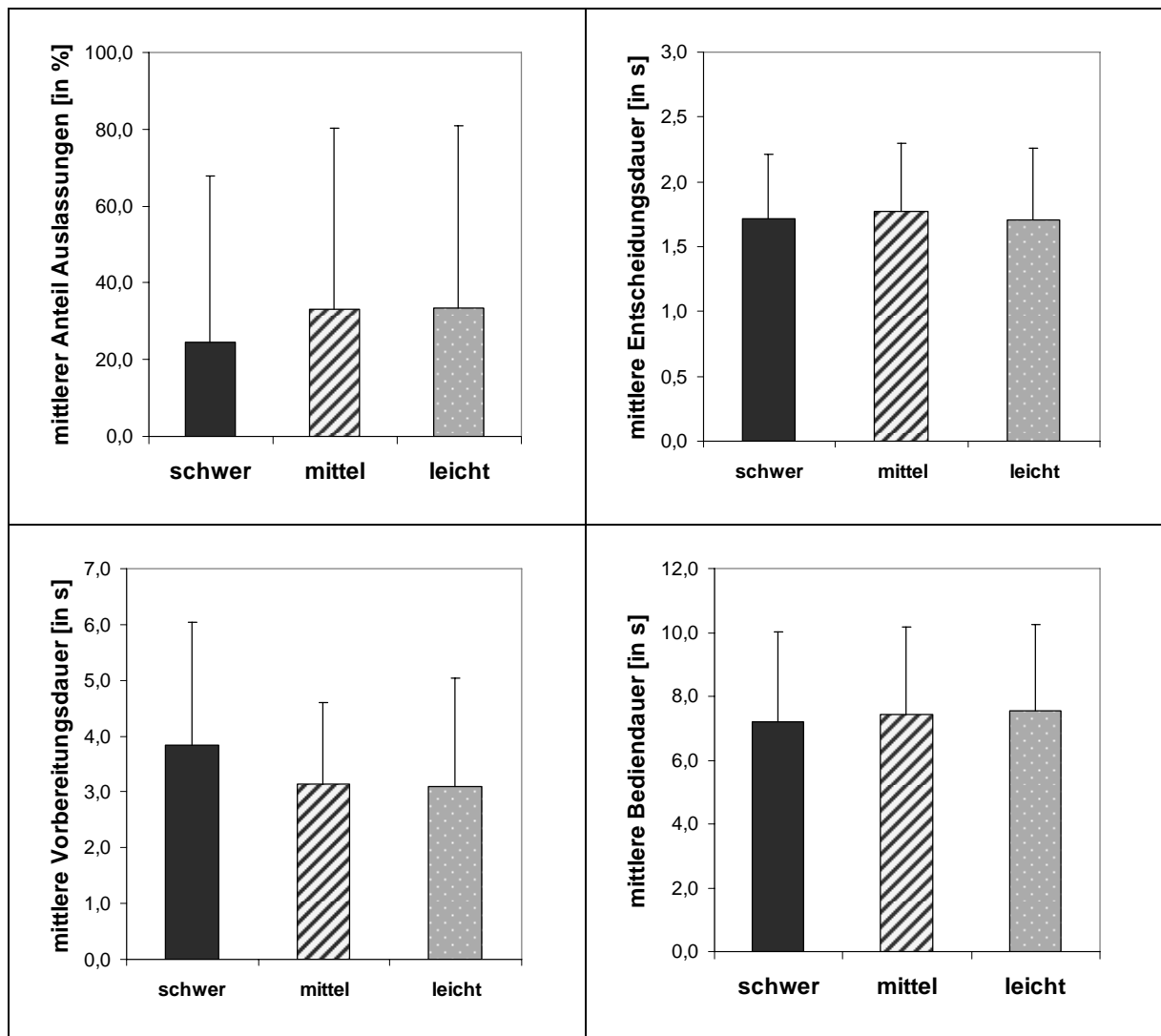


Abbildung 8-13: Einfluss der Vorhersehbarkeit des Konfliktpotenzials (schwer, mittel, leichte Variante) auf die Parameter mittlerer Anteil Auslassungen (links oben), mittlere Entscheidungsdauer (rechts oben), mittlere Vorbereitungsdauer (links unten) sowie mittlere Bediendauer (rechts unten).

8.3.4 Einfluss der Menüstruktur auf NA-Bedienung und Blickverhalten

8.3.4.1 Globale Bedienparameter

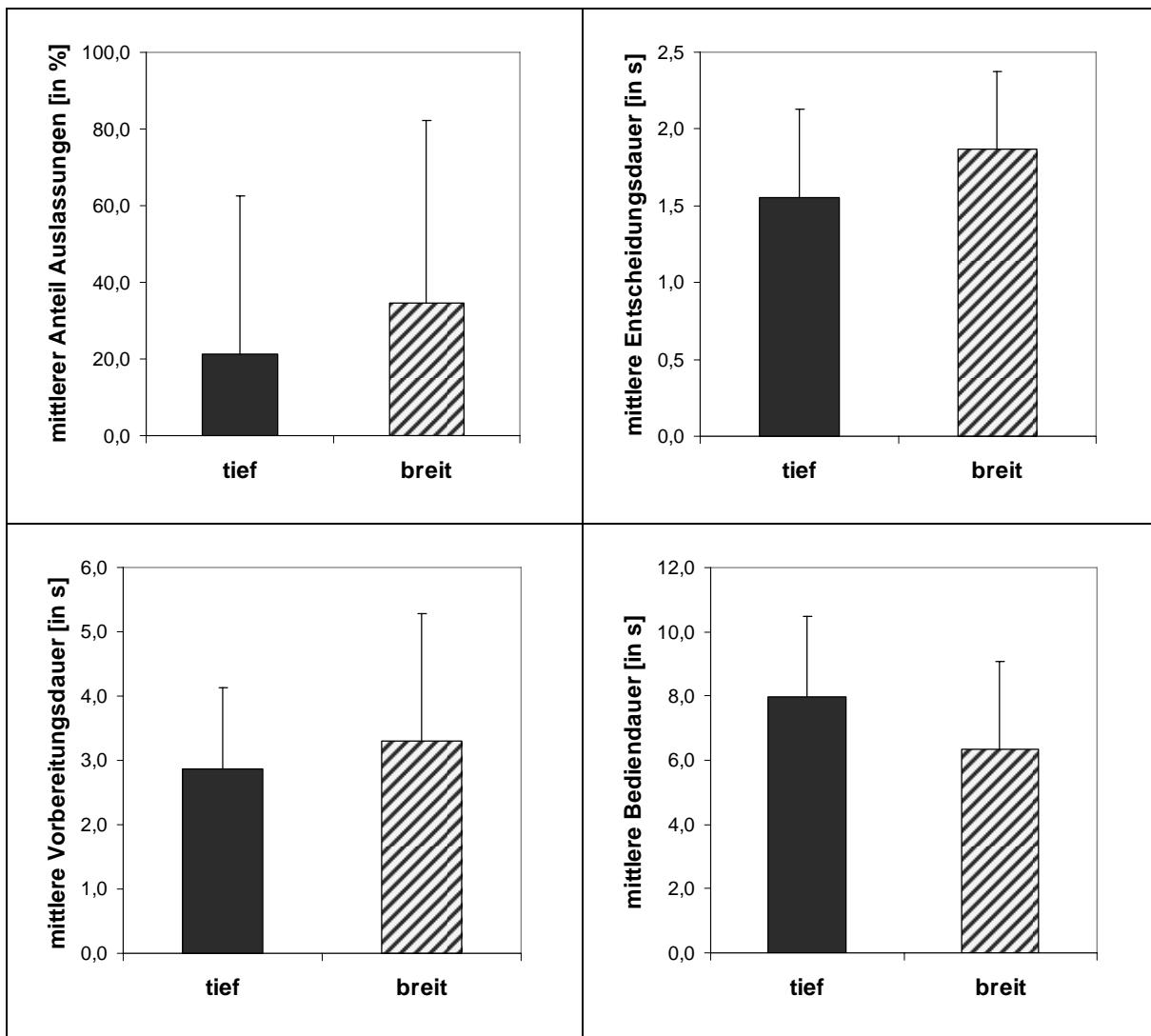


Abbildung 8-14: Einfluss der Menüstruktur (tief vs. breit) auf den mittleren Anteil an Aufgabenauslassungen (links oben), die mittlere Entscheidungsdauer (rechts oben), die mittlere Vorbereitungsdauer (links unten) sowie die mittlere Bediendauer (rechts unten).

Im Vergleich der beiden Menüstrukturen tief vs. breit (siehe Abbildung 8-14) gehen die Probanden mit breitem Menüsystem insgesamt vorsichtiger an die Menübedienung heran: Sie lassen mehr Aufgaben aus ($F[1;14]=3,949$; $p=,083$), lassen sich länger Zeit für die Entscheidung, die Aufgabe anzunehmen ($F[1;14]=7,614$; $p=,015$) und brauchen auch nach dem Annehmen der Aufgabe länger, bevor sie mit der eigentlichen Menübedienung beginnen ($F[1;14]=5,492$; $p=,036$). Demgegenüber benötigen die Probanden der tiefen Menübedingung länger für die anschließende Bedienung des Menüsystems ($F[1;13]=10,015$; $p=,007$). Dieser Effekt zieht sich durch alle Situationstypen (keine signifikanten Interaktionen mit dem Streckentyp oder der Kritikalität).

8.3.4.2 Analyse einzelner Bedienschritte und Unterbrechungen

Bei der genauen Analyse einzelner Bedienschritte innerhalb des Menüs wird ein genereller Nachteil bezüglich der Bediengeschwindigkeit für das tiefe Menüsystem sichtbar. Aufgrund der unterschiedlichen Menüstruktur ist im tiefen Menü zur Bearbeitung derselben Aufgabenstellungen ein deutlich größerer Anteil an langsamen Wechselschritten auszuführen (siehe Abbildung 8-15 links). Demgegenüber steht ein im Vergleich zum breiten Menü relativ kleiner Anteil schneller Blätterschritte. Die mittlere Dauer der Schritte ist dabei unabhängig von der Menüstruktur weitgehend konstant für Blätter- und Wechselschritte (siehe Abbildung 8-15 rechts).

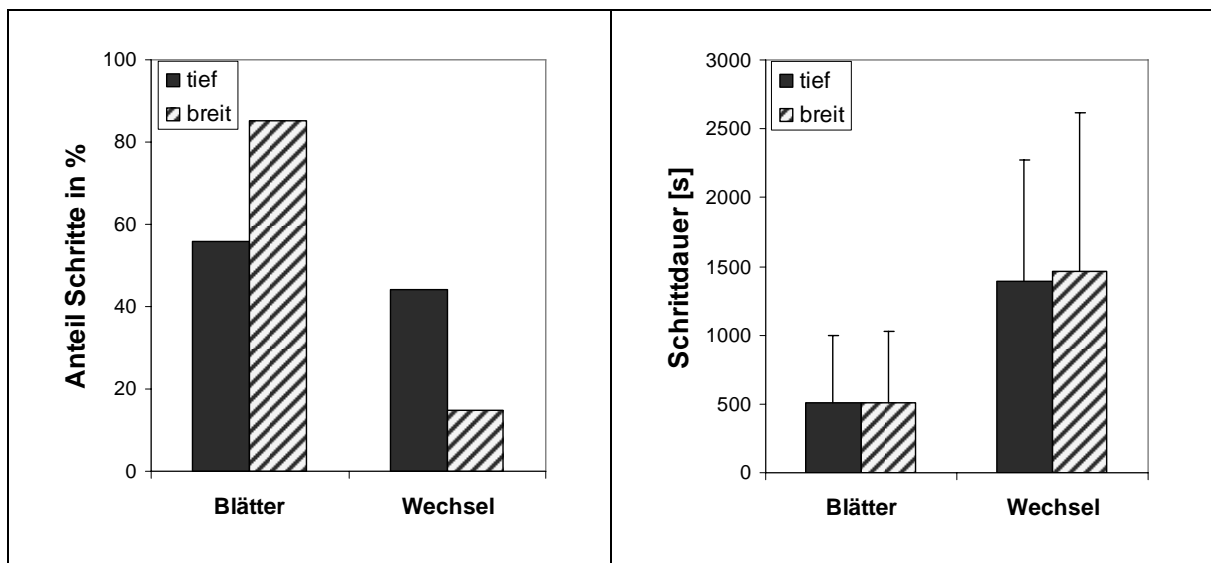


Abbildung 8-15: Relativer Anteil (links) bzw. mittlere Schrittdauer (rechts) von Blätter- bzw. Wechselschritten im tiefen vs. breiten Menüsystem.

Wie bereits gezeigt, erfordern diese Wechselschritte einen besonders hohen kognitiven Aufwand, so dass die kognitiven Anforderungen im tiefen Menüsystem insgesamt höher liegen. Weiter zeigt sich, dass überwiegend Wechselschritte im Menü für Unterbrechungen der Menübedienung genutzt werden ($\chi^2=148,690$; $p<,000$; siehe Abbildung 8-16 links) und dass im tiefen Menü häufiger die Nebenaufgabe unterbrochen wird ($\chi^2=3,245$; $p=,072$; siehe Abbildung 8-16 rechts).

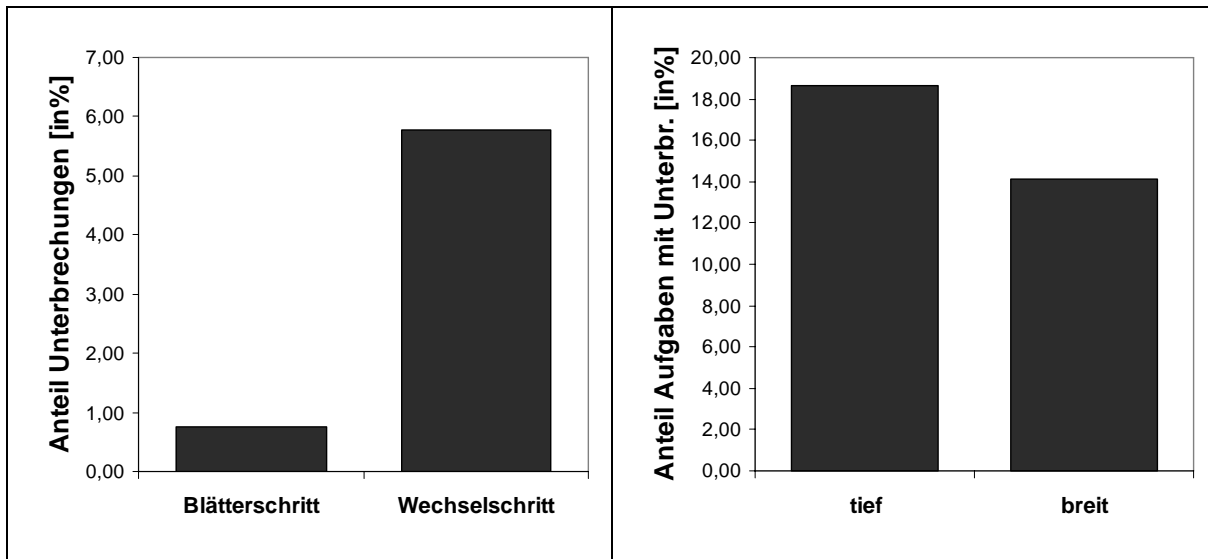


Abbildung 8-16: Anteil an Unterbrechungen bei Blätter- bzw. Wechselschritten (links) bzw. Anteil Aufgaben mit Unterbrechungen (rechts) bei Bedienung des tiefen vs. des breiten Menüsystems.

Dies könnte sich positiv auf die Fahrleistung auswirken. Die häufigeren Menüwechsel könnten dazu genutzt werden, um gleichzeitig mit dem Bildschirmwechsel einen Abgleich zwischen erwarteter und tatsächlicher Situationsentwicklung im Rahmen einer kurzfristigen Unterbrechung der Nebenaufgabe durchzuführen. Dadurch könnte die Fahraufgabe sogar besser überwacht werden als bei Bedienung des breiten Menüs. Diese Hypothese muss anhand der Analyse des Blickverhaltens und der Betrachtung der Fahrleistung überprüft werden.

8.3.4.3 Auswirkungen auf das Blickverhalten

In der Analyse des Blickverhaltens in Abhängigkeit der Menüstruktur zeigt sich, dass im breiten und tiefen Menü vergleichbar lange Straßenblicke ausgeführt werden ($F[1;11]=,005$; $p>,05$; siehe Abbildung 8-17). Auch der Anteil an Straßenblicken unterscheidet sich nicht signifikant voneinander ($F[1;11]=,081$; $p>,05$). Entgegen der Erwartung aus früheren Studien (vgl. Rauch et al., 2004b) kann während der Bedienung des breiten Menüs die Fahraufgabe vergleichbar häufig kontrolliert werden wie im tiefen Menü. In einer offenen Nachbefragung der Probanden geben eine Reihe von Fahrern der breiten Menübedingung an, sehr viel blind bedient zu haben. Dadurch war ein größerer Anteil an visuellen Kapazitäten frei für die Überwachung der Fahraufgabe.

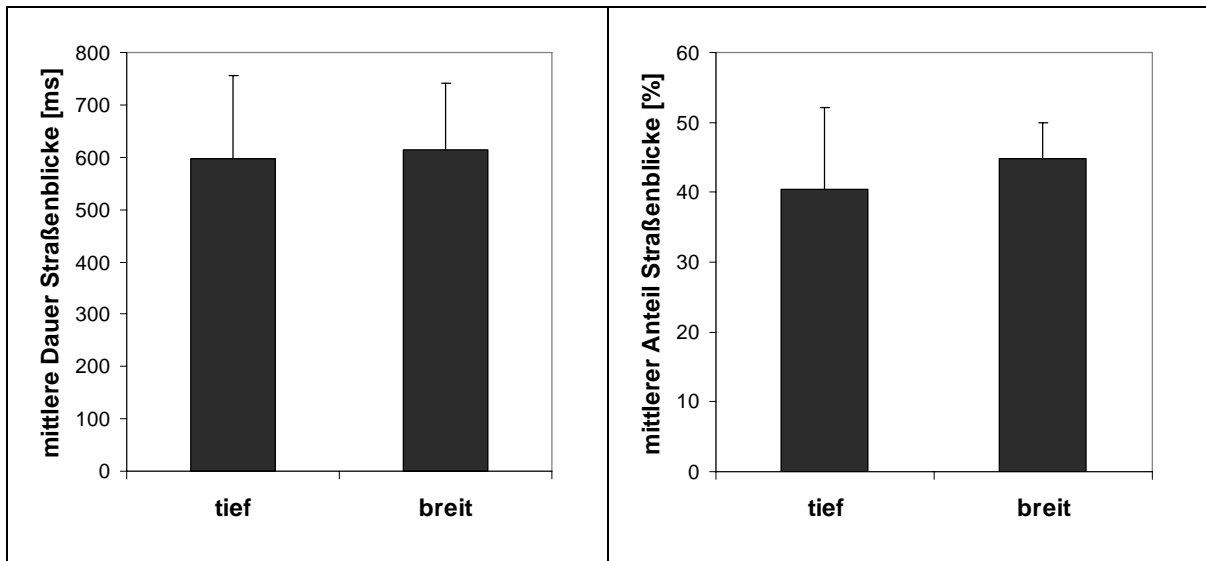


Abbildung 8-17: Mittlere Dauer Straßenblicke (links) und Anteil Straßenblicke an Gesamtbediendauer (rechts) in Abhängigkeit der Menüstruktur (breit vs. tief).

Betrachtet man in einem weiteren Schritt die Größe des Blickfeldes bei Unterbrechungen vs. normalen Schritten im Menü, abgeleitet aus der Standardabweichung des Blickwinkels in x- und y-Richtung, ist erkennbar, dass während Unterbrechungen der Anteil an Straßenblicken ansteigt ($F[1;11]=20,51$; $p<,000$). Zudem vergrößert sich im breiten Menü das Blickfeld während Unterbrechungen sowohl in x- als auch in y-Richtung (siehe Abbildung 8-18). Im tiefen Menü ist eine solche Blickfelderweiterung nicht zu beobachten (sign. Wechselwirkungen für $sd(x)$: $F[1;11]=5,42$, $p=,040$ und $sd(y)$: $F[1;11]=8,11$; $p=,016$). Dieser Befund weist darauf hin, dass Unterbrechungen des Menüs im tiefen Menü weniger effizient genutzt werden. Die Fahrer sind wohl kognitiv so von der Verarbeitung der Menüaufgabe gefordert, dass die freien Kapazitäten für die Überwachung der Fahraufgabe stark reduziert sind. So bleibt ihr Blickfeld auch während der Unterbrechung eingeschränkt und wird nicht für ein Situationsupdate genutzt, bei dem eine Neubewertung der Situation stattfinden kann.

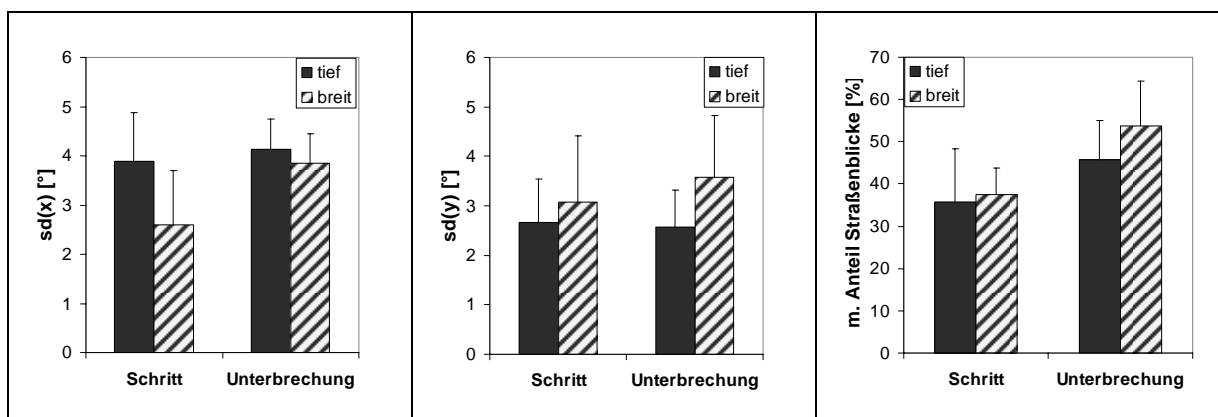


Abbildung 8-18: Standardabweichungen des Blickwinkels in x-Richtung bzw. in y-Richtung bzw. mittlerer Anteil Straßenblicke für breites vs. tiefes Menüsystem während eines Schrittes im Menü bzw. während einer Unterbrechung der Menübedienung.

8.3.5 Einfluss von Bedienverhalten und Menüstruktur auf kontinuierliches Fahrverhalten

8.3.5.1 Einfluss des Bedienverhaltens

Der Einfluss des Bedienverhaltens auf das Fahrverhalten wird im Folgenden in Außerortssituationen betrachtet, in denen eine stetige Geschwindigkeits- und Spuranpassung auf operationaler Ebene erforderlich ist. Es werden dabei Situationen mit vs. ohne Nebenaufgabenbedienung verglichen (Faktor „NA-Bedienung“ bedient vs. ausgelassen).

Hierbei treten zunächst widersprüchlich erscheinende Befunde auf. In Situationen, in denen die Nebenaufgabe bedient wird, wird

- zumindest in unkritischen Situationen im Mittel schneller gefahren (Haupteffekt „NA-Bedienung“: $F[1;13]=4,550$; $p=,053$; WW „NA-Bedienung“*„Kritikalität“: $F[1;13]=30,298$; $p=<,000$),
- geringere Verzögerungen erreicht (ohne Abbildung; $F[1;13]=6,052$; $p=,024$),
- geringere Variationen in der Geschwindigkeit gefahren (Haupteffekt „NA-Bedienung“: $F[1;13]=14,125$; $p=,002$),
- zumindest in unkritischen Situationen eine geringere Variation in der Spurabweichung erzielt (Haupteffekt „NA-Bedienung“ $F[1;13]=66,921$; $p<,000$; WW „NA-Bedienung“*„Kritikalität“: $F[1;13]=10,988$; $p=,006$),
- vor allem in unkritischen Situationen ein geringerer Lenkaufwand betrieben (Haupteffekt „NA-Bedienung“ $F[1;13]=76,485$; $p=<,000$; WW „NA-Bedienung“*„Kritikalität“: $F[1;13]=6,560$; $p=,024$).

als in Situationen, in denen die Aufgabe ausgelassen wird (siehe Abbildung 8-19).

Ein vergleichbares Muster lässt sich auch bei einem Vergleich von Situationen mit Aufgabenunterbrechung vs. ohne Aufgabenunterbrechung finden (ohne Abbildungen): Auch hier kann eine stärkere Beeinträchtigung der Fahrleistung in Situationen mit Aufgabenunterbrechungen festgestellt werden: Wiederum sind dort geringere Geschwindigkeiten, stärkere Variationen in der Spurhaltung, höhere SDLPs, stärkere Streuungen im Lenkwinkel sowie stärkere Verzögerungen zu beobachten als in vergleichbaren Situationen ohne Aufgabenunterbrechung.

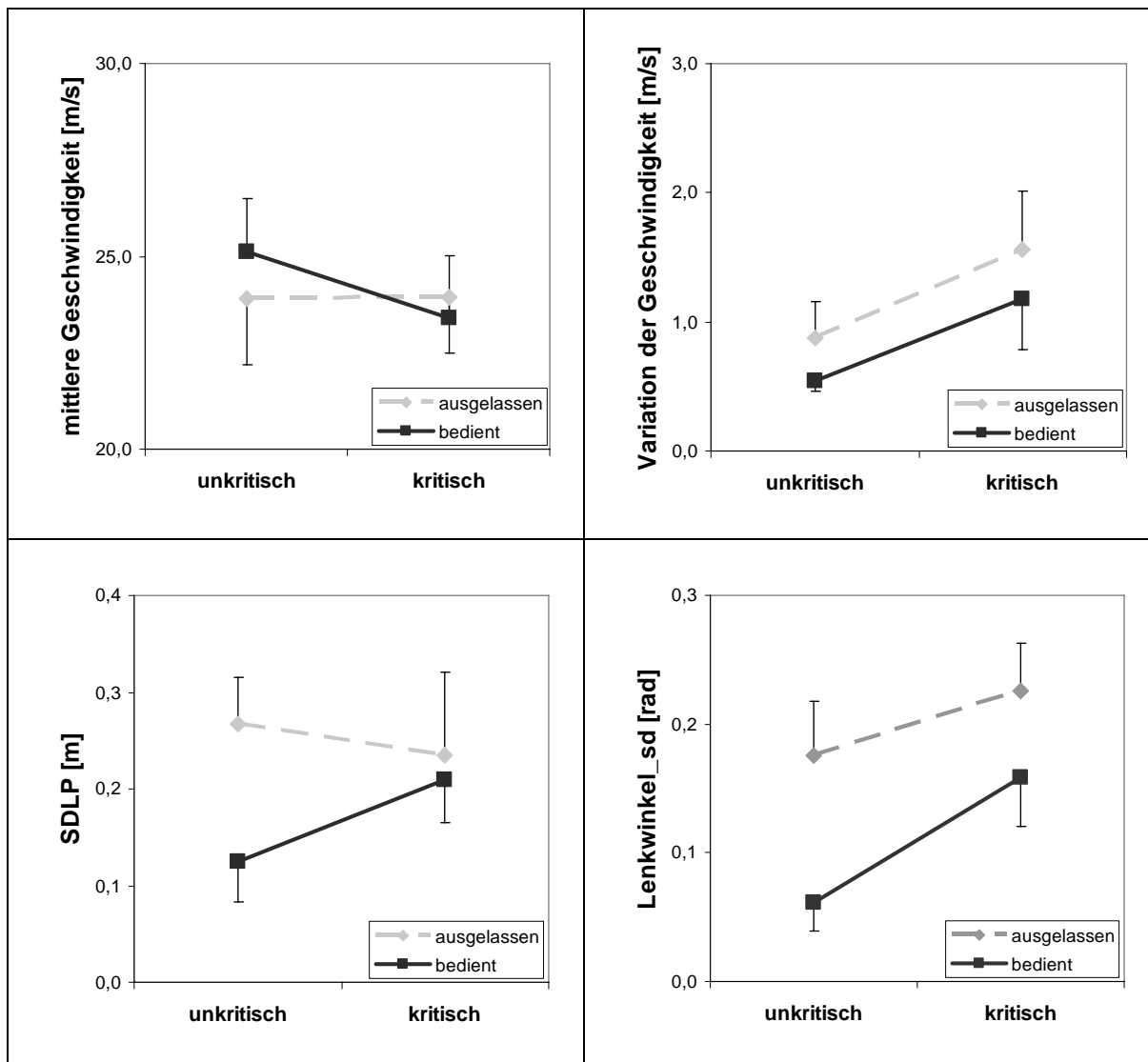


Abbildung 8-19: Mittlere Geschwindigkeit (links oben), mittlere Variation der Geschwindigkeit (rechts oben), Standardabweichung der mittleren Spurposition (SDLP; links unten) sowie Standardabweichung des Lenkwinkels (steeringwheel_sd; rechts unten) für kritische vs. unkritische Situationen Außerorts, getrennt nach Situationen, in denen die Nebenaufgabe ausgelassen vs. bedient wurde.

Diese Ergebnisse sind ein deutlicher Hinweis darauf, dass der Umgang mit der Nebenaufgabe vor allem die Kompensationsreaktion des Fahrers auf die Anforderungen aus der Fahraufgabe repräsentiert: Hat der Fahrer erhöhte Schwierigkeiten, die Fahraufgabe zu bewältigen, was er an Beeinträchtigungen der Fahrleistung bemerkt, wird die Nebenaufgabe ausgelassen oder falls sie bereits begonnen wurde, unterbrochen. Offensichtlich sind Unterbrechungen demnach in den meisten Fällen eher reaktiv als antizipativ, d.h. sie werden erst vorgenommen, wenn bereits eine deutliche Beeinträchtigung der Fahraufgabe spürbar ist, und nicht, um einer Beeinträchtigung vorzubeugen.

8.3.5.2 Einfluss der Situation und der Menüstruktur

Zur weiteren Beschreibung des Fahrverhaltens während der Beschäftigung mit der Menübedienung wurde der Verlauf verschiedener Fahrparameter über die einzelnen Phasen der Menüaufgabe aufgetragen. Die Auswertung wurde getrennt für Geraden vs. Kurven auf Außerorts-Abschnitten vorgenommen (siehe Abbildung 8-20). Aufgrund der unterschiedlich langen Phasendauern sind die Parameter SDLP und Lenkwinkel_sd auf Sekunden normiert.

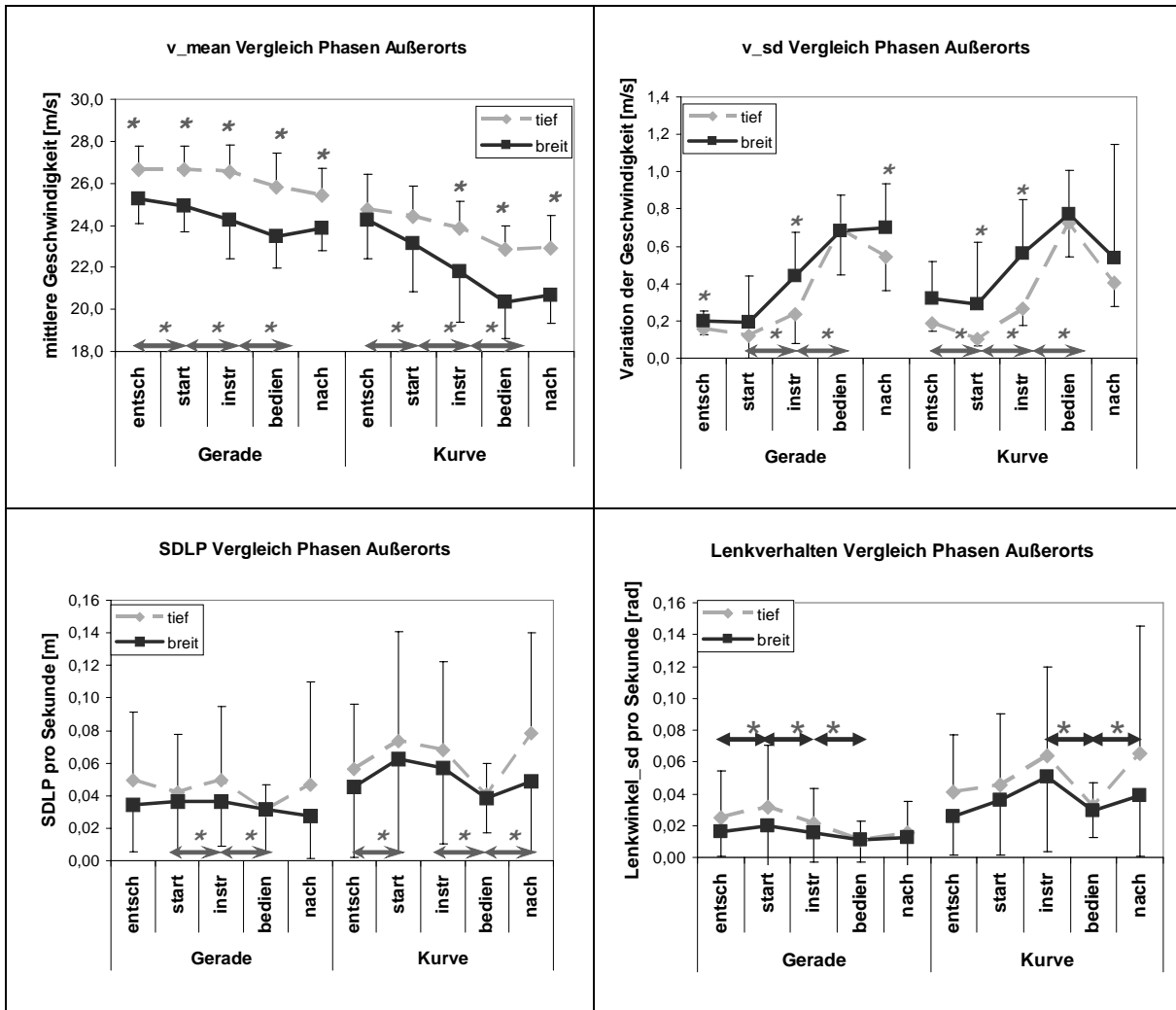


Abbildung 8-20: Mittlere Geschwindigkeit (links oben), Variation der Geschwindigkeit (rechts oben), Standardabweichung der mittleren Spurposition pro Sekunde (SDLP, links unten) bzw. Standardabweichung des Lenkwinkels pro Sekunde (Lenkwinkel_sd; rechts unten) über die einzelnen Phasen der Menüaufgabe (entsch=Entscheidungsphase, start=Startphase, instr=Instruktionsphase, bedien=Bedienphase, nach=Phase nach NA-Bedienung) auf Geraden vs. Kurven Außerorts. Die mit einem „*“ markierten Vergleiche kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Phasen bzw. NA-Varianten pro Phase.

Dabei ist eine stärkere Beeinträchtigung der Fahrleistung auf den schwierigeren Kurvenabschnitten festzustellen: Dort werden geringere mittlere Geschwindigkeiten

gefahren, die Spurhaltung ist verschlechtert (erhöhte SDLP pro Sekunde), es ist ein höherer Lenkaufwand erforderlich (höhere Variation im Lenkwinkel pro Sekunde). Zudem muss an Kurven stärker verzögert werden. Während des Verlaufs der Menübedienung ist erkennbar, dass die Fahrer ihre Geschwindigkeit an die Anforderungen der Fahraufgabe anpassen. So wird die Geschwindigkeit sowohl auf Geraden, als auch verstärkt an Kurven von der Entscheidungsphase an zunehmend reduziert. Erst nach der Menübedienung wird dann wieder beschleunigt.

In der Querregulation scheinen sowohl in Vorbereitung als auch nach der Bedienung Kompensationsbemühungen stattzufinden. Vor der eigentlichen Bedienphase scheint der Fahrer zu versuchen, eventuelle Abweichungen von der Ideallinie auszugleichen, um mit möglichst guter Spurhaltung die Menübedienung beginnen zu können. Nach der Menübedienung muss dann der während der Bedienung aufgelaufene Spurfehler wieder korrigiert werden. Die typischen erhöhten Streuungen in der Spurposition und im Lenkwinkel, die bei Beschäftigung von Nebenaufgaben häufig zu beobachten sind, scheinen demnach vor allem auf Korrekturverhalten vor und nach Phasen längerer Vernachlässigung der Querregelung während der Bedienung zurückzuführen zu sein. Weitere Hinweise dafür liefern die gezielten Auswertungen der Spurkorrekturen vor, während und nach der Ausführung der standardisierten Zahlenaufgabe in Studie 1 (siehe Kapitel 7.3.6.3) und die in Kapitel 8.3.5 beschriebene schlechtere Spurhaltequalität für Situationen mit Aufgabenauslassungen.

Im Vergleich der beiden unterschiedlichen Menüstrukturen ist eine Tendenz zu einer früheren und stärkeren Geschwindigkeitsanpassung im breiten Menü festzustellen: Dort wird bereits in der Vorbereitungsphase auf die Menübedienung deutlich verzögert, während die Probanden der tiefen Menüvariante erst während der Bedienphase und dann deutlich geringer verzögern (signifikante Unterschiede zwischen den NA-Varianten für Entscheidungs-, Start- und Instruktionsphase auf Geraden bzw. für Start- und Instruktionsphase in Kurven). Entsprechend fahren die Fahrer der breiten Menüvariante während der gesamten Beschäftigung mit der Nebenaufgabe deutlich langsamer. Die Spurhaltequalität und der Lenkaufwand sind dabei in beiden NA-Varianten vergleichbar (keine signifikanten Unterschiede).

8.3.6 Einfluss von Bedienverhalten und Menüstruktur auf Fahrfehler

8.3.6.1 Fahrfehler

Die Auswirkungen des Bedienverhaltens auf die Fahrsicherheit wurden über den Anteil an Fahrfehlern geprüft. Dazu wird ein Vergleich zwischen Situationen ohne Nebenaufgabe (Baselinebedingung aus Studie 1), Situationen mit Aufgabenangebot aber ausgelassener Aufgabe sowie Situationen mit Aufgabenbedienung (getrennt für breites vs. tiefes Menüsystem) vorgenommen (Faktor „NA-Verhalten“). Die Definition der Fahrfehler ist identisch zu der in Studie 1, wo spezifisch für jede Situation kritische Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug und/oder kritische Verzögerungen, Gefährdungen des Fußgängers oder falsches Einordnen an der Kreuzung als Fahrfehler klassifiziert wurden (siehe Kapitel 7.2.8.3). Berechnet wird der Anteil an Situationen mit Fahrfehlern an der Gesamtzahl aller Situationen, in denen potenziell ein Fahrfehler verursacht werden kann.

In der globalen Betrachtung über alle Situationen hinweg (Abbildung 8-21 links) ergibt sich eine Tendenz zu signifikanten Unterschieden in Abhängigkeit des NA-Verhaltens ($\chi^2=6,177$; $df=3$, $p=,103$). In Einzelvergleichen des NA-Verhaltens jeweils zur Baseline zeigt sich, dass lediglich bei Bedienung des tiefen Menüsystems ein signifikanter Anstieg des Anteils von Fahrfehlern auftritt ($\chi^2=5,341$; $df=1$; $p=,021$). Wird die Aufgabe dagegen ausgelassen oder das breite Menüsystem bedient, findet keine bedeutsame Erhöhung statt (ausgelassen: $\chi^2=,019$; $df=1$; $p=,890$; bedient breit: $\chi^2=,657$; $df=1$; $p=,417$). Im direkten Vergleich zwischen breitem und tiefem Menü ergeben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede ($\chi^2=1,430$; $df=1$; $p=,232$). Wie bereits in Studie 1 gezeigt, steigt der Fehleranteil mit einer schlechteren Vorhersehbarkeit des Konfliktpotenzials in der Situation ($F[2;30]=2,906$; $p=,070$; ohne Abbildung).

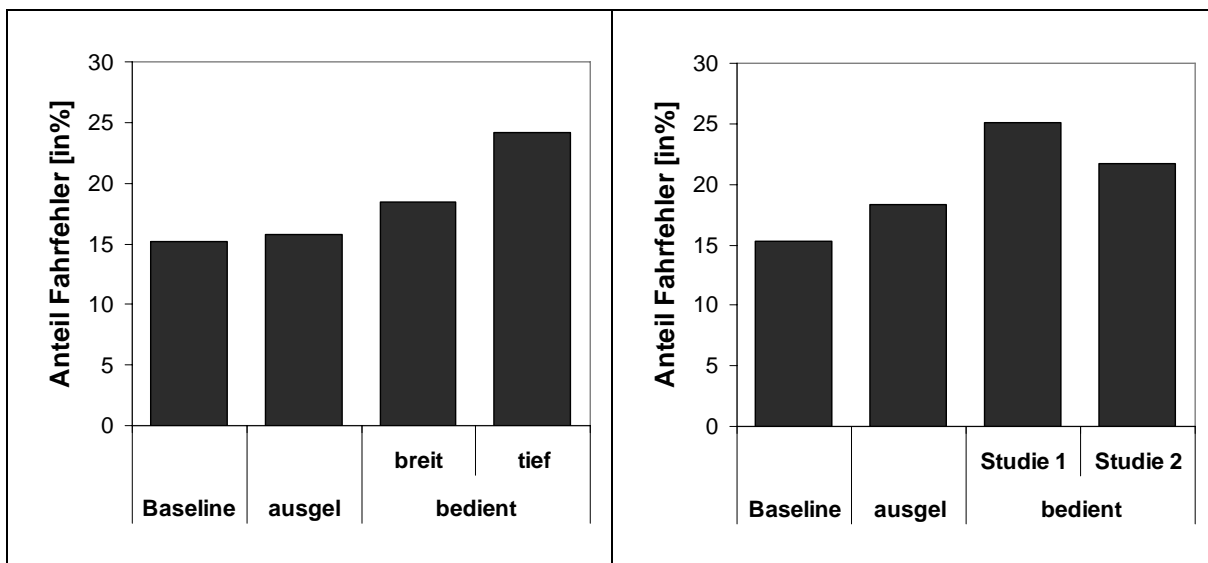


Abbildung 8-21: Anteil Situationen mit Fahrfehlern in der Baselinebedingung (aus Studie 1), Situationen mit Aufgabenauslassungen sowie Situationen mit Menübedienung, getrennt für breites vs. tiefes Menüsystem (links) sowie im Vergleich zwischen NA-Bedienung in Studie 1 vs. Studie 2 (rechts).

Im Vergleich der Fahrfehlerhäufigkeiten in den beiden Studien (siehe Abbildung 8-21 rechts) werden sowohl in Studie 1 als auch in Studie 2 für Situationen mit Nebenaufgabenbedienung signifikante Anstiege der Fahrfehleranteile im Vergleich zur Baseline sichtbar (Studie1-Baseline: $\chi^2=9,772$; $df=1$; $p=,002$; Studie2-Baseline: $\chi^2=3,764$; $df=1$; $p=,052$). Wird die Aufgabe dagegen ausgelassen (Vergleich über beide Studien zusammen) kann das Niveau der Fahrsicherheit aufrechterhalten werden ($\chi^2=1,005$; $df=1$; $p=,316$). Unterschiede im Fahrfehleranteil zwischen Bedienung der Zahlenaufgabe und der Menüaufgabe ergeben sich nicht ($\chi^2=1,220$; $df=1$; $p=,269$).

8.3.6.2 Kollisionen

Der Vergleich des Kollisionsanteils zeigt ebenfalls signifikante Unterschiede in Abhängigkeit des NA-Verhaltens ($\chi^2=8,278$; $df=3$; $p=,039$). Im Vergleich zur Baseline steigt der Anteil an Situationen mit Kollisionen wiederum nur für die Bedienung des tiefen Menüsystems an ($\chi^2=7,487$; $df=1$; $p=,006$; siehe Abbildung

8-22 links). Wird die Aufgabe ausgelassen oder das breite Menüsystem bedient, lässt sich keine signifikante Veränderung des Kollisionsrisikos feststellen (ausgelassen: $\text{Chi}^2=2,043$; $\text{df}=1$; $p=,153$; breites Menü: $\text{Chi}^2=1,024$; $\text{df}=1$; $p=,312$). Zwischen der Bedienung des tiefen und breiten Menüs besteht kein statistisch bedeutsamer Unterschied ($\text{Chi}^2=2,439$; $\text{df}=1$; $p=,118$), auch wenn die Abbildung darauf hindeutet.

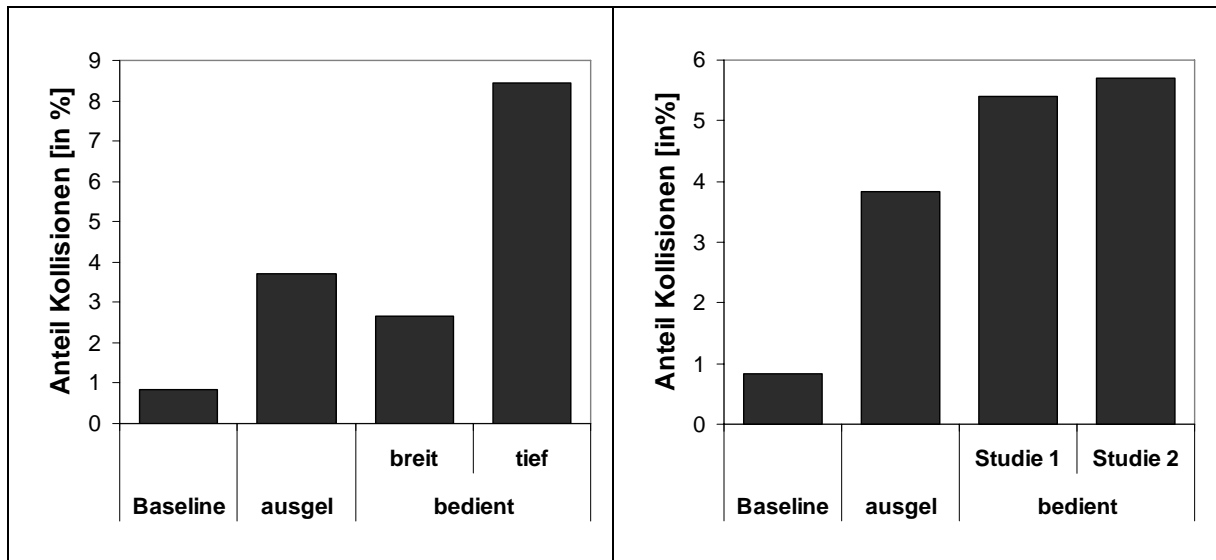


Abbildung 8-22: Anteil Situationen mit Kollisionen in der Baselinebedingung (aus Studie 1), Situationen mit Aufgabenauslassungen sowie Situationen mit Menübedienung, getrennt für breites vs. tiefes Menüsystem (links) sowie im Vergleich zwischen NA-Bedienung in Studie 1 vs. Studie 2 (rechts).

Sowohl für die Bedienung der Zahlenaufgabe in Studie 1 als auch bei Bedienung des Menüsystems in Studie 2 lässt sich ein bedeutsamer Anstieg des Kollisionsanteils im Vergleich zur Baseline feststellen (Studie 1: $\text{Chi}^2=4,51$; $\text{df}=1$; $p=,034$; Studie 2: $\text{Chi}^2=4,651$; $\text{df}=1$; $p=,031$). Wird die Aufgabe dagegen ausgelassen, steigt der Anteil an Kollisionen nicht signifikant an (siehe Abbildung 8-22 rechts). Allerdings besteht die Tendenz, dass auch die bloße kognitive Beschäftigung mit dem Nebenaufgabenangebot, auch wenn sie letztendlich nicht bedient wird, ein erhöhtes Risikopotenzial für Kollisionen bietet ($\text{Chi}^2=2,524$; $\text{df}=1$; $p=,112$). Wie bereits in der ersten Studie treten Kollisionen gehäuft in den Situationen „Ausparker“, „Fremder“ und „Panne“ auf.

8.3.7 Klassifikation von Bedienstrategien

Zur detaillierten Auswertung des Zusammenhangs zwischen Bedien- und Fahrverhalten wurden folgende Bedienstrategien im Umgang mit der Nebenaufgabe in einer Situation definiert:

- **Auslassung** der Aufgabe
- **Durchbedienen** durch die Situation: Beginn vor der Situation- keine Unterbrechungen

- **Unterbrechung** in der Situation: Beginn vor der Situation- Unterbrechung während der Situation für mindestens 3 s – Fortsetzung nach der Situation
- **Abbruch** der Aufgabe: Beginn vor der Situation- Abbruch an der Situation- keine Fortsetzung
- **Verzögerung** der Aufgabe: erst nach der Situation Beginn der Aufgabe
- **Vorher fertig**: vor Situation begonnen und bereits bei Beginn der Situation beendet

Da diese Klassifikation stark davon abhängig ist, wie Beginn und Ende einer Situation definiert sind, wurde diese Auswertung für jede Situation getrennt, mit unterschiedlichen Referenzpunkten vorgenommen.

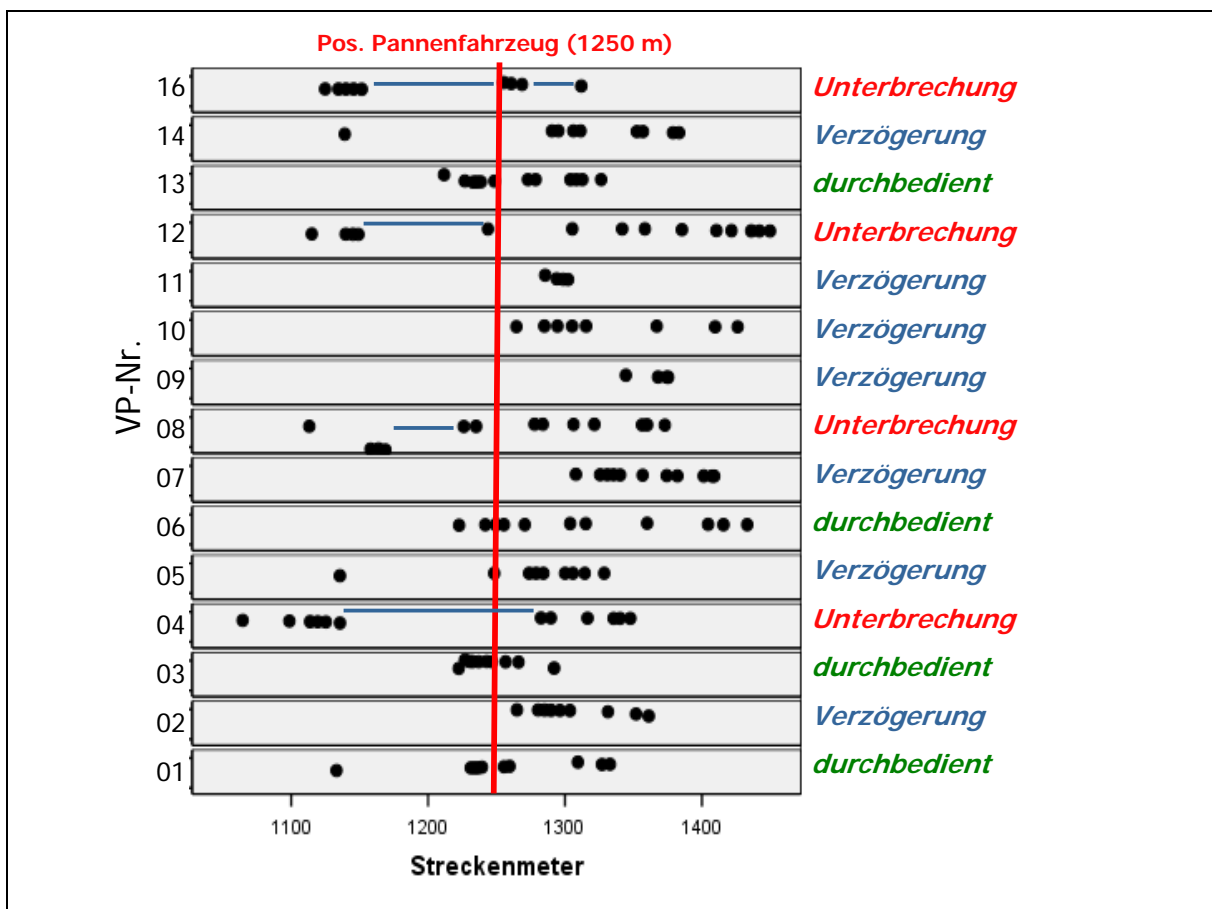


Abbildung 8-23: Beispielhafte Klassifikation der Bedienstrategien anhand der Situation „Panne“ - schwere Variante“. In dieser Variante steht das Pannenfahrzeug ohne Vorwarnung hinter einer Kuppe. Pro VP sind einzelne Positionen der Menübedienung über den Streckenmeter dargestellt. Als Referenzpunkt für den Beginn der Situation wurde die Position des Pannenfahrzeugs (Streckenmeter 1250) gewählt.

Abbildung 8-23 zeigt das Vorgehen beispielhaft für die individuellen Bedienstrategien der Versuchspersonen in der Situation „Panne- schwere Variante“. Hier wird als Referenzpunkt für den Beginn der Situation die Position des Pannenfahrzeugs (bei Streckenmeter 1250) verwendet. Die Punkte zeigen die Sequenz der einzelnen

Bedienschritte im Menü an. Der Abstand zwischen den Punkten stellt jeweils den zwischen zwei Menüpunkten und somit während eines Schrittes im Menü zurückgelegten Weg [in m] des EGO-Fahrzeugs dar.

So ist bei VP 4 zu erkennen, dass sie zunächst mehrere Schritte im Menü ausführt, dann für mehr als 3 s die Bedienung unterbricht (vermutlich, nachdem sie das Pannenfahrzeug entdeckt hat), und erst nach Passieren des Fahrzeugs die Menüaufgabe fortsetzt.

Insgesamt ist für Situationen, in denen die Nebenaufgabe bedient wird (die Bedienstrategie „Auslassung“ wurde an anderer Stelle bereits ausführlich betrachtet) erkennbar, dass am häufigsten erst nach Vorbeifahren an dem Pannenfahrzeug mit der Aufgabe begonnen wird (verzögert: 36,7%). Zu 26,7% wird die Aufgabe unterbrochen zu 16,7% abgebrochen. In 20% der Fälle wird durch die Situation hindurch bedient. Über die Situationsvarianten betrachtet (siehe Abbildung 8-24 links), wird sowohl in der schweren als auch der leichten in 50% der Situationen mit Aufgabenbedienung verzögert mit der Aufgabe begonnen. Verhältnismäßig häufig muss die Bedienung in der mittleren Variante abgebrochen werden. In der Situation mit einem gleichzeitig überholenden Fahrzeug wird in der Hälfte der Fälle die Aufgabe weiterbedient, in der anderen Hälfte die Aufgabe unterbrochen.

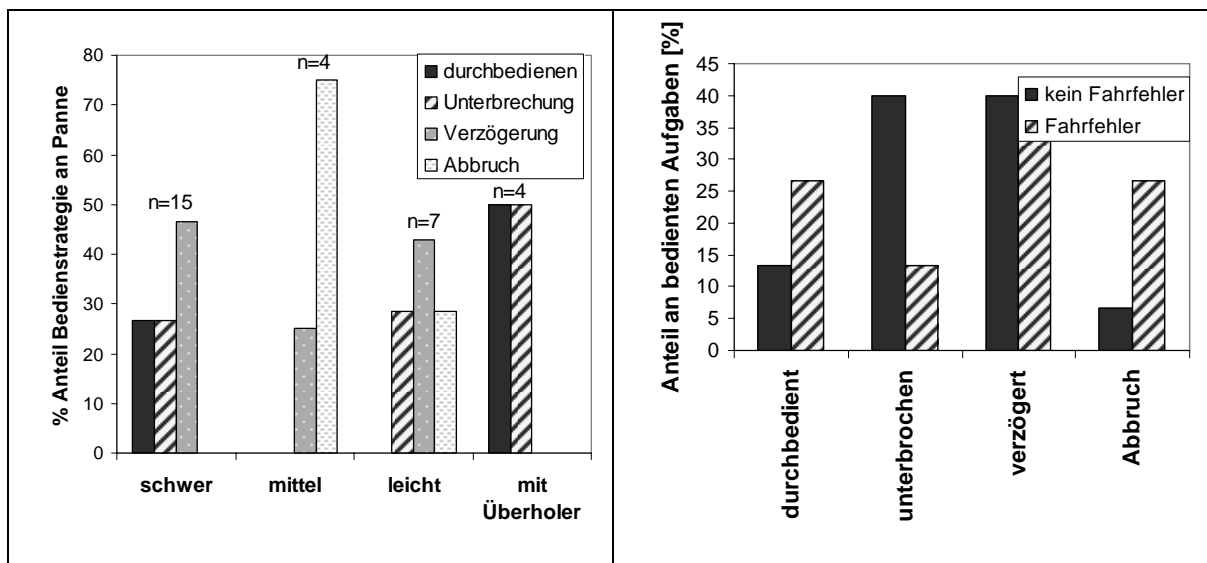


Abbildung 8-24: Bedienstrategien in der Situation „Panne“ in Abhängigkeit der Situationsvarianten („schwer“, „mittel“, „leicht“ erkennbares Konfliktpotenzial bzw. mit gleichzeitig überholendem Fahrzeug; links) bzw. in Abhängigkeit davon, ob in der Situation ein Fahrfehler aufgetreten ist oder nicht (rechts). Dargestellt ist jeweils der prozentuale Anteil von Aufgaben, in denen diese Strategie verfolgt wurde, an allen bedienten Aufgaben.

Vergleicht man Situationen mit Fahrfehler und fehlerfrei durchgefahrene Situationen bezüglich des Anteils der eingesetzten Bedienstrategien, zeigt sich, dass global kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Situationsgruppen besteht ($\chi^2=4,552$; $df=3$; $p=,203$; Abbildung 8-24 rechts). Augenscheinlich jedoch wird in Situationen mit Fahrfehlern zu einem größeren Anteil durch die Situation hindurch bedient bzw. die Aufgabe abgebrochen. Der Anteil unterbrochener Aufgaben ist hier

vergleichbar gering. Umgekehrt lässt sich daraus schließen, dass Fahrer, die hier die Aufgabe rechtzeitig unterbrechen und nicht durch die Situation hindurch bedienen, die Situation ohne Fehler meistern können.

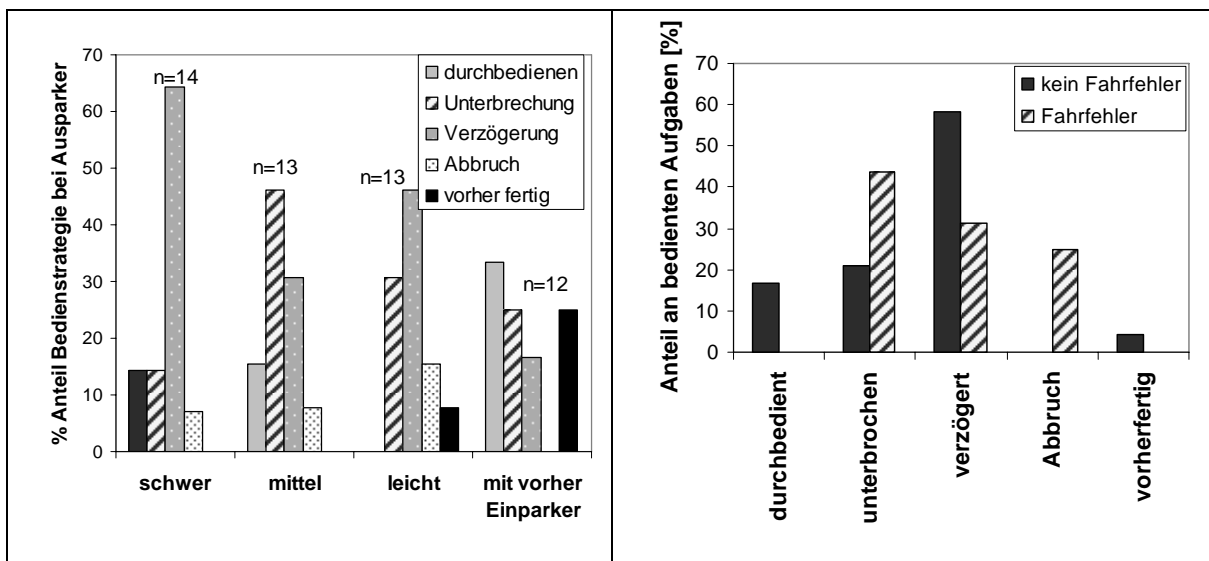


Abbildung 8-25: Bedienstrategien in der Situation „Ausparker“ in Abhängigkeit der Situationsvarianten („schwer“, „mittel“, „leicht“ erkennbares Konfliktpotenzial bzw. mit vorher einparkendem Fahrzeug; links) bzw. in Situationen mit vs. ohne Fahrfehler (rechts). Dargestellt ist jeweils der prozentuale Anteil von Aufgaben, in denen diese Strategie verfolgt wurde, an allen bedienten Aufgaben.

Für die Situation „Ausparker“ wurde als Referenzpunkt der Streckenmeter gewählt, an dem das parkende Fahrzeug aus der Parkzone ausfährt. Zu 45% wird in dieser Situation erst nach dem Losfahren des Fahrzeugs mit der Nebenaufgabe begonnen. In 25% der bedienten Aufgabe muss die Aufgabe unterbrochen werden, in 15% wird durch die Situation hindurch bedient, in 8,3% abgebrochen bzw. in 6,7% schon vorher fertig bedient (bei sehr geringer Annäherungsgeschwindigkeit).

Im Vergleich über die verschiedenen Situationsvarianten (siehe Abbildung 8-25 links) zeigt sich, dass in der schweren Variante auffallend häufig erst nach dem Losfahren des Fahrzeugs mit der Aufgabe begonnen wird. Auch in der leichten Variante wird zum größten Anteil verzögert mit der Aufgabe begonnen. Dort wird die Aufgabe jedoch auch relativ häufig unterbrochen bzw. abgebrochen. Verhältnismäßig groß ist auch der Anteil an Aufgabenunterbrechungen in der mittleren Situationsvariante. Dies scheint weniger ein Wahrnehmungsproblem als die Unsicherheit zu sein, ob das entdeckte Fahrzeug tatsächlich die Vorfahrt nimmt. In der Situation, in der vorab ein weiteres Fahrzeug vor dem EGO-Fahrzeug einparkt und die Aufmerksamkeit des Fahrers dadurch von dem nachfolgenden Ausparker ablenken soll, ist erkennbar, dass die Fahrer das Abwarten des Einparkmanövers häufig schon dazu nutzen, um die Aufgabe fertig zu bedienen. Zu 25% muss an dieser Situation die Aufgabe unterbrochen werden, da das nachfolgende ausparkende Fahrzeug nicht rechtzeitig entdeckt wurde.

Im Vergleich der Situationen mit vs. ohne Fahrfehler zeigen sich signifikante Unterschiede in der Verteilung der Bedienstrategien ($\chi^2=12,496$; $df=4$; $p=,014$). In

Situationen mit Fahrfehlern wird ein größerer Anteil Aufgabenunterbrechungen bzw. ein geringerer Anteil Aufgabenverzögerungen beobachtet. In dieser Situation haben demnach Fahrer, die schon vorher mit der Bedienung beginnen und dann unterbrechen müssen, kaum noch Chancen, die Situation zu meistern.

Tabelle 8-2 gibt eine Übersicht über die Bedienstrategien in allen sieben Situationen (ohne CarFollow) und deren Auswirkungen auf Fahrfehler. Übereinstimmend mit der Situationsklassifikation aus Studie 1 können dabei folgende Gruppen identifiziert werden:

- Situationen mit vorhersehbarer Entwicklung: In diesen Situationen („Einparker“, „Fremder“, „Einordnen“, „Fußgänger an Überweg“/Varianten „leicht“ und „mittel“) muss die Bedienung häufig nicht unterbrochen werden; es kann entweder durch die Situation hindurch bedient oder verzögert mit der Aufgabe begonnen werden
- Situationen, in denen der Konflikt unerwartet ist oder von peripheren Reizen ausgeht: In diesen Situationen („Ausparker“, „Panne“, „Fußgänger ohne Überweg“/Variante „schwer“) muss die Aufgabe meist unterbrochen werden. Hierbei ist eine weitere Unterteilung hinsichtlich der Zeitkritikalität notwendig:
 - Bei kurzfristiger Situationsentwicklung („Ausparker“, „Fußgänger ohne Überweg“) kann eine Aufgabenunterbrechung nur noch reaktiv erfolgen, Fahrfehler lassen sich dadurch nicht mehr vermeiden
 - Bei etwas längerfristiger Situationsentwicklung („Panne“) kann durch eine rechtzeitige Unterbrechung der Nebenaufgabe eine Kollision vermieden werden

Tabelle 8-2: Übersicht über Bedienstrategien in den verschiedenen Situationen und deren Auswirkungen auf Fahrfehler.

| Situation | Referenzpunkt | Beschreibung der Bedienstrategie | Auswirkungen auf Fahrfehler |
|------------------|--|---|---|
| Panne | Pos. Pannenfahrzeug | Am häufigsten erst danach mit Aufgabe begonnen oder unterbrochen | In Situationen mit Fahrfehlern größerer Anteil durchbedient bzw. Abbruch, aber geringerer Anteil Unterbrechungen |
| Ausparker | Ausparker parkt aus | Am häufigsten erst danach mit Aufgabe begonnen | In Situationen mit Fahrfehlern größerer Anteil Unterbrechungen bzw. geringerer Anteil Verzögerungen |
| Einparker | Vorderfahrzeug stoppt | Am häufigsten erst danach mit Aufgabe begonnen oder durchbedient | Keine Fahrfehler- Situationen mit allen Bedienstrategien erfolgreich gemeistert |
| Einordnen | Anhalten hinter Fahrzeug an Ampel | Am häufigsten in der Anfahrt bereits begonnen und vorher schon fertig, relativ häufig Abbrüche | In Situationen mit falschem Einordnen und anschließender Korrektur größerer Anteil Abbrüche |
| Fremder | Vorderfahrzeug biegt ab | Am häufigsten in der Anfahrt bereits begonnen und meist schon vorher fertig- nur einmal Abbruch | Der eine Abbruch der NA wird aufgrund eines Fahrfehlers nötig |
| Fußgänger | Pos. Fußgängerüberweg bzw. vorheriges Anhalten | Am häufigsten erst im Stand bzw. nach Fußgängerüberweg begonnen | In Situationen mit Gefährdungen des Fußgängers häufiger durchbedient und nicht angehalten (passiert nahezu ausschließlich in schwerster Variante) |
| Kurven | Nur Vergleich Unterbrechungen vs. keine | - | In Situationen mit Spurfehlern vergleichbar häufig Unterbrechungen wie in Situationen ohne Fehler |

8.3.8 Subjektive Bewertung von Fahr- und Nebenaufgabe

In der subjektiven Bewertung wird das Fahren mit Menüsystem in Studie 2 insgesamt als signifikant weniger anstrengend bewertet als das Fahren mit der Zahlenaufgabe in Studie 1 ($t=1,980$; $df=14$; $p=,057$). Zudem bewerten die Fahrer ihre Leistung in der Menüaufgabe besser als die Probanden aus Studie 1 ihre Leistung in der Zahlenaufgabe ($t=-1,786$; $df=14$; $p=,084$). Außerdem wird mit frei steuerbarem Menüsystem die Verschränkung mit der Fahraufgabe als weniger anstrengend ($t=1,780$; $p=,086$) und weniger gefährlich betrachtet ($t=1,728$; $df=14$; $p=,095$). Weitere signifikante Unterschiede zwischen den beiden Studien ergeben sich nicht.

Im Vergleich zwischen tiefem und breitem Menüsystem in Studie 2 geben die Probanden mit Bedienung des breiten Menüs an, das System situationsangemessener bedient zu haben ($t=-1,861$; $df=14$; $p=,086$). Außerdem beurteilen sie die Bedienung des Systems als weniger schwer als die Probanden mit Bedienung des tiefen Menüs ($t=1,911$; $df=14$; $p=,078$). Weitere bedeutsame Unterschiede in der Bewertung von Fahr- und Nebenaufgabe ergeben sich nicht.

8.3.9 Individuelle Unterschiede

8.3.9.1 Unterschiedliche Bedienstrategien

Für Aussagen über individuelle Unterschiede im Bedienverhalten und deren Auswirkungen auf die Fahrsicherheit wurde in einem weiteren Schritt für jeden Fahrer ein sog. Index für situationsangepasstes Bedienverhalten berechnet. Dieser Index berechnet sich aus der Summe folgender Parameter:

- Anteil ausgelassener Aufgaben
- Anteil an verzögert (d.h. erst nach der Situation) begonnenen Aufgaben
- Anteil an vorher fertigen (d.h. vor der Situation bereits beendeten) Aufgaben

Dahinter steht die Annahme, dass Fahrer, die Aufgaben in kritischen Situationen entweder komplett auslassen, erst nach der Situation mit der Aufgabe beginnen bzw. so langsam an die Situation herantreten, dass sie bereits in der Annäherung an die Situation die Aufgabe bearbeiten können, die Situation vorab richtig eingeschätzt haben und daher antizipativ reagieren können. Entsprechend sollte sich ein hoher Index in einer hohen Fahrsicherheit auswirken. Fahrer, die im Gegensatz dazu häufig durch eine Situation durchbedienen, die Aufgabe unterbrechen oder gar abbrechen müssen, scheinen eher reaktiv auf die Situation zu handeln. Fahrer mit einem entsprechend niedrigen Index müssten sich daher häufiger dem Risiko der Gefährdung der Fahrsicherheit aussetzen.

Um diese Hypothesen zu prüfen, wurde der Zusammenhang zwischen dem individuell berechneten Bedienindex und der Anzahl an verursachten Fahrfehlern pro Person berechnet. Das Ergebnis zeigt, dass es signifikante Zusammenhänge zwischen der individuellen Bedienstrategie und der Anzahl von Fahrfehlern gibt (Abbildung 8-26): Die Korrelation zwischen den beiden Parametern beträgt $r=-,559$

($p=,024$), der Anteil an aufgeklärter Varianz der Fehleranzahl in einer linearen Regression liegt entsprechend bei $R^2=31\%$. Durch das Wissen um eine eher antizipative oder eher reaktive Bedienstrategie des Fahrers lassen sich somit ein Drittel der Varianz an aufgetretenen Fahrfehlern aufklären.

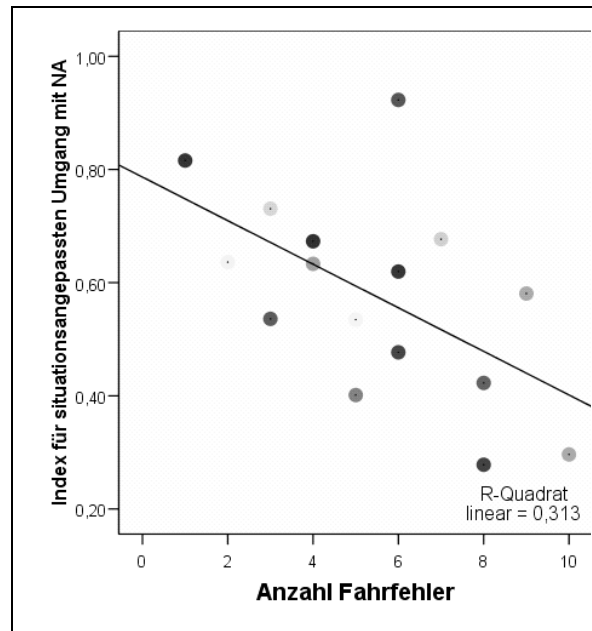


Abbildung 8-26: Zusammenhang zwischen einem pro Person berechneten Index für situationsangepassten Umgang mit der Nebenaufgabe (Summe aus dem Anteil an ausgelassenen, verzögert begonnen oder vorher fertigen Aufgaben) und der individuellen Anzahl an Fahrfehlern.

8.3.9.2 Zusammenhänge zwischen Bedienparametern

Vergleichbar zu Studie 1 ist festzustellen, dass innerhalb der Stichprobe insgesamt große interindividuelle Unterschiede im Umgang mit der Nebenaufgabe bestehen. Die Bedienungshäufigkeit reicht von 38% (d.h. 62% Auslassungen) bis zu 92% (d.h. 8% Auslassungen). Zudem lassen sich die Fahrer unterschiedlich lange Zeit zur Entscheidung über die Annahme/Ablehnung der Aufgabe (Minimum 0,97 s; Maximum 2,01 s) und zur Vorbereitung der tatsächlichen Menübedienung, die zum einen das Lesen der Instruktion, wohl aber auch das Abwarten der Situationsentwicklung beinhaltet (Minimum 2,33 s, Maximum 4,14 s). Die Varianz in den anschließenden Bearbeitungszeiten reicht von 5,1s bis hin zu im Schnitt 9,7 s. Die Anzahl von innerhalb der vorgegebenen Maximalzeit von 15 s nicht geschafften Aufgaben pro Person reicht von 2% bis hin zu 50%.

Korrelationen zwischen einzelnen Bedienparametern werden aufgrund der geringen Stichprobengröße kaum signifikant. So kann kein Zusammenhang zwischen der Entscheidungsdauer oder der Vorbereitungsdauer und der anschließenden Bediendauer sowie zwischen Bedienungshäufigkeit und Bediendauer gefunden werden. Lediglich die Anzahl nicht erfüllter Aufgaben korreliert erwartungsgemäß signifikant mit der Bediendauer ($r=,787$; $p<,001$).

8.3.9.3 Zusammenhänge zwischen Fahrfehlern und Bedien- und Fahrverhalten

Auch in der Überprüfung der Korrelationen zwischen Fahrfehlern und Bedien- bzw. Fahrverhalten lassen sich aufgrund der geringen Stichprobengröße nur wenige signifikante Zusammenhänge finden. Allerdings zeigt sich die Tendenz zu höheren Fahrfehlerzahlen bei Fahrern mit längeren Bediendauern ($r=,435$; $p=,093$). Zudem müssen die Fahrer, die mehr Fahrfehler verursachen, häufiger die Nebenaufgabe komplett abbrechen, weshalb die Anzahl nicht erledigter Aufgaben steigt ($r=,506$; $p=,046$). Schließlich weisen die Fahrer mit vielen Fahrfehlern eine geringere maximale Verzögerung auf ($r=,441$; $p=,087$). Zusammenhänge zum übrigen Fahrverhalten, z.B. zur Spurhaltung, ergeben sich dabei nicht.

Fahrer, die mehr Fahrfehler verursacht haben, bewerten ihre Fahrleistung insgesamt schlechter ($r=-,540$; $p=,031$), geben an, weniger sicher gefahren zu sein ($r=-,457$; $p=,075$), die Nebenaufgabe weniger gut gelöst zu haben ($r=-,427$; $p=,099$), sich in ihren Entscheidungen für bzw. gegen die Nebenaufgabe weniger sicher gewesen zu sein ($r=-,429$; $p=,098$) sowie weniger situationsangemessen bedient zu haben ($r=-,505$; $p=,046$).

8.3.9.4 Zusammenhänge mit Personenvariablen (Alter, Geschlecht)

Um weitere Zusammenhänge zwischen verschiedenen Personenvariablen und dem Fahr- bzw. Bedienverhalten aufzudecken, wurden Korrelationen zwischen Alter sowie Geschlecht der Probanden und Bedien- und Fahrparametern berechnet. Dabei zeigen sich in Bezug auf das Bedienverhalten, dass ältere Fahrer mehr Aufgaben unterbrechen ($r=,541$; $p=,030$), entsprechend länger bedienen ($r=,544$; $p=,029$) und die Aufgabe daher auch häufiger komplett abbrechen müssen ($r=,814$; $p<,001$). Geringere Bedienhäufigkeiten oder längere Vorbereitungsauern für ältere Fahrer können nicht entdeckt werden.

Im Zusammenhang zum Fahrverhalten zeigt sich, dass ältere Fahrer während der Nebenaufgabenbedienung mehr Lenkaufwand betreiben ($r=,517$; $p=,040$) und größere Spurabweichungen ($r=,535$; $p=,033$) sowie höhere Variationen in der Geschwindigkeit aufweisen ($r=,478$; $p=,061$). Demnach scheinen ältere Fahrer größere Probleme mit der Kombination von Fahr- und Nebenaufgabe zu haben, die sich allerdings nicht auf die Anzahl von Fahrfehlern auswirkt ($r=,323$; $p=,222$).

Ihre Fahrleistung bewerten ältere Fahrer weniger gut ($r=-,519$, $p=,040$), ebenso wie die Leistung in der Nebenaufgabe ($r=-,433$; $p=,094$). Sie beurteilen die Nebenaufgabe schwerer als die jüngeren ($r=,505$; $p=,046$) und geben an, sich weniger sicher in ihren Entscheidungen bezüglich Annahme/Ablehnung der Nebenaufgabe gefühlt zu haben ($r=-,519$; $p=,039$).

Frauen und Männer unterscheiden sich nicht generell bezüglich Fahr- oder Bedienverhalten. Lediglich in der Bewertung ihrer Leistung im Umgang mit der Nebenaufgabe geben Frauen im Vergleich zu Männern an, weniger gut gefahren zu sein ($r=,527$; $p=,036$), die Nebenaufgabe als anstrengender empfunden zu haben ($r=,432$, $p=,095$), stärker von ihr abgelenkt worden zu sein ($r=,533$, $p=,034$) und größere Schwierigkeiten mit der Verschränkung der beiden Aufgaben gehabt zu

haben ($r=-,417$; $p=,065$). Sie bewerten die Nebenaufgabe insgesamt als stärker beeinträchtigend ($r=,759$; $p=,001$), kritischer ($r=,613$; $p=,011$) und gefährlicher ($r=,651$; $p=,006$) als die Männer.

8.3.9.5 Einstellung zur Beschäftigung mit Nebenaufgaben während der Fahrt

Die Ergebnisse zur grundsätzlichen Einstellung und Risikoeinschätzung von Nebentätigkeiten während des Fahrens sind ähnlich zu denen in Studie 1: Auch die Fahrer dieser Studie nehmen übereinstimmend im ersten Teil des Fragebogens zur generellen Einstellung gegenüber Nebenaufgaben eine sehr kritische Haltung ein und bewerten eine Nebenaufgabe beim Fahren als eindeutig gefährlich ($m=4,81$; $sd=1,11$ bei einem Punktwert von 6= „Trifft voll zu“) und stark ablenkend ($m=4,81$; $sd=0,91$). Außerdem sind die Probanden sich darüber einig, dass das Ausführen einer Nebenaufgabe sowohl die Fahrleistung generell ($m=4,62$; $sd=,089$) als auch insbesondere das Reaktionsvermögen in kritischen Situationen stark beeinträchtigt ($m=5,31$; $sd=,070$). Allerdings geben die Probanden auch zum Großteil an, dass sich durch eine situationsangepasste Bearbeitung das damit verbundene Risiko deutlich reduzieren lässt ($m=5,18$; $sd=0,66$). Lediglich drei Probanden geben an, nie eine Nebentätigkeit während des Fahrens auszuführen ($m=2,19$; $sd=1,56$).

Beim Einschätzen der eigenen Fähigkeiten im Umgang mit einer Nebenaufgabe (Teil 2 des Fragebogens) geben die Fahrer übereinstimmend an, dass sie eine Aufgabe unterbrechen, wenn es die Situation erfordert ($m=5,5$; $sd=,063$), dass sie mit dem Beginn der Aufgabe warten, bis es die Situation zulässt ($m=4,94$; $sd=,077$) und dass sie weitgehend einschätzen können, in welchen Situationen sie eine Nebenaufgabe bearbeiten können und wann nicht ($m=4,50$; $sd=,089$).

Demgegenüber lassen sich wiederum anhand der verhältnismäßig hohen Streuungen der Antworten Unterschiede zwischen den Probanden bezüglich der Neigung, sich unterbrechen zu lassen ($m=3,56$; $sd=1,59$) bzw. bezüglich der Neigung, sofort auf eine Unterbrechung zu reagieren (z.B. Handy; $m=2,69$; $sd=1,66$), feststellen. Außerdem geben die Fahrer unterschiedliche Fähigkeiten darin an, sich auch in schwierigen Situationen problemlos mit einer Nebenaufgabe beschäftigen zu können ($m=2,56$; $sd=1,59$). Zudem gibt nur ein Teil der Fahrer an, nicht immer situationsangemessen zu bedienen (Frage: „ich ertappe mich manchmal dabei, dass ich eine Aufgabe ausführe, obwohl es die Situation eigentlich gerade nicht erlaubt: $m=3,93$; $sd=1,57$; bzw. Frage: „ich bin schon einmal in eine kritische Situation geraten, weil ich zu einem unangemessenen Zeitpunkt eine Nebenaufgabe ausgeführt habe: $m=3,25$; $sd=1,91$).

8.3.9.6 Risikoeinschätzung verschiedener Fahrsituationen und Nebenaufgaben

Bezüglich der Risikoeinschätzung verschiedener Nebentätigkeiten und verschiedener Fahrsituationen ergibt sich ein nahezu identisches Muster wie in Studie 1 (siehe Kapitel 7.3.11.4). Die in Studie 1 und Studie 2 vergebenen Rangreihen sind nahezu identisch (Fahrsituationen: $r=,936$; $p<,001$; Nebentätigkeiten: $r=,939$; $p<,001$). Lediglich auf den mittleren Rängen ergeben sich kleinere Unterschiede, nicht jedoch für die als am gefährlichsten bzw. am unbedenklichsten eingestufteten Aufgaben bzw. Situationen.

8.3.9.7 Zusammenhänge zu Nebenaufgabenparametern

Im Vergleich zu Studie 1 ergeben sich hier kaum bedeutsame Zusammenhänge zwischen der Bediendauer und generellen Einstellungen gegenüber der Ausführung von Nebenaufgaben. Allerdings können (zumindest tendenziell) Zusammenhänge zur Bedienhäufigkeit und Vorbereitungs- bzw. Entscheidungsdauern gefunden werden.

- Fahrer, die angeben, grundsätzlich keine Nebentätigkeiten während der Fahrt auszuführen, bedienen auch in der Studie weniger ($r=.45$; $p=.080$)
- Fahrer, die sich ungern unterbrechen lassen, bedienen seltener Aufgaben ($r=-.432$; $p=.095$)
- Fahrer, die ihre Fähigkeiten zur Situationsentwicklung als hoch einstufen, bedienen seltener Aufgaben ($r=.465$; $p=.069$)
- Fahrer, die angeben, eine Nebenaufgabe zu unterbrechen, wenn es die Situation erfordert, bereiten sich weniger lang auf die Nebenaufgabe vor ($r=.557$; $p=.025$)
- Fahrer, die angeben mit dem Beginn einer Nebenaufgabe abzuwarten, bis die Situation geeignet ist, lassen sich länger Zeit mit der Entscheidung für bzw. gegen die Nebenaufgabe ($r=.592$; $p=.016$)

8.4 Zusammenfassung der Ergebnisse aus Studie 2

Insgesamt zeigt sich in Studie 2 eine deutliche Anpassung der Menübedienung an die Anforderungen der Situation: So werden in kritischen Situationen häufiger Aufgaben ausgelassen oder länger mit dem Beginn der Menübedienung gewartet. Die längeren Bediendauern in kritischen Situationen, vor allem Außerorts, sind darauf zurückzuführen, dass die Aufgabe dort häufiger unterbrochen wird. Fehlen externe Hinweise zur Erkennung des Konfliktpotenzials, wird die Aufgabe seltener ausgelassen. Wird sie bedient, führt das verspätete Erkennen des Konflikts dazu, dass länger mit dem Beginn der eigentlichen Menübedienung gewartet wird. Fahrer nutzen demnach die Unterbrechbarkeit und Steuerbarkeit der Nebenaufgabe situationsabhängig.

Im Vergleich zu Studie 1 wird ein größerer Anteil an kritischen Situationen Außerorts ausgelassen. Das zusätzlich erforderliche Aufgabenbewusstsein, wann die Aufgabe unterbrochen und wieder fortgesetzt werden muss, war in Studie 1 deutlich weniger stark gefordert und erhöht hier die Anforderungen an den Fahrer zusätzlich. Diese erhöhte Belastung aus der Kombination von stetiger Spurhalte- und Geschwindigkeitskontrolle und einer in mehrere diskrete Einheiten zu unterteilende Nebenaufgabe wird scheinbar als besonders schwierig erachtet und daher versucht, diese von vornherein zu vermeiden.

Zusätzlich werden längere Entscheidungsdauern beobachtet. Die Fahrer scheinen demnach mit der Menüaufgabe vorsichtiger umzugehen und ihre Entscheidungen stärker abzuwägen. Subjektiv wird die Menübedienung jedoch als besser mit der Fahraufgabe verschränkbar und weniger gefährlich bewertet.

Auch im Blickverhalten ist eine Anpassung an die Anforderungen der Situation zu beobachten. Zum einen ist das Blickfeld auf die Straße während der Nebenaufgabe in kritischen Situationen größer, zum anderen sind sowohl Anzahl als auch die Dauer der Straßenblicke und damit einhergehend der Anteil an Straßenblicken an der Gesamtbediendauer erhöht. Vergleichbar mit Studie 1 findet in der Entscheidungsphase vor Beginn der Nebenaufgabe eine tiefere visuelle Verarbeitung statt, was sich in einer erhöhten Fixationsdauer und einem verkleinerten Blickfeld widerspiegelt. Während der Nebenaufgabe ist das visuelle Feld dann im Vergleich zum freien Fahren sowohl in x- als auch in y-Richtung bei vergleichbaren Fixationsdauern verkleinert. Anders als bei der Zahlenaufgabe wird die visuelle Verarbeitung während der Nebenaufgabe im Vergleich zum freien Fahren jedoch weniger stark reduziert. Dies zeigt sich an einem höheren Anteil Straßenblicken, längeren Fixationsdauern und einem größeren Blickfeld während der Nebenaufgabenbedienung als in Studie 1.

Im Vergleich der beiden unterschiedlichen Menüstrukturen lässt sich ein generell vorsichtigerer Umgang mit der Menübedienung im breiten Menü feststellen: Dort werden mehr Aufgaben ausgelassen, der Fahrer lässt sich mehr Zeit für die Entscheidung zur Aufgabenannahme und anschließend mit dem Beginn der eigentlichen Menübedienung. Im Gegensatz dazu benötigen Fahrer der tiefen Menüvariante längere Bediendauern, die sowohl auf häufigere Unterbrechungen als auch einem größeren Anteil kognitiv aufwändigerer und somit länger dauernder Ebenenwechsel zurückzuführen sind. Diese häufigeren Ebenenwechsel werden jedoch scheinbar nicht verstärkt für Kontrollblicke zurück zur Straße bzw. nicht effektiv genug genutzt. Das tiefe Menüsystem scheint demnach mehr Aufmerksamkeit an die Nebenaufgabe zu binden, wodurch die freien Kapazitäten zur Überwachung der Fahraufgabe minimiert werden.

Demgegenüber lässt sich im breiten Menüsystem gerade in Unterbrechungen eine Erweiterung des Blickfeldes beobachten, das für ein Situationsupdate genutzt werden kann. Zusätzlich geben die Fahrer dieser Menüvariante an, vermehrt die Möglichkeit genutzt zu haben, das Menü blind zu bedienen und einzelne Menüschritte ohne visuelle Kontrolle auszuführen. Dies ermöglicht es dem Fahrer, seine Aufmerksamkeit zu einem größeren Anteil auf der Fahraufgabe zu belassen.

Im Verlauf der Nebenaufgabe kann eine stärkere Beeinträchtigung des Fahrverhaltens in schwierigen Situationen beobachtet werden. Es ist zum einen eine Anpassung der Geschwindigkeit an die Anforderungen der Fahraufgabe festzustellen. Zudem lassen sich in Vorbereitung und nach der Bedienung deutliche Ansätze von Kompensationsverhalten in der Querregulation zeigen. Fahrer in der breiten Menüvariante passen dabei ihre Geschwindigkeit früher und stärker an die Situationsbedingungen an. Spurhaltegröße und Lenkaufwand unterscheiden sich nicht zwischen den beiden Menüstrukturen.

Signifikant mehr Fahrfehler und Kollisionen treten nur bei Bedienung des tiefen Menüsystems auf. Wird die Aufgabe ausgelassen oder das breite Menü bedient, kann die Fahrsicherheit dagegen weitgehend aufrechterhalten werden. Insgesamt werden sowohl in Studie 1 als auch in Studie 2 durch die Beschäftigung mit der Nebenaufgabe signifikant mehr Fahrfehler und Kollisionen verursacht. Unterschiede

zwischen den beiden Aufgaben Menüsystem und Zahlenaufgabe können nicht festgestellt werden.

Im Vergleich der Fahrleistung mit vs. ohne Nebenaufgabe ergibt sich das interessante Muster, dass in Situationen, in denen die Nebenaufgabe ausgelassen bzw. unterbrochen wird, geringere Geschwindigkeiten mit höheren Variationen, eine schlechtere Spurhaltung bei einem insgesamt höheren Lenkaufwand und stärkeren Verzögerungen als in Situationen mit Nebenaufgabenbedienung beobachtet wird. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf Kompensationsreaktionen des Fahrers auf erhöhte Anforderungen in der Fahraufgabe.

Über eine Klassifikation von Bedienstrategien ist es möglich, die Ursache von Fahrfehlern aufgrund des Umgangs des Fahrers mit der Nebenaufgabe zu identifizieren. Dabei zeigt sich, dass die Möglichkeiten zur antizipativen Bedienung einer Nebenaufgabe sowohl von der Situation als auch von individuellen Faktoren abhängig sind.

So lassen sich einerseits Situationen identifizieren, in denen die Nebenaufgabenbedienung häufig gar nicht unterbrochen werden muss und es möglich ist, beide Aufgaben gleichzeitig auszuführen oder verzögert mit der Menübedienung zu beginnen. Dies sind vermehrt Situationen mit für den Fahrer gut vorhersehbarer Situationsentwicklung. Entwickelt sich der Konflikt in einer Situation dagegen eher unerwartet, muss der Fahrer die Nebenaufgabe häufig unter- oder sogar komplett abbrechen. Inwieweit diese Unterbrechung erfolgreich sein kann und dadurch Einbußen in der Fahrsicherheit vermieden werden können, ist dabei abhängig von der Zeitkritikalität der Situation. Zudem zeigt sich ein Zusammenhang zwischen dem individuellen Bedienverhalten und der Fahrfehlerhäufigkeit. Zeigt ein Fahrer eher antizipatives Bedienverhalten (Auslassungen von Aufgaben in kritischen Situationen bzw. Verzögerungen des Aufgabenbeginns oder deutliche Verringerung der Annäherungsgeschwindigkeit) kann die Anzahl von Fahrfehlern minimiert werden.

8.5 Diskussion Studie 2

8.5.1 Situationsbewusster Umgang mit Nebenaufgaben

Es konnte gezeigt werden, dass sich die Anpassung des Fahrers an die Anforderungen der Fahraufgabe in einer Änderung des Bedienverhaltens niederschlägt. Im besten Fall wird bereits im Vorfeld der Situation durch eine angemessene Situationseinschätzung antizipativ auf die zu erwartenden Situationsentwicklungen reagiert: In bewältigbaren, stabilen Situationen kann der Fahrer sich durchaus kurzfristig einer Nebenaufgabe zuwenden, bei zu erwartenden Schwierigkeiten in der Fahraufgabe sollte er optimalerweise die Aufgabe gar nicht erst bzw. verzögert beginnen. Erkennt der Fahrer erst während der Nebenaufgabenbedienung über Kontrollblicke zurück zur Straße, dass eine Abweichung von der erwartenden Situationsentwicklung auftritt, muss er die Aufgabe frühstmöglich unterbrechen und kann diese erst nach der Situation wieder fortsetzen. Der Erfolg dieser Aufgabenunterbrechung ist dabei abhängig von der Zeitkritikalität der Situation: Erkennt der Fahrer frühzeitig die Kritikalität einer Situation und

unterbricht daraufhin die Aufgabe und ist das Zeitfenster anschließend groß genug, so dass noch eine ausreichende Anpassung des Fahrverhaltens stattfinden kann, kann die Fahrsicherheit aufrechterhalten werden. Entwickelt sich die Situation dagegen sehr schnell und unerwartet, kann der Fahrer nur noch reagieren, wodurch Fahrfehler meist nicht mehr vermeidbar sind. Demnach sind sowohl angemessene Entscheidungen vor Beginn der Nebenaufgabe als auch eine angemessene Überwachung der Situationsentwicklung während der Nebenaufgabenbedienung unerlässlich für den situationsbewussten Umgang mit Nebenaufgaben.

8.5.2 Auswirkungen der Sequentierbarkeit auf die Fahrsicherheit

Es wurde erwartet, dass sich die Bedienung einer jederzeit unterbrechbaren Aufgabe wie dem Menüsystem im Gegensatz zu der stark extern gesteuerten Zahlenaufgabe vorteilhaft auf die Fahrsicherheit auswirkt. Sie sollte eine häufigere und bessere Überwachung der Fahraufgabe gewährleisten. Tatsächlich zeigte sich im Blickverhalten, dass die Unterbrechbarkeit des Menüsystems genutzt wird, um insgesamt zu einem höheren Anteil die Fahraufgabe zu kontrollieren, längere Fixationen auf die Straße auszuführen und einen größeren Bereich der Straße (Blickfeld in x- und y-Richtung) zu überwachen als bei der Beschäftigung mit der Zahlenaufgabe. Die Analyse der Fahrfehler und Kollisionshäufigkeiten in kritischen Situationen zeigte jedoch dennoch keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den beiden Studien, wenn auch eine leichte Tendenz zu weniger Fehlern in der Menüaufgabe vorlag.

Dies lässt Zweifel an der Effektivität der visuellen Überwachung der Fahraufgabe während der Menübedienung aufkommen. Wie bereits erläutert, ist für einen adäquaten Umgang mit der Nebenaufgabe vor allem die Situationseinschätzung vor Beginn der Nebenaufgabe entscheidend. Hier werden die als relevant erachteten Situationselemente definiert, die dann auch während der Nebenaufgabe weiter kontrolliert werden. Es wird also offenbar nicht nach der objektiven Fahrscene gefahren, sondern nach der kognitiven Repräsentation der Fahrscene und ihrer Entwicklung. Werden bereits auf dieser Ebene Fehleinschätzungen getroffen und die „falschen“ Elemente identifiziert, bringt auch eine häufigere oder längere Überwachung der Fahrscene keine Vorteile. Somit scheinen solche kurzen Kontrollblicke nicht ausreichend für die Absicherung der Situationsentwicklung zu sein. Wichtiger erscheint, dass die Aufgabe kurzfristig komplett unterbrochen wird, um die Aufmerksamkeit voll der Fahraufgabe zuwenden zu können. Solche echten Unterbrechungen werden allerdings eher selten ausgeführt. Häufig unterschätzen die Fahrer die Anforderungen in der Situation und meinen, beide Aufgaben ohne Probleme gleichzeitig lösen zu können. Ursache hierfür kann zum einen sein, dass die Anforderungen von Seiten der Nebenaufgabe unterschätzt werden und die Fahrer übersehen, dass eine solche Aufgabe kognitive Ressourcen bindet, die mit der Ausführung der Fahraufgabe interferieren können. Zudem spielt wohl auch die Motivation zur Bearbeitung der Aufgabe eine bedeutsame Rolle. In der Studie wurde diese über ein Punktesystem für gute Leistungen in der Nebenaufgabe simuliert. In realen Fahrtbedingungen können dies intrinsische (z.B. bewusste Beschäftigung mit Entertainmentfunktionen bei Langeweile) oder extrinsische Motivationen (z.B. die Dringlichkeit eines geschäftlichen Telefonats) sein.

Zum anderen bringt eine bessere Sequentierbarkeit auch nur Vorteile, wenn sie in der jeweiligen Situation tatsächlich antizipativ genutzt werden kann. In einzelnen Situationen, die sich längerfristig entwickeln, können durch eine rechtzeitige Unterbrechung der Aufgabe Vorteile erzielt werden. In vielen anderen Szenarien, die eher kurzfristige Reaktionen erfordern, kann eine Unterbrechung oder ein Abbruch der Aufgabe nur noch die Reaktion auf die Kritikalität der Situation sein.

8.5.3 Auswirkungen der Menüstruktur auf die Fahrsicherheit

Ein unerwarteter Befund war, dass Fahrer, die das tiefe Menüsystem bedient hatten, insgesamt mehr Fahrfehler und Kollisionen verursachten als Probanden der breiten Menüvariante. Nach bisherigen Untersuchungen zum Einfluss von breiten und tiefen Menüsystemen auf das Fahrverhalten (siehe Rauch et al., 2004b) war erwartet worden, dass die häufigeren Ebenenwechsel und die geringeren visuellen Anforderungen pro Menüebene im tiefen System zu einer besseren Verschränkbarkeit mit der Fahraufgabe und entsprechend zu geringeren negativen Auswirkungen auf die Fahrleistung führen sollten. Allerdings beschränkte sich die Fahraufgabe bei Rauch auf das Folgen einer leicht kurvigen Strecke, wobei die Spurhaltung über die SDLP sowie die Anzahl an Spurübertretungen erfasst wurde. In der Studie hier zeigte sich jedoch, dass im tiefen Menüsystem ein vergleichbarer Anteil Straßenblicke wie im breiten Menü zur Überwachung der Fahraufgabe ausgeführt wurde. Während diese zur visuellen Kontrolle der kontinuierlichen Spurhaltung durchaus ausreichen, waren sie für die Kontrolle einer diskreten Verhaltensanpassung auf taktischer Ebene – gemessen an der Zahl der Fahrfehler und Kollisionen - weniger effektiv. Dies ist vermutlich vor allem auf die stärkeren kognitiven Anforderungen im tiefen Menüsystem zurückzuführen, das auf jeder Ebene eine neue Orientierung und eine Handlungsplanung erforderlich macht. Dies bindet vor allem deutlich mehr kognitive Ressourcen an die Nebenaufgabe und erschwert die komplexe Verschaltung zweier diskreter Aufgaben.

Die höhere Schwierigkeit spiegelt sich auch in der subjektiven Bewertung von Fahr- und Nebenaufgabe wider. Im Vergleich zwischen tiefem und breitem Menüsystem in Studie 2 geben die Probanden mit Bedienung des breiten Menüs an, das System situationsangemessener bedient zu haben. Außerdem beurteilen sie die Bedienung des Systems als weniger schwer als die Probanden mit Bedienung des tiefen Menüs.

Im Vergleich zum breiten Menüsystem bedienen die Nutzer des tiefen Menüsystems dennoch häufiger, sie nutzen Wartezeiten weniger lang, fahren insgesamt schneller und passen ihre Geschwindigkeit weniger an die Anforderungen der Situation an. Dafür können keine systematischen Fehler in der Stichprobensammensetzung verantwortlich gemacht werden: In den erhobenen Maßen Alter, Geschlecht, Menüerfahrung sowie der Einstellung gegenüber der Beschäftigung mit Nebenaufgaben beim Fahren unterscheiden sich die beiden Bedingungen nicht.

9 ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG

9.1 Validierung des Modells

Die Ergebnisse der beiden Studien stützen die vorab postulierten Annahmen über die beiden bedeutsamen Prozesse der Handlungsplanung und –absicherung für Situationsbewusstsein. Diese Prozesse erlauben es, in gewissen Grenzen eine Nebenaufgabe ohne Einbußen in der Fahrleistung zu bearbeiten.

9.1.1 Prozesse der antizipativen Handlungssteuerung

9.1.1.1 Strategische Handlungsplanung

Im Rahmen des PDC-Modells wurde von einer übergeordneten Planungsebene ausgegangen, auf der generelle Strategien im Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren festgelegt werden. Belege für die Prozesse auf dieser Ebene lassen sich an folgenden Stellen finden:

Die individuell starken Streuungen in Maßen des Bedienverhaltens (z.B. bezüglich Bedienhäufigkeit und Bediendauer) lassen darauf schließen, dass nicht nur die aktuelle Situationseinschätzung, sondern auch individuelle Faktoren einen Einfluss auf den Umgang mit der Nebenaufgabe haben.

Es lassen sich verschiedene Gruppen von Kompensationsstrategien unterscheiden: Fahrer, die vermehrt auf der Fahraufgabenseite durch eine Reduktion der Geschwindigkeit kompensieren, Fahrer, die vermehrt Aufgaben auslassen oder Fahrer, die zwar häufig, aber immer nur kurz bedienen bzw. die Aufgabe rechtzeitig unterbrechen. Fahrer, die vermehrt solche antizipativen Kompensationsstrategien einsetzen, setzen sich einem verringerten Sicherheitsrisiko durch die Beschäftigung mit Nebenaufgaben aus.

Die generelle Risikoeinschätzung und Einstellung zu Nebenaufgaben wirkt sich auf die individuelle Bedienstrategie aus: Fahrer, die im Fragebogen den Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren generell als riskanter einstufen, lassen insgesamt häufiger Aufgaben aus. Fahrer, die sich generell ungern in einer Tätigkeit unterbrechen lassen, sind auch bei der Beschäftigung mit Nebenaufgaben stärker gefährdet, sich zu lange mit dieser zu beschäftigen und auch in kritischen Fahrsituationen die Aufgabe nicht zu unterbrechen. Fahrer, die sich häufig mit einer bestimmten Nebenaufgabe beim Fahren beschäftigen, neigen dazu, das Risiko dieser Aufgabe zu verharmlosen.

9.1.1.2 Taktische Handlungsplanung

Weiter wurde postuliert, dass in der Entscheidungsphase vor dem Beginn der Nebenaufgabe eine Erwartungsbildung über den wahrscheinlichen Verlauf der Situation erfolgt. Dabei wird unter Berücksichtigung von Wissen in Form von

Schemata im Langzeitgedächtnis und unter Einbezug von Hinweisreizen aus der Umwelt eine mentale Repräsentation der aktuellen Fahrszene aufgebaut. Diese enthält eine Situationseinschätzung im Hinblick auf die antizipierten spezifischen Anforderungen und damit verbundene Verhaltensanpassungen sowie Erwartungen über die weitere Entwicklung der Szene. Anhand dieser Situationseinschätzung erfolgt die Entscheidung für bzw. gegen die Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe. Entscheidende Einflussfaktoren sind hierbei die Erfahrungen des Fahrers (d.h. verfügbare Schemata und Skripten für die Fahrsituation) und die vorgegebenen Hinweisreize in der Umwelt. Prozesse dieser antizipativen Handlungssteuerung auf der taktischen Ebene können in den beiden Studien an verschiedenen Stellen nachgewiesen werden:

Vor anspruchsvollen Situationen wird eine Nebenaufgabe häufig gar nicht erst begonnen - Der Fahrer scheint demnach diese erhöhten Anforderungen zu antizipieren und versucht, die durch die gleichzeitige Bearbeitung von Fahr- und Nebenaufgabe zu erwartende Überlastung von vorne herein zu vermeiden.

Dabei berücksichtigt der Fahrer spezifische Charakteristika der Situation, die unterschiedliche Anforderungen erwarten lassen: In Situationen, die vermehrt eine diskrete Verhaltensanpassung auf der taktischen Ebene erfordern, z.B. ein Bremsmanöver, kann der Fahrer zunächst dieses Manöver ausführen und sich anschließend der diskreten Nebenaufgabe zuwenden. Hier können die beiden Aufgaben demnach sequentiell hintereinander bearbeitet werden. In Situationen dagegen, die eine stetige Spur- und Geschwindigkeitsanpassung verlangen (z.B. kurvige Abschnitte), müssen die diskrete Nebenaufgabe und die stetige Fahraufgabe parallel bearbeitet werden, was als erheblich anspruchsvoller eingeschätzt wird.

Vor allem bei einer in mehrere diskrete Einheiten zu unterteilende Nebenaufgabe, die neben dem Bewusstsein über die Situation auch ein Aufgabenbewusstsein verlangt, wird diese Verschaltung als besonders komplex betrachtet und daher versucht zu vermeiden.

Weiterhin bezieht der Fahrer auch seine aktuell verfügbaren Ressourcen zur Bewältigung der Anforderungen in seine Entscheidung mit ein. Sind diese schon weitgehend erschöpft, was der Fahrer an bereits eingetretenen Leistungseinbußen bemerkt (z.B. bereits starke Spurabweichungen von der Ideallinie), wird eine Nebenaufgabe ausgelassen, um nicht eine weitere Verschlechterung zu riskieren. Zudem ist anzunehmen, dass sich Fahrer, die sich bewusst für die Ausführung einer Nebenaufgabe entscheiden, besondere Mühe geben, die Fahrleistung aufrecht zu erhalten.

Längere Entscheidungs- bzw. Vorbereitungsphasen vor anspruchsvollen Situationen können als Hinweis interpretiert werden, dass der Fahrer bestrebt ist, die Situationsentwicklung abzuwarten, bis er sich zu einer Abwendung von der Fahraufgabe entschließt. Teilweise geschieht dies aufgrund der Wahrnehmung eines entsprechenden Hinweisreizes, teilweise allerdings auch bereits als Reaktion auf die sich entwickelnde Situation, in der eine bestimmte Verhaltensanpassung vom Fahrer gefordert ist. Erst wenn diese abgeschlossen ist, wendet er sich der Nebenaufgabe zu.

In gut vorhersehbaren anspruchsvollen Situationen wird die Nebenaufgabe in der Regel rechtzeitig vor einer kritischen Situation abgebrochen. Der Fahrer antizipiert hier demnach, dass seine verfügbaren Ressourcen für die bevorstehende Situation nicht ausreichen werden und beendet daher vorher die Nebenaufgabe. Hierbei kann nicht eindeutig entschieden werden, ob der Fahrer bereits in der Entscheidungsphase den kompletten Bedienvorgang inklusive Abbruchzeitpunkt plant oder ob er zunächst nur die Entscheidung für eine generelle Bedienung plant und erst während der Nebenaufgabe den genauen Zeitpunkt für den Abbruch festlegt.

In der Okklusionsbedingung, in denen den Fahrern die Möglichkeit zur Handlungsabsicherung während der Nebenaufgabenbedienung fehlt, sind ein höherer Anteil an Aufgabenauslassungen und kürzere Bediendauern festzustellen. Diese Fahrer wissen demnach um die zu erwartenden Konsequenzen einer mangelnden fortlaufenden Situationsüberwachung.

Bei zu kurzen Zeitfenstern zwischen anspruchsvollen Situationen, z.B. zwischen zwei scharfen Kurven, wird gar nicht erst mit der Nebenaufgabe begonnen. Dies ist ein Hinweis, dass auch Zeitschätzungen in die Antizipation miteingehen.

Die antizipative Handlungssteuerung bezieht sich meist auf voraus liegende, eindeutig sichtbare und saliente Reize. Geht eine Verhaltensänderung von solchen Reizen aus, kann sehr gut antizipativ reagiert werden, d.h. die Aufgabe bereits vorher ausgelassen werden, langsam an die Situation herangefahren werden oder rechtzeitig unterbrochen werden.

Fehlen dem Fahrer Informationen, die er zur Situationseinschätzung benötigt, kann es zu Fehleinschätzungen bei der antizipativen Handlungsplanung kommen. Diese haben zum einen die Konsequenz, dass die Nebenaufgabenbedienung nicht an die Situation angepasst wird, d.h. in Situationen bedient wird, wo die Belastung durch die Fahraufgabe ohnehin sehr hoch ist. Zum anderen werden während der Nebenaufgabenbedienung die falschen Situationselemente kontrolliert. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit einer fehlenden bzw. verspäteten Anpassung des Fahrverhaltens. In den Studien kam es daher besonders in Situationen mit schwer vorhersehbarem Konfliktpotential häufiger zu unangemessenem Bedien- und Blickverhalten und daraus resultierenden Fahrfehlern.

Auch innerhalb der Menünavigation sind Prozesse der Handlungsplanung von denen der Handlungsausführung abgrenzbar: Die länger dauernden Wechselschritte bis zu einem ersten Schritt auf einer neuen Menüebene werden zur Orientierung und zur visuellen Suche nach dem entsprechenden Menüpunkt verwendet und dienen daher verstärkt der Handlungsplanung. Die anschließenden Blätterschritte enthalten fast nur motorische Anteile zur Handlungsausführung und können entsprechend schneller ausgeführt werden. Stärkere Interferenzen mit der Ausführung dieser Wechselschritte in anspruchsvollen Situationen weisen darauf hin, dass hier vor allem antizipative Prozesse der Handlungsplanung miteinander um begrenzte Ressourcen konkurrieren.

Bei der Betrachtung des Blickverhaltens sind ebenfalls antizipative Prozesse zu beobachten: Die Verlängerungen der Fixationsdauern und die Einengung des visuellen Blickfeldes sind ein eindeutiger Hinweis auf eine tiefere visuelle Verarbeitung der Szene in Vorbereitung auf die Nebenaufgabenbedienung.

Im Fahrverhalten zeigt sich, dass bereits in der Entscheidungsphase eine Verringerung der Fahrgeschwindigkeit festzustellen ist. Dies ist ein Hinweis auf eine antizipative Handlungsplanung- die Anforderungen von Seiten der Fahraufgabe werden rechtzeitig reduziert, damit mehr Ressourcen zur Bedienung der Nebenaufgabe frei sind. Ebenfalls vor der eigentlichen Aufgabenbearbeitung werden entsprechende Lenkkorrekturen ausgeführt, um möglichst mit Ideallinie die Nebenaufgabe zu beginnen.

9.1.2 Prozesse der Handlungsabsicherung

Zudem wurde postuliert, dass während der Nebenaufgabenbedienung die Situationsentwicklung weiter kontrolliert wird. Dazu werden kurze Kontrollblicke zurück zur Fahraufgabe ausgeführt. Diese Kontrollblicke dienen einem Abgleich zwischen erwarteter und tatsächlicher Szenenentwicklung. Weicht die erwartete Situationsentwicklung dabei von der tatsächlichen ab, wird die Nebenaufgabe unterbrochen- anschließend muss eine erneute Situationseinschätzung stattfinden, wann die Aufgabe fortgesetzt werden kann. Prozesse der Handlungsabsicherung werden an folgenden Befunden sichtbar:

Die Ausführung der postulierten Kontrollblicke konnte über eine Clusterung der Blickdaten in Display vs. Straßenblicke während der Nebenaufgabenbedienung nachgewiesen werden. Sie dienen der Überwachung der Situationsentwicklung und werden deshalb vom Fahrer in ihrer Frequenz und Dauer (sofern es die Nebenaufgabe zulässt) an die Situationsanforderungen angepasst. In Situationen mit Kollisionen war diese Überwachung häufiger vernachlässigt worden bzw. auf die falschen Reize konzentriert.

Die deutliche Reduzierung des Blickfeldes während der Aufgabenbedienung legt nahe, dass die Prozesse der Situationskontrolle sich aufgrund ihrer Begrenztheit auf einen ausgewählten Teilbereich der Umwelt beschränken müssen. Es wird angenommen, dass hierbei eine Fokussierung auf die vorab als relevant identifizierten Reize stattfindet.

Die Entscheidung darüber, wie lange tatsächlich bedient werden kann, bzw. wann spätestens unterbrochen werden muss, wird vermutlich erst während der Nebenaufgabenbedienung anhand der Beobachtung der Situationsentwicklung getroffen. In anspruchsvollen Situationen, z.B. vor Kurven, wird daher meist kürzer bedient und rechtzeitig vor Eintritt in die Kurve abgebrochen.

Bei stabilen Situationen mit geringen Anforderungen in der Fahraufgabe kann eine Nebenaufgabe, sofern eine angemessene Handlungsabsicherung erfolgt, gegenüber der Fahraufgabe kurzzeitig priorisiert werden. Die Aufgabe muss nicht ausgelassen oder abgebrochen werden. So werden z.B. in Situationen mit länger vorausfahrendem Führungsfahrzeug (erfordert reines Monitoring) vergleichbar viele

Aufgaben angenommen und vergleichbar lange bedient wie in Situationen mit freier Fahrt auf der Landstraße.

Probleme bei der Handlungsabsicherung entstehen, wenn sich eine Situationsänderung aufgrund vorab als nicht relevant identifizierter Reize und daher nicht weiter beobachteter Reize ereignet bzw. wenn mehrere als potenziell relevant identifizierte Reize überwacht werden müssen. Dadurch ergeben sich vor allem in solchen Situationen größere Probleme durch die Beschäftigung mit der Nebenaufgabe, in denen entweder die Gefahr von peripheren Reizen („Fußgänger“, „Ausparker“) oder rückwärtigem Verkehr (Situation „Panne“ mit Überholer) ausgeht, von Reizen, die auf eine noch nicht sichtbare Gefahr hindeuten (Situation „Panne“) bzw. sehr plötzlich auftreten („Ausparker“, schwere Variante).

Die Nachkorrekturen des Fahrverhaltens während der Nebenaufgabenbedienung sind ein Hinweis darauf, dass während der Beschäftigung mit der Nebenaufgabe permanent weiter die Anforderungen der Situation kontrolliert werden, um zu prüfen, ob das eigene Verhalten noch angemessen ist. Ist der Fahrer durch Fahr- und Nebenaufgabe überfordert, reduziert er seine Geschwindigkeit weiter.

Die Kontrolle der Querregulation wird während der Nebenaufgabe etwas vernachlässigt – die Prozesse der Handlungsabsicherung beschränken sich hier darauf, dass der Fahrer nicht von der Spur abkommt. Erst nach der Aufgabebearbeitung werden Nachkorrekturen durchgeführt. Umgekehrt wird die Aufgabe dann abgebrochen, wenn deutliche Einbußen in der Fahrleistung (z.B. Spurverletzungen) auftreten.

9.2 Das Konzept Situationsbewusstsein: Abgrenzung zu anderen Konzepten

9.2.1 Abgrenzung zu Workload

Wie sich an vielen Stellen in der Aufarbeitung des aktuellen Forschungsstandes angedeutet hat, ist die Abgrenzung der Begrifflichkeiten Workload vs. Situationsbewusstsein eher vage. Tsang und Vidulich (2006) argumentieren zwar, dass es sich eindeutig um zwei verschiedene Konzepte handelt. Zugleich seien diese jedoch stark miteinander verknüpft und beeinflussen sich gegenseitig, da dieselben Variablen auf sie einwirken (begrenzte Verarbeitungsressourcen und begrenzte Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses). Dabei sei „Workload [...] primarily a result of the limited attentional resources of humans, whereas SA is a cognitive phenomenon emerging from perception, memory and expertise.“ (Tsang & Vidulich, 2006; S. 262). Weiter postulieren sie in einem theoretischen Modell des Zusammenhangs zwischen den Konzepten des „Mental Workload“ und der „Situation Awareness“ eine Komponente des „strategischen Managements“, ohne allerdings dessen spezifische Funktion genauer zu beschreiben.

Im Rahmen des hier entwickelten Modells von Situationsbewusstsein empfiehlt es sich zur Abgrenzung von dem Konzept des Workload, sich auf das im deutschsprachigen Raum verwendete Konzept der Belastung/Beanspruchung zu beziehen. Dieses nimmt eine deutliche Trennung zwischen den objektiven

Anforderungen/Belastungen aus einer Aufgabe und der daraus subjektiv wahrgenommenen Beanspruchung der Person vor. In diesem Zusammenhang kann Situationsbewusstsein als moderierende Variable zwischen den objektiven Aufgabenanforderungen und der resultierenden Beanspruchung definiert werden (siehe Abbildung 9-1). Durch die Antizipation der zu erwartenden Situationsanforderungen, einer Einschätzung der dabei aufzuwendenden Anstrengung, der Einschätzung der eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten und dem Wissen über spezifisch in der Situation einsetzbare Kompensationsstrategien, wird es dem Fahrer möglich, die bevorstehenden Anforderungen aus der Fahraufgabe aktiv zu bewältigen und dadurch eine Überforderung in besonders anspruchsvollen Situationen zu vermeiden. In diesem Sinne kann Situationsbewusstsein als Voraussetzung zur Steuerung und Regelung von Beanspruchung betrachtet werden. Wesentlich ist hierfür, dass diese Einschätzungen antizipativ, d.h. vor der Situation, geschehen.

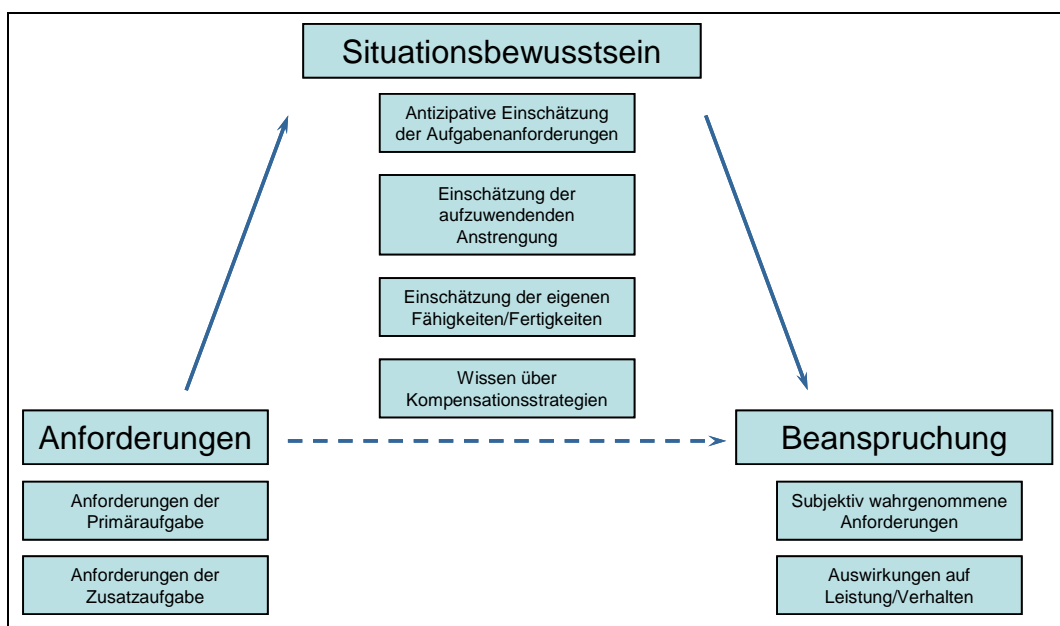


Abbildung 9-1: Einordnung von Situation Awareness als Mediator zwischen Aufgabenanforderungen und der resultierenden Beanspruchung.

9.2.2 Abgrenzung zu Aufmerksamkeit

Wie bereits im theoretischen Teil gezeigt, ist Aufmerksamkeit ein Prozess, der weitgehend der Handlungssteuerung dient. Allport (1987) und Neumann (1987) definieren die Funktion der Aufmerksamkeit ausdrücklich als „selection for action“: Dies kann entweder intentional in Form einer top-down gerichteten Aufmerksamkeit geschehen, die auf Reize, die gemäß gespeicherten Erfahrungen im LZG als handlungsrelevant identifiziert wurden, gelenkt ist. Bottom-up gesteuert kann die Aufmerksamkeit auch auf neu auftretende Reize in Form einer Orientierungsreaktion gerichtet werden.

Als Besonderheit des Konzepts von Situationsbewusstsein aber wurde zusätzlich die Funktion der Handlungsabsicherung gegenüber potenziellen Situationsänderungen formuliert. Diese Funktion geht über die reine Antizipation hinaus. Sie beinhaltet die

Anreicherung der Erwartungen über noch nicht wahrnehmbare Begleitumstände und regt einen aktiven Suchprozess in der Umwelt an, die die Durchführung der eigenen Handlung gegenüber gefährdenden Einflüssen absichern soll (potenziell handlungsrelevante Reize). Nach dieser Definition könnte Situationsbewusstsein als eine Erweiterung der handlungssteuernden Aufmerksamkeit definiert werden. Entsprechend wäre Aufmerksamkeit eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für Situationsbewusstsein.

Norman und Shallice (1986) beschreiben in ihrem Modell of attentional control zwei unterschiedliche Prozesse zur Steuerung von Verhalten (siehe Abbildung 9-2), die das Verständnis von Situationsbewusstsein, wie es in dieser Arbeit formuliert wurde, unterstützen.

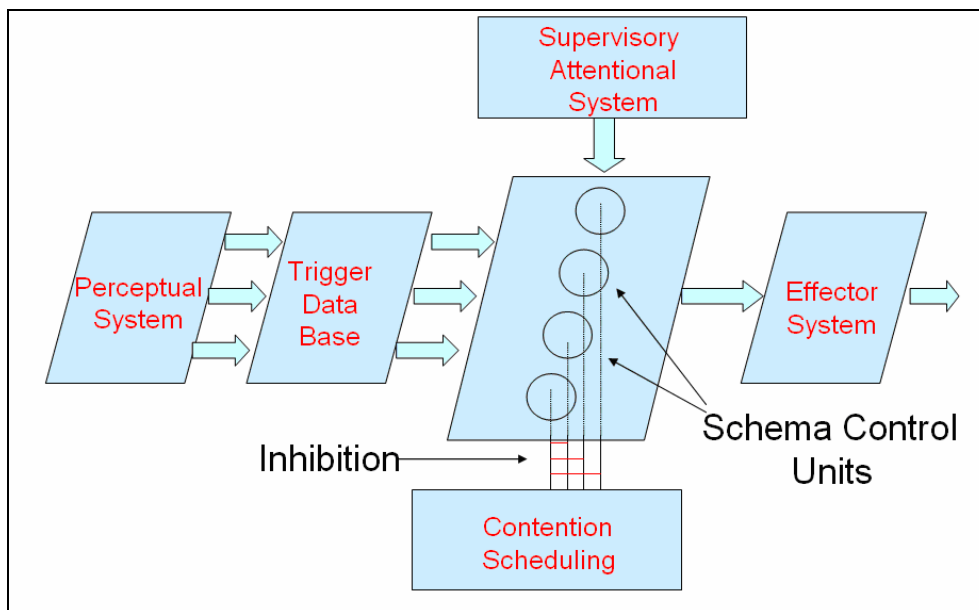


Abbildung 9-2: Modell of attentional control von Norman & Shallice (1986).

In der Regel wird das Verhalten durch Auswahl eines Schemas aus einer begrenzten Zahl von miteinander kompatiblen Schemata bestimmt und läuft automatisiert ab, wenn es einmal angestoßen ist (Contention scheduling-horizontaler Prozess). Treten Konflikte auf, gewinnt das Schema mit der höchsten Priorität (low level conflict resolution). Liegen keine Automatismen vor oder gibt es Inkompatibilitäten, setzt ein Supervisory Activating System (SAS- vertikaler Prozess) ein, das unter willentlicher Kontrolle mit Aufmerksamkeit und Bewusstsein die Steuerung übernimmt (high level conflict resolution). Auf dieser Ebene findet eine bewusste und überlegte Änderung von Schemata statt, die bei der Planung und Entscheidung in gefährlich und schwierigen Situationen für neue und nicht überlernte Tätigkeiten notwendig sind. Durch diese high level conflict resolution kann starken Habits (Auswahl eines prototypischen Handlungsskripts) und temptations entgegengewirkt werden. Gemäß diesem Modell ist Situationsbewusstsein demnach als eine Instanz zur willentlichen Steuerung der Aufmerksamkeit für die Auswahl der angemessenen Handlung beim Vorliegen mehrerer inkompatibler Schemata zu verstehen.

9.2.3 Abgrenzung zur Hazard Perception

Der Begriff der Hazard Perception (Gefahrenwahrnehmung) beschreibt die „ability to respond to potentially dangerous traffic situations (McKenna & Crick, 1991; zitiert nach Grayson & Sexton, 2002). Nach Grayson und Sexton (2002) umfasst der Begriff die als „appreciation“, „anticipation“ und „reading the road“ bezeichneten Fähigkeiten. Hoyos (1980) definiert den Begriff der Gefahrenkognition: „Eine Gefahrenkognition muss einer Gefährdung vorausgehen, sonst wäre sie als Mittel der Gefährdungsminderung ungeeignet; sie hat auch eine größere Reichweite, d.h. eine Gefahr erkennen, heißt noch nicht, sich ihr auszusetzen“ (S. 92). Der Prozess der Gefahrenkognition umfasst dabei nicht nur Prozesse, die sich auf die Kontrolle der eigenen Handlung beziehen, sondern auch die Absicherung gegen plötzliche Umweltänderungen, die nicht aus der eigenen Handlung folgen, sondern fremdinduziert sind.

Auf den ersten Blick scheint diese Definition sehr ähnlich der hier vorgestellten Definition von Situationsbewusstsein zu sein. Eventuell kann eine Abgrenzung dahingehend stattfinden, dass der Begriff des Situationsbewusstseins sich grundsätzlich nicht nur auf gefährliche Situationen bezieht, sondern einen generellen Prozess der Handlungsplanung und –ausführung meint, der auch und gerade nicht in gefährlichen Situationen wirksam ist. Der Fahrer muss in der Lage sein, zu erkennen, in welchen Situationen eine Verhaltensanpassung an geänderte Umweltbedingungen erforderlich ist und in welchen nicht. Situationsbewusstsein ist somit an allen Entscheidungen auf taktischer Ebene beteiligt. Eine weitere Besonderheit ist die Fokussierung auf die Einflussfaktoren aus der Situation, die diese Wahrnehmung bestimmen. Die Fähigkeit zum Erkennen von auch weniger eindeutigen Hinweisreizen soll ein Indikator für Situationsbewusstsein sein.

Die schwierige Trennung der beiden Konstrukte wird an deren Operationalisierung deutlich. Um Situationsbewusstsein messen zu können, müssen letztendlich solche Situationen realisiert werden, in denen ein Konflikt auftritt, um eine Verhaltensanpassung des Fahrers zu induzieren. Andernfalls könnte man kein Kriterium bestimmen, was unter situationsbewusstem Fahrverhalten zu verstehen ist. Die in der Versuchsanordnung gewählten Situationen ähneln daher denen, die in typischen Untersuchungen zur Hazard Perception zum Einsatz kommen.

9.3 Besonderheiten des vorgestellten Ansatzes im Hinblick auf die Bearbeitung von Nebenaufgaben

Das hier entwickelte 3-Ebenen-Prozessmodell von Situationsbewusstsein ermöglicht konkrete Aussagen über das Kompensationsverhalten von Fahrern im Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren. Bislang wurde lediglich auf Seiten der Fahraufgabe beobachtet, dass Fahrer die erhöhten Anforderungen von Fahr- und Nebenaufgabe über geringere Geschwindigkeiten oder größere Abstände zum Vordermann kompensieren. Auf Seiten der Nebenaufgabe wurden meist lediglich Vermutungen darüber angestellt, dass Fahrer im realen Verkehr Nebenaufgaben wohl häufig situationsangepasst ausführen. Anders wäre die vergleichsweise geringe Zahl von durch nicht-fahrtbezogene Aufgaben verursachten Unfällen nicht zu erklären. Mittels der hier entwickelten Versuchsanordnung, in der der Fahrer frei über den Umgang

mit einer ihm angebotenen Nebenaufgabe entscheiden kann, ist es möglich, konkrete Kompensationsstrategien zu beobachten. Das hier eingesetzte Verfahren stellt insofern eine neue Herangehensweise an die Problematik der Beschäftigung mit Nebenaufgaben beim Fahren dar.

Der Fahrer zeigt sich in dieser Versuchsanordnung als antizipativ Handelnder, der in gewissen Grenzen sehr gut in der Lage ist, situationsbewusst mit einer Nebenaufgabe umzugehen. In herkömmlichen Studien, in denen die Fahrer dazu angehalten sind, permanent und mit bestmöglicher Leistung sowohl in einfachen als auch komplexen Situationen eine Nebenaufgabe auszuführen, ist es unmöglich, solche Strategien zu entdecken. Meist werden auf Seiten der Nebenaufgabe lediglich Leistungsmaße, wie die Bearbeitungsdauer pro Aufgabe, die Anzahl gelöster Aufgaben innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls/Streckenabschnitts oder die Anzahl der Fehler in der Nebenaufgabe betrachtet. Leistungseinbußen in der Nebenaufgabe in anspruchsvollen Fahrsituationen werden dann als Hinweis auf eine Überschreitung der begrenzten Ressourcen interpretiert. Selbst wenn dem Fahrer gewisse Handlungsfreiheiten bei der Beschäftigung mit Nebenaufgaben gegeben werden (z.B. Drews et al., 2004; Parkes & Hooijmeijer, 2000), werden keine gezielten Auswertungen über daraus resultierende Bedienstrategien vorgenommen. Dass längere Bearbeitungsauern oder eine geringere Anzahl gelöster Aufgaben innerhalb eines Streckenabschnitts ein Hinweis darauf sein können, dass Fahrer die Ausführung der Aufgabe an die Anforderungen der Situation anzupassen versuchen (z.B. häufigere Unterbrechungen in anspruchsvollen Situationen, Abwarten mit dem Beginn von Aufgaben), wird in der Regel nicht berücksichtigt. Die Möglichkeit, dass Fahrer unter realen Verkehrsbedingungen die Aufgabe in solchen Situationen gar nicht erst bearbeiten würden, wird völlig außer Acht gelassen. Die Kompensationsmöglichkeiten der Fahrer auf Seiten der Nebenaufgabe werden dadurch stets deutlich unterschätzt.

Im Gegensatz zu einem Großteil von Fahrsimulatorstudien, die die Auswirkungen von Nebenaufgaben lediglich auf einem stark vereinfachten Fahrparcours untersuchen (häufig Außerorts-Strecken mit leicht kurvigen Abschnitten), wurden hier zudem vielfältige, in ihren Anforderungen an den Fahrer variable Situationen realisiert. Diese können zusätzlich in ihrer Vorhersehbarkeit des Konfliktpotentials variiert werden. Dieses Vorgehen sowie das situationsbezogene Aufgabenangebot erlauben es, die Situationsabhängigkeit des Umgangs mit Nebenaufgaben zu untersuchen. Das hier verwendete Situationsset lässt sich beliebig für spezifische, weitere Fragestellungen im Hinblick auf Situationsbewusstsein modifizieren bzw. erweitern.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zu vielen anderen Studien ist, dass interindividuelle Varianzen im Bedienverhalten nicht als Fehlervarianz gesehen, sondern unterschiedliche Bedienstrategien ganz gezielt auf ihre Auswirkungen auf die Fahrsicherheit hin analysiert werden. Beeinträchtigungen der Fahrsicherheit durch die Beschäftigung mit Nebenaufgaben können dadurch auf ganz konkrete Ursachen, wie beispielsweise fehlerhafte Einschätzungen der Situation oder unangepasstes Blickverhalten, zurückgeführt werden.

Durch die Entwicklung eines spezifischen Fragebogens wurde es zudem möglich, den Einfluss der generellen Einstellung gegenüber der Beschäftigung mit Nebentätigkeiten auf den tatsächlichen Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren aufzuzeigen.

Auch die Grenzen der Kompensationsstrategien lassen sich durch den gewählten Untersuchungsansatz definieren. Sowohl auf Seiten der Situation, als auch auf Seiten der Person und der Nebenaufgabe können Risikofaktoren identifiziert werden, die eine Beschäftigung mit Nebenaufgaben beim Fahren negativ beeinflussen.

9.4 Praktische Relevanz und Handlungsempfehlungen

Diese angesprochenen Grenzen von Kompensationsstrategien haben eine praktische Relevanz für den Unterstützungsbedarf des Fahrers. Im Folgenden werden daraus konkrete Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Nebenaufgaben abgeleitet.

9.4.1 Situationsabhängige Grenzen und daraus resultierende Unterstützung durch Fahrerassistenz

Die Möglichkeit zur situationsangepassten Ausführung von Nebenaufgaben zeigt sich stark abhängig von der Vorhersehbarkeit eines Konfliktpotenzials der Situation. Diese ist wiederum davon abhängig, ob Hinweisreize in der Situation gegeben sind, die auf einen bevorstehenden Konflikt hindeuten bzw. wie gut und eindeutig diese Reize entdeckt und interpretiert werden können. Situationen, in denen der Umgang mit der Nebenaufgabe sehr gut an die Situation angepasst werden kann, sind in der Regel solche, in denen potenzielle Änderungen der Situationsentwicklung gut antizipierbar sind. Dies ist dann erleichtert, wenn der potenzielle Konflikt von Reizen ausgeht, die eindeutig als im Fahrkontext relevante Reize zu identifizieren sind. Solche Reize werden bereits in der Entscheidungsphase vor Beginn der Situation als relevant wahrgenommen und daher auch im weiteren Verlauf der Nebenaufgabenausführung über die eingeschränkten Kontrollblicke weiter überwacht. Eine Reaktion auf erwartbare Änderungen kann entsprechend schneller und einfacher ausgeführt werden. Im Fahrkontext sind diese eindeutig als relevant identifizierbaren Reize in der Regel fokale Reize im Zentrum des Blickfeldes des Fahrers (z.B. ein vorausfahrendes Fahrzeug) oder Reize, die unmittelbar mit einer bestimmten Erwartung verknüpft werden können (z.B. statische Konfliktbereiche wie Kurven oder Fußgängerüberwege).

Demgegenüber stehen Situationen, in denen sich die Situationsentwicklung während der Beschäftigung mit der Nebenaufgabe durch vorab als nicht relevant identifizierte Reize ändert. Solche Reize wurden im vorab erstellten subjektiven Situationsmodell nicht als bedeutsam erachtet und werden daher über die Kontrollblicke während der Nebenaufgabe nicht weiter oder nur ungenügend überwacht. Treten dann unerwartete Situationsentwicklungen auf, kann der Fahrer häufig sein Bedien- und Fahrverhalten nicht mehr rechtzeitig anpassen. Solche Reize liegen z.B. in der Peripherie außerhalb des zentralen Blickfeldes des Fahrers (z.B. im Rückspiegel), treten erst nach dem Beginn der Nebenaufgabenbeschäftigung auf (plötzliche Ereignisse, z.B. ausparkende Fahrzeuge) oder deuten auf eine noch nicht sichtbare

Gefahr hin (z.B. weil der eigentliche Gefahrenreiz verdeckt ist, wie bei einer Panne hinter einer Kuppe).

Entsprechend ergibt sich für den Fahrer besonders in solchen Situationen ein Unterstützungsbedarf, in denen Gefahren auftreten, die außerhalb seines Überwachungsbereiches liegen und schlecht vorhersehbar sind. Hier können situationsadaptive Fahrerassistenzsysteme den Fahrer sowohl bei der Wahrnehmung von Hinweisreizen unterstützen als ihm auch die Situationseinschätzung erleichtern oder gar für ihn übernehmen. Systeme, die auf Informationen über den bevorstehenden Streckenverlauf zurückgreifen können, können dem Fahrer beispielsweise rechtzeitig Hinweise auf anspruchsvolle Situationen (z.B. bevorstehende schlecht einsehbare Kurven) liefern und Warnmeldungen oder Informationen mit geringer Priorität im Sinne eines Workloadmanagers unterdrücken oder zeitlich verzögern. Im Bezug auf vom Fahrer initiierte Nebentätigkeiten kann der Fahrer angeregt werden, in solchen Situationen eine Nebentätigkeit zu unterbrechen. Ebenfalls denkbar sind Hinweise über den Straßenzustand, der vom Fahrer nur indirekt erschließbar ist (z.B. Warnungen vor eventueller Straßenglätte) oder Warnungen eines Systems für Fahrzeuge im toten Winkel. Zudem können dem Fahrer Zeitfenster rückgemeldet werden, wann eine Beschäftigung mit Nebenaufgaben eher unbedenklich ist. Ansätze zu solchen Workloadmanagern wurden bereits in den 90er Jahren von Michon (1990) sowie in den vergangenen Jahren von Green (2004) verfolgt. Problematisch waren dabei bislang häufig die begrenzten Möglichkeiten zur Vorhersage von Streckencharakteristika aus Sensordaten des Fahrzeugs, die durch die fortschreitende Entwicklung von z.B. GPS-Systemen immer weiter verbessert werden können. Besonders vielversprechend sind hier auch die in der Entwicklung befindlichen Systeme der c2i (car-to-infrastructure) und c2c (car-to-car) Kommunikation, die Informationen liefern können, die außerhalb des Wahrnehmungsbereichs des Fahrers liegen (z.B. bevorstehende Staus, Unfälle, rote Ampeln). Allerdings muss betont werden, dass jedoch auch die Leistungsfähigkeiten zukünftiger Systeme begrenzt sein werden und gerade die Situationen, die im Hinblick auf das Situationsbewusstsein als problematisch zu bewerten sind, diejenigen sein werden, die auch für Assistenzsysteme am schwierigsten zu meistern sein werden.

9.4.2 Personenabhängige Grenzen und daraus resultierende Trainingsmaßnahmen zum situationsbewussten Umgang mit NA

Auf Fahrerseite erweist sich vor allem die generelle Fahrerfahrung als auch Erfahrungen im Umgang mit Nebenaufgaben als bedeutsam zur Aufrechterhaltung des Situationsbewusstseins. Die generelle Fahrerfahrung trägt maßgeblich dazu bei, inwieweit Schemata und Skripten für verschiedene Fahrsituationen im Langzeitgedächtnis vorliegen, die der Fahrer für eine angemessene Situationseinschätzung nutzen kann. Mit zunehmender Erfahrung gelingt es dem Fahrer besser, relevante Reize in der Umwelt zu identifizieren, deren Bedeutung zu verstehen und potenzielle Situationsentwicklungen zu antizipieren. Je ausgereifter dabei das verfügbare Schema der Szene ist, desto mehr solcher potenzieller Handlungsverläufe können in das aufgebaute Situationsmodell integriert werden.

So konnten Cavallo et al. (1988) beispielsweise zeigen, dass erfahrene Fahrer durch die Antizipation der Kurvenkrümmung über eine bessere Spurkontrolle während des Durchfahrens von Kurven verfügen und eine geeignetere Amplitude für den Lenkeinschlag wählen als unerfahrene Fahrer. Wie bereits in Kapitel 4.3.2.1 dargestellt, wiesen Crundall und Underwood (1998) anhand der Analyse des Blickverhaltens von erfahrenen vs. unerfahrenen Fahrern auf der Autobahn nach, dass mit zunehmender Fahrerfahrung ein immer stärker ausgeprägtes mentales Modell der Situation zu einer immer effizienteren Suche nach relevanten Reizen führt (z.B. vermehrte Überwachungstätigkeit in Vorbereitung eines Spurwechsels).

Die Erfahrungen im Umgang mit Nebenaufgaben beeinflussen u.a. das Risikobewusstsein des Fahrers darüber, welche Auswirkungen die Beschäftigung mit einer Nebenaufgabe auf das Fahrverhalten haben kann. Lerner und Boyd (2005) berichten, dass individuelle Einflussfaktoren, wie das Fahreralter, das Geschlecht oder die Vertrautheit im Umgang mit Technik die Risikoeinschätzung von Nebenaufgaben beeinflussen. So bewerteten beispielsweise jüngere Fahrer sämtliche Aufgaben als weniger riskant als ältere und waren eher bereit, diese auszuführen. Eine Studie von Wikman, Nieminen und Summala (1998) zeigte, dass jüngere Fahrer die Aufmerksamkeit oft unangemessen zwischen Fahr- und Nebenaufgabe aufteilen, was auf mangelnde mentale Modelle zur Bewertung der Kritikalität einer Situation zurückgeführt werden kann.

In den Ergebnissen dieser Arbeit zeigte sich, dass manche Fahrer das wahrgenommene Risiko im Umgang mit Nebenaufgaben geringer schätzen, wenn sie diese selbst häufig ausführen. Vermutlich versuchen sie dadurch, das eigene Verhalten vor sich selbst zu rechtfertigen. Ein geringeres Risikobewusstsein und die Überschätzung der eigenen Fähigkeiten im Umgang mit Nebenaufgaben bergen die Gefahr, dass Fahrer auch in eigentlich unangemessenen Situationen eine Nebenaufgabe bearbeiten und sich zu lange von der Fahraufgabe abwenden.

Weiterhin werden mit zunehmender Übung im Umgang mit einer Nebentätigkeit ein Aufgabenbewusstsein und damit einhergehend angemessene Strategien zur Verringerung der Aufgabeninterferenz entwickelt (vgl. z.B. Wickens, 1992). Diese betreffen zum einen Strategien der Aufgabenkombination, die es ermöglichen, die Fahraufgabe auch während der Nebenaufgabe angemessen zu überwachen. Dabei lernt der Fahrer beispielsweise geeignete Bedienabschnitte in der Nebenaufgabe für einen Aufgabenwechsel zurück zur Fahraufgabe zu nutzen (vgl. Salvucci & Macuga, 2002). Auf der anderen Seite kann die Nebenaufgabe zunehmend automatisiert werden. Bei Menüaufgaben beispielsweise führt das zunehmende Wissen über die räumliche Anordnung der Menüinhalte dazu, dass der Fahrer immer mehr blind bedienen kann (vgl. Totzke et al., 2004). Dadurch erfordert die Nebenaufgabe insgesamt weniger Aufmerksamkeit.

Die Erhöhung des Risikobewusstseins vor allem bei jüngeren Fahrern und die Förderung eines angemessenen Umgangs mit Nebenaufgaben während des Fahrens müsste gezielt trainiert werden. In der regulären Fahrschul Ausbildung fehlt ein solches Training allerdings bisher völlig. In den USA gibt es mittlerweile Programme von Firmen oder Institutionen, die das Bewusstsein im Umgang mit Nebenaufgaben fördern sollen (z.B. „Deadly Distractions“; Shell Oil Company;

„Distracted driver tool kit“; Network of Employers of Traffic Safety). So formuliert die CTIA (Cellular Telecommunication & Internet Association, 1999) beispielsweise: “Responsible drivers should ask themselves questions about their use of the phone while driving, including the temporal appropriateness of calls in the car, and whether or not a call will be a distraction from his/her first responsibility to drive safely”.

General Motors entwickelte eine 10 Millionen Dollar Kampagne „SenseAble Driving“. Über ein PC-basiertes Trainingsprogramm sollen vor allem jüngere Fahrer angesprochen werden. In einer vereinfachten Fahrsimulation können die Fahrer dabei üben, mit Ablenkungen während der Fahrt umzugehen und zu entscheiden, wann z.B. ein Telefonat angenommen werden kann und wann nicht und erhalten Feedback über die Angemessenheit ihres Verhaltens (siehe http://www.gm.com/company/gmability/safety/drivers_seat/senseable_driving/index.html).

9.4.3 Nebenaufgabenabhängige Grenzen und daraus resultierende Gestaltungsempfehlungen für FIS

In Bezug auf die optimale Gestaltung von Fahrerinformationssystemen bestätigen die Ergebnisse zum Situationsbewusstsein in weiten Teilen das bisherige Wissen auf diesem Gebiet. Auf der Kontrollebene hängt die Aufrechterhaltung von Situationsbewusstsein stark davon ab, inwieweit die Absicherung der Situationsentwicklung während der Aufgabenbearbeitung ermöglicht wird. Es muss gewährleistet sein, dass der Fahrer zu angemessenen Zeitpunkten die Fahraufgabe überwachen und die Aufgabe falls nötig jederzeit unterbrechen kann.

Insgesamt müssen dafür sowohl die visuellen als auch die kognitiven Anforderungen der Nebenaufgabe möglichst gering gehalten werden. Bei visuellen Displays sollten beispielsweise die Blickabwendungsdauern zur Nebenaufgabe möglichst reduziert werden. Dies lässt sich durch eine gute Lesbarkeit, eine angemessene Menge an dargebotenen Informationen sowie eine geringe Displaykomplexität erreichen (AAM-Guidelines, 2003). Eventuell könnte auch ein visuelles Display durch ein Sprachsystem ersetzt werden (z.B. für Zieleingaben ins Navigationssystem; vgl. Tijerina, Parmer & Goodman, 1998). Die kognitiven Anforderungen der Nebenaufgabe können durch eine einfache Darstellung der Systeminhalte (z.B. distinkte und verständliche Menüfunktionen; vgl. Schwartz & Norman, 1986) und eine klare Systemstruktur (z.B. kategoriale Sortierung von Menüinhalten; vgl. Card, 1982; Liebelt, McDonald, Stone & Karat, 1982) minimiert werden. Der Einfluss der Displayposition auf die Dauer von Blickabwendungen von der Fahraufgabe (z.B. Hada, 1994) weist darauf hin, dass die regelmäßige Ausführung von Kontrollblicken durch eine angemessene Positionierung des Displays unterstützt werden kann. Um jederzeit Unterbrechungen der Aufgabe zu ermöglichen, muss die Aufgabe vom Fahrer selbst steuerbar sein und in sinnvolle Einheiten sequenziert werden können (vgl. Rauch et al., 2004; Salvucci & Macuga, 2002).

Auf der Entscheidungsebene muss die Gestaltung des FIS die Anpassung der Nebenaufgabenbeschäftigung an die situativen Bedingungen unterstützen. Hierfür gibt es bislang weniger konkrete Gestaltungsempfehlungen.

Zum einen sollte sichergestellt werden, dass die Kosten eventueller Unterbrechungen möglichst gering sind, so dass der Fahrer bereit ist, sich wieder von der Nebenaufgabe abzuwenden. Dazu muss dem Fahrer ermöglicht werden, die Aufgabe am gleichen Aufsetzpunkt wieder fortzusetzen und die Re-Orientierung im System erleichtert werden. Wie bereits angedeutet wird, kann eine subjektiv wahrgenommene hohe Dringlichkeit einer Aufgabe (z.B. das Klingeln eines Telefons), den Fahrer dazu verleiten, eine Aufgabe auch in unangemessenen Situationen zu beginnen. Der hohe Aufforderungscharakter des akustischen Klingeltons beim Entgegennehmen eines Anrufs kann beispielsweise durch eine visuelle Rückmeldung ersetzt werden (vgl. Nowakowski et al., 2002). Zudem gibt es Ansätze, dem externen Gesprächspartner im Moment des Anrufs bzw. während eines Gesprächs Kontextinformationen über die aktuelle Fahrsituation zu geben, so dass dieser seine Konversation entsprechend anpassen kann (z.B. Schneider & Kiesler, 2005, Avrahami, Gergle, Hudson & Kiesler, 2007). Diese im Hinblick auf das Konzept des Situationsbewusstseins spezifischen Gestaltungsempfehlungen müssen allerdings noch weiter empirisch fundiert werden.

Wie sich an den Ergebnissen der beiden Studien gezeigt hatte, kann trotz einer angemessenen Gestaltung der Nebenaufgabe nicht gewährleistet werden, dass die Beschäftigung mit Nebenaufgaben völlig risikofrei verlaufen kann. Die entscheidende Rolle spielt die angemessene Situationseinschätzung, ob überhaupt eine Abwendung von der Fahraufgabe möglich ist. Werden hier Fehleinschätzungen getroffen, bringt auch eine angemessene Gestaltung der Nebenaufgabe keine Vorteile, da die anschließende Situationsüberwachung entweder zu stark vernachlässigt oder auf die falschen Situationselemente gerichtet wird. Eine individuell hohe Motivation zur Aufgabebearbeitung bzw. eine Überschätzung der eigenen Fähigkeiten kann außerdem dazu beitragen, dass die Möglichkeiten zur Situationsüberwachung vom Fahrer gar nicht genutzt werden. Auch eine zu komplexe und kognitiv stark fordernde Aufgabe kann verhindern, dass die Möglichkeiten effektiv genutzt werden können. In diesen Fällen bleibt eine Lösung die Einführung von gesetzlichen Restriktionen. Dies kann entweder bedeuten, dass die Nutzung einzelner Systeme, wie beispielsweise das Telefonieren ohne Freisprecheinrichtung, während der Fahrt komplett verboten werden, wie es mittlerweile in über 50 Ländern (http://www.cellular-news.com/car_bans/) der Fall ist. Alternativ müssten einzelne Teilaufgaben während der Fahrt abgeschaltet werden (z.B. das manuelle Eingeben einer Zieladresse ins Navigationssystem).

9.4.4 Fazit

Die Ergebnisse der beiden Studien zeigen zunächst ein im Gegensatz zu vielen Ablenkungsstudien eher optimistisches Bild für die Interaktion mit Nebenaufgaben. Durch eine situationsbewusste Beschäftigung mit Nebenaufgaben gelingt es den Fahrern in der Regel, Einbußen in der Fahrsicherheit zu vermeiden. Allerdings wurde auch eine Reihe von Risikofaktoren identifiziert, die sowohl auf Seiten der Situation, als auch auf Seiten der Person und der Nebenaufgabe einen situationsbewussten Umgang mit Nebenaufgaben deutlich erschweren. Diese lassen sich durch Unterstützungsmaßnahmen wie adaptive Assistenz, Trainingsmaßnahmen für ein erhöhtes Risikobewusstsein sowie gezielte Gestaltungsempfehlungen für Fahrerinformationssysteme in gewissem Maße reduzieren (siehe Tabelle 9-1 für eine

Zusammenfassung der Handlungsempfehlungen). Ganz ausschalten lassen sich diese Risikofaktoren jedoch nicht. Insofern kann die Aussage, dass die Beschäftigung mit Nebenaufgaben eine Gefährdung der Fahrsicherheit darstellt, zwar differenzierter betrachtet, aber nicht zurückgewiesen werden.

Tabelle 9-1: Handlungsempfehlungen zur Unterstützung des Situationsbewusstseins des Fahrers im Umgang mit Nebenaufgaben.

| 1. Fahrer bei der Absicherung der Fahraufgabe während NA-Bedienung unterstützen | |
|---|--|
| Visuelle Ablenkung durch NA möglichst gering halten | Ersetzung visueller Displays durch Sprachbedienung |
| | Bei visuellen Displays Verringerung der Blickabwendungsdauern, z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Gute Lesbarkeit • Angemessene Informationsmenge • Geringe Displaykomplexität |
| Kognitive Ablenkung durch NA möglichst gering halten | <ul style="list-style-type: none"> • Einfache Darstellung der Systeminhalte • Klare Systemstruktur |
| Kontrollblicke erleichtern | <ul style="list-style-type: none"> • Angemessene Positionierung des FIS • Angemessene Darbietungsfrequenz (optimal selbst getaktet) |
| Aktive Darbietung von Zusatzinformationen durch das System | z.B. Feedback über Fahrzeuge im toten Winkel oder Straßenglätte, c2c und c2i Informationen |
| 2. Fahrer bei der Situationsbewertung und –antizipation unterstützen | |
| Informationen über bevorstehende kritische Situationen geben | z.B. über statische Streckenelemente |
| Feedback über voraussichtliche Dauer einer Aufgabe geben | |
| Rückmeldung unkritischer Zeitlücken, wenn Bedienung unproblematisch | |
| 3. Fahrer bei der Entscheidung zur Rückkehr bzw. zum Verbleib bei der Fahraufgabe unterstützen | |
| Steuerbarkeit des Systems durch Fahrer verbessern | z.B. Reduktion der Dringlichkeit (eines ankommenden Telefonats) |
| Ermöglichung von Unterbrechungen der Aufgabe | Selbsttaktung der Aufgabe |
| | Angemessene Sequentierung der Aufgabe in sinnvolle Einheiten (z.B. über Menüstruktur) |
| Verringerung von TaskSwitching Kosten | Fortsetzung der Aufgabe am gleichen Aufsetzpunkt |
| | Erleichterung der Re-Orientierung im System <ul style="list-style-type: none"> • Visualisierung der Menüposition |

9.5 Gesamtfazit

Ziel dieser Arbeit war es, die Bedeutung des Konzepts von Situationsbewusstsein für den Fahrkontext näher zu erläutern und eine geeignete Messmethode für dessen Erfassung zu finden. Als eine wesentliche Anforderung wurde geprüft, inwieweit der Begriff gegenüber anderen existierenden Konstrukten als eigenständig messbares Konzept abzugrenzen ist. Die hier dargestellten theoretischen Überlegungen und die Ergebnisse der durchgeführten Versuche zeigen, dass unter den formulierten Annahmen, Situationsbewusstsein ein Konstrukt darstellt, das über die Modelle der Antizipation, der Aufmerksamkeit oder des Workload hinausgeht und als echte Erweiterung dieser bereits bestehenden Konstrukte verstanden werden kann. Der hier definierte Situationsbewusstseins-Begriff lässt sich durch keines der genannten Konstrukte ersetzen.

Die methodischen Überlegungen zeigen, dass die bestehenden Ansätze zur Erfassung von Situationsbewusstsein für die Anwendung im Fahrkontext nicht ausreichend sind. Die häufig eingesetzten Befragungsmethoden haben den Nachteil, dass sie nur das explizit berichtbare Wissen einer Person über die Situation abbilden können, während das Fahren eine primär implizit gesteuerte Handlung darstellt. Daher wurde ein Messmodell entwickelt, das vermehrt Verhaltensmaße als Indikatoren für Situationsbewusstsein verwendet. Im Rahmen eines Drei-Ebenen-Prozess-Modells wurden Prozesse der Handlungsplanung (auf einer strategischen Planungsebene und einer taktischen Entscheidungsebene) und Handlungsabsicherung (auf einer Kontrollebene) als für Situationsbewusstsein relevant identifiziert und über den Umgang mit einer Nebenaufgabe messbar gemacht.

Vor diesem Hintergrund wurde eine spezifische Versuchsanordnung erstellt, die es nicht nur erlaubt, die postulierten Prozesse von Situationsbewusstsein im Verhalten abzubilden, sondern auch von besonderer praktischer Relevanz ist: Den Fahrern wird die Freiheit gelassen, selbständig zu entscheiden, in welchen Situationen und in welcher Form sie sich mit einer Nebenaufgabe beschäftigen wollen. Dieses experimentelle Design ermöglicht es, neben der häufig untersuchten Ablenkungswirkung einer Aufgabe auch die bewusste Entscheidung zur Abwendung von der Fahraufgabe zu untersuchen. So können situationsbewusste Kompensationsstrategien und deren Auswirkungen auf das Fahrverhalten identifiziert werden.

Das hier vorgestellte Prozessmodell des Situationsbewusstseins gilt es nun, in weiteren Arbeiten zu spezifizieren. Eine Reihe offener Fragen sind in diesem Zusammenhang besonders interessant und sollten weitergehend untersucht werden, z.B.:

- Welche Auswirkungen hat eine zunehmende Automation auf die verschiedenen Ebenen des Situationsbewusstseins? Findet z.B. weiterhin eine angemessene Situationsüberwachung statt?

- Wie entwickelt sich Situationsbewusstsein in Abhängigkeit zunehmender Fahrerfahrung? Lassen sich spezifische Unterschiede zwischen erfahrenen vs. unerfahrenen Fahrern finden?
- Welche Rolle spielt der Fahrerzustand? Ist auch ein müder Fahrer noch zu einer angemessenen Situationseinschätzung in der Lage?
- Welche Benutzergruppen haben besondere Probleme mit dem situationsbewussten Umgang mit Nebenaufgaben? Gibt es z.B. einen Zusammenhang zwischen Sensation Seeking und unangemessener Beschäftigung mit Nebenaufgaben?
- Welche zusätzlichen Einflussfaktoren spielen bei der Entscheidung für oder gegen eine Nebenaufgabe eine Rolle, z.B. die Motivation zur Aufgabenbearbeitung?

10 LITERATURVERZEICHNIS

- Aasman, J., & Michon, J. A. (1992). Multitasking in Driving. In J. A. M. A. Akyürek (Ed.), *SOAR: a cognitive architecture in perspective* (pp. 169-198). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Ach, N. (1935). *Analyse des Willens*. Berlin, Wien: Urban & Schwarzenberg.
- Adamczyk, P.A. & Bailey, B.P. (2004). If not now, when?: The effects of interruption at different moments within task execution. *CHI 2004*, 6 (1), 271-278.
- Adams, M.J., Tenney, Y.J. & Pew, R.W. (1995). Situation awareness and the cognitive management of complex systems. *Human Factors*, 37 (1), 85-104.
- Adams, S. (1998). Practical considerations for measuring Situational Awareness. *Proceedings for the third annual symposium and exhibition on situational awareness in the tactical air environment*, 157-164.
- Alliance of Automobile Manufacturers Driver Focus-Telematics Working Group (2003). *Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems*.
- Allport, D.A. (1987). Selection for action: Some behavioural and neurophysiological considerations of attention and action. In H. Heuer & A.R. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp. 395-419). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Allport, D. A., Antonis, B., & Reynolds, P. (1972). On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 225-235.
- Altmann, E.M. & Trafton, J.G. (2004). Task interruption: Resumption lag and the role of cues. *Proceedings of the 26th annual conference of the Cognitive Science Society*.
- Anderson, J. R., & Lebiere, C. (1998). *The atomic components of thought*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Barkana, Y., Zadok, D. Morad, Y. & Avni, I. (2004). Visual Field attention is reduced by concomitant hands-free conversation on a cellular telephone. *American Journal of Ophthalmology*, 138 (3), 347-353.
- Bartlett, F.C. (1932/1961). *Remembering. A study in experimental and social psychology*. Cambridge: University Press.
- Beede, K.E. & Kass, S.J. (2006). Engrossed in conversation: the impact of cell phones on simulated driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 415-421.
- Berlyne, D. E. (1950). Novelty and curiosity as determinants of exploratory behavior. *British Journal of Psychology*, 41, 68-80.

- Berlyne, D. E. (1958). The present status of research on exploratory and related behavior. *Journal of Individual Psychology*, 14, 121-126.
- Bernotat, R. (1970). Anthropotechnik in der Fahrzeugführung. *Ergonomics*, 13 (3), 353-377.
- Billings, C.E. (1997). *Aviation Automation: The search for a human-centered approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Boer, E. R., & Hildreth, E. C. (1999). Modeling drivers' decision and control behavior on country roads. In A. G. Gale, I. D. Brown, C. M. Haslegrave & S. P. Taylor (Eds.), *Proceedings of the Eighth International Conference on Vision in Vehicles*. Amsterdam: Elsevier.
- Boer, E. R., & Mulder, M. (2002). To break or not to break: Scaling the curve. In A. G. Gale (Ed.), *Vision in Vehicles IX*. North Holland, Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V.
- Boyle, J.M. & Vanderwolf, P. (2005). 2003 *Motor Vehicle Occupant Safety Survey: Volume 4: Crash Injury and Emergency Medical Services Report*. Report No. DOT HS-809-857. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.
- Breton, R. & Rousseau, R. (2001). *Situational Awareness. A review of the concept and its measurement*. Technical Report No. 2001-220, Defense Research and Development Canada, Valcartier.
- Brewer, W.F. (1987). Schema vs. mental models in human memory. In M. Peter (Ed.), *Modelling Cognition* (pp. 187-197). Chichester: John Wiley.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. Oxford: Pergamon Press.
- Brookhuis, K.A., de Vries, G., & de Waard, D. (1991). The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 23, 309-316.
- Brown, I.D. (2005). *Review of the 'Looked-but-failed-to-see' Accident causation factor*. Road Safety Research Report No. 60. Department for Transport, London.
- Bruckmayer, E. & Reker, K. (1994). Neue Informationstechniken im Kraftfahrzeug - Eine Quelle der Ablenkung und der informatorischen Überlastung? *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 40 (1), 12-23.
- Bubb, H. (1993). Systemergonomie. In H. Schmidtke (Hrsg.), *Ergonomie* (S. 305-458). München: Hanser.
- Buld, S., Krüger, H.-P., Hoffmann, S., Kaussner, A., Tietze, H. & Totzke, I. (2002). Wirkungen von Assistenz und Automation auf Fahrerzustand und Fahrsicherheit, *Veröffentlichter Abschlussbericht Projekt EMPHASIS: Effort-Management und Performance-Handling in sicherheitsrelevanten Situationen (Förderkennzeichen: 19 S 9812 7)*. Würzburg: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften an der Universität Würzburg (IZVW)

- Burgess, P. W., Veitch, E., de Lacy Costello, A., & Shallice, T. (2000). The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking. *Neuropsychologia*, 38, 848-863.
- Burns, P. C., Parkes, A., Burton, S., Smith, R. K., & Burch, D. (2002). *How dangerous is driving with a mobile phone? Benchmarking the impairment to alcohol* (TRL Report TRL547). Berkshire, United Kingdom: TRL Limited.
- Caretta, T.R., Perry, D.C. & Ree, M.J. (1996). Predicting situational awareness in F15-pilots. *International Journal of Aviation Psychology*, 21-41.
- Cavallo, V., Brun-Dei, M., Laya, O. & Neboit, M. (1988). Perception and anticipation in negotiating curves: the role of driver experience. In A.G. Gale et al. (Eds.), *Vision in Vehicles, II* (pp. 365-375). North Holland: Elsevier.
- Chapman, P. & Underwood, G. (1998). Visual search of driving situations: Danger and expertise. *Perception*, 27, 951-964.
- Cohen, A. S. (1976). Augenbewegungen des Autofahrers beim Vorbeifahren an unvorhersehbaren Hindernissen und auf freier Strecke. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 22, 68-76.
- Consiglio, W., Driscoll, P., Witte, M., & Berg, W. (2003). Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in braking response. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 495-500.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human-information-processing system. *Psychological Bulletin*, 104 (2), 163-191.
- Crundall, D.E., Shenton, C. & Underwood, G. (2004). Eye movements during intentional car following. *Perception*, 33, 975-986.
- Crundall, D. E. & Underwood, G. (1998). Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41, 448-458.
- Damos, D. L., & Wickens, C. D. (1980). The Identification and Transfer of Timesharing Skills. *Acta Psychologica*, 46, 15-39.
- Dilling, J. (1973). *Fahrverhalten von Kraftfahrzeugen auf kurvigen Strecken* (Straßenbau und Straßenverkehrstechnik No. 151). Bonn: Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßenbau.
- Dominguez, C. (1994). Can SA be defined? In M. Vidulich, C. Dominguez, E. Vogel & G. McMillan (Eds.), *Situation Awareness: Papers and Annotated Biography* (pp. 5-15). United States Air Force Armstrong Laboratory, Brooks Air Force Base.
- Donges, E. (1975). Experimentelle Untersuchung des menschlichen Lenkverhaltens bei simulierter Straßenfahrt (Teil 1). *Automobiltechnische Zeitschrift*, 77(5), 141-146.
- Donges, E. (1978). A two-level model of driver steering behavior. *Human Factors*, 20, 691-707.

- Drews, F.A., Pasupathi, M. & Strayer, D.L. (2004). Passenger and cell-phone conversations in simulated driving. *Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2210-2212.
- Durso, F.T. & Gronlund, P. (1999). Situation Awareness. In F.T. Durso & R. Nickerson, R. Schvanefeldt, S. Dumais, S. Lindsay & M. Chi (Eds.), *Handbook of applied cognition* (pp. 283-314). New York: John Wiley & Sons.
- Eckblad, G. (1981). *Scheme theory. A conceptual framework for cognitive-motivational processes*. London: Academic Press.
- Endsley, M.R. & Kaber, D.B. (1999). Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Ergonomics*, 42 (3), 462-492.
- Endsley, M.R. & Kiris, E.O. (1995). The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation. *Human Factors*, 37 (2), 381-394.
- Endsley, M.R. & Smith, R.P. (1996). Attention distribution and decision making in tactical air combat. *Human Factors*, 38 (2), 232-249.
- Endsley, M.R. (1988). Situation Awareness global assessment technique (SAGAT). In *Proceedings of the National Aerospace and Electronics Conference (NAECON)* (pp. 789-795). New York: IEEE.
- Endsley, M.R. (1990). Predictive utility of an objective measure of situation awareness. *Proceedings of the Human Factors Society*, 34, 41-45.
- Endsley, M.R. (1995a). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37 (1), 32-64.
- Endsley, M.R. (1995b). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors* 37, (2), 381-394.
- Endsley, M.R. (1997). Level of Automation: Integrating humans and automated systems. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41th annual meeting* (pp. 200-204). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Endsley, M.R. (2000a). Theoretical underpinnings of situation awareness: a critical review. In M.R. Endsley & D.J. Garland (Eds.), *Situation awareness: analysis and measurement* (pp. 3-32). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Endsley, M.R. (2000b). Direct measurement of situation awareness: validity and use of SAGAT. In: M. R. Endsley & D. J. Garland (Eds.). *Situation awareness analysis and measurement* (pp. 113-128). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Endsley, M.R., Bolte, B. & Jones, D.G. (2003). *Designing for situation awareness: An approach to user-centered design*. New York: Taylor and Francis.
- Endsley, M.R., Sollenberger, R. & Stein, E. (2000). Situation awareness: A comparison of measures. Human Performance, *Situation Awareness and Automation: User Centered Design of the New Millenium Conference*, Oktober 2000.

- Engström, J., Johansson, E. & Östlund, J. (2005). Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving. *Transportation Research Part F*, 8, 97-120.
- Esbjörnsson, M. & Juhlin, O. (2003, November). *Combining mobile phone conversations and driving –Studying a mundane activity in its naturalistic setting*. Paper presented at the ITS World Congress 2003, Madrid, Spain.
- Färber, B. (1986). Abstandswahrnehmung und Bremsverhalten von Kraftfahrern im fließenden Verkehr. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 32 (1), 9-13.
- Fastenmeier, W., & Gstalter, H. (2003). *Entwicklung und Anwendung einer neuen Methodik zur Fahraufgabenanalyse* (Internal report, INVENT/FAS, FVM). München: Institut f. Angew. Psychologie.
- Festinger, L. (1957). *A theory of cognitive dissonance*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Flach, J.M. (1995). Situation awareness-proceed with caution. *Human Factors*, 37 (1), 149-157.
- Forrester, L. (1978). *Fly for your life* (2nd edition). New York: Bantam Books.
- Fracker, M.L. & Davies, S.A. (1991). *Explicit, implicit, and subjective rating measures of Situation Awareness in a monitoring task* (AL-TR-1991-0091). Wright Patterson Air Force Base, OH. October 1991.
- Fracker, M.L. (1988). A theory of situation assessment: Implications for measuring situation awareness. In *Proceedings of the human factors society 32nd annual meeting* (Vol. 1, pp. 102-106). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Freed, M. (1998). *Managing Multiple Tasks in complex, dynamic environment*. Paper presented at the National Conference on artificial intelligence, Madison, Wisconsin.
- Gärtner, U., König, W., & Wittig, T. (2002). *Evaluation of manual vs. speech input when using a driver information system in real traffic*. Available: http://ppc.uiowa.edu/driving-assessment%20Papers/02_Gartner_Wittig.htm.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton.
- Godthelp, H. (1988). The limits of path error-neglecting in straight lane driving. *Ergonomics*, 31(4), 609-619.
- Grayson, G. B. (1984). *The Malmö Study: A calibration of traffic conflict techniques* (No. Report R-84-12). Leidschendam: Institute for Road Safety Research SWOV.
- Grayson, G. B. & Sexton, B. F. (2002). *The development of hazard perception testing*. TRL Report TRL558: Road Safety Division, Department for Transport.
- Green, P. (2004). *Driver Distraction, Telematics Design, and Workload Managers: Safety Issues and Solutions*. SAE Report No. 2004-21-0022.
- Greenberg, J., Tijerina, L., Curry, R., Artz, B., Cathey, L., Grant, P., Kochhar, O., Kozak, K. & Blornmer, M. (2003). *Evaluation of Driver Distraction Using an*

- Event Detection Paradigm*. Transportation Research Board 82nd Annual Meeting Compendium of Papers (CD-ROM). Transportation Research Board, Washington, DC.
- Groeger, J.A., Whelan, M.I., Senserrick, T.M. & Triggs, T.J. (2002). Remembering and predicting vehicle location: Situational Awareness in distracted and non-distracted drivers. *RS2002 Conference*, pp. 75-80.
- Gronlund, S.D., Ohrt, D.D., Dougherty, M.R.P., Perry, J. L. & Manning, C.A. (1998). Role of memory in air traffic control. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4 (3), 263-280.
- Gugerty, L. J. & Tirre, W. C. (2000). Individual differences in situation awareness. In: M. R. Endsley u. D. J. Garland (Eds.). *Situation awareness analysis and measurement* (S. 113-128). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gugerty, L., Rakauskas, M. & Brooks, J. (2004). Effects of remote and in-person verbal interactions on verbalization rates and attention to dynamic spatial scenes. *Accident Analysis and Prevention*, 36 (6), 1029-1043.
- Gugerty, L.J. (1997). Situation awareness during driving: explicit and implicit knowledge in dynamic spatial memory. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 42-66.
- Gugerty, L.J. (1998). Evidence from a partial report task for forgetting in dynamic spatial memory. *Human Factors*, 40 (3), 498-508.
- Guski, R., & Bosshardt, M. (2001). Theorien und Befunde zur geteilten Aufmerksamkeit. Available Online <http://frog.eco.psy.ruhr-uni-bochum.de/download/AllgPsy1/Einfuehr10/Einfue10.pdf>-Aktualisierungsdatum 27.02.2003.
- Haigney, D.E., Taylor, R.G., & Westerman, S.J. (2000). Concurrent mobile (cellular) phone use and driving performance: Task demand characteristics and compensatory processes. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 3, 113- 121.
- Haines, R.F. (1991). A breakdown in simultaneous information processing. In G. Obrecht and L. Stark (Eds.), *Presbyopia Research*. (pp. 171-175). New York: Plenum Press.
- Hancock, P. A., Lesch, M., & Simmons, L. (2003). The distraction effects of phone use during a crucial driving maneuver. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 501-514.
- Harbluk, J. L., Noy, Y. I., & Eizenman, M. (2002). *The impact of cognitive distraction on driver visual behavior and vehicle control*. Minister of Public Works and Government Services, Canada.
- Harbluk, J.L., Noy, Y.I., Trbovich, P.L. & Eizenman, M. (2007). An on-road assessment of cognitive distraction: Impacts on drivers' visual behavior and braking performance. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 372-379.
- Hella, F. (1987). Is the analysis of eye movement recording a sufficient criterion for evaluating automobile instrument panel design? In J. A. O'Regan and A. Lévy-

- Schoen (Eds.), *Eye Movements: from Physiology to Cognition* (pp. 555-561). Amsterdam: Elsevier.
- Hendrick, L. (1943). The discussion of the 'instinct to master'. *Psychoanalytic Quarterly*, 12, 561-565.
- Herslund, M.-B. & Jørgensen, N.O. (2003). Looked but failed to see-errors in traffic. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 885-891.
- Hodgetts, H.M. & Jones D.M. (2003). Interruptions in the Tower of London task: Can preparation minimise disruption? *Proceedings of the 47th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society* (pp. 1000-1004). Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society.
- Hoffmann, J. (1993). *Vorhersage und Erkenntnis*. Göttingen: Hogrefe.
- Hoffmann, S. & Buld, S. (2006). Darstellung und Evaluation eines Trainings zum Fahren in der Fahrsimulation. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme* (VDI-Berichte, Nr. 1960, S. 113-132). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Horberry, T., Anderson, J., Regan, M.A., Triggs, T.J. & Brown, J. (2006). Driver distraction: the effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 185-191.
- Horrey, W.J., Lesch, M.F. & Gabaret, A. (2008). Assessing the awareness of performance decrements in distracted drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 675-682.
- Horrey, W.J., Wickens, C.D. & Consalus, K.J. (2006). Modeling driver's visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2, 67-78.
- Horrey, W.J. & Wickens, C.D. (2002). *Driving and side task performance: the effects of display clutter, separation and modality* (Technical Report ARL-02-13/GM-02-2). Savoy, IL: University of Illinois, Aviation Human Factors Division.
- Hoyos, C. Graf (1980). *Psychologische Unfall-und Sicherheitsforschung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Ishida, T. & Matsuura, T. (2001). The effect of cellular phone use on driving performance. *International Association of Traffic Safety Sciences (IATSS) Research*, 2S, 6-14.
- Jacob, R.J.K. (1995). Eye tracking in advanced interface design. In W. Barfield u. T.A. Furness (Eds.), *Virtual environments and advanced interface design*. Oxford: Oxford University Press. Available online: <http://www.cs.tufts.edu/~jacob/papers/barfield.pdf>.
- James, W. (1981). *The principles of psychology* (Vol. 2). Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- Jamson, A.H. & Merat, N. (2005). Surrogate in-vehicle information systems and driver behavior: effects of visual and cognitive load in simulated rural driving. *Transportation Research Part F*, 8, 79-96.

- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University.
- Jones, D.G. & Endsley, M. (1996). Sources of situation awareness errors in aviation. *Aviation Space Environment MD* 67 (6), 507-512.
- Jones, D.G. (2000). Subjective measures of situation awareness. In: M.R. Endsley & D. J. Garland (Eds.). *Situation awareness analysis and measurement* (pp. 113-128). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kaber, D.B. & Endsley, M.R. (1997). Out-of-the-loop performance problems and the use of intermediate levels of automation for improved control system functioning and safety. *Process Safety Programs* 16 (3), 126-131.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Kass, S.J., Cole, K.S. & Stanney, C.J. (2007). Effects of distraction and experience on situation awareness and simulated driving. *Transportation Research Part F*, 10, 321-329.
- Kaussner, A., Grein, M., Krüger, H.-P. & Noltemeier, H. (2001). An architecture for driving simulator database with generic and dynamically changing road networks. In *Proc. DSC 2001*. Sophia-Antipolis.
- Kihlstrom, J.F. (1984). Conscious, subconscious, unconscious: A cognitive perspective. In K.S. Bowers & D. Meichenbaum (Eds.), *The unconscious reconsidered* (pp. 149-211). New York: Wiley.
- Kircher, A., Vogel, K., Törnros, J., Bolling, A., Nilsson, L., Patten, C., et al. (2003). *Mobile telephone simulator study* (No. 40459). Linköping: Swedish National Road and Transportation Research Institute.
- Krüger, H.-P., Vollrath, M., Knoblach, W. & van Ballegoy, M. (1999). *Auswirkungen von Kommunikation auf die Fahrsicherheit*. Unveröffentlichter Meilenstein-Bericht im Projekt SANTOS (Situations-angepasste und Nutzer-Typ-zentrierte Optimierung von Systemen zur Fahrerunterstützung). Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften, Würzburg.
- Laberge-Nadeau, C., Maag, U., Bellavance, F., Lapierre, S.D., Desjardins, D., Messier, S. & Saidi, A. (2003). Wireless telephones and the risk of road crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 649-660.
- Lamble, D., Kauranen, T., Laakso, M., & Summala, H. (1999). Cognitive load and detection thresholds in car following situations: safety implications for using mobile (cellular) telephones while driving. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 617-623.
- Lamme, V.A.F. (2000). Neural Mechanism of visual awareness: A linking proposition. *Brain and Mind*, 1, 385-406.
- Lamme, V.A.F. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (1), 12-18.
- Land, M. F., & Lee, D. N. (1994). Where do we look when we steer. *Nature*, 369(6483), 742-744.

- Land, M., & Horwood, J. (1995). Which parts of the road guide steering? *Nature*, 377(6547), 339-340.
- Lansdown, T. C., Brook-Carter, N., & Kersloot, T. (2004). Distraction from multiple in-vehicle secondary tasks: vehicle performance and mental workload implications. *Ergonomics*, 47(1), 91-104.
- Lee, J.D., Caven, B., Haake, S. & Brown, T. (2001). Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effect of speech-based e-mail on driver's attention to the roadway. *Human Factors*, 43, 638-648.
- Lee, Y.Ch., Lee, J.D. & Boyle, L. (2005). Change Detection performance under divided attention with dynamic driving scenarios. In *Proceedings of the Third Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design* (pp. 195-201). Rockport, Maine: University of Iowa Public Policy Center.
- Lerner, N. & Boyd, S. (2005). *On-Road Study of Willingness to Engage in Distracting Tasks* (No. DOT HS-809-863). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Lesch, M.F. & Hancock, P.A. (2004). Driving performance during concurrent cell-phone use: are drivers aware of their performance decrements? *Accident Analysis and Prevention*, 4, 471-480.
- Levin, D. T., Momen, N., Drivdahl, S. B., & Simons, D. J. (2000). Change blindness blindness: The metacognitive error of overestimating change-detection ability. *Visual Cognition*, 7(1-3), 397-412.
- Ma, R. & Kaber, D.B. (2005). Situation awareness and workload in driving while using adaptive cruise control and a cell phone. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 939-953.
- McCartt, A.T., Hellinga, L.A. & Braitman, K.A. (2006). Cell phones and driving: review of research. *Traffic Injury Prevention*, 7, 89-106.
- McFarlane, D.C. (2002). Comparison of four primary methods for coordinating the interruption of people in human-computer interaction. *Human-Computer Interaction*, 17, 63-139.
- McKnight, A. J., & McKnight, A. S. (1993). The effect of cellular phone use upon driver attention. *Accident Analysis and Prevention*, 25, 259-265.
- Metz, B. (in preparation). *Worauf achtet der Fahrer? Steuerung der Aufmerksamkeit beim Fahren mit visuellen Nebenaufgaben*. Dissertation. Würzburg: Lehrstuhl für Psychologie III, Universität Würzburg.
- Michon, J.A. (1985). A critical review of driver behavior models: What do we know, what should we do? In L.A. Evans & R.C. Sching (Eds.), *Human behaviour and traffic safety* (pp. 487-525). New York: Plenum Press.
- Michon, J.A. (1990). *Generic intelligent driver support: A comprehensive report on GIDS*. Bristol: Taylor & Francis.
- Mollenhauer, M. A., Dingus, T. A., Hankey, J. M., Carney, C., & Neale, V. L. (1997). *Development of human factors guidelines for advanced traveler information*

- systems and commercial vehicle operations: Display formats and CVO driver workload* (FHWA-RD-96-152). Washington, DC: Federal Highway Administration
- Moray, N. (1986). Monitoring behavior and supervisory control. In K.R. Boff, L. Kaufman & J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance* (chapter 40, 40-1 --40-51). New York: Wiley.
- Mortimer, R. G., & Jorgeson, C. M. (1975). *Comparison of eye fixations of operators of motor cycles and automobiles* (No. 750363). Society of Automotive Engineers, USA.
- Mosier, K.L. & Chidester (1991). Situation assessment and situation awareness in a team setting. In R.M. Taylor (Ed.), *Situation awareness in dynamic systems* (IAM Report 708). Farnborough, UK: Royal Air Force Institution of Aviation Medicine.
- Muniz, E.J., Salas, E., Stout, R.J. & Bowers, C.A. (1998). The validation of a team situational awareness measure. *Proceedings for the third annual symposium and exhibition on situational awareness in tactical air environment* (pp. 183-190). Patuxent River, MD: Naval Air Warfare Center Aircraft Division.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality*. San Francisco: W.H. Freeman & Co.
- Neumann, O. (1987). Beyond capacity: A functional view of attention. In H. Heuer & A.R. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action*. (pp. 361-394). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Newell, A. (1990). *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Norman, D. A., & Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7(1), 44-64.
- Norman, D.A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of Behaviour. In R.J. Davidson, G.E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and Self-Regulation: Advances in Research* (Vol. IV). New York: Plenum.
- Nowakowski, Ch., Friedman, D. & Green, P. (2002). An experimental evaluation of using automotive HUDs to reduce driver distraction while answering cell phones. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting*, 1819-1823.
- Parasuraman, R. & Mouloua, M. (1996). *Automation and human performance: Theory and applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Parkes, A. & Hooijmeijer, V. (2000). *The Influence of the Use of Mobile Phones on Driver Situation Awareness*. Transport Research Laboratory. Berkshire, United Kingdom.
- Pashler, H., & Johnston, J. C. (1998). Attentional limitations in dual-task performance. In H. Pashler (Ed.), *Attention* (pp. 155-185). East Sussex, UK: Psychology Press.

- Patten, C., Kircher, A., Östlund, J., & Nilsson, L. (2004). Using mobile telephones: cognitive workload and attention resource allocation. *Accident Analysis and Prevention*, 36, 341-350.
- Pew, R.W. & Mavor, A. (1998). *Modeling Human and Organizational Behaviour*. Washington: National Academy of Sciences Press.
- Pew, R.W. (2000). The state of situation awareness measurement: heading toward the next century. In M.R. Endsley & D.J. Garland (Eds.), *Situation awareness analysis and measurement* (pp. 33-47). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Piaget, J.-P. (1952). *The origins of intelligence in children*. International University Press: New York.
- Patel, J, Ball, D.J. & Jones, H. (2008). Factors influencing subjective ranking of driver distraction. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 392-395.
- Praxenthaler, M. (2003). *Experimentelle Untersuchung zur Ablenkungswirkung von Sekundäraufgaben während zeitkritischer Situationen*. Dissertation. Regensburg: Philosophische Fakultät II, Universität Regensburg.
- Pritchett, A.R. & Hansman, R.J. (2000). Use of testable responses for performance-based measurement of situation awareness. In: M.R. Endsley & D.J. Garland (Eds.), *Situation awareness analysis and measurement* (pp. 113-128). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pritchett, A.R., Hansman, R.J. & Johnson, E.N. (1996). Use of testable responses for performance-based measurement of situation awareness. *International Conference on Experimental Analysis and Measurement of Situation Awareness*, November 1996, Daytona Beach, FL.
- Probst, T. (1986). Thresholds for detection of changes in headway are elevated during car ride. In A. G. Gale, M. Freeman, C, Haslegrave, P. Smith & S. Taylor (Eds.), *Vision in Vehicles VII*. (pp. 157-166). Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V. (North Holland).
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13(3), 257-266.
- Rassl, R. (2004). *Ablenkungswirkung tertiärer Aufgaben im PKW-systemergonomische Analyse und Prognose*. Dissertation. München: TU München: Fakultät für Maschinenwesen.
- Rauch, N., Gradenegger, B. & Krüger, H.-P. (2008). Das Konzept des Situationsbewusstseins und seine Implikationen für die Fahrsicherheit. In *FAT-Schriftenreihe Band 210*. Frankfurt/Main: Mediaprint Taunusdruck.
- Rauch, N., Gradenegger, B. & Krüger, H.-P. (2006). Die Erfassung von Situationsbewusstsein beim Fahren mit Nebenaufgabe. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme* (VDI-Berichte, Nr. 1960, S. 57-73). Düsseldorf: VDI-Verlag.

- Rauch, N., Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2004a). *Der Einfluss der Menüstruktur auf den Kompetenzerwerb bei Menüsystemen*. Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP), Giessen.
- Rauch, N., Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2004b). Kompetenzerwerb für Fahrerinformationssysteme: Bedeutung von Bedienkontext und Menüstruktur. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme* (VDI-Berichte, Nr. 1864, S. 303-322).
- Reichart, G. (2000). *Vom Fehler zum Unfall*. Paper presented at the 'Fahrerassistenzsysteme'; Haus der Technik e.V., München, 29.-30.11.2000.
- Rensink, R. A. (2002). Change detection. *Annual Review of Psychology*, 53, 245-277.
- Rockwell, T. H. (1971). *Eye movement analysis of visual information acquisition in driving: an overview*. Paper presented at the North Carolina State University, Raleigh.
- Rockwell, T.H. (1988). Spare visual capacity in driving revisited: new empirical results for an old idea. In A.G. Gale et al. (Ed.), *Visions in Vehicles II* (pp. 317-324). Amsterdam: North Holland Press.
- Rosch, E.H. (1973). Natural categories. *Cognitive Psychology*, 4, 328-350.
- Salvucci, D. D. & Liu, A. (2002). The Time Course of a Lane Change: Driver Control and Eye Movement Behavior. *Transportation Research Part F*, 5(2), 123-132.
- Salvucci, D. D. (2001). Predicting the effects of in-car interface use on driver performance: An integrated approach. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55, 85-107.
- Salvucci, D. D., & Macuga, K. L. (2002). Predicting the effects of cellular-phone dialing on driver performance. *Cognitive Systems Research*, 3, 95-102.
- Salvucci, D. D., Boer, E. R., & Liu, A. (2001). Toward an integrated model of driver behavior in a cognitive architecture. *Transportation Research Record*, 1779, 9-16.
- Salvucci, D. D., Liu, A. & Boer, E.R. (2001). Control and monitoring during lane changes. *Vision in Vehicles*, 9.
- Salvucci, D.D., Kushleyeva, Y. & Lee, F.J. (2004). Toward an ACT-R General Executive for Human Multitasking. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Cognitive Modeling* (pp. 267-272). Mahwah, New York: Lawrence Erlbaum.
- Sarter, N.B. & Woods, D.D. (1991). Situation awareness: a critical but ill defined phenomenon. *International Journal of Aviation Psychology*, 1, 45-57.
- Sarter, N.B. & Woods, D.D. (1995). How in the world did we ever get in that mode? Mode error and awareness in supervisory control. *Human Factors*, 37, 5-19.
- Schneider, M. & Kiesler, S. (2005). Calling while driving: Effects of a remote traffic display. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2005)*, Portland, OR., April 2005.

- Schneider, W. & Detweiler, M. (1988). The role of practice in dual-task performance: toward workload modeling in a connectionist/control architecture. *Human Factors*, 30 (5), 539-566.
- Schneider, W., & Fisk, A. D. (1982). Concurrent automatic and controlled visual search: Can processing occur without costs? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 8, 261-278.
- Schweigert, M. (2003). *Fahrerblickverhalten und Nebenaufgaben*. Dissertation. München: TU München, Fakultät für Maschinenwesen.
- Senders, J.W., Kristofferson, A.B., Levison, W.H., Dietrich, C.W. & Ward, J.L. (1967). The attentional demand of automobile driving. *HighwayResearchRecord*, 195, 15-33.
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Shinar, D., McDowell, E. D., & Rockwell, T. H. (1977). Eye movements in curve negotiation. *Human Factors*, 19, 63-71.
- Shinar, D., Tractinsky, N., & Compton, R. (2002). *Effects of Practice with Auditory Distraction in Simulated Driving*. Paper presented at the Transportation Research Board 81st Annual Meeting Compendium of Papers (CD-ROM), Washington, DC.
- Shinoda, H., Hayhoe, M. M. & Shrivastava, A. (2001). What controls attention in natural environments? *Vision Research*, 41, 3535-3545.
- Simons, D. J. (2000). Current approaches to change blindness. *Visual Cognition*, 7, 1-15.
- Smith, K. & Hancock, P.A. (1995). Situation awareness is adaptive, externally directed consciousness. *Human Factors*, 37 (1), 137-148.
- Snow, M.P. & French, G.A. (2002). *Effects of primary flight symbology on workload and situation awareness in head-up synthetic vision display*. Paper presented at the 21st Digital Avionics Systems Conference (27-30 October, 2002).
- Srinivasan, R., & Jovanis, P. P. (1997). Effect of selected in-vehicle route guidance systems on driver reaction times. *Human Factors*, 39(2), 200-215.
- Strayer, D. L., Drews, F. A., & Johnston, W. A. (2003). Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(1), 23-32.
- Stutts, J. C., Reinfurt, D. W., Staplin, L., & Rodgman, E. A. (2001). *The role of driver distraction in traffic crashes*. Available online: <http://www.aaafoundation.org/pdf/distraction.pdf>
- Stutts, J. et al. (2003). *Distractions in everyday driving*. AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, DC.
- Tanida, K. & Pöppel, E. (2006). A hierarchical model of operational anticipation windows in driving an automobile. *Cognitive Processing*, 7, 275-287.

- Taylor, R.M. (1990). Situation awareness rating technique (SART): The development of a tool for aircrew systems design. In *Situational Awareness in aerospace operations* (AGARD-CP-478; pp. 3/1-3/17). Neuilly sur Seine, France: NATO-AGARD.
- Thulin, H. & Gustafsson, S. (2004). *Mobile Phone Use while Driving: Conclusions from four investigations* (No. VTI Report 490A). Linköping, Sweden: Swedish National Road and Transport Research Institute.
- Totzke, I., Hofmann, M. & Krüger, H.-P. (2005). Age, previous knowledge, and learnability of driver information systems. In G. Underwood (Hrsg.), *Traffic and Transport Psychology* (pp. 279-292). Nottingham: Elsevier.
- Totzke, I., Krüger, H.-P., Hofmann, M., Meilinger, T., Rauch, N. & Schmidt, G. (2004). Kompetenzerwerb für Informationssysteme - Einfluss des Lernprozesses auf die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen. In *FAT-Schriftenreihe Band 184*. Offenbach: Berthold Druck.
- Totzke, I., Schoch, S. & Krüger, H.-P. (2006). Ein „Aufgaben-Timer“ zur Reduktion von Ablenkungseffekten. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme* (VDI-Berichte, Nr. 1960, S. 403-419). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Underwood, G., Chapman, P., Berger, Z. & Crundall, D. (2003). Driving experience, attentional focusing, and the recall of recently inspected events. *Transportation Research F*, 6, 289-304.
- Underwood, G., Chapman, P., & Crundall, D. (2002). Visual search while driving: Skill and awareness during introspection of the scene. *Transportation Research F*, 5, 87-97.
- Underwood, G., Chapman, P., Crundall, D., Cooper, S., & Wallen, R. (1999). *The visual control of steering and driving: Where do we look when negotiating curves?* Paper presented at the Vision in Vehicles VII, Marseilles.
- Van der Hulst, M., Meijman, T. & Rothengatter, T. (1999). Anticipation and the adaptive control of safety margins in driving. *Ergonomics*, 42(2), 336-345.
- Van Dijk, T. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of Discourse Comprehension*. New York: Academic Press.
- Velichkovsky, B. M., Dornhoefer, S. M., Kopf, M., Helmert, J., & Joos, M. (2002). Change detection and occlusion modes in road-traffic scenarios. *Transportation Research Part F*, 5, 99-109.
- Victor, T., Blomberg, O., & Zelinsky, A. (2001). Automating driver visual behavior measurement. In A. G. Gale (Ed.), *Vision in Vehicles 9*. Amsterdam: Elsevier.
- Victor, T. (2005). *Keeping eye and mind on the road*. Doctoral Thesis. Uppsala University: Faculty of Social Sciences, Department of Psychology.
- Vidulich, M.A. (2000). Testing the sensitivity of situation awareness metrics in interface evaluations. In: M.R. Endsley & D.J. Garland (Eds.), *Situation awareness analysis and measurement* (pp. 113-128). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Wang, J.S., Knipling, R.R. & Goodman, M.J. (1996). The role of driver inattention in crashes: New statistics from the 1995 crashworthiness data system. In *Proceedings of the Association for Advancement of Automotive Medicine* (pp.377-892). Barrington, IL: AAAM.
- Ward, N. (2000). Automation of Task Processes: An example of intelligent transportation systems. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 10 (4), 395-408.
- White, R. W. (1959). Motivation reconsidered: the concept of competence. *Psychological Review*, 66, 297-333.
- Wickens, C. D. (1980). The structure of attentional resources. In R. S. Nickerson (Ed.), *Attention and performance* (pp. 8). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wickens, C. D. (1992). Attention, time-sharing and workload. In C. D. Wickens (Ed.), *Engineering psychology and human performance*. New York: Harper Collins.
- Wickens, C. D. (2002). Situation awareness and workload in aviation. *Current Directions in Psychological Science*, 11(4), 128-133.
- Wickens, C. D. & Hollands, J. (2000). *Engineering psychology and human performance* (3rd. ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Wickens, C.D. & Kessel, C. (1979). The effect of participatory mode and task workload on the detection of dynamic system failures. *SCM-9* (1), 24-34.
- Wickens, C.D. (1996). Situation awareness: impact of automation and display technology. In *Situation awareness: Limitations and Enhancement in the aviation environment* (pp.k2.1-k2.13). Brussels AGARD Conference Proceedings.
- Wierwille, W. W., & Tijerina, L. (1995). Eine Analyse von Unfallberichten als ein Mittel zur Bestimmung von Problemen, die durch die Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit und der visuellen Belastung innerhalb des Fahrzeugs verursacht werden. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 41 (4), 164-168.
- Wierwille, W.W. (1993). An initial model of visual sampling of in-car displays and controls. In A.G. Gale, I.D. Brown, C.M. Haslegrave, H.W. Krusse & S.P. Taylor (Eds.), *Vision in Vehicles IV* (pp.271-280). Amsterdam: New Holland Press.
- Wierwille, W.W., Antin, J.F., Dingus, T., Hulse, M.C. (1988). Visual attentional demand of an in-car navigation display system. In A.G. Gale et al. (Eds.), *Vision in Vehicles II* (pp. 307-316). Amsterdam: North Holland Press.
- Wikman, A.-S., Nieminen, T., & Summala, H. (1998). Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. *Ergonomics*, 41(3), 358-372.
- Wogalter, M.S. & Mayhorn, C.B. (2005). Perceptions of driver distraction by cellular phone users and nonusers. *Human Factors* 47 (2), 455-467.
- Wundt, W. (1907). *Grundriss der Psychologie*. Leipzig: Engelmann.
- Zheng, X. S., Tai, Y. & McConkie, G.W. (2004). *Exploring Driver's Situation Awareness in a dynamic traffic environment*. Paper presented at the

Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, California.

- Zheng, X.S., Tai Y. & McConkie, G.W. (2005). *Effects of cognitive tasks on drivers' eye behavior and performance*. Proceedings of the Second International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design.
- Zimmer, A. C. (1998). *Ablenkung und Abwendung als Probleme der kognitiven Ergonomie* (Forschungsbericht). Universität Regensburg: Lehrstuhl Psychologie II.
- Zwahlen, H.T. Adams, C.C. & Debald, D.P. (1988). *Safety Aspects of Crt Touch Panel Controls in Automobiles*. Elsevier Science Publishers Bv Po Box 1991 Amsterdam 1000 Bz Netherlands. Report Number 0-444-70423X, 335-344.

11 ANHANG

1. Instruktionen

- 1.1 Instruktion Studie 1 – Übung Display 3 s (bzw. 5 s)
- 1.2 Instruktion Studie 1 – Übung Okklusion
- 1.3 Instruktion Studie 1 – Baselinefahrt bzw. NA-Fahrten
- 1.4 Instruktion Studie 2 – Übung Menü_breit bzw. Menü_tief
- 1.5 Instruktion Studie 2 - Menübedienung während der Fahrt
- 1.6 Instruktion Studie 2 - Menüfahrt

2. Fragebögen

- 2.1 Fragebogen- Nachbefragung Nebenaufgabenfahrt (Studie 1 und 2)
- 2.2 Fragebogen zur generellen Einstellung gegenüber der Ausführung von Nebentätigkeiten während des Fahrens (Studie 1 und 2)

1.1 Instruktion Studie 1 - Übungsfahrt Display 3 bzw. 5 s

Lieber Testfahrer,

Sie werden im folgenden Versuch einen Fahrparcours im Fahrsimulator durchfahren. Währenddessen sollen Sie eine Nebenaufgabe bearbeiten.

Stellen Sie sich dabei vor, Sie wollen neben dem Fahren eine Zigarette anzünden, SMS schreiben, eine neue CD einlegen, etwas in ihrer Handtasche/Rucksack suchen usw. Bei all diesen Aufgaben sollten Sie sich gut überlegen, ob es die Fahrsituation gerade zulässt, dass Sie sich neben dem Fahren noch mit etwas anderem beschäftigen. Außerdem sollten Sie abschätzen, wie lange Sie maximal für diese Aufgabe den Blick von der Straße abwenden können, ohne sich und andere zu gefährden.

Die Nebenaufgabe, die Sie später während der Fahrt machen sollen, sieht folgendermaßen aus: Zu vorgegebenen Zeitpunkten erhalten Sie, während Sie fahren, das Angebot, eine Aufgabe zu bearbeiten. Dazu wird Ihnen im Head-Up Display, d.h. direkt vor Ihnen auf der Fahrbahn, ein Fragezeichen eingeblendet.

Sobald das Fragezeichen vor Ihnen erscheint, haben Sie **drei Sekunden (bzw. 5 Sekunden)** Zeit, sich zu entscheiden, ob Sie eine Aufgabe bearbeiten möchten. Machen Sie diese Entscheidung bitte davon abhängig, ob es die Fahrsituation zulässt, sich längere Zeit von der Fahraufgabe abzuwenden.

Haben Sie sich dafür entschieden, eine Aufgabe auszuführen, drücken Sie bitte eine der beiden Lenkradtasten und halten sie die Taste so lange gedrückt, wie Sie die Aufgabe bearbeiten möchten. Nach dem Start erscheinen Ziffern in einem festen Zeittakt von einer halben Sekunde hintereinander auf dem unteren Bildschirm in der Mittelkonsole, z.B. „1, 2, 1“. Ihre Aufgabe ist es, die **Ziffern der Reihe nach laut vorzulesen**. Es kommen so lange Ziffern, wie sie die Taste gedrückt halten. Sobald Sie den Finger von der Taste nehmen, ist die Aufgabe beendet.

Überlegen Sie sich gut, wie lange Sie eine Aufgabe bearbeiten können, bevor Sie wieder zurück auf die Straße schauen müssen und drücken Sie auch nur so lange die Taste. Für jede richtige Ziffer, die Sie nennen erhalten Sie einen **Pluspunkt**. Je länger Sie die Aufgabe bearbeiten, desto mehr Punkte bekommen Sie also. Allerdings ist die Anzahl von Ziffern, die sie maximal bei einem Aufgabenangebot bearbeiten können, auf 10 Ziffern begrenzt. Danach endet die Aufgabe automatisch.

Bei einer begonnenen, aber fehlerhaften Aufgabe, z.B. wenn Sie eine Ziffer auslassen müssen, weil Sie doch zwischendrin auf die Straße zurückschauen müssen, gehen alle Pluspunkte für diese eine Aufgabe verloren und Sie müssen zusätzlich einen **Punktabzug von 10 Punkten** in Kauf nehmen. Drücken Sie die Taste also nur so lange, wie sie auch tatsächlich von der Fahrbahn wegschauen können.

Wenn Sie innerhalb der vorgegeben Entscheidungszeit von 3 s keine Taste drücken, verfällt die Aufgabe. Sie erhalten dann zwar keine Punkte, riskieren aber auch keinen

Punktabzug. Erst beim nächsten Angebot können Sie dann wieder eine Aufgabe bearbeiten.

Bitte achten Sie darauf, dass das Fahren nach wie vor die höchste Priorität hat! Um zu gewährleisten, dass Sie die Fahraufgabe nicht vernachlässigen, werden Ihnen bei schwerwiegenden Fahrfehlern Punkte abgezogen:

- Für zu schnelles Fahren (d.h. über 110 km/h auf Landstraßen, über 55 km/h in der Innenstadt): **-10 Punkte**
- Für zu langsames Fahren und dadurch Behinderung des rückwärtigen Verkehrs: **-10 Punkte**
- Für unnötiges Überfahren der Spurbegrenzungen (sowohl nach rechts zum Fahrbahnrand als auch über die Mittellinie) : **-20 Punkte**
- Für die Kollision mit anderen Fahrzeugen oder Fußgängern: **-40 Punkte**

Der Fahrer mit der höchsten Punktzahl (Summe aus Plus- und Minuspunkten) am Ende erhält einen Buchgutschein!

Sie haben jetzt die Möglichkeit, die Aufgabe zunächst erst einmal im Stand und während der Fahrt zu üben. Bitte probieren Sie dabei aus, unterschiedliche lange Aufgaben zu bearbeiten und wie sich dies auf Ihre Fahrleistung auswirkt.

1.2 Instruktion Studie 1 - Übungsfahrt Okklusion

Lieber Testfahrer,

Sie werden im folgenden Versuch einen Fahrparcours im Fahrsimulator durchfahren. Währenddessen sollen Sie eine Nebenaufgabe bearbeiten.

Stellen Sie sich dabei vor, Sie wollen neben dem Fahren eine Zigarette anzünden, SMS schreiben, eine neue CD einlegen, etwas in ihrer Handtasche/Rucksack suchen usw. Bei all diesen Aufgaben sollten Sie sich gut überlegen, ob es die Fahrsituation gerade zulässt, dass Sie sich neben dem Fahren noch mit etwas anderem beschäftigen. Außerdem sollten Sie abschätzen, wie lange Sie maximal für diese Aufgabe den Blick von der Straße abwenden können, ohne sich und andere zu gefährden.

Die Nebenaufgabe, die Sie später während der Fahrt machen sollen, sieht folgendermaßen aus: Zu vorgegebenen Zeitpunkten erhalten Sie, während Sie fahren, das Angebot, eine Aufgabe zu bearbeiten. Dazu wird Ihnen im Head-Up Display, d.h. direkt vor Ihnen auf der Fahrbahn, ein Fragezeichen eingeblendet.

Sobald das Fragezeichen vor Ihnen erscheint, haben Sie **drei Sekunden** Zeit, sich zu entscheiden, ob Sie eine Aufgabe bearbeiten möchten. Machen Sie diese Entscheidung bitte davon abhängig, ob es die Fahrsituation zulässt, sich längere Zeit von der Fahraufgabe abzuwenden.

Haben Sie sich dafür entschieden, eine Aufgabe auszuführen, drücken Sie bitte eine der beiden Lenkradtasten und halten sie die Taste so lange gedrückt, wie Sie die Aufgabe bearbeiten möchten. Nach dem Start wird die Fahrszene direkt vor Ihnen durch eine schwarze Fläche ersetzt. Auf dieser Fläche erscheinen dann hintereinander Ziffern in einem festen Zeittakt von einer halben Sekunde, z.B. „1, 2, 1“. Ihre Aufgabe ist es, die **Ziffern der Reihe nach laut vorzulesen**. Es kommen so lange Ziffern, wie Sie die Taste gedrückt halten. Sobald Sie den Finger von der Taste nehmen, ist die Aufgabe beendet und die Fahrszene wird wieder eingeblendet.

Überlegen Sie sich gut, wie lange Sie eine Aufgabe bearbeiten können, bevor Sie wieder zurück auf die Straße schauen müssen und drücken Sie auch nur so lange die Taste. Für jede richtige Ziffer, die Sie nennen erhalten Sie einen **Pluspunkt**. Je länger Sie die Aufgabe bearbeiten, desto mehr Punkte bekommen Sie also. Allerdings ist die Anzahl von Ziffern, die sie maximal bei einem Aufgabenangebot bearbeiten können, auf 10 Ziffern begrenzt. Danach endet die Aufgabe automatisch.

Bei Fehlern in der Aufgabe, z.B. wenn Ziffern ausgelassen werden, gehen alle Pluspunkte für diese eine Aufgabe verloren und Sie müssen zusätzlich einen **Punkt abzug von 10 Punkten** in Kauf nehmen. Drücken Sie die Taste also nur so lange, wie sie auch tatsächlich von der Fahrbahn wegschauen können.

Wenn Sie innerhalb der vorgegeben Entscheidungszeit von 3 s keine Taste drücken, verfällt die Aufgabe. Sie erhalten dann zwar keine Punkte, riskieren aber auch keinen Punktabzug. Erst beim nächsten Angebot können Sie dann wieder eine Aufgabe bearbeiten.

--Bitte auf der nächsten Seite weiterlesen --

Bitte achten Sie darauf, dass das Fahren nach wie vor die höchste Priorität hat! Um zu gewährleisten, dass Sie die Fahraufgabe nicht vernachlässigen, werden Ihnen bei schwerwiegenden Fahrfehlern Punkte abgezogen:

- Für zu schnelles Fahren (d.h. über 110 km/h auf Landstraßen, über 55 km/h in der Innenstadt): **-10 Punkte**
- Für zu langsames Fahren und dadurch Behinderung des rückwärtigen Verkehrs: **-10 Punkte**
- Für unnötiges Überfahren der Spurbegrenzungen (sowohl nach rechts zum Fahrbahnrand als auch über die Mittellinie) : **-20 Punkte**
- Für die Kollision mit anderen Fahrzeugen oder Fußgängern: **-40 Punkte**

Der Fahrer mit der höchsten Punktzahl am Ende erhält einen Buchgutschein!

Sie haben jetzt die Möglichkeit, die Aufgabe zunächst erst einmal im Stand und während der Fahrt zu üben. Bitte probieren Sie dabei aus, unterschiedliche lange Aufgaben zu bearbeiten und wie sich dies auf Ihre Fahrleistung auswirkt.

1.3 Instruktion Studie 1 – Baselinefahrt (links) bzw. NA-Fahrten (rechts)

Lieber Testfahrer,

Sie werden jetzt im Fahrsimulator eine Strecke befahren, die abwechselnd auf der Landstraße und durch Ortschaften führt. Ihre Aufgabe ist es, die Strecke **zügig** und **gemäß der StVo** zu durchfahren (also z.B. Rechtsfahrgebot, Vorfahrtsregelungen beachten, Blinken bei Hindernissen/Überholen). Dabei sollen Sie weder sich noch andere gefährden.

Sofern es nicht anders angegeben ist, gelten die üblichen Geschwindigkeitsbeschränkungen von 100 km/h auf der Landstraße bzw. 50 km/h in der Innenstadt. Ihnen ist jederzeit erlaubt, andere Fahrzeuge/Hindernisse zu überholen, sofern es nach der StVO erlaubt ist und die Situation es zulässt. Fahren Sie bitte, sofern es nicht anders angegeben ist, an Kreuzungen immer gerade aus weiter. Sollen Sie an einer Kreuzung oder Einmündung abbiegen, wird Ihnen durch ein grünes Pfeilschild mit der Aufschrift „Ziel“ angezeigt, in welche Richtung Sie weiterfahren sollen.

Während der Fahrt wird die Blickbewegung mit aufgezeichnet. Aus diesem Grund sollten Sie während der Fahrt möglichst nicht sprechen sowie sich möglichst nicht mit der Hand ins Gesicht oder an den Kopf fassen. Beides stört die Erfassung der Blickrichtung. Für die Blickbewegungsmessung wird zu Beginn der Fahrt eine kurze Messung durchgeführt, bei der Sie insgesamt neun Punkte der Reihe nach anschauen sollen. Der Versuchsleiter wird Ihnen wenn es soweit ist, erklären, was Sie machen sollen.

Falls Ihnen während der Fahrt unwohl wird, teilen Sie dies bitte dem Versuchsleiter umgehend mit. Die gesamte Versuchsfahrt dauert ca. 1 Stunde. Nach ca. 35 Minuten können Sie eine Pause von 5 min. einlegen und sich erholen. Der zweite Teil wird dann nur noch ca. 25 Minuten dauern.

Wenn die Simulation gleich gestartet wird, fahren Sie bitte nicht direkt los. Es erfolgt zuerst noch die Kalibrierung der Blickbewegungsmessung.

Lieber Testfahrer,

Sie werden jetzt im Fahrsimulator eine Strecke befahren, die abwechselnd auf der Landstraße und durch Ortschaften führt. Ihre Aufgabe ist es, die Strecke **zügig** und **gemäß der StVo** zu durchfahren (also z.B. Rechtsfahrgebot, Vorfahrtsregelungen beachten, Blinken bei Hindernissen/Überholen). Dabei sollen Sie weder sich noch andere gefährden.

Sofern es nicht anders angegeben ist, gelten die üblichen Geschwindigkeitsbeschränkungen von 100 km/h auf der Landstraße bzw. 50 km/h in der Innenstadt. Ihnen ist jederzeit erlaubt, andere Fahrzeuge/Hindernisse zu überholen, sofern es nach der StVO erlaubt ist und die Situation es zulässt. Fahren Sie bitte, sofern es nicht anders angegeben ist, an Kreuzungen immer gerade aus weiter. Sollen Sie an einer Kreuzung oder Einmündung abbiegen, wird Ihnen durch ein grünes Pfeilschild mit der Aufschrift „Ziel“ angezeigt, in welche Richtung Sie weiterfahren sollen.

Zusätzlich sollen Sie während dem Fahren die Nebenaufgabe so bearbeiten, wie Sie sie jetzt schon geübt haben.

Denken Sie bitte daran: Machen Sie die Entscheidung, ob und wie lange Sie eine Aufgabe bearbeiten können, von der Fahrsituation abhängig! Sie haben 3 s (**bzw. 5 s**) Zeit für diese Entscheidung! Wenn Sie innerhalb der vorgegeben Entscheidungszeit von 3 s (**bzw. 5 s**) keine Taste drücken, verfällt die Aufgabe. Sie erhalten dann zwar keine Punkte, riskieren aber auch keinen Punktabzug.

Hier noch einmal die Punkteverteilung:

| | |
|----------------------------------|--------|
| Pro genannte Ziffer: | + 1 P. |
| Fehler in der Nebenaufgabe: | -10 P. |
| Zu schnelles/zu langsames Fahren | -10 P. |
| Überfahren der Spurbegrenzung: | -20 P. |
| Kollision mit anderen: | -40 P. |

Während der Fahrt wird die Blickbewegung mit aufgezeichnet. Aus diesem Grund sollten Sie sich während der Fahrt möglichst nicht mit der Hand ins Gesicht oder an den Kopf fassen. Beides stört die Erfassung der Blickrichtung. Für die Blickbewegungsmessung wird zu Beginn der Fahrt eine kurze Messung durchgeführt, bei der Sie insgesamt neun Punkte der Reihe nach anschauen sollen. Der Versuchsleiter wird Ihnen wenn es soweit ist, erklären, was Sie machen sollen.

Falls Ihnen während der Fahrt unwohl wird, teilen Sie dies bitte dem Versuchsleiter umgehend mit. Die gesamte Versuchsfahrt dauert ca. 1 Stunde. Nach ca. 35 Minuten können Sie eine Pause von 5 min. einlegen und sich erholen. Der zweite Teil wird dann nur noch ca. 25 Minuten dauern.

Wenn die Simulation gleich gestartet wird, fahren Sie bitte nicht direkt los. Es erfolgt zuerst noch die Kalibrierung der Blickbewegungsmessung.

1.4 Instruktion Studie 2- Übung Menüsystem breit (links) bzw. tief (rechts)

Lieber Testfahrer,

Sie werden im anschließenden Fahrparcours gebeten, zusätzlich zur Fahrt eine Nebenaufgabe auszuführen. In diesem Fall sollen Sie ein Informationssystem bedienen, wie es in neuen Autos immer häufiger zu finden ist, z.B. in Form von Navigationssystemen oder Infotainment-Systemen, mit denen man ins Internet gehen, Telefonieren, Radio bedienen oder auch Einstellungen des Fahrzeugs regulieren kann, alles über ein einziges Menü. Der Aufbau ist dabei vergleichbar mit dem Menü eines Handys. Wenn Sie dort auf Telefonbuch gehen, dann können Sie z.B. wählen zwischen „neuen Kontakt erstellen“ oder „Kontakt anrufen“- bei „anrufen“ erhalten sie dann die Liste der gespeicherten Kontakte, aus denen Sie dann wiederum auswählen können...die Menüpunkte werden also immer spezifischer.

Das Menüsystem wird Ihnen auf dem unteren Display in der Mittelkonsole dargeboten. Ihre Aufgabe ist es, in dem Menüsystem zu vorgegebenen Menüfunktionen zu „navigieren“. Dazu bedienen Sie den Joystick, der auf der Mittelkonsole angebracht ist.

Wenn Sie den Joystick nach rechts bewegen, beginnt die Aufgabe mit einem grauen Bildschirm. Über eine weitere Bewegung nach rechts erhalten Sie dann die Menüfunktion, die Sie suchen sollen, unten links im Display eingeblendet (z.B. „Mozart“-CD“). Mit einer weiteren Bewegung nach rechts gelangen Sie in das Menüsystem. Das Menü, das Sie hier bedienen sollen, besteht aus mehreren Ebenen. Auf der obersten Ebene befinden sich die Oberbegriffe (Navigation, Entertainment, Telefon und Bordcomputer). Durch Bewegungen des Joysticks nach oben oder unten bewegen Sie sich innerhalb dieser Menüebene nach oben oder unten und können so einen der angezeigten Begriffe auswählen. Der Begriff, bei dem Sie sich gerade befinden, ist jeweils gelb hinterlegt.

Wählen Sie nun z.B. den Begriff „Audio“ aus und bewegen den Joystick nach rechts, gelangen Sie auf die zweite Ebene, zu den Unterbegriffen von „Audio“. Hier müssen Sie nur noch den gesuchten Begriff (hier: Mozart) ansteuern. Haben Sie den gesuchten Begriff erreicht, bestätigen Sie dies bitte durch eine Joystickbewegung nach rechts. Es erscheint dann ein Bildschirm mit der Rückmeldung, dass es sich um den richtigen Begriff handelt. Diese Aufgabe ist damit beendet. Bewegen Sie den Hebel erneut nach rechts, beginnt eine neue Aufgabe wiederum mit dem grauen Bildschirm und anschließend dem gesuchten Begriff. Haben Sie einen falschen Begriff bestätigt, erscheint ein „Falschbildschirm“, in dem Ihnen der zu suchende Begriff noch einmal genannt wird. Um die Aufgabe weiter bearbeiten zu können, müssen Sie mit einer Joystickbewegung nach links wieder im Menü zurückgehen. Durch diese Bewegungen nach links gelangen Sie wieder schrittweise zurück auf die höheren Ebenen und können von dort aus unter einem anderen Oberbegriff den vorgegeben Menüpunkt weitersuchen.

Sollten Sie einmal während der Aufgabe vergessen haben, welchen Begriff Sie suchen sollen, gehen Sie am besten einfach ganz nach rechts durch, bis der Falschbildschirm erscheint. So bekommen Sie die Aufgabe noch mal gestellt.

-- Zur Übung möchte ich Sie jetzt bitten, einige Aufgaben im Menü zu bearbeiten --

Lieber Testfahrer,

Sie werden im anschließenden Fahrparcours gebeten, zusätzlich zur Fahrt eine Nebenaufgabe auszuführen. In diesem Fall sollen Sie ein Informationssystem bedienen, wie es in neuen Autos immer häufiger zu finden ist, z.B. in Form von Navigationssystemen oder Infotainment-Systemen, mit denen man ins Internet gehen, Telefonieren, Radio bedienen oder auch Einstellungen des Fahrzeugs regulieren kann, alles über ein einziges Menü. Der Aufbau ist dabei vergleichbar mit dem Menü eines Handys. Wenn Sie dort auf Telefonbuch gehen, dann können Sie z.B. wählen zwischen „neuen Kontakt erstellen“ oder „Kontakt anrufen“- bei „anrufen“ erhalten sie dann die Liste der gespeicherten Kontakte, aus denen Sie dann wiederum auswählen können...die Menüpunkte werden also immer spezifischer.

Das Menüsystem wird Ihnen auf dem unteren Display in der Mittelkonsole dargeboten. Ihre Aufgabe ist es, in dem Menüsystem zu vorgegebenen Menüfunktionen zu „navigieren“. Dazu bedienen Sie den Joystick, der auf der Mittelkonsole angebracht ist.

Wenn Sie den Joystick nach rechts bewegen, beginnt die Aufgabe mit einem grauen Bildschirm. Über eine weitere Bewegung nach rechts erhalten Sie dann die Menüfunktion, die Sie suchen sollen, unten links im Display eingeblendet (z.B. „Mozart“-CD“). Mit einer weiteren Bewegung nach rechts gelangen Sie in das Menüsystem. Das Menü, das Sie hier bedienen sollen, besteht aus mehreren Ebenen. Auf der obersten Ebene befinden sich die Oberbegriffe (Navigation, Entertainment, Telefon und Bordcomputer). Durch Bewegungen des Joysticks nach oben oder unten bewegen Sie sich innerhalb dieser Menüebene nach oben oder unten und können so einen der angezeigten Begriffe auswählen. Der Begriff, bei dem Sie sich gerade befinden, ist jeweils gelb hinterlegt.

Wählen Sie nun z.B. den Begriff „Entertainment“ aus und bewegen den Joystick nach rechts, gelangen Sie auf die nächste Ebene, zu den Unterbegriffen von „Entertainment“. Wenn Sie auch hier wieder einen Begriff auswählen, z.B. „Audio“ und den Joystick nach rechts bewegen, gelangen Sie zu den Unterbegriffen von „Audio“, also „CD“ und „Radio“. Nach Auswahl der Funktion „CD“ gelangen Sie dann zu der untersten Menüebene und zu ihrem gesuchten Begriff (hier: Mozart). Haben Sie den gesuchten Begriff erreicht, bestätigen Sie dies bitte durch eine Joystickbewegung nach rechts. Es erscheint dann ein Bildschirm mit der Rückmeldung, dass es sich um den richtigen Begriff handelt. Diese Aufgabe ist damit beendet. Bewegen Sie den Hebel erneut nach rechts, beginnt eine neue Aufgabe wiederum mit dem grauen Bildschirm und anschließend dem gesuchten Begriff. Haben Sie einen falschen Begriff bestätigt, erscheint ein „Falschbildschirm“, in dem Ihnen der zu suchende Begriff noch einmal genannt wird. Um die Aufgabe weiter bearbeiten zu können, müssen Sie mit einer Joystickbewegung nach links wieder im Menü zurückgehen. Durch diese Bewegungen nach links gelangen Sie wieder schrittweise zurück auf die höheren Ebenen und können von dort aus unter einem anderen Oberbegriff den vorgegeben Menüpunkt weitersuchen.

Sollten Sie einmal während der Aufgabe vergessen haben, welchen Begriff Sie suchen sollen, gehen Sie am besten einfach ganz nach rechts durch, bis der Falschbildschirm erscheint. So bekommen Sie die Aufgabe noch mal gestellt.

-- Zur Übung möchte ich Sie jetzt bitten, einige Aufgaben im Menü zu bearbeiten --

1.5 Instruktion Studie 2- Menübedienung während der Fahrt

Lieber Testfahrer,

Sie sollen nun das Menüsystem, das Sie jetzt bereits ausführlich im Stand geübt haben, während der Fahrt bedienen. Wie bei allen Nebentätigkeiten während dem Fahren (auch z.B. Telefonieren, Zigarette rauchen, Radio bedienen etc.) sollten Sie sich gut überlegen, ob es die Fahrsituation gerade zulässt, dass Sie sich neben dem Fahren noch mit etwas anderem beschäftigen. Außerdem sollten Sie abschätzen, wie lange Sie maximal für diese Aufgabe den Blick von der Straße abwenden können, ohne sich und andere zu gefährden.

Dazu wird das Menüsystem als Nebenaufgabe folgendermaßen vorgegeben. Zu vorgegebenen Zeitpunkten erhalten Sie, während Sie fahren, das Angebot, eine Aufgabe im Menüsystem zu bearbeiten. Dazu wird Ihnen im Head-Up Display, d.h. direkt vor Ihnen auf der Fahrbahn, ein Fragezeichen eingeblendet.

Sobald das Fragezeichen vor Ihnen erscheint, haben Sie drei Sekunden Zeit, sich zu entscheiden, ob Sie eine Aufgabe bearbeiten möchten. Machen Sie diese Entscheidung bitte davon abhängig, ob es die Fahrsituation zulässt, sich längere Zeit von der Fahraufgabe abzuwenden.

Haben Sie sich dafür entschieden, eine Aufgabe auszuführen, bewegen Sie den Joystick zweimal nach rechts, damit die Aufgabe erscheint.

Nach dem Starten der Aufgabe haben Sie insgesamt 15 s Zeit, die Aufgabe zu bearbeiten. Die Aufgabe ist beendet, wenn Sie den richtigen Begriff ausgewählt haben und der Richtigbildschirm erschienen ist. Im Anschluss erscheint wieder der graue Bildschirm. Erst beim nächsten Aufgabenangebot können Sie dann eine neue Aufgabe bearbeiten.

Wenn Sie es innerhalb der 15 s nicht schaffen, den gesuchten Menübegriff zu finden, gilt die Aufgabe als nicht gelöst. Sie müssen dann auf das nächste Aufgabenangebot warten, um eine neue Aufgabe zu bearbeiten.

Für jeden Schritt im Menüsystem, den Sie innerhalb der 15 s zurückgelegt haben, erhalten Sie einen Punkt, für die Bestätigung der richtigen Menüfunktion am Ende der Aufgabe noch einmal 3 Punkte zusätzlich.

Bitte achten Sie darauf, dass das Fahren nach wie vor die höchste Priorität hat! Um zu gewährleisten, dass Sie die Fahraufgabe nicht vernachlässigen, werden Ihnen bei schwerwiegenden Fahrfehlern Punkte abgezogen:

- Für zu schnelles Fahren (d.h. über 110 km/h auf Landstraßen, über 55 km/h in der Innenstadt): **-10 Punkte**
- Für zu langsames Fahren und dadurch Behinderung des rückwärtigen Verkehrs: **-10 Punkte**

- Für unnötiges Überfahren der Spurbegrenzungen (sowohl nach rechts zum Fahrbahnrand als auch über die Mittellinie) : **-20 Punkte**
- Für die Kollision mit anderen Fahrzeugen oder Fußgängern: **-40 Punkte**

D.h. es kann sinnvoll sein, die Aufgabe besser nicht anzunehmen. Wenn Sie innerhalb der vorgegeben Entscheidungszeit von 3 s keine Taste drücken, verfällt die Aufgabe. Sie erhalten dann zwar keine Punkte, riskieren aber auch keinen Punktabzug. Erst beim nächsten Angebot können Sie dann wieder eine Aufgabe bearbeiten.

Bitte entscheiden Sie über die Annahme der Aufgabe danach, ob Sie sie auch in der vorliegenden Situation bearbeiten können. Nehmen Sie eine Aufgabe an, ohne dass Sie danach innerhalb der 15 s eine Menübedienung ausführen, gilt das als Fehlentscheidung, die ebenfalls mit einem Punktabzug von **10 Punkten** geahndet wird. Außerdem riskieren Sie durch eine solche Fehleinschätzung Punktabzüge in der Fahraufgabe. Überlegen Sie es sich also jeweils vorher gut, ob es die Situation zulässt, dass Sie sich mit einer Nebenaufgabe beschäftigen.

Der Fahrer mit der höchsten Punktzahl (Summe aus Plus- und Minuspunkten) am Ende erhält einen Buchgutschein!

Sie haben jetzt die Möglichkeit, die Aufgabe zunächst erst einmal zu üben. Bitte probieren Sie dabei aus, wie sich die Nebenaufgabe sinnvoll mit der Fahraufgabe verschränken lässt und wie sich die Beschäftigung mit der Menüaufgabe auf Ihre Fahrleistung auswirkt.

1.6 Instruktion Studie 2 – Menüfahrt

Lieber Testfahrer,

Sie werden jetzt im Fahrsimulator eine Strecke befahren, die abwechselnd auf der Landstraße und durch Ortschaften führt. Ihre Aufgabe ist es, die Strecke **zügig** und **gemäß der StVo** zu durchfahren (also z.B. Rechtsfahrgebot, Vorfahrtsregelungen beachten, Blinken bei Hindernissen/Überholen). Dabei sollen Sie weder sich noch andere gefährden.

Sofern es nicht anders angegeben ist, gelten die üblichen Geschwindigkeitsbeschränkungen von 100 km/h auf der Landstraße bzw. 50 km/h in der Innenstadt. Ihnen ist jederzeit erlaubt, andere Fahrzeuge/Hindernisse zu überholen, sofern es nach der StVO erlaubt ist und die Situation es zulässt.

Fahren Sie bitte, sofern es nicht anders angegeben ist, an Kreuzungen immer gerade aus weiter. Sollen Sie an einer Kreuzung oder Einmündung abbiegen, wird Ihnen durch ein grünes Pfeilschild mit der Aufschrift „Ziel“ angezeigt, in welche Richtung Sie weiterfahren sollen.

Zusätzlich sollen Sie während dem Fahren die Menüaufgabe so bearbeiten, wie Sie sie jetzt schon geübt haben.

Denken Sie bitte daran: Machen Sie die Entscheidung, ob und wie lange Sie eine Aufgabe bearbeiten können, von der Fahrsituation abhängig! Sie haben 3 s Zeit für diese Entscheidung! Wenn Sie innerhalb der vorgegeben Entscheidungszeit von 3 s keine Taste drücken, verfällt die Aufgabe. Sie erhalten dann zwar keine Punkte, riskieren aber auch keinen Punktabzug.

Hier noch einmal die Punkteverteilung:


| | |
|---|--------|
| Pro zurückgelegten Schritt im Menüsystem: | + 1 P. |
| Pro richtig gelöste Aufgabe: | + 3 P. |
| Aufgabenannahme ohne jegliche Bedieneingabe | -10 P. |
| Zu schnelles/zu langsames Fahren | -10 P. |
| Überfahren der Spurbegrenzung: | -20 P. |
| Kollision mit anderen: | -40 P. |

Während der Fahrt wird die Blickbewegung mit aufgezeichnet. Aus diesem Grund sollten Sie sich während der Fahrt möglichst nicht mit der Hand ins Gesicht oder an den Kopf fassen. Beides stört die Erfassung der Blickrichtung. Bitte lehnen Sie außerdem Ihren Kopf während der gesamten Fahrt an der Kopfstütze an, so dass Sie aufrecht sitzen. Für die Blickbewegungsmessung wird zu Beginn der Fahrt eine kurze Messung durchgeführt, bei der Sie insgesamt neun Punkte der Reihe nach anschauen sollen. Der Versuchsleiter wird Ihnen wenn es soweit ist, erklären, was Sie machen sollen.

Falls Ihnen während der Fahrt unwohl wird, teilen Sie dies bitte dem Versuchsleiter umgehend mit. Die gesamte Versuchsfahrt dauert ca. 1 Stunde. Nach ca. 35 Minuten können Sie eine Pause von 5 min. einlegen und sich erholen. Der zweite Teil wird dann nur noch ca. 25 Minuten dauern.

Wenn die Simulation gleich gestartet wird, fahren Sie bitte nicht direkt los. Es erfolgt zuerst noch die Kalibrierung der Blickbewegungsmessung.

2.1 Fragebogen Nachbefragung Nebenaufgabenfahrt (Studie 1 u. Studie 2)



Nachbefragung Nebenaufgabenfahrt

VPNr: _____ VPCode: _____ Datum: _____

Bedingung: _____

1. Wie aufmerksam sind Sie gefahren?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr stark |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

2. Wie anstrengend war die Fahraufgabe?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr stark |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

3. Wie schwer war die Fahraufgabe?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr schwer |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

4. Wie gut sind Sie gefahren?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

5. Wie sicher haben Sie sich beim Fahren gefühlt?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |


6. Wie aufmerksam waren Sie bei der Nebenaufgabe?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

7. Wie anstrengend war die Nebenaufgabe?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

WIVW GmbH
(HRB 6430, Sitz: Würzburg)
Geschäftsführer:
Prof. Dr. Hans-Peter Krüger



8. Wie schwer war die Nebenaufgabe?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

9. Wie gut war Ihre Leistung in der Nebenaufgabe?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

10. Wie sicher waren Sie in Ihren Entscheidungen in der Nebenaufgabe?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

11. Wie hoch war die Motivation, die Nebenaufgabe zu bedienen?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

12. Wie situationsangemessen haben Sie die Nebenaufgabe bedient?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

13. Wie stark hat Sie die Nebenaufgabe vom Fahren abgelenkt?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

14. Wie anstrengend war die Kombination aus Fahren und Nebenaufgabe?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

15. Wie gut ist es Ihnen gelungen, die beiden Aufgaben miteinander zu verschränken?

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| gar nicht | sehr wenig | wenig | mittel | viel | sehr gut |
| 0 | 1 - 2 - 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 | 13 - 14 - 15 |

Seite 2 von 3

-Fortsetzung nächste Seite-



16. Wie stark hat die Nebenaufgabe Ihre Fahrleistung insgesamt beeinträchtigt?

| | | | | | |
|-------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|
| gar nicht 0 | sehr wenig 1 - 2 - 3 | wenig 4 - 5 - 6 | mittel 7 - 8 - 9 | viel 10 - 11 - 12 | sehr gut 13 - 14 - 15 |
|-------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|



17. Wie stark hat die Nebenaufgabe Ihre Reaktion auf kritische Situationen beeinflusst?

| | | | | | |
|-------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|
| gar nicht 0 | sehr wenig 1 - 2 - 3 | wenig 4 - 5 - 6 | mittel 7 - 8 - 9 | viel 10 - 11 - 12 | sehr gut 13 - 14 - 15 |
|-------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|

18. Wie gefährlich war das Ausführen der Nebenaufgabe während der Fahrt?

| | | | | | |
|-------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|
| gar nicht 0 | sehr wenig 1 - 2 - 3 | wenig 4 - 5 - 6 | mittel 7 - 8 - 9 | viel 10 - 11 - 12 | sehr gut 13 - 14 - 15 |
|-------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|

2.2 Fragebogen zur generellen Einstellung gegenüber der Ausführung von Nebenaufgaben während der Fahrt (Studie 1 u. 2)

| | |
|--|---|
| <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: small;">Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften (Institute for Traffic Sciences)</p> </div> <p>Fragebogen zur Ausführung von Nebenaufgaben während der Fahrt</p> <p>VPNr: _____ VPKürzel: _____ Datum: _____</p> <p>Bedingung: _____ Zeit: _____</p> <p>Im Fahrzeug gibt es immer mehr Möglichkeiten, sich mit anderen Aufgaben während der Fahrt zu beschäftigen. Solche nicht-fahrtbezogenen Nebenaufgaben sind z.B. Bedienen des Radios, Telefonieren, SMS schreiben, CD einlegen, Navigationssystem, Bordcomputer bedienen usw. Im Folgenden werden Sie gebeten, verschiedene Angaben zur Ausführung solcher Nebenaufgaben während der Fahrt zu machen.</p> <p>Zunächst werden Sie gebeten, ihre Einstellung zur Bedienung solcher Aufgaben im Allgemeinen anzugeben. Im Anschluss sollen Sie Ihre eigenen Fähigkeiten im Umgang mit solchen Nebenaufgaben bewerten. Anschließend sollen Sie das Risiko der Bedienung von Nebenaufgaben während der Fahrt in Abhängigkeit verschiedener Fahrsituationen bzw. verschiedener Arten von Nebenaufgaben einschätzen. Der letzte Abschnitt beschäftigt sich damit, wie häufig Sie selbst einzelne Aufgaben während der Fahrt ausführen.</p> <p>Bitte beantworten Sie jede Frage ehrlich. Ihre Angaben werden vertraulich behandelt und bleiben anonym.</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">-- Bitte umblättern--</p> <div style="text-align: right; font-size: x-small; margin-top: 20px;"> WIVW GmbH (HRB 6430, Sitz Würzburg) Geschäftsführer: Prof. Dr. Hans-Peter Klüger </div> | <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften (Institute for Traffic Sciences)</p> </div> <hr style="border: 0.5px solid black; margin: 10px 0;"/> <p>Teil I: Allgemeine Einstellung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Das Ausführen einer Nebenaufgabe während der Fahrt ist gefährlich. Trifft nicht zu <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Trifft zu 2. Das Ausführen einer Nebenaufgabe während der Fahrt lenkt stark von der Fahraufgabe ab. Trifft nicht zu <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Trifft zu 3. Das Ausführen einer Nebenaufgabe während der Fahrt beeinträchtigt die Fahrleistung generell. Trifft nicht zu <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Trifft zu 4. Das Ausführen einer Nebenaufgabe beeinträchtigt das Reaktionsvermögen in kritischen Situationen. Trifft nicht zu <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Trifft zu 5. Durch eine situationsangepasste Ausführung einer Nebenaufgabe lässt sich das damit verbundene Risiko deutlich reduzieren. Trifft nicht zu <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Trifft zu 6. Ich bediene grundsätzlich keine Nebenaufgabe während der Fahrt. Trifft nicht zu <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Trifft zu <hr style="border: 0.5px solid black; margin-top: 20px;"/> <div style="text-align: right; font-size: x-small; margin-top: 10px;"> Seite 2 von 8 </div> |
|--|---|

- Fortsetzung nächste Seite-



Teil II: Einschätzung der eigenen Fähigkeiten im Umgang mit einer Nebenaufgabe:


- 1. Ich lasse mich allgemein ungern in einer Tätigkeit unterbrechen.
Trifft nicht zu Trifft zu
- 2. Ich kann einschätzen, in welchen Situationen ich eine Aufgabe ausführen kann oder nicht.
Trifft nicht zu Trifft zu
- 3. Ich unterbreche eine Aufgabe, wenn es die Situation erfordert.
Trifft nicht zu Trifft zu
- 4. Ich warte mit dem Ausführen einer Aufgabe, bis die Situation es zulässt.
Trifft nicht zu Trifft zu
- 5. Ich ertappe mich manchmal dabei, dass ich eine Aufgabe ausführe, obwohl es die Situation gerade eigentlich nicht erlaubt.
Trifft nicht zu Trifft zu
- 6. Wenn das Handy beim Fahren klingelt, nehme ich sofort ab.
Trifft nicht zu Trifft zu
- 7. Ich bin schon einmal in eine kritische Situation geraten, weil ich zu einem unangemessenen Zeitpunkt eine Nebenaufgabe ausgeführt habe.
Trifft nicht zu Trifft zu
- 8. Ich kann auch in schwierigen Situationen (z.B. bei dichtem Verkehr) problemlos eine Nebenaufgabe ausführen.
Trifft nicht zu Trifft zu



Teil III: Risikoeinschätzung verschiedener Situationen:
Im folgenden Abschnitt sollen Sie das Risiko der Bedienung einer Nebenaufgabe in verschiedenen Situationen bewerten (von unbedenklich bis gefährlich).

- 1. Fahren im dichten Stadtverkehr
unbedenklich gefährlich
- 2. Fahren auf leicht kurviger Landstraße
unbedenklich gefährlich
- 3. Durchfahren einer Baustelle
unbedenklich gefährlich
- 4. Fahren auf der Autobahn mit viel Verkehr
unbedenklich gefährlich
- 5. einem anderen Fahrzeug hinterherfahren
unbedenklich gefährlich
- 6. Durchfahren einer scharfen Kurve
unbedenklich gefährlich
- 7. Fahren in der Innenstadt mit wenig Verkehr
unbedenklich gefährlich
- 8. Befahren einer Autobahnauffahrt
unbedenklich gefährlich
- 9. Überholen
unbedenklich gefährlich
- 10. Fahren auf der Autobahn mit wenig Verkehr
unbedenklich gefährlich
- 11. Fahren im Stau
unbedenklich gefährlich

-Fortsetzung nächste Seite-


Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften
(Institute for Traffic Sciences)

Teil IV: Risikoeinschätzung verschiedener Nebenaufgaben
Im folgenden Abschnitt sollen Sie das Risikopotenzial verschiedener Arten von Aufgaben während der Fahrt beurteilen (von unbedenklich bis gefährlich).

1. Radio hören
unbedenklich gefährlich

2. Radio bedienen
unbedenklich gefährlich

3. CD einlegen
unbedenklich gefährlich

4. CD aus CD-Wechsler auswählen
unbedenklich gefährlich


5. Termin im Handy nachschauen
unbedenklich gefährlich

6. SMS weiterleiten
unbedenklich gefährlich

7. SMS schreiben
unbedenklich gefährlich

8. Ziel in Navi-System eingeben
unbedenklich gefährlich

Seite 5 von 8


Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften
(Institute for Traffic Sciences)

9. Gespeichertes Navi-Ziel aus einer Liste auswählen
unbedenklich gefährlich

10. Bordcomputer bedienen
unbedenklich gefährlich

11. Zigarette rauchen
unbedenklich gefährlich

12. Ein Telefonat entgegennehmen
unbedenklich gefährlich

13. Jemanden mit dem Handy anrufen
unbedenklich gefährlich

14. Eine Straßenkarte lesen
unbedenklich gefährlich

15. Mit dem Beifahrer sprechen
unbedenklich gefährlich

16. Den Sicherheitsgurt anlegen
unbedenklich gefährlich

17. Informationssystem (z.B. menügesteuertes System mit Bildschirm und Bedienelement in der Mittelkonsole) bedienen
unbedenklich gefährlich

Seite 6 von 8

-Fortsetzung nächste Seite-

Teil V: Ausführungshäufigkeit verschiedener Aufgaben beim Fahren
Wie häufig führen Sie die folgenden Aufgaben während der Fahrt aus?

- 1. Radio hören
 Nie Selten häufig
- 2. Radio bedienen
 Nie Selten häufig
- 3. CD einlegen
 Nie Selten häufig
- 4. CD aus CD-Wechsler auswählen
 Nie Selten häufig
- 5. Termin im Handy nachschauen
 Nie Selten häufig
- 6. SMS weiterleiten
 Nie Selten häufig
- 7. SMS schreiben
 Nie Selten häufig
- 8. Ziel in Navi-System eingeben
 Nie Selten häufig
- 9. gespeichertes Navi-Ziel aus Liste auswählen
 Nie Selten häufig
- 10. Bordcomputer bedienen
 Nie Selten häufig
- 11. Zigarette rauchen
 Nie Selten häufig

- 12. Ein Telefonat entgegennehmen
 Nie Selten häufig
- 13. Jemanden mit dem Handy anrufen
 Nie Selten häufig
- 14. Eine Straßenkarte lesen
 Nie Selten häufig
- 15. Mit dem Beifahrer sprechen
 Nie Selten häufig
- 16. Den Sicherheitsgurt anlegen
 Nie Selten häufig
- 17. Informationssystem bedienen
 Nie Selten häufig

Sind Sie Raucher/Raucherin?

- Nein Ja

Besitzen Sie ein Handy?

- Nein Ja

Besitzen Sie ein Navigationsgerät im Auto?

- Nein Ja

Besitzen Sie ein Informationssystem im Auto (z.B. BMW i-Drive, Mercedes Command)?

- Nein Ja

LEBENS LAUF NADJA RAUCH

PERSÖNLICHE DATEN

Nadja Gabriele Rauch
Geboren am 31. 07.1978 in Würzburg

BERUF SERFAHRUNG

- seit 01/2008 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften GmbH (WIVW)
- EU-Projekt HAVEit (hochautomatisiertes Fahren)
- 10/2003-12/2007 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Interdisziplinären Zentrum für Verkehrswissenschaften, Lehrstuhl für Psychologie III (Methodenlehre und Verkehrspsychologie, Prof. Dr. Krüger) an der Universität Würzburg, Deutschland
- Projekte zu den Themen Belastung/Beanspruchung, Ergonomie, HMI-Design, Fahrerinformationssysteme, Fahrerassistenzsysteme, Situationsbewusstsein, Fahrerzustandserkennung, etc.
 - Lehre im Rahmen des Vertiefungsfaches Verkehrspsychologie an der Universität Würzburg
 - Lehre im Rahmen des Elitestudiengangs "Neurocognitive Psychology" an der LMU München

PRAKTIKA

07/2001–10/2001 Praktikum an der Lufthansa School of Business im Bereich Personalauswahl

HILFSWISSENSCHAFTLICHE TÄTIGKEITEN

- 03/1999- 07/1999 Wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für Psychologie IV (Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie) an der Universität Würzburg
- Untersuchungen an Vorschulkindern

UNIVERSITÄRE AUSBILDUNG

- 1998–2003 Studium der Psychologie an der Bayerischen Julius–Maximilians–Universität Würzburg, Deutschland
- 10/2003
- Diplom
- 10/1999
- Vordiplom

- Vertiefungsfach: Verkehrspsychologie

SCHULISCHE AUSBILDUNG

- 1989–1998 Mozart Gymnasium Würzburg, Deutschland
- Abitur
- 1985–1989 Volksschule Eibelstadt, Deutschland

SPRACHEN

Englisch
Französisch